CONTACT

G.U.N.T.
Gerätebau GmbH

Hanskampring 15 -17
D-22885 Barsbüttel
ALLEMAGNE

Tél: +49 40 67 08 54 - 0
Fax: +49 40 67 08 54 - 42

Site internet: www.gunt.de
E-mail: sales@gunt.de

Consultez notre page d'accueil
www.gunt.de

VOTRE REPRESENTANT

G. Systemes **D**idactiques **E.** s.a.r.l
181 rue Franz Liszt
F 73000 CHAMBERY
Tél : +33 (0)4 56 42 80 70
Fax: +33 (0)4 56 42 80 71

xavier.granjon@systemes-didactiques.fr
www.systemes-didactiques.fr

2015

MÉCANIQUE DES FLUIDES

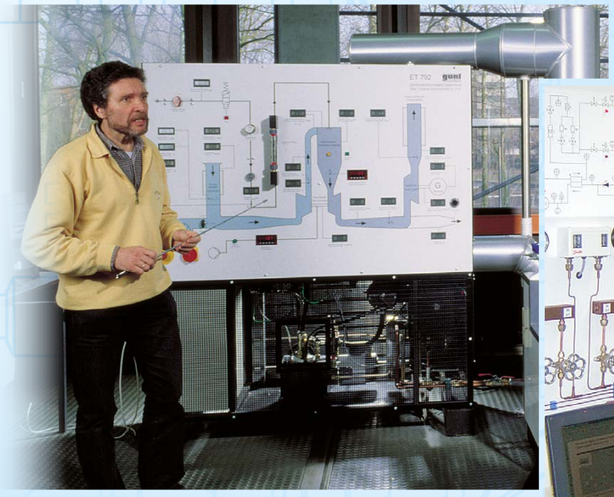
Equipements
pour l'Enseignement
Technique

MÉCANIQUE DES FLUIDES

4

4

BIENVENUE CHEZ GUNT



Votre partenaire fiable et expérimenté en

- Systèmes didactiques et de travaux pratiques pour l’enseignement technique novateur
- Appareils d’essais et de recherche

Appareils de démonstration et d’essai GUNT pour

- Formation aux métiers techniques
- Training et formation continue du personnel technique dans l’artisanat et dans l’industrie
- Étude des disciplines de l’ingénieur

TABLE DES MATIÈRES

MÉCANIQUE DES FLUIDES

CHAPITRE	TITRE	PAGE
1	Principes de base de la mécanique des fluides	10
2	Écoulement stationnaire	88
3	Écoulement autour de corps	186
4	Exemples d’écoulement non stationnaire	236
5	Machines à fluide hydrauliques	252
6	Éléments utilisés dans la construction de conduites et d’installations	322
7	Installations d’essai de mécanique des fluides	368
	Index	410
	Aperçu de produits	415

MENTIONS LEGALES

© 2015 by GUNT Gerätebau GmbH, Reproduction – même partielle – uniquement sur autorisation écrite. GUNT est une marque déposée. Par conséquent, les produits GUNT sont protégés et soumis à la législation relative aux droits d’auteur. Aucune responsabilité ne peut être invoquée en cas d’erreur d’impression. Sous réserves de modifications.

Révision technique et termes en français: Professeur SAKO A., Université de Cocody, UFR -SSMT, Laboratoire de Physique de l’Atmosphère et de Mécanique des Fluides, Abidjan, Côte d’Ivoire

Conception, composition et lithographie: Profi-Satz, Hambourg.
Impression: imprimé sur papier écologique, blanchi sans chlore.

LE PROGRAMME COMPLET GUNT – ÉQUIPEMENTS POUR L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

MÉCANIQUE APPLIQUÉE & ORGANES DE MACHINE

- Statique
- Résistance des matériaux
- Dynamique
- Principes de projet mécanique
- Diagnostic de machines
- Propriétés des matériaux

MÉCANIQUE DES FLUIDES

- Principes de base de la mécanique des fluides
- Écoulement stationnaire
- Écoulement stationnaire des fluides compressibles
- Écoulements autour de corps
- Exemples d'écoulement non stationnaire
- Machines à fluide
- Éléments utilisés dans la construction de conduites et d'installations
- Installations d'essai de mécanique des fluides
- Génie hydraulique

MÉCATRONIQUE

- Dessin industriel
- Modèles en coupe
- Métrologie
- Technique d'assemblage et d'ajustage
- Technique de production
- Kits d'assemblage
- Maintenance
- Diagnostic de machines
- Automatisation

GÉNIE DES PROCÉDÉS

- **Conduite de procédés**
  - Principes de base de la technique de régulation
  - Composants et étalonnage
  - Systèmes de réglage simples et complexes
- **Bases théoriques**
- **Bases pratiques**
- **Génie des procédés mécaniques**
- **Génie des procédés thermiques**
- **Génie des procédés chimiques**
- **Génie des procédés biologiques**
- **Traitement de l'eau**

GÉNIE THERMIQUE ET ÉNERGIE

- Principes de base de la thermodynamique
- Applications thermodynamiques
- Énergies renouvelables
- Machines motrices et machines productrices de travail
- Moteurs à combustion interne
- Génie frigorifique et génie climatique
- Systèmes domestiques de chauffage et de ventilation
- Technique sanitaire

ENERGY & ENVIRONMENT

ENERGY

- Énergie solaire
- Énergie hydraulique
- Énergie éolienne
- Biomasse
- Géothermie
- Systèmes énergétiques
- Efficacité énergétique en génie du batîment

ENVIRONMENT

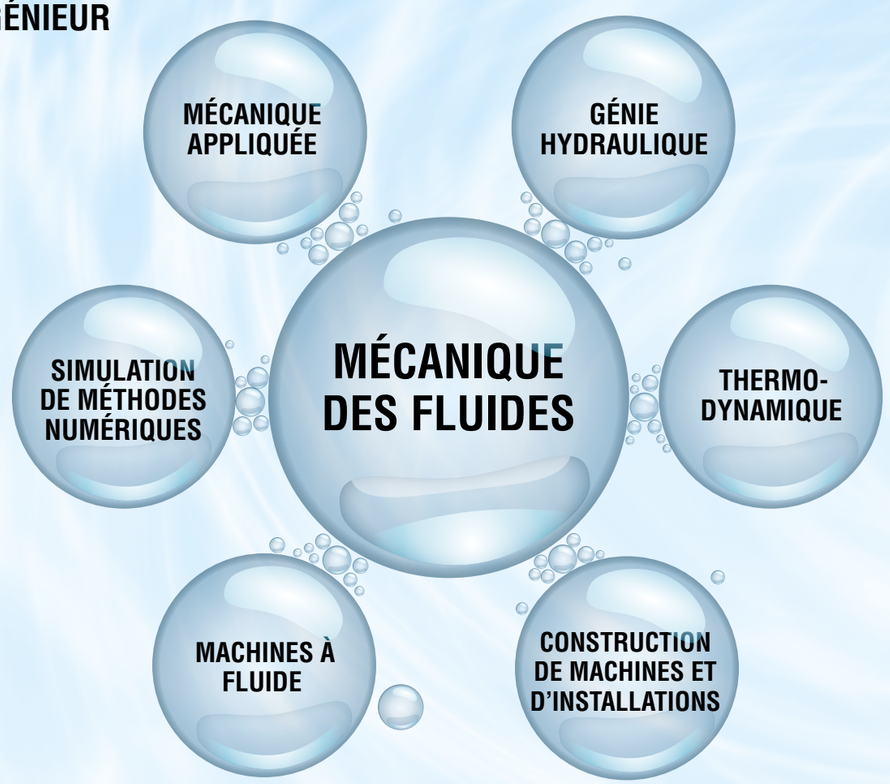
- Eau
- Air
- Sol
- Déchets

PLANIFICATION & CONSEILS · SERVICE TECHNIQUE · MISE EN SERVICE & FORMATION

MÉCANIQUE DES FLUIDES – INTRODUCTION AU DOMAINE DE SPÉCIALITÉ

La mécanique des fluides occupe une place centrale et essentielle dans la formation des ingénieurs. Les cours magistraux et TP sur la mécanique des fluides font partie intégrante de nombreuses disciplines de l'ingénieur, telles que la construction de machines et d'installations, le génie énergétique et le génie des procédés, le génie environnemental, le génie naval, le génie civil, l'agriculture, l'agroalimentaire etc. Les bases de la mécanique des fluides constituent également un élément incontournable du programme de formation et de qualification professionnelle de nombreux métiers techniques.

LA MÉCANIQUE DES FLUIDES ET SES RELATIONS AVEC D'AUTRES DISCIPINES DE L'INGÉNIEUR



La matière enseignée «Mécanique des fluides» a des regroupements avec d'autres disciplines. Par conséquent, il faut prendre en compte les liens et les relations entre ces disciplines et matières enseignées. Pour pouvoir comprendre ou expliquer et décrire les phénomènes en mécanique des fluides, il faut avoir recours aux connaissances d'autres disciplines de l'ingénieur:

- la **thermodynamique** joue un rôle clef dans un bon nombre de processus en mécanique des fluides, par exemple pour l'écoulement de fluides compressibles ou pour les processus de travail dans les machines à fluide
- les principes de base du **génie mécanique** expliquent un bon nombre d'aspects en mécanique des fluides, par exemple le frottement, la conservation de l'énergie, l'impulsion ou le moment cinétique
- la traversée des couches de matières, la capacité de stockage des sols et l'écoulement dans des canaux ouverts sont des thématiques du **génie hydraulique**
- les **techniques de stockage de l'information** donnent la possibilité de réaliser une simulation numérique d'écoulements
- les **techniques de construction** aident à concevoir des machines et des installations de mécanique des fluides à la fois fonctionnelles et efficaces sur le plan énergétique

CE QUE GUNT PEUT FAIRE POUR VOUS, …

…pour vous assister et enrichir les contenus de vos cours ?

Nous proposons des appareils de démonstration, d'essai et de recherche pour pratiquement toutes les thématiques de la mécanique des fluides.

Nous savons tous deux, vous en tant que professeur d'Université ou en école d'ingénieur, et nous en qualité de développeur et de fabriquant, que des essais clairement pensés et réalisés permettent de faciliter la compréhension et le savoir auprès des étudiants et des apprenants de manière durable.

MÉCANIQUE DES FLUIDES – INTRODUCTION AU DOMAINE DE SPÉCIALITÉ

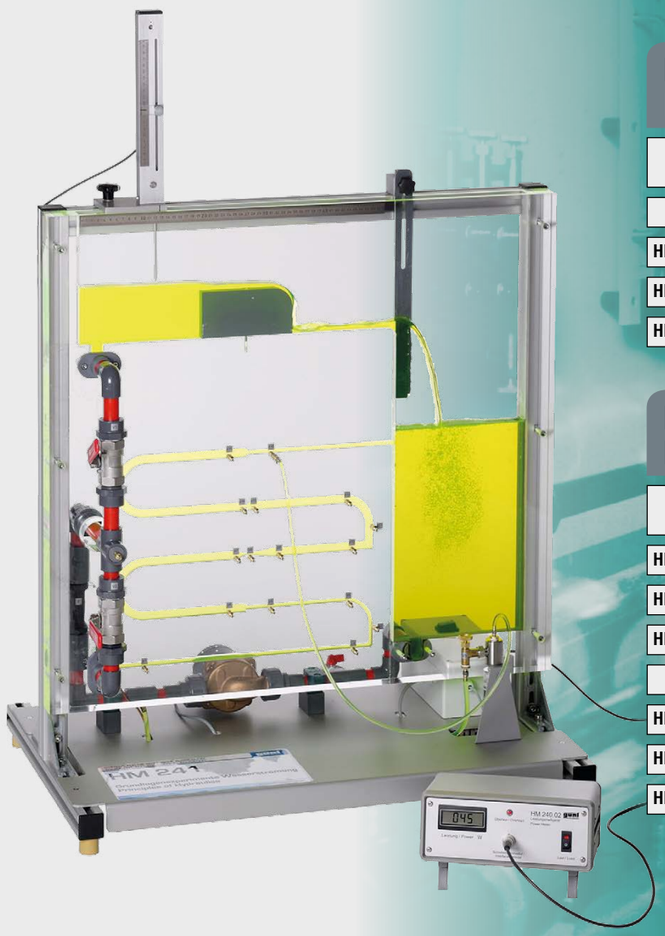
Les appareils GUNT couvrent très largement les contenus didactiques de la mécanique des fluides du programme classique des écoles d'ingénieur. Pour vous aider à trouver l'appareil adapté à vos besoins, nous avons dressé au début de chaque chapitre la liste des contenus didactiques du programme pédagogique avec l'appareil GUNT correspondant.

Le plan des chapitres suit dans une large mesure la structure du programme pédagogique classique. Néanmoins, l'attribution des différents appareils d'essai de GUNT aux éléments du programme pédagogique ne doit pas être considérée comme «absolue», étant donné que la palette des essais possibles avec différents appareils s'étend bien au-delà. En d'autres termes: vous pouvez réaliser avec les appareils GUNT d'autres essais que ceux du programme pédagogique.

DOMAINE PRINCIPAL	ÉLÉMENTS, MOTS CLÉS
PRINCIPES PHYSIQUES DE BASE ET PROPRIÉTÉS DES FLUIDES	■ propriétés des liquides et des gaz ■ densité, température, pression ■ capacité thermique, constante de gaz, enthalpie, pression de vapeur ■ viscosité, tension de surface, capillarité
FLUIDE AU REPOS	■ équation hydrostatique de base, vases communicants, presse hydraulique ■ forces de pression sur les surfaces limites ■ poussée
PRINCIPES DE BASE DE LA DYNAMIQUE DES FLUIDES	■ effets de frottement, formes et types d'écoulements ■ principes de conservation, volumes de contrôle ■ équation de continuité ■ principe de conservation de l'impulsion, principe de conservation du moment cinétique
ÉCOULEMENT STATIONNAIRE DES FLUIDES INCOMPRESSIBLES	■ cavitation ■ écoulement laminaire et turbulent dans les systèmes de tuyauterie ■ pertes de charge dans des tuyaux droits, des raccords de tuyauterie, des robinetteries ■ processus de vidange
ÉCOULEMENT STATIONNAIRE DES FLUIDES COMPRESSIBLES	■ équation énergétique des fluides à l'état gazeux ■ vitesse du son, nombre de Mach, vitesse critique du son ■ mouvement avec vitesse du son ■ évolution de la pression et de la vitesse dans un écoulement tubulaire

DOMAINE PRINCIPAL	ÉLÉMENTS, MOTS CLÉS
ÉCOULEMENT STATIONNAIRE AUTOUR DE CORPS	■ couche limite, résistance de corps soumis à un écoulement autour de corps, distribution de la pression ■ voilure: poussée, forces, moments, coefficients aérodynamiques
MÉTROLOGIE EN MÉCANIQUE DES FLUIDES	■ pression, vitesse, température, débit et niveau
JETS LIBRES	■ géométrie de l'ouverture de sortie ■ profil de vitesse
SÉLECTION D'EXEMPLES D'ÉCOULEMENT NON STATIONNAIRE	■ écoulement non stationnaire dans les conduites et cheminées d'équilibre ■ coup de bélier
MACHINES À FLUIDE (TURBOMACHINES)	■ turbomachines, pompes volumétriques ■ pompes, turbines, soufflantes
PROCÉDÉS NUMÉRIQUES/ SIMULATION D'ÉCOULEMENT	■ méthode des éléments finis (FEM) ■ mise en pratique de la mécanique des fluides numérique (ou Computational Fluid Dynamics, CFD)
ÉLÉMENTS ISSUS DE LA CONSTRUCTION DE CONDUITES	■ tuyaux droits, raccords de tuyauterie ■ robinetteries d'arrêt, pompes

1 PRINCIPES DE BASE DE LA MÉCANIQUE DES FLUIDES



PRINCIPES PHYSIQUES DE BASE ET PROPRIÉTÉS DES FLUIDES

WL 202	Principes de base de la mesure de température	12
WL 203	Principes de base de la mesure de pression	14
HM 150.02	Étalonnage des appareils de mesure de pression	16
WL 102	Transformations d'état des gaz	18
WL 204	Pression de vapeur de l'eau	20

PRINCIPES DE BASE DE L'HYDROSTATIQUE

Aperçu	Connaissances de base: Principes de base de l'hydrostatique	22
HM 115	Banc d'essai d'hydrostatique	24
HM 150.05	Pression hydrostatique dans des liquides	26
HM 150.06	Stabilité des corps flottants	28
HM 150.39	Corps flottant pour HM 150.06	30

PRINCIPES DE BASE DE L'HYDRODYNAMIQUE

Aperçu	Connaissances de base: Principes de base de l'hydrodynamique	32
HM 150.18	Essai d'Osborne Reynolds	34
HM 150.07	Théorème de Bernoulli	36
HM 150.08	Mesure des forces de jet	38
TM 605	Force de Coriolis	40
HM 150.09	Vidange horizontale d'un réservoir	42
HM 150.12	Vidange verticale d'un réservoir	44
HM 150.14	Formation de tourbillons	46

ÉCOULEMENT DANS DES CONDUITES

HM 150.01	Pertes de charge linéaires en écoulement laminaire/turbulent	48
HM 150.29	Perte d'énergie dans des éléments de tuyauterie	50
HM 150.11	Pertes de charge dans un système de conduites	52

MÉTHODES DE MESURE DU DÉBIT

HM 150.13	Principes de base de la mesure de débit	54

MÉCANIQUE DES FLUIDES COMPACTE: MONITEUR DE FLUIDE

Aperçu	HM 241: Principes de base de l'écoulement d'eau	56
HM 241	Principes de base de l'écoulement d'eau	58

TURBOMACHINES

HM 150.19	Principe de fonctionnement d'une turbine Pelton	60
HM 150.20	Principe de fonctionnement d'une turbine Francis	62
HM 150.04	Pompe centrifuge	64
HM 150.16	Montage en série et en parallèle de pompes	66

ÉCOULEMENT AUTOUR DE CORPS

HM 150.10	Visualisation de lignes de courant	68
HM 135	Détermination de la vitesse de sédimentation	70

ÉCOULEMENT DANS DES CANAUX OUVERTS

Aperçu	Écoulement dans des canaux ouverts	72
HM 150.03	Déversoirs à paroi mince pour HM 150	74
HM 150.21	Visualisation de lignes de courant dans un canal ouvert	76
HM 164	Écoulement dans un canal ouvert et dans un canal fermé	78
Aperçu	HM 160: Canal d'essai 86x300 mm	80
HM 160	Canal d'essai 86x300 mm	82

ACCESSOIRES

Aperçu	Série HM 150	84
HM 150	Module de base pour essais de mécanique des fluides	86

Consultez notre page d'accueil www.gunt.de

WL 202 *Principes de base de la mesure de température*

*** Introduction expérimentale à la technique de mesure de température: méthode, domaines d'application, caractéristiques**

*** Appareil pour essais de laboratoire principalement, également adapté à la démonstration**

Description

La mesure de la température fait partie des tâches fondamentales dans le domaine de la technique de mesure. Parallèlement aux thermomètres de type conventionnel, l'on utilise de nos jours essentiellement des sondes de température électriques.

Le montage expérimental WL 202 offre une vue d'ensemble des différentes méthodes de mesure de température. Outre les méthodes de mesure non électriques telles que celles basées sur les thermomètres à gaz et à liquide et les thermomètres à bilame, toutes les méthodes de mesure électriques typiques peuvent être traitées au cours des essais. Les températures mesurées électriquement sont affichées directement sur des afficheurs numériques programmables. Un signal de tension (0...10V) proportionnel à la température est disponible sur des connecteurs de laboratoire si bien que l'évolution de la température peut être saisie avec un enregistreur par exemple. Pour mesurer l'humidité relative, on utilise un psychromètre avec deux thermomètres, dont l'un, celui qui est sec, mesure la température de l'air (dite température sèche). Le thermomètre humide est enveloppé dans un chiffon de cotton humide et mesure le refroidissement par évaporation. la différence entre ces deux températures, permet de déterminer l'humidité relative.

Un multimètre numérique à résistances de précision sert à l'étalonnage des instruments de mesure électriques. Diverses sources de chaleur ou accumulateurs (thermoplongeur, réservoir isolé et élément chauffant de laboratoire) permettent d'obtenir des plages de température dans lesquelles les instruments de mesure utilisés fonctionnent habituellement. Un coffre à outils sert à ranger les sondes, câbles, bandes de mesure de température et le thermoplongeur.

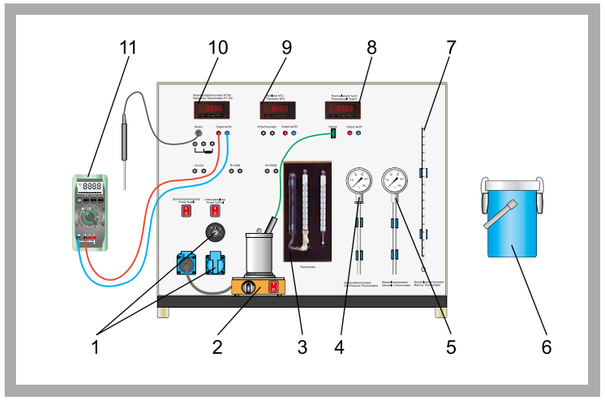
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

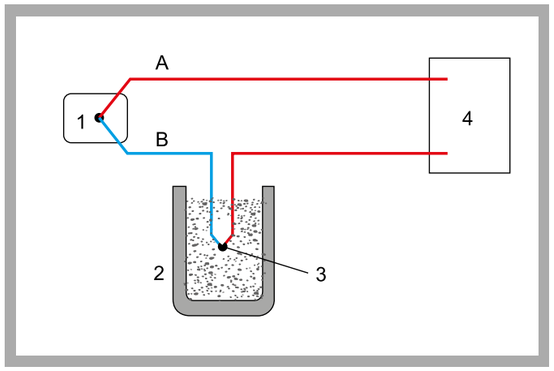
- acquisition des principes de base de la mesure de température à travers des essais
- apprentissage de différentes méthodes, connaissance de leurs domaines d'application et de leurs particularités
  - * méthodes non électriques: thermomètres à gaz et à liquide, thermomètres à bilame, bandes de mesure de température
  - * méthodes électriques: thermocouple, thermomètre à résistance électrique Pt100, thermistance CTN
- détermination de l'humidité de l'air avec un psychromètre
- étalonnage de sondes de température électriques

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

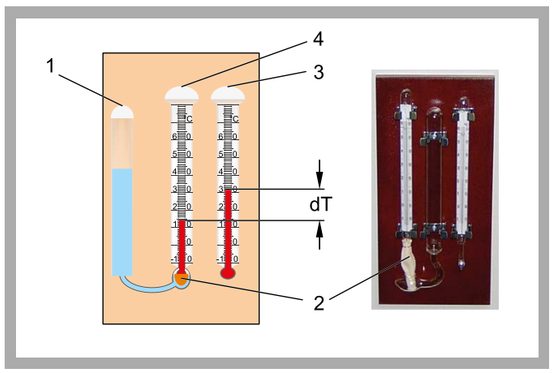
WL 202 *Principes de base de la mesure de température*



1 prise de courant à régulation de puissance, 2 élément chauffant de laboratoire pour eau et sable, 3 psychromètre pour la détermination de l'humidité de l'air, 4 thermomètre à pression de gaz, 5 thermomètre à bilame, 6 bouteille thermos, 7 thermomètre à mercure, 8 affichage numérique thermocouple type K, 9 affichage numérique thermistance (CTN), 10 affichage numérique Pt100, 11 multimètre



Mesure de température avec un thermocouple type K: A) nickel-chrome, B) nickel; 1 point de mesure, 2 réservoir à température constante, 3 point de référence, 4 voltmètre



Psychromètre: 1 réservoir pour l'eau, 2 chiffon de cotton humide pour envelopper le thermomètre humide, 3 thermomètre (dite température sèche), 4 thermomètre humide; dT différence de température

Spécification

[1] essais fondamentaux de mesure de température avec 7 appareils de mesure typiques
[2] différentes sources de chaleur ou accumulateurs: élément chauffant de laboratoire, thermoplongeur, bouteille thermos
[3] appareils d'étalonnage: résistances de précision et multimètre numérique
[4] thermomètre à mercure, à bilame et à pression de gaz
[5] sondes de température: Pt100, thermocouple type K, thermistance (CTN)
[6] différentes bandes de mesure de température
[7] psychromètre de mesure de l'humidité
[8] coffre à outils sert à ranger des sondes, câbles, bandes de mesure de température et du thermoplongeur

Caractéristiques techniques

Thermoplongeur
- puissance: 300W
- ajustage de la puissance fournie via une prise de courant à régulation de puissance

Élément chauffant de laboratoire
- puissance: 450W
- température max.: 425°C

Bouteille thermos: 1L

Plages de mesure
- Pt100: 0...100°C
- thermocouple type K: 0...1000°C
- thermistance (CTN): 20...55°C
- thermomètre à mercure: -10...300°C
- thermomètre à bilame, thermomètre à pression de gaz: 0...200°C
- bandes de mesure de température: 29...290°C

Résistances de précision: 10Ω, 100Ω, 1000Ω
Psychromètre:
- 2x température: 0...60°C
- humidité rel.: 3...96%

Dimensions et poids

Lxlxh: 800x450x650mm (appareil d'essai)
Poids: env. 40kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

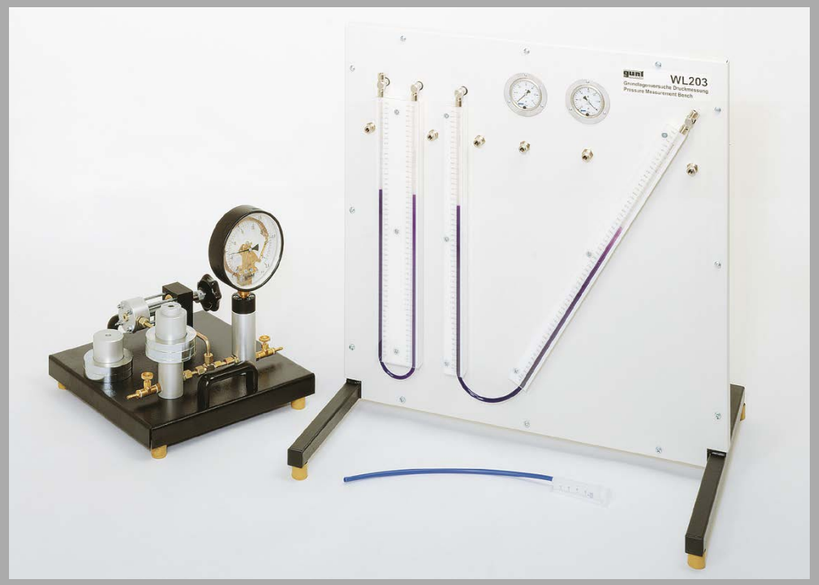
1 appareil d'essai
1 coffre à outils
1 jeu de câbles
1 élément chauffant de laboratoire
1 thermoplongeur
1 bouteille thermos
1 multimètre numérique
1 documentation didactique

Références de commande

060.20200	WL 202	Principes de base de la mesure de température

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

WL 203 *Principes de base de la mesure de pression*



L'illustration montre WL 203 avec HM 150.02 Étalonnage d'appareils de mesure de pression

*** Comparaison de différentes méthodes de mesure de la pression**

*** Mesure des surpressions et dépressions**

*** Dispositif d'étalonnage compris dans la liste de livraison**

Description

En ce qui concerne les sciences de l'ingénieur, la mesure de la pression est un élément important dans les domaines de la construction d'installations et de turbomachines, dans la construction aéronautique, ainsi qu'en génie des procédés. La détermination d'autres grandeurs élémentaires telles que le débit ou la vitesse d'écoulement est également possible à partir de la mesure de la pression.

L'appareil d'essai WL 203 permet de déterminer la pression au moyen de deux méthodes de mesure différentes: de manière directe par le biais d'une mesure de la longueur d'une colonne de liquide (manomètre à tube en U, manomètre à tube incliné) et indirectement par la mesure du changement de forme d'un tube de Bourdon (manomètre à tube de Bourdon).

Avec un manomètre à tube en U, la pression a pour effet de déplacer la colonne de liquide. Le différentiel de pression est lu directement sur une échelle et est utilisé comme indicateur de la pression existante. Une branche montante est située sur le manomètre à tube incliné. Une faible différence de hauteur modifie donc fortement la longueur de la colonne de liquide.

Le mode de fonctionnement du manomètre à tube de Bourdon est basé sur la modification de la section du tube de Bourdon courbé sous l'effet d'une surpression. Cette modification de la section entraîne une augmentation du diamètre du tube de Bourdon. Un manomètre à tube de Bourdon est donc un appareil de mesure de la pression travaillant de manière indirecte, en indiquant le chemin par l'intermédiaire d'un engrenage simple et d'une aiguille.

Au cours des essais, on produit à l'aide d'une seringue en plastique des pressions sur la plage du millibar, qui s'affichent ensuite sur les manomètres. L'appareil d'essai comprend deux manomètres à tube de Bourdon pour la mesure de la surpression et de la dépression. Le manomètre à tube en U, le manomètre à tube incliné et le manomètre à tube de Bourdon de l'appareil d'essai peuvent être reliés entre eux à l'aide de flexibles. Un dispositif d'étalonnage (HM 150.02) compris dans la liste de livraison permet, à l'aide d'un manomètre à piston chargé de poids, l'étalonnage d'un autre manomètre à tube de Bourdon.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

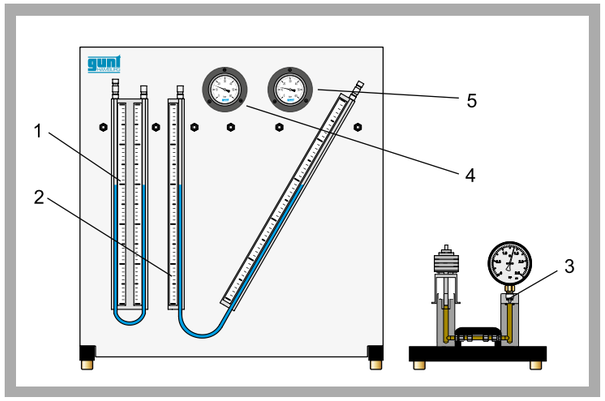
Contenu didactique / Essais

- familiarisation avec 2 méthodes de mesure différentes:
  - * méthodedirect avec manomètre à tube en U et manomètre à tube incliné
  - * méthode indirecte avec manomètre à tube de Bourdon
- mode de fonctionnement d'un manomètre à tube de Bourdon

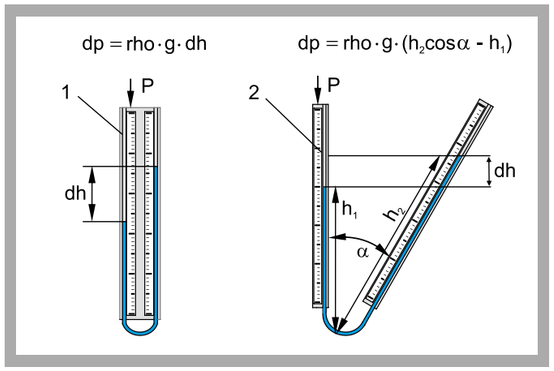
avec le dispositif d'étalonnage fourni HM 150.02
- étalonnage des manomètres mécaniques

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

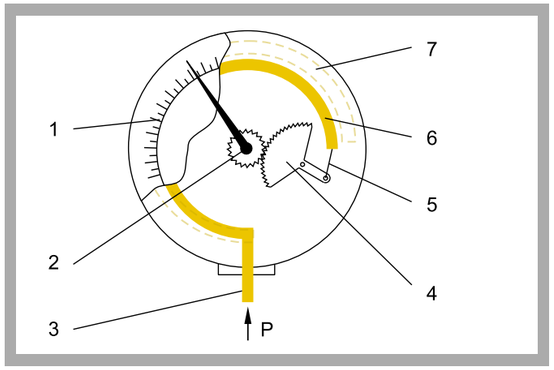
WL 203 *Principes de base de la mesure de pression*



1 manomètre à tube en U, 2 manomètre à tube incliné, 3 HM 150.02 avec manomètre à tube de Bourdon, 4 manomètre à tube de Bourdon pour la surpression, 5 manomètre à tube de Bourdon pour la dépression



Principe de fonctionnement des manomètres à liquides
1 manomètre à tube en U, 2 manomètre à tube incliné; dp différentiel de pression, dh différentiel de hauteur, rho densité du liquide de mesure, g accélération de la pesanteur



Principe de fonctionnement d'un manomètre à tube de Bourdon
1 échelle, 2 aiguille, 3 tube de Bourdon encastré, 4 dentelure, 5 barre de traction, 6 tube de Bourdon sans surpression, 7 tube de Bourdon étendu soumis à une surpression

Spécification

[1] essais de base de la mesure de pression avec trois appareils de mesure différents
[2] manomètre à tube en U et manomètre à tube incliné
[3] respectivement un manomètre à tube de Bourdon pour la surpression et la dépression
[4] seringue en plastique produisant des pressions d'essai sur la plage du millibar
[5] dispositif d'étalonnage avec manomètre à tube de Bourdon (HM 150.02), compris dans la liste de livraison, pour l'étalonnage de manomètres mécaniques

Caractéristiques techniques

Manomètre à tube incliné: angle 30°

Plages de mesure
- manomètre à tube de Bourdon: 0...60mbar / -60...0mbar
- manomètre à tube en U: 0...500mmCE
- manomètre à tube incliné: 0...500mmCE

Dimensions et poids

Lxlxh: 750x610x780mm
Poids: env. 23kg
Lxlxh: 400x400x400mm (HM 150.02)
Poids: env. 25kg (HM 150.02)

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 HM 150.02 Étalonnage d'appareils de mesure de pression
30mL d'encre
1 entonnoir
1 seringue en plastique
1 jeu de flexibles
1 documentation didactique

Références de commande

060.20300	WL 203	Principes de base de la mesure de pression

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.02 *Étalonnage des appareils de mesure de pression*

* Fonctionnement d'un manomètre à tube de Bourdon et d'un manomètre à piston

Description

En métrologie, l'étalonnage désigne le processus visant à constater les déviations d'un instrument de mesure par rapport à un instrument de mesure de référence ou à un étalon. On tient compte, et le cas échéant on corrige cette déviation lors de l'utilisation qui suit de l'instrument de mesure étalonné.

Le HM 150.02 est un appareil d'introduction aux principes de base de la vérification et de l'étalonnage d'un manomètre.

Un manomètre à piston est relié par une conduite à un manomètre à tube de Bourdon. Les manomètres à piston sont parfaitement adaptés à la génération de pressions définies de manière précise dans des liquides ou des gaz et sont considérés depuis des années comme l'un des procédés les plus précis pour l'étalonnage des appareils de mesure de pression.

On génère une force définie en chargeant le piston avec des poids. Le rapport Force/Surface de section du piston permet d'obtenir une pression de contrôle définie. On utilise de l'huile hydraulique pour transmettre la force. Lorsque la pression monte dans le système, la force s'applique contre les ressorts du manomètre à tube de Bourdon. La pression de contrôle ainsi générée peut être relevée sur le cadran transparent du manomètre. Le mécanisme à ressorts et donc la manière de fonctionner du manomètre à tube de Bourdon est visible grâce au cadran transparent.

La charge du manomètre à piston étalonné avec des poids génère une pression de tarage très précise et reproductible, qui permet de contrôler et d'étalonner le manomètre.

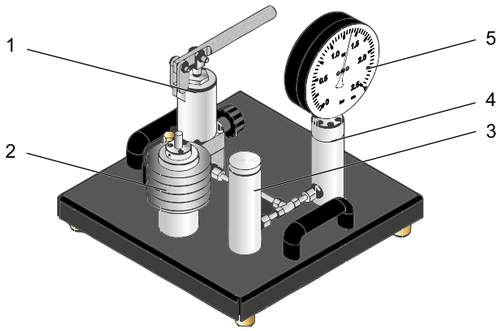
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

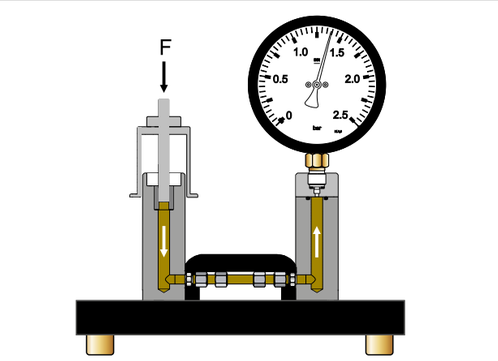
- principe d'action d'un manomètre à tube de Bourdon
- étalonnage du manomètre, relevé de la pression appliquée
- détermination de l'erreur systématique
- principe de fonctionnement et travail avec un manomètre à piston

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.02 *Étalonnage des appareils de mesure de pression*



1 pompe hydraulique avec réservoir de stockage, 2 poids de charge sur crochet, 3 manomètre à piston, 4 manomètre à tube de Bourdon, 5 cadran transparent



L'unité de charge et l'unité de mesure de la pression sont reliées entre elles par une conduite. Lorsque le piston est chargé, la pression du système augmente et agit contre les ressorts du manomètre; F force de pesanteur

Spécification

[1] manomètre à tube de Bourdon pour la mesure de la pression
[2] cadran transparent avec vue sur le mécanisme à ressorts
[3] piston et cylindre du manomètre à piston parfaitement ajustés sans joints
[4] huile hydraulique pour la transmission de la force
[5] pompe hydraulique avec réservoir de stockage et dispositif de purge d'air

Caractéristiques techniques

Manomètre à piston
- piston: diamètre: 12mm
- cylindre hydraulique: diamètre: 25mm, longueur=225mm
- huile: classe de viscosité ISO: VG 32

Jeu de poids
- support de poids: 385g / 0,334bar
- 1x 193g / 0,166bar
- 4x 578g / 0,5bar

Plage de mesure
- pression: 0...2,5bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 400x400x400mm
Poids: env. 25kg

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu de poids
1 flacon d'huile, 500mL
1 documentation didactique

Références de commande

070.15002	HM 150.02	Étalonnage des appareils de mesure de pression

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

WL 102 Transformations d'état des gaz

*** Transformations d'état isotherme et isochore de l'air**

*** Logiciel GUNT d'acquisition, de traitement et de visualisation des données de mesure**

Description

La connaissance des lois relatives aux gaz est fondamentale en thermodynamique et fait donc partie intégrante de toute formation de thermodynamique.

L'appareil WL 102 permet d'expérimenter deux transformations d'état: la transformation d'état isotherme, également connu sous le nom de loi de Boyle-Mariotte, et la transformation d'état isochore, qui se produit à volume constant. Les réservoirs transparents permettent d'observer la transformation d'état. L'air est utilisé comme gaz de test.

Dans le premier réservoir, situé sur la gauche, le volume d'air emprisonné est réduit ou augmenté au moyen d'un compresseur et d'huile hydraulique. La transformation d'état isotherme se produit. Le compresseur peut également servir de pompe à vide. Lorsque les modifications se produisent lentement, la transformation d'état se fait à une température pratiquement constante.

Dans le deuxième réservoir, situé sur la droite, la température du gaz de test est augmentée au moyen d'un chauffage électrique régulé et l'augmentation de pression qui s'en suit est mesurée. Le volume du gaz emprisonné reste constant. Les valeurs de température, pression et volume sont mesurées de manière électronique, affichées numériquement et transférées vers un PC pour y être traitées.

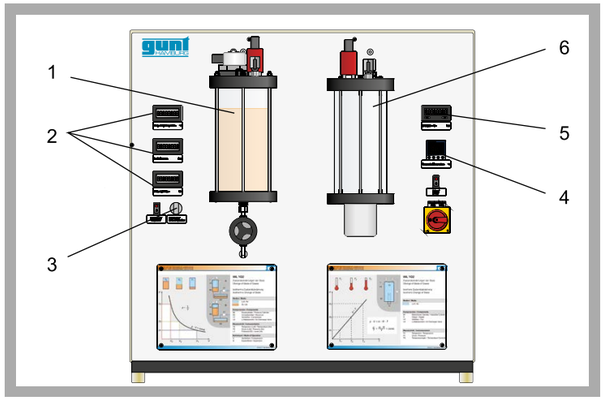
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

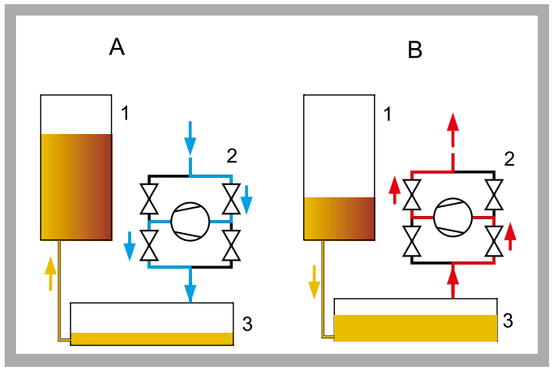
- étudier expérimentalement les lois qui régissent les transformations d'état des gaz
- transformation d'état isotherme, loi de Boyle-Mariotte
- transformation d'état isochore, 2ème loi de Gay-Lussac

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

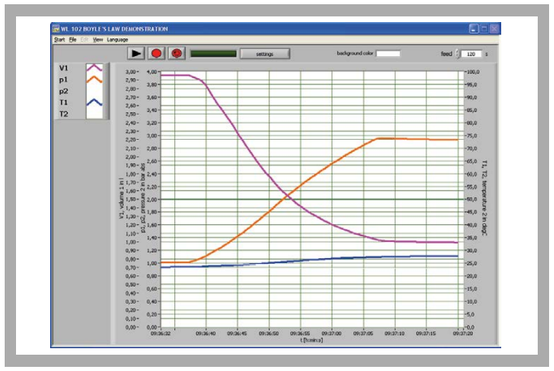
WL 102 Transformations d'état des gaz



1 réservoir 1 pour la transformation d'état isotherme, 2 affichages numériques, 3 soupape 5/2 voies pour la commutation compression/détente, 4 régulateur de chauffage, 5 affichage numérique, 6 réservoir 2 pour la transformation d'état isochore



Représentation du changement de volume
1 réservoir rempli d'huile pour la transformation d'état isotherme, 2 agencement de soupapes avec compresseur, 3 réservoir de stockage
A Compression (bleu), B Expansion (rouge)



Capture d'écran du logiciel: évolution au cours du temps de la compression isotherme

Spécification

[1] étude expérimentale des lois régissant les gaz
[2] réservoir de mesure transparent 1 pour l'étude de la transformation d'état isotherme
[3] remplissage d'huile hydraulique pour le changement de volume du gaz
[4] le compresseur incorporé produit les différences de pression nécessaires pour déplacer le volume d'huile
[5] compresseur utilisable également comme pompe à vide
[6] soupape à 5/2 voies pour le basculement entre la compression et la détente
[7] réservoir de mesure transparent 2 pour l'étude de la transformation d'état isochore
[8] chauffage électrique avec régulation de température dans le réservoir 2
[9] capteurs et indicateurs numériques pour les températures, pressions et volumes
[10] logiciel d'acquisition de données de mesure GUNT via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Compresseur / pompe à vide
- puissance: 60W
- côté refoulement: 2bar
- côté aspiration: 213mbar

Régulateur de température
- PID, 300W, limitée jusqu'à 80°C

Plages de mesure
Température
- réservoir 1: 0...80°C
- réservoir 2: 0...80°C

Pression
- réservoir 1: 0...4bar absolue
- réservoir 2 : 0...2bar absolue

Volume
- réservoir 1: 0...3L

Dimensions et poids

Lxlxh: 900x550x900mm
Poids: env. 50kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50Hz/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1L d'huile hydraulique
1 entonnoir de remplissage
1 documentation didactique

Références de commande

060.10200	WL 102	Transformations d'état des gaz

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

WL 204 Pression de vapeur de l'eau

*** Enregistrement de la courbe de pression de vapeur de l'eau**

*** Pression de saturation de la vapeur d'eau en tant que fonction de la température**

Description

Dans un système fermé avec remplissage de liquide, un équilibre thermodynamique s'établit entre le liquide et sa phase à l'état de vapeur. La pression qui y règne est appelée pression de vapeur. Cette dernière est spécifique à chaque matière et varie en fonction de la température.

Lorsque l'on chauffe un liquide dans un réservoir fermé, la pression augmente lorsque la température augmente. En théorie, il est possible d'augmenter la vapeur jusqu'au point critique pour lequel les densités de la phase liquide et de la phase gazeuse sont égales. On ne peut alors plus distinguer le liquide de la vapeur.

Ce principe trouve une application pratique en génie des procédés lors de la lyophilisation ou de la cuisson en autoclave.

L'appareil d'essai WL 204 permet de montrer de manière claire le rapport qui existe entre la pression et la température de l'eau. Il est possible d'enregistrer la courbe de pression de vapeur pour des températures pouvant atteindre 200°C. Un affichage numérique de la température ainsi qu'un manomètre à tube de Bourdon permettent de suivre en continu l'évolution de la température et de la pression.

L'appareil est équipé d'un dispositif de sécurité composé d'un limiteur de température et d'une soupape de sécurité qui protège le système en cas de surpression.

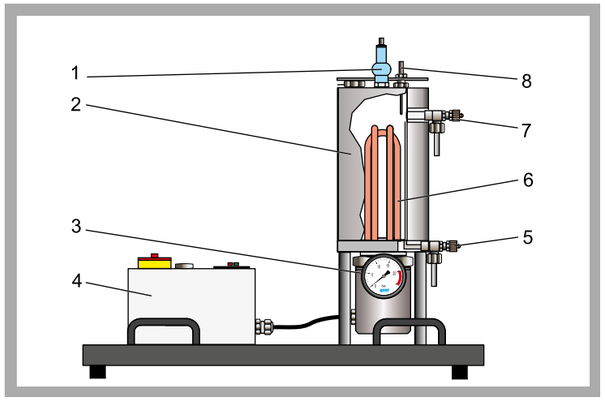
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

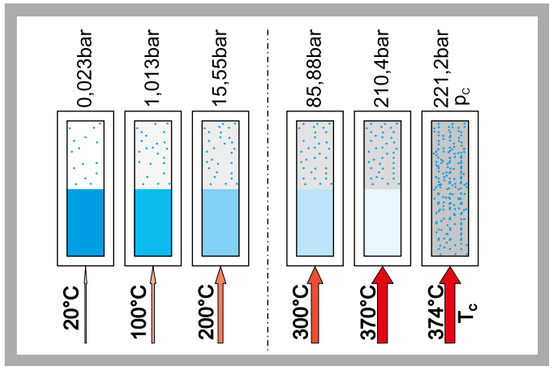
- enregistrement de la courbe de pression de vapeur de l'eau
- représentation de la relation entre pression et température dans un système fermé
- mesure de la température et de la pression
- influence de gaz tiers (air) sur la pression

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

WL 204 Pression de vapeur de l'eau



1 soupape de sécurité, 2 cuve avec matière isolante, 3 manomètre à tube de Bourdon, 4 coffret de commande avec afficheur de température, 5 soupape d'évacuation, 6 élément chauffant, 7 trop-plein, 8 capteur de température



Chauffage de l'eau dans un réservoir fermé: La pression et la température augmentent de manière proportionnelle jusqu'au point critique pour lequel on ne peut plus distinguer le liquide de la vapeur; point critique avec T_c = 374°C, p_c = 221bar, ligne en pointillés: Limitation de température de l'appareil d'essai

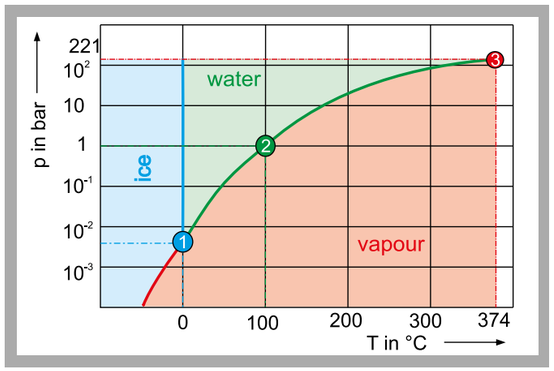


Diagramme de température-pression de l'eau
rouge: courbe de sublimation, vert: courbe du point d'ébullition, bleu: courbe du point de fusion; 1 point triple, 2 point d'ébullition, 3 point critique

Spécification

[1] mesure de la courbe de pression de vapeur saturée
[2] cuve avec matière isolante
[3] limiteur de température et soupape de sécurité protègent le système des hautes pressions
[4] manomètre à tube de Bourdon pour l'affichage de la pression
[5] affichage numérique de la température

Caractéristiques techniques

Manomètre à tube de Bourdon: -1...24bar
Limiteur de température: 200°C
Soupape de sécurité: 20bar
Elément chauffant: 2kW
Cuve, acier inoxydable: 2L

Plages de mesure
- température: 0...250°C
- pression: 0...20bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 600x400x680mm
Poids: env. 35kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 trémie
1 jeu d'outils
1 documentation didactique

Références de commande

060.20400	WL 204 Pression de vapeur de l'eau

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

CONNAISSANCES DE BASE

PRINCIPES DE BASE DE L'HYDROSTATIQUE

Les fluides au repos sont l'objet d'étude de l'hydrostatique.

Les appareils d'essai de GUNT traitent les principes de base des thématiques d'hydrostatique suivantes: pression hydrostatique, poussée, tension de surface, capillarité/adhésion.

Principes physiques de base et propriétés des fluides

- mesure de la pression avec des manomètres et des capteurs de pression
- mesure de la température
- courbe de pression de vapeur
- changement d'état des gaz

Forces

- force de Coriolis
- tension et forces de surface
- poussée d'Archimède
- pression hydrostatique et forces résultantes

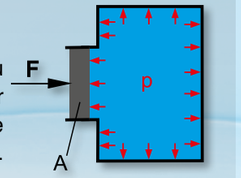
Pression hydrostatique

Dans les fluides au repos, la pression est indépendante de la direction. Elle dépend de manière linéaire de la hauteur du fluide au-dessus de l'élément observé ou de la profondeur d'immersion.

Pour les fluides incompressibles non soumis à la force de gravité, la pression hydrostatique est calculée selon la loi de Pascal.

Loi de Pascal

L'exercice d'une force ***F*** sur un liquide au repos produit une pression ***p*** à l'intérieur du liquide qui se propage de manière homogène dans toutes les directions. La pression s'exerce toujours verticalement sur la surface limite ***A*** du liquide.

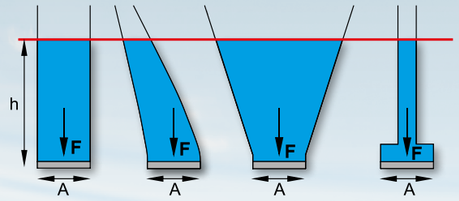


$$p = F/A$$

Tous les processus de force et de pression dans des liquides reposent sur cette loi.

Paradoxe hydrostatique

La pression hydrostatique produit une force ***F*** sur la surface ***A***. Avec une surface identique, cette force dépend uniquement du niveau ***h***. La forme du réservoir n'a ici aucune influence.

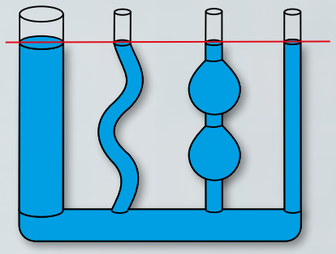


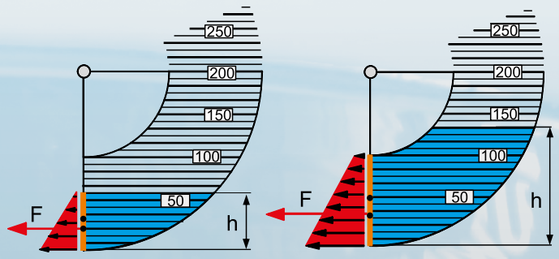
h *niveau,* ***F*** *force,* ***A*** *surface,*
ligne rouge: *niveau*

Vases communicants

Les vases communicants sont des tuyaux ouverts par le haut et reliés entre eux par le bas. Le niveau du fluide dans ces vases est le même, quelles que soient la forme et la taille des tuyaux.

Utilisation: entre autres dans les niveaux à eau, écluses et siphons des conduites d'égout.





h *niveau,* ***F*** *force résultante,* ***A*** *surface active,*
■ *profil de pression,* ■ *niveau d'eau*

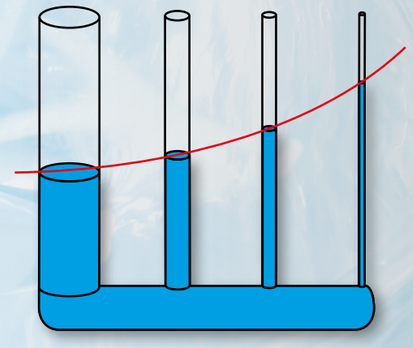
Pression hydrostatique sur des parois

Il est souvent important de connaître, outre la pression au sol d'un fluide, sa pression hydrostatique sur les surfaces limites, afin de pouvoir calculer par exemple les forces qui s'exercent sur les parois latérales (d'un canal, d'un aquarium) ou sur un déversoir.

Capillarité

Les liquides montent ou descendent dans des capillaires sous l'effet de forces moléculaires entre le liquide et la paroi ou entre le liquide et l'air. La hauteur d'ascension dans le capillaire dépend de la tension de surface et du diamètre des capillaires.

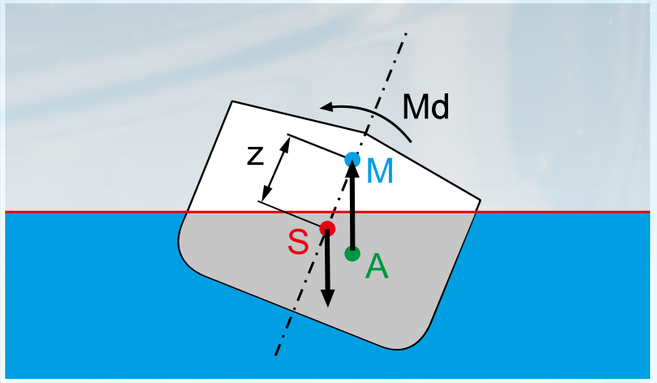
Pour les liquides mouillants (tels que l'eau), le niveau monte, tandis que pour les liquides non mouillants (tels que le mercure), le niveau descend dans le capillaire.



Stabilité des corps flottants

Afin de pouvoir évaluer si un corps flotte de manière stable ou s'il est susceptible de chavirer, on détermine son métacentre ***M***. La position du métacentre dépend du centre de gravité de l'eau refoulée ***A*** et de l'angle de gîte. Le corps flotte de manière stable lorsque le métacentre ***M*** est au-dessus du centre de gravité ***S***. Le moment de redressement ***Md*** produit alors un effet de redressement.

La distance qui sépare le centre de gravité du métacentre est appelée hauteur métacentrique ***z***.



M *métacentre,* ***S*** *centre de gravité,*
A *centre de poussée,* ***z*** *hauteur métacentrique,*
Md *moment de redressement qui redresse le corps flottant,*
ligne rouge: *niveau de l'eau*

HM 115 Banc d'essai d'hydrostatique

*** Essais hydrostatiques de base**

*** Grande variété d'essais**

*** Circuit d'eau fermé avec réservoir et pompe**

Description

En hydrostatique, on observe l'état des fluides au repos. Les phénomènes qui se produisent suite à la pression hydrostatique sont analysés, et l'effet de force est calculé. L'hydrostatique joue un rôle important dans différents domaines de la technique, comme par ex. la plomberie, la construction de pompes et la construction aéronautique et spatiale ainsi que navale (poussée, sollicitation des parois latérales), les observations hydrostatiques ont une grande importance.

Avec le HM 115, on peut réaliser des expériences du domaine de l'hydrostatique, telles que la mesure de la pression au sol, ou la démonstration de la loi de Boyle-Mariotte. Le calcul du centre de poussée vient compléter l'ensemble des essais. En outre, il comprend des appareils d'essai permettant l'étude de l'action capillaire et de la poussée. La pression hydrostatique et la tension de surface sont mesurées. En plus, on étudie dans un essai les profils de pression à l'aide d'un tube de Pitot et une sonde pour pression statique dans un fluide en écoulement.

Afin de rendre visibles les fonctions et leur déroulement, les réservoirs et appareils d'essai sont transparents. Les réservoirs et conduites sont entièrement en plastique.

Différents appareils de mesure de la pression sont disponibles pour mesurer la pression et la pression différentielle du liquide: tube de Pitot, sonde pour pression statique, capteur de pression avec affichage numérique, manomètre à double tubes ou manomètre de pression différentielle. Un manomètre à diaphragme ondulé et un manomètre à tube de Bourdon affichent la pression du fluide à l'état gazeux.

Le banc d'essai est équipé de sa propre alimentation en air et en eau.

Le circuit d'eau fermé comprend un réservoir de stockage avec pompe submersible. La livraison comprend un compresseur pour la production de sous-pressions lors des essais avec de l'air.

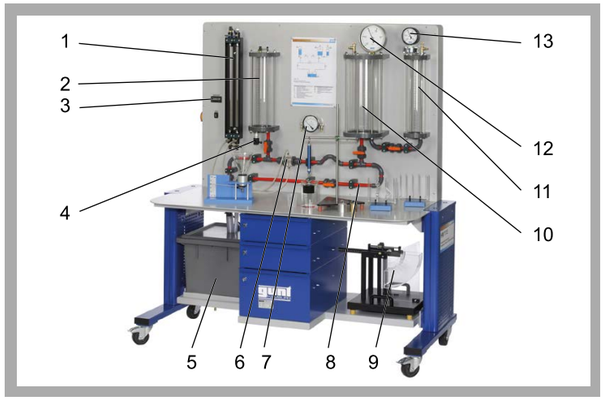
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

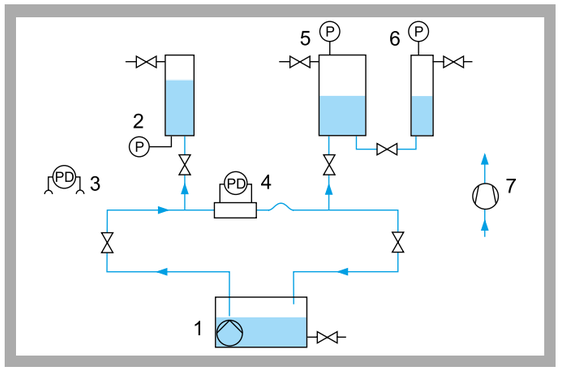
- étude de la poussée de différents corps
- étude de la densité de liquides
- pression hydrostatique, loi de Pascal
- vases communicants
- calcul du centre de poussée
- étude de tensions de surface
- démonstration des actions capillaires
- loi de Boyle-Mariotte
- étude de la pression statique et dynamique dans le fluide en écoulement
- familiarisation avec les différentes méthodes de mesure de la pression

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

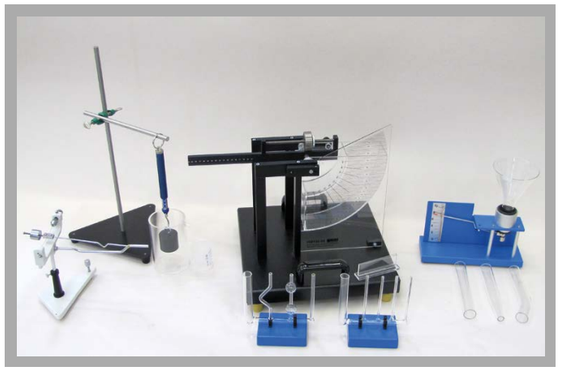
HM 115 Banc d'essai d'hydrostatique



1 manomètre à double tubes, 2 réservoir, 3 affichage numérique de la pression, 4 capteur de pression, 5 réservoir de stockage avec pompe submersible, 6 tube de Pitot et une sonde pour pression statique, 7 capteur de pression différentielle, 8 section de tuyau, 9 pression hydrostatique dans des liquides, 10 réservoir sous pression, 11 réservoir sous pression, 12 manomètre à tube de Bourdon, 13 manomètre à diaphragme ondulé



1 réservoir de stockage avec pompe submersible, 2 réservoir avec capteur de pression, 3 manomètre à double tubes, 4 tube de Pitot + sonde pour pression statique avec capteur de pression différentielle, 5 réservoir sous pression avec manomètre à tube de Bourdon, 6 réservoir sous pression avec manomètre à diaphragme ondulé, 7 compresseur; P pression, PD pression différentielle



Accessoires pour une grande variété d'essais

Spécification

[1] introduction expérimentale très complète à l'hydrostatique
[2] réservoirs transparents d'observation des processus
[3] nombreux accessoires compris: compresseur pour la production de sous-pressions, appareil de mesure de la pression au sol, deux aréomètres
[4] des appareils d'essai pour: la mesure de la force ascensionnelle, l'étude de la pression hydrostatique dans des liquides, la mesure de la tension de surface, les vases communicants, l'action capillaire
[5] tube de Pitot pour déterminer la pression totale et une sonde pour pression statique
[6] instrumentation: capteur de pression avec affichage numérique, capteur de pression différentielle, manomètre à double tubes, manomètre à diaphragme ondulé, manomètre à tube de Bourdon

Caractéristiques techniques

Pompe
- puissance absorbée: 250W
- débit de refoulement max.: 9m³/h
- hauteur de refoulement max.: 7,6m

Compresseur
- puissance: 65W
- côté refoulement: 2000mbar
- côté aspiration: 240mbar

3 réservoirs
- hauteur 500mm
- d=100mm, d=133mm, d=200mm

Réservoir de stockage d'eau: 55L
2 aréomètres avec différentes plages de mesure

Plages de mesure
- pression: 2x -1...1,5bar
- pression différentielle: 0...500mmCE
- pression différentielle: 0...0,4bar
- densité: 1x 0,8...1g/cm³, 1x 1...1,2g/cm³

Dimensions et poids

LxlxH: 1760x840x1950mm
Poids: env. 250kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 compresseur
1 appareil de mesure de la pression au sol
2 aréomètres
1 réservoir cunéiforme
des appareils d'essai pour: tension de surface, pression hydrostatique dans des liquides, force ascensionnelle, action capillaire, vases communicants
1 documentation didactique

Références de commande

070.11500	HM 115 Banc d'essai d'hydrostatique

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.05 *Pression hydrostatique dans des liquides*

*** Détermination des forces sur des surfaces sous pression hydrostatique**

Description

En fonction de sa force de pesanteur, une pression se forme dans les liquides au repos, appelée pression hydrostatique, pression liée à la gravité ou pression gravitationnelle. Cette pression exerce sur toutes les surfaces en contact avec le liquide une force proportionnelle à la taille de la surface.

L'action de la pression hydrostatique a une grande importance dans de nombreux domaines de la technique: pour l'industrie navale, le génie hydraulique (dimensionnement des écluses et des barrages), et également pour les installations techniques sanitaires et des bâtiments.

Avec l'appareil d'essai HM 150.05, il est possible de réaliser des essais typiques de l'étude de la pression hydrostatique dans des liquides au repos. Il permet de visualiser les effets de la pression hydrostatique de l'eau avec différents niveaux d'eau et angles d'inclinaison.

L'appareil d'essai est composé d'un réservoir d'eau transparent inclinable avec une échelle graduée pour la détermination du volume. Une seconde échelle graduée permet d'ajuster l'angle d'inclinaison du réservoir d'eau. À l'aide de différents poids, on fait la tare de l'appareil au moyen d'un bras de levier, puis on détermine la force de compression.

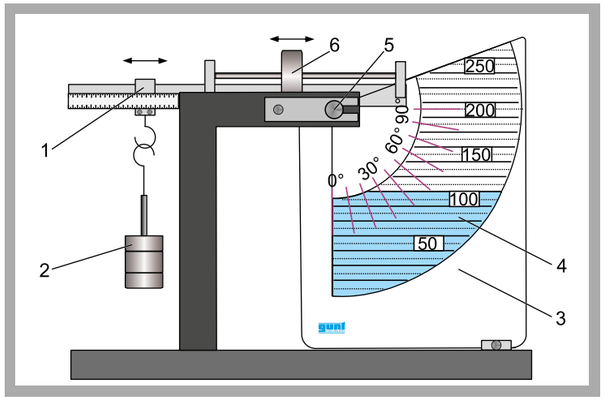
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

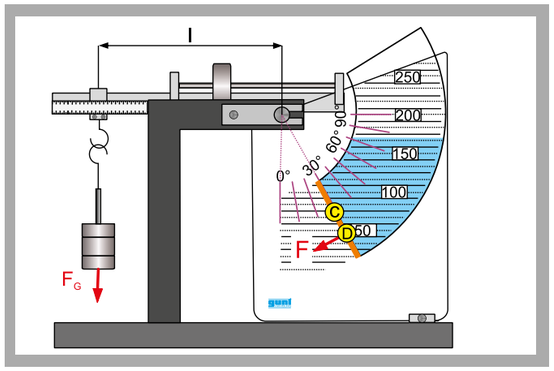
- distribution de la pression le long d'une surface effective dans un liquide au repos
- force latérale de la pression hydrostatique
- détermination du centre de pression et du centre de gravité de la surface
- détermination de la force de compression résultante

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

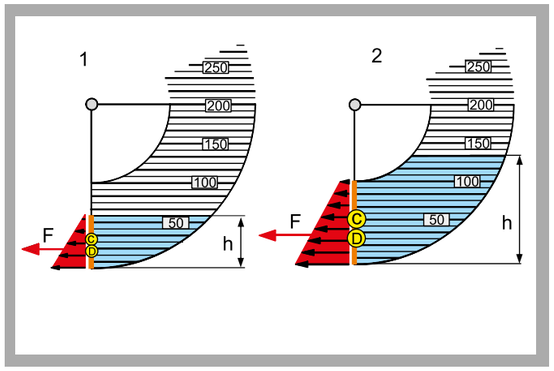
HM 150.05 *Pression hydrostatique dans des liquides*



1 support avec échelle graduée, 2 poids, 3 vitre transparente en plastique avec échelle d'angle et échelle de niveau, 4 réservoir d'eau, 5 axe rotatif, 6 poids déplaçable



Principe de mesure avec différents angles d'inclinaison du réservoir d'eau: en bleu: niveau d'eau, en orange: surface effective; F force, F_G force de pesanteur, l bras de levier avec force de pesanteur, C centre de gravité de la surface, D centre de pression



Profils de pression avec un niveau d'eau différent: 1 niveau d'eau <100mm, 2 niveau d'eau >100mm; en rouge: profils de pression, en orange: surface effective; F force, h niveau d'eau, C centre de gravité de la surface, D centre de pression

Spécification

[1] étude de la pression hydrostatique dans des liquides au repos
[2] réservoir d'eau inclinable avec échelle de niveau
[3] bras de levier avec différents poids

Caractéristiques techniques

Réservoir d'eau
- inclinable: 0°...90°
- contenu: 0...1,8L
- échelle: 0...250mm
- surface effective, max. 75x100mm

Bras de levier
- longueur max. 250mm

Poids
- 1x 2,5N
- 1x 2N
- 2x 1N
- 1x 0,5N

Dimensions et poids

Lxlxh: 400x500x450 mm
Poids: env. 12kg

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu de poids
1 jeu d'outils
1 documentation didactique

Références de commande

070.15005	HM 150.05	Pression hydrostatique dans des liquides

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.06 *Stabilité des corps flottants*

Description

En hydrostatique, le métacentre est un point d'observation important pour évaluer la stabilité des corps flottants. La stabilité décrit la capacité d'un bateau à se redresser depuis une position gîtée. Le métacentre est le point d'intersection entre le vecteur de poussée et l'axe de symétrie du bateau pour un gîte donné.

Le HM 150.06 permet d'étudier la stabilité d'un corps flottant et de déterminer graphiquement le métacentre. Il est également possible de déterminer la poussée du corps flottant. L'essai est conçu de manière simple et est parfaitement adapté à la mise en pratique en petits groupes.

L'essai est réalisé avec un réservoir rempli d'eau. Comme corps flottant, on utilise un corps transparent avec une section de membrure rectangulaire. Des poids de charge déplaçables à l'horizontale et à la verticale permettent de décaler le centre de gravité et le gîte. La position des poids de charge peut être lue sur des échelles graduées. Un inclinomètre indique le gîte.

L'accessoire HM 150.39 est disponible en option pour la réalisation d'autres essais avec différentes formes de membrures.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

Étude et détermination
- de la poussée et du centre de poussée
- du centre de gravité, du métacentre et de la stabilité
- du gîte

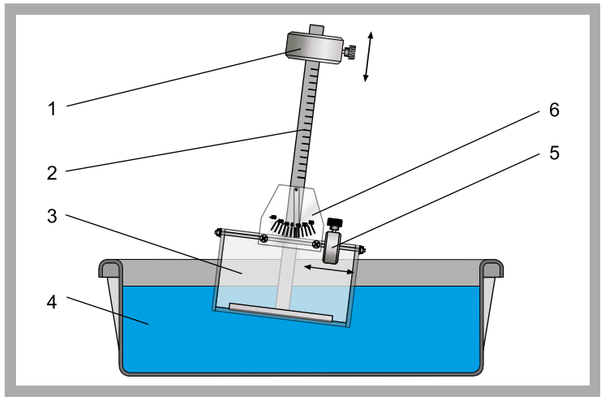
*** Stabilité d'un corps flottant**

*** Détermination du métacentre**

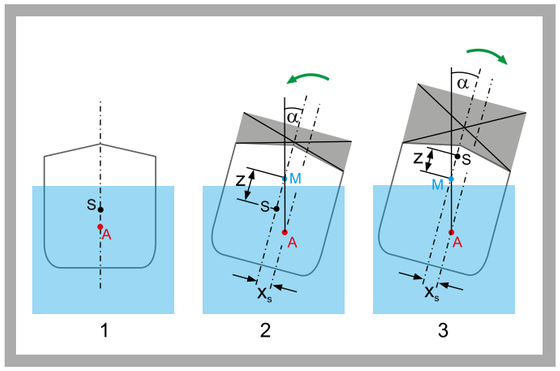
*** Autres corps flottants avec différentes formes de membrures disponibles en option, HM 150.39**

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

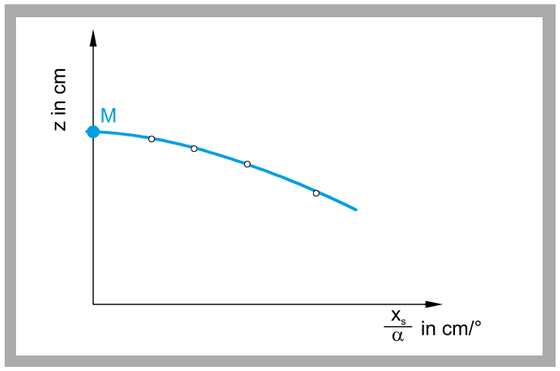
HM 150.06 *Stabilité des corps flottants*



1 décalage du centre de gravité, 2 échelle graduée, 3 corps flottant, 4 réservoir avec eau, 5 décalage du gîte, 6 inclinomètre avec échelle graduée



1 position stable, 2 position stable malgré la charge, métacentre au-dessus du centre de gravité, 3 position instable du fait de la charge, métacentre en dessous du centre de gravité; flèche verte: moment de redressement, M métacentre, S centre de gravité, A centre de poussée, z hauteur métacentrique, α angle de gîte



Détermination graphique du métacentre: x_s/α coefficient de stabilité, M métacentre, z position verticale du centre de gravité

Spécification

[1] étude de la stabilité d'un corps flottant et détermination du métacentre
[2] corps flottant transparent avec une section de membrure rectangulaire
[3] 1 poids de charge déplaçable horizontalement pour le décalage du gîte
[4] 1 poids de charge déplaçable verticalement pour le décalage du centre de gravité
[5] inclinomètre avec échelle graduée pour l'indication du gîte
[6] autres corps flottants avec formes de membrure différentes disponibles en option, HM 150.39

Caractéristiques techniques

Corps flottant
- Lxlxh: 300x130x190mm
- hauteur de mât: 400mm

Échelle horizontale: 180mm
Échelle verticale: 400mm
Échelle de hauteur du corps flottant: 120mm
Échelle de l'inclinomètre: +/- 35°
Poids
- corps flottant sans poids de charge: 2,8kg
- poids de charge vertical: 550g
- poids de charge horizontal: 193g

Réservoir d'eau: 50L

Dimensions et poids

Lxlxh: 660x450x220mm (réservoir)
Poids: env. 6kg

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.15006	HM 150.06 Stabilité des corps flottants

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.39 *Corps flottants pour HM 150.06*

*** Stabilité de corps flottants avec formes de membrure différentes**

Description

L'accessoire HM 150.39 comprend deux corps flottants transparents avec des formes de membrure différentes (bouchain vif et bouchain adouci). Les corps flottants sont utilisés avec le HM 150.06 et permettent d'étendre ses possibilités d'essais.

La conception des corps flottants et les possibilités d'essais correspondent à ceux de HM 150.06.

Contenu didactique / Essais

- comparaison de deux formes de membrure différentes: bouchain vif et bouchain adouci

Liste de livraison

2 corps flottants
1 notice

Spécification

[1] détermination du métacentre de 2 corps flottants ayant des formes de membrure différentes
[2] 1 forme de membrure: bouchain vif, 1 forme de membrure: bouchain adouci
[3] pour utilisation avec HM 150.06

Caractéristiques techniques

Forme de membrure bouchain vif:
Lxlxh 300x200x140mm
Forme de membrure bouchain adouci:
Lxlxh 300x200x100mm
Longueur du mât: 240mm
Échelle horizontale: 180mm
Échelle verticale: 240mm
Échelle de hauteur du corps flottant: 120mm
Échelle du gîte: +/- 35°
Poids
- corps flottant sans poids de charge: bouchain vif: 3,6kg, bouchain en forme: 2,5kg
- poids de charge vertical: 550g
- poids de charge horizontal: 193g

Dimensions et poids

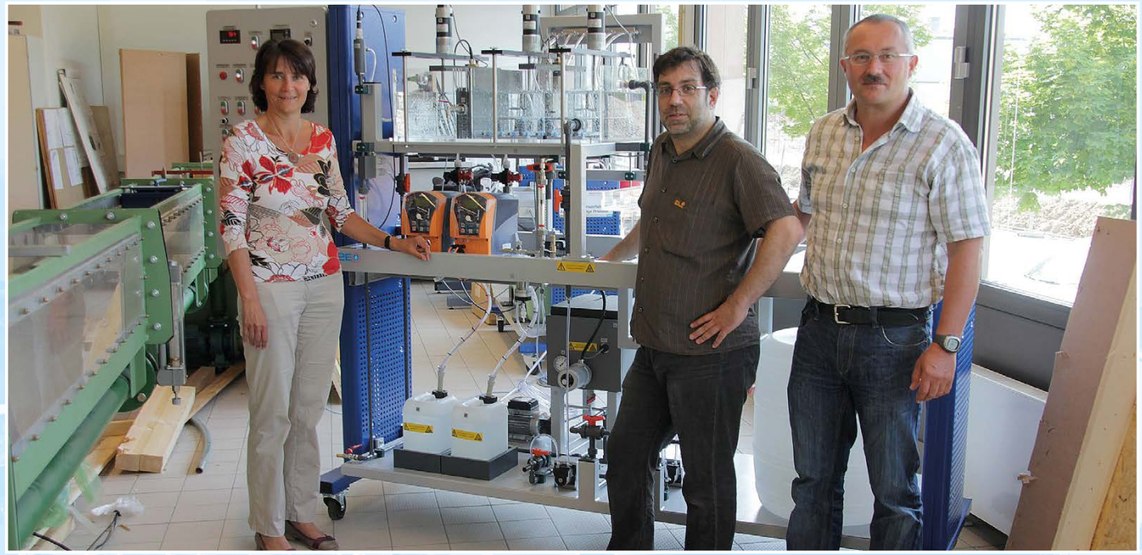
Lxlxh: respectivement 310x210x300mm
Poids: env. 7kg au total

Références de commande

070.15039	HM 150.39	Corps flottants pour HM 150.06

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

APERÇUS DES LABORATOIRES DE NOS CLIENTS



Les appareils GUNT sont utilisés depuis de nombreuses années par des centaines de centres de formation technique pour la plus grande satisfaction de nos clients.

Un maximum d'exigence pour la conception et les détails: des essais avec les appareils GUNT, pour un apprentissage clair des savoirs.

CONNAISSANCES DE BASE

PRINCIPES DE BASE DE L'HYDRODYNAMIQUE

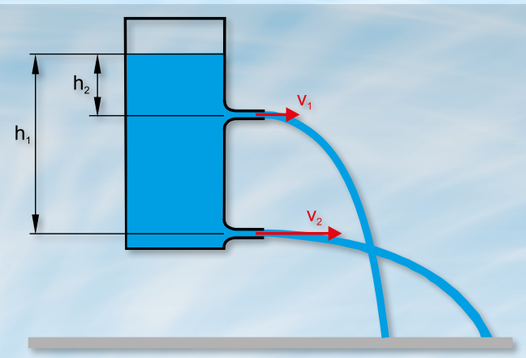
L'hydrodynamique étudie et décrit les fluides en mouvement. L'étude des principes de conservation de la masse, de l'énergie et de l'impulsion y est au premier plan.

Les fluides en écoulement possèdent une énergie cinétique. Cette énergie peut être transformée en énergie potentielle (pression, hauteur) et vice et versa.

Quelques thèmes comme: l'équation de Bernoulli, l'équation de continuité et la conservation de l'impulsion y sont abordés. Afin de faciliter la compréhension des phénomènes, on observe souvent des états stationnaires de fluides incompressibles.

Autres thématiques de l'hydrodynamique

- l'écoulement tubulaire (laminaire/ turbulent)
- les méthodes de mesure du débit
- l'écoulement dans des canaux ouverts (plus détaillé dans la section de programme 4b)
- l'écoulement autour de corps
- les turbomachines (plus détaillées dans la section de programme 4a)
- l'écoulement des fluides compressibles



***h** hauteur de chute, distance entre le point de vidange et la surface libre de l'eau, **v** vitesse*

Vidange d'un réservoir

La vidange d'un réservoir peut être aussi bien stationnaire que non stationnaire. Dans le cas stationnaire, la hauteur de remplissage et donc la portée du jet restent constantes (par ex. en cas d'écoulement sous un déversoir). La vitesse de vidange dépend uniquement de la hauteur de chute ***h*** et se calcule au moyen de la formule de Torricelli.

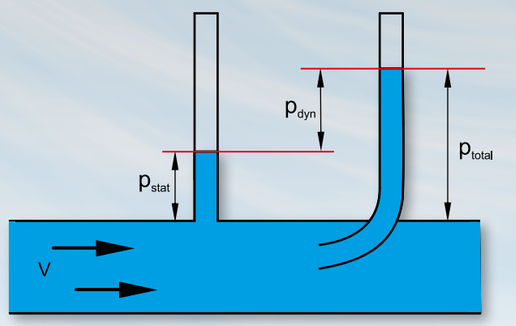
$$v = \sqrt{2gh}$$

***v** vitesse, **g** accélération de la pesanteur, **h** distance entre le point de vidange et la surface libre de l'eau*

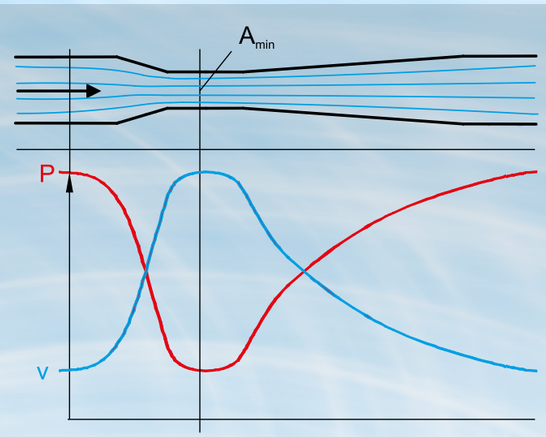
On parle d'état non stationnaire dès lors que le réservoir se vide durant le processus de vidange.

Pression dans un fluide en écoulement

L'énergie d'un fluide en écoulement est déterminée à partir de la pression, la vitesse et la densité. La pression totale est constituée d'une composante statique et d'une composante dynamique. La composante dynamique augmente de manière quadratique avec l'augmentation de la vitesse d'écoulement. Un fluide en écoulement peut contenir de l'énergie potentielle, cinétique et de pression. Dans l'idéal, l'énergie totale reste constante. Les composantes peuvent elles varier, c'est-à-dire par exemple que de l'énergie de pression peut être transformée en énergie cinétique.



***v** vitesse, p_{stat} pression statique, p_{dyn} pression dynamique, p_{total} pression totale*

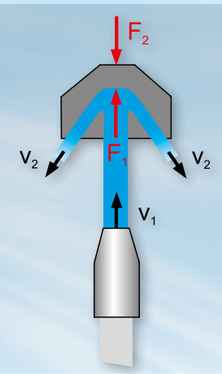


vitesse, évolution de la pression statique

Tube de Venturi

La vitesse du fluide est la plus élevée là où la section est la plus étroite (**équation de continuité** A · v = const). Bernoulli a découvert qu'une partie de l'énergie de pression est transformée en énergie cinétique. Ainsi, lorsque la vitesse augmente, la pression baisse, et la pression la plus basse se forme dans la section la plus étroite. Selon **l'équation de Bernoulli**, on peut dire que l'énergie d'un fluide non compressible en écoulement non soumis à des frottements est constante.

Utilisation: pompe à jet d'eau, carburateur, mesure du débit



***F**1 force de jet, **F**2 force de réaction, **v**1 vitesse de jet, **v**2 vitesse après un changement de direction*

Forces de jet

La valeur ou la direction de l'impulsion d'un fluide change après une modification de la vitesse d'écoulement. Des forces apparaissent alors, elles peuvent par exemple entraîner une turbine à jet libre ou un bateau.

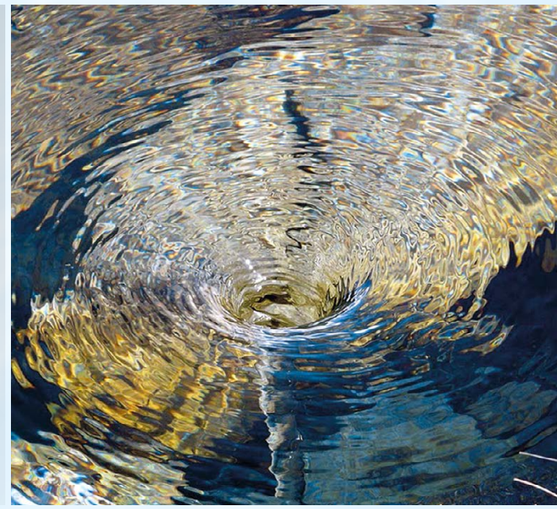
Ces forces peuvent être facilement démontrées et mesurées en projetant le jet sur un mur où il est dévié.

Formation de tourbillons

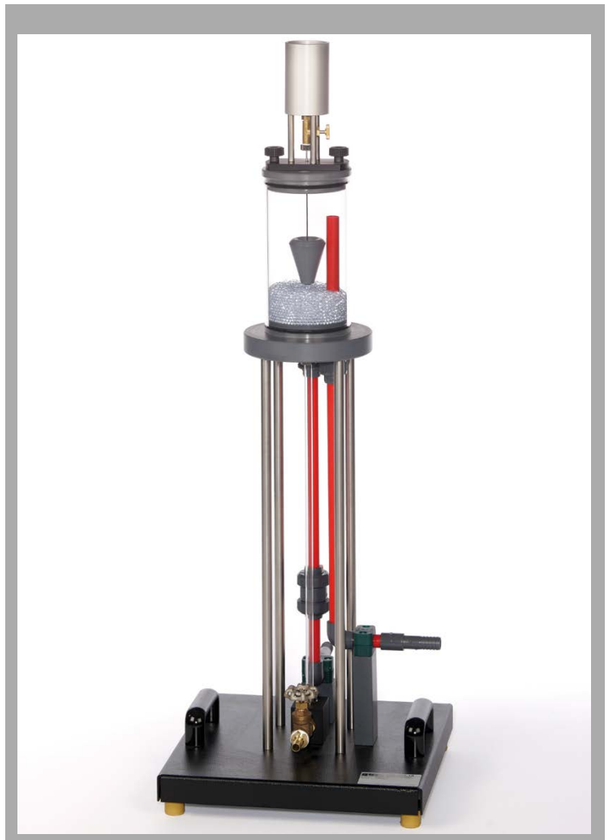
Des tourbillons se forment lorsqu'au sein d'un fluide, une partie de ce fluide s'écoule plus rapidement que le le reste du fluide. Un gradient de vitesse est alors présent dans le fluide. De l'énergie est dissipée dans les tourbillons.

Des tourbillons libres (vortex potentiel, par ex. remous) se forment par exemple au moment de la vidange d'un réservoir. Dans les tourbillons libres, toutes les particules de fluide se déplacent sur des cercles concentriques sans tourner autour de leur propre axe. Les tourbillons libres se forment uniquement à partir de forces hydrodynamiques.

Les tourbillons forcés sont rotationnels et se forment à partir de forces externes, par exemple celles d'un agitateur.



HM 150.18 *Essai d'Osborne Reynolds*



*** Visualisation d'un écoulement laminaire et d'un écoulement turbulent**

*** Détermination du nombre de Reynolds critique**

*** Essai classique selon le modèle du physicien britannique Osborne Reynolds**

Description

Un écoulement laminaire et un écoulement turbulent sont représentés durant l'essai d'Osborne Reynolds. On peut alors observer, à partir d'une vitesse seuil, la transition entre écoulement laminaire et écoulement turbulent. Pour déterminer si un écoulement est laminaire ou turbulent, on utilise le nombre de Reynolds.

Avec le HM 150.18, les lignes de courant des écoulements laminaire et turbulent sont représentées en couleur grâce à l'injection d'un produit de contraste (encre). Les résultats de l'essai permettent de déterminer le nombre de Reynolds critique.

L'appareil d'essai est composé d'une section de tuyau transparente où s'écoule de l'eau avec une arrivée optimisée. Une soupape permet d'ajuster le débit dans la section de tuyau. On injecte de l'encre dans l'eau qui circule. Une couche de billes de verre à l'intérieur du réservoir d'arrivée assure l'homogénéité de l'écoulement et limite la formation de tourbillons.

L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau et la mesure du débit se font au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

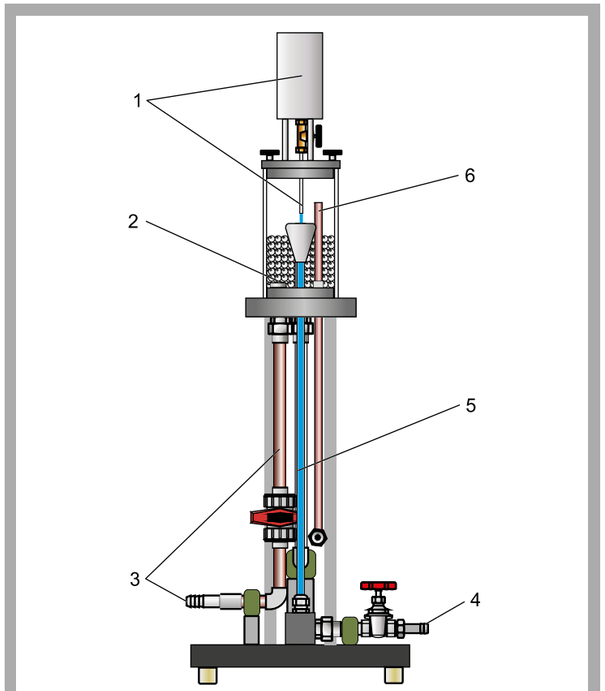
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

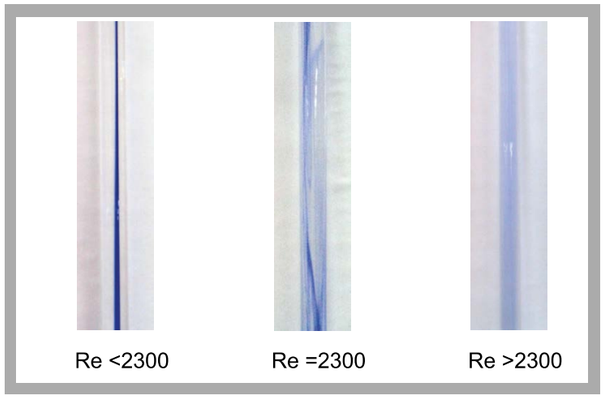
- visualisation de l'écoulement laminaire
- visualisation de la zone de transition
- visualisation de l'écoulement turbulent
- détermination du nombre de Reynolds critique

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.18 *Essai d'Osborne Reynolds*



1 réservoir d'encre avec tuyau d'arrivée, 2 réservoir d'arrivée avec billes de verre, 3 alimentation en eau, 4 évacuation d'eau avec vanne de régulation, 5 section de tuyau en verre, 6 trop-plein



Régimes d'écoulement de gauche à droite: écoulement laminaire, transition de l'écoulement laminaire à l'écoulement turbulent, écoulement turbulent

Spécification

[1] visualisation d'un écoulement laminaire et d'un écoulement turbulent au cours de l'essai d'Osborne Reynolds
[2] eau comme fluide en mouvement et encre comme produit de contraste
[3] section de tuyau verticale en verre
[4] réservoir d'eau avec billes de verre pour tranquiliser l'écoulement
[5] débit dans la section de tuyau ajustable au moyen d'une soupape
[6] détermination du débit au moyen du module de base HM 150
[7] alimentation en eau à l'aide du module de base HM 150 ou par le réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Réservoir d'arrivée
- volume: 2200mL

Section de tuyau
- longueur: 675mm
- diamètre intérieur: 10mm

Réservoir d'encre
- volume: env. 250mL

Dimensions et poids

Lxlxh: 400x400x1140mm
Poids: env. 16kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé) ou bien raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 sac de billes en verre
1L d'encre
1 documentation didactique

Références de commande

070.15018	HM 150.18 Essai d'Osborne Reynolds

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.07 *Théorème de Bernoulli*

*** Étude et vérification du théorème de Bernoulli**

*** Pressions statiques et répartition de la pression totale le long du tube de Venturi**

*** Détermination du coefficient de débit à différents débits**

Description

Le théorème de Bernoulli décrit le rapport existant entre la vitesse d'écoulement d'un fluide et sa pression. Ainsi, une augmentation de la vitesse du fluide circulant entraîne une chute de pression et inversement. La pression totale du fluide reste elle constante. L'équation de Bernoulli est aussi désignée sous le terme de principe de la conservation de l'énergie de l'écoulement.

L'appareil d'essai HM 150.07 permet de démontrer le théorème de Bernoulli en déterminant les pressions présentes dans un tube de Venturi.

L'appareil d'essai comprend une section de tuyau avec un tube de Venturi transparent et un tube de Pitot mobile pour la mesure de la pression totale. Le tube de Pitot se trouve à l'intérieur du tube de Venturi où il subit un déplacement axial. La position du tube de Pitot peut être observée à l'aide du panneau transparent du tube de Venturi.

Le tube de Venturi est équipé de points de mesure de la pression pour la détermination des pressions statiques. Les pressions sont affichées sur le manomètre à 6 tubes. La pression totale est mesurée au moyen d'un tube de Pitot et affichée sur un autre manomètre à tube.

L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau et la mesure du débit se font au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

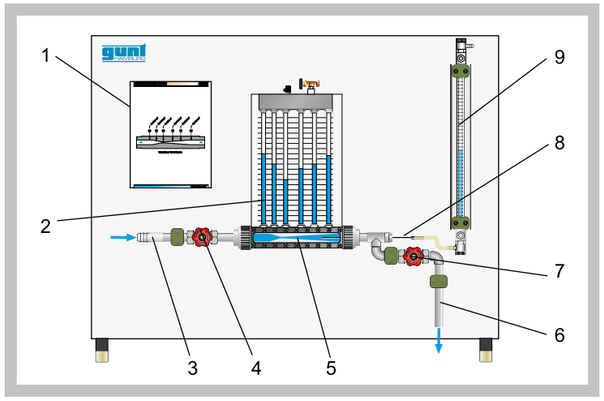
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

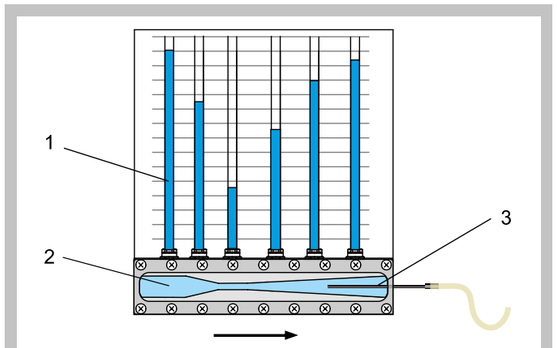
- transformation d'énergie lors d'un écoulement tubulaire divergent / convergent
- enregistrement de l'évolution de la pression dans le tube de Venturi
- détermination de l'évolution de la vitesse dans le tube de Venturi
- détermination du coefficient de débit
- reconnaissance des effets de frottement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

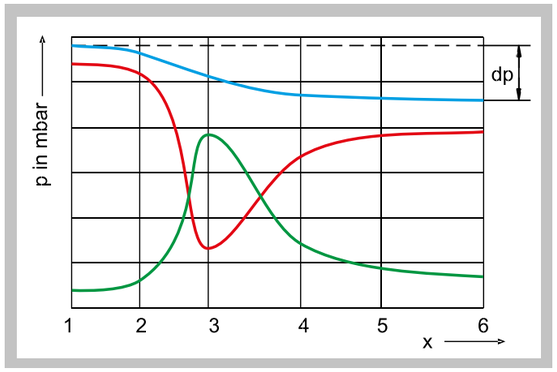
HM 150.07 *Théorème de Bernoulli*



1 schéma, 2 manomètre à tubes (pressions statiques), 3 alimentation en eau, 4 soupape d'alimentation en eau, 5 tube de Venturi, 6 évacuation d'eau, 7 soupape d'évacuation d'eau, 8 tube de Pitot, 9 manomètre à tube (pression totale)



Mesure des pressions dans un tube de Venturi
1 manomètre à tubes pour l'affichage des pressions statiques, 2 tube de Venturi avec points de mesure, 3 tube de Pitot pour la mesure de la pression totale, déplaçable axialement



Évolution de la pression dans le tube de Venturi: bleu: pression totale, rouge: pression statique, vert: pression dynamique; x points de mesure de la pression, p pression, dp perte de charge liée aux frottements

Spécification

[1] familiarisation avec le théorème de Bernoulli
[2] tube de Venturi avec panneau avant transparent et points de mesure pour la mesure des pressions statiques
[3] tube de Pitot déplaçable axialement pour la détermination de la pression totale à différents points du tube de Venturi
[4] manomètre à 6 tubes pour l'affichage des pressions statiques
[5] manomètre à tube pour l'affichage de la pression totale
[6] détermination du débit au moyen du module de base HM 150
[7] alimentation en eau à l'aide du module de base HM 150 ou par le réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Tube de Venturi
- A: 84...338mm²
- Angle d'arrivée: 10,5°
- angle de sortie: 4°

Tube de Pitot
- plage de déplacement: 0...200mm
- diamètre: 4mm

Conduits et raccords: PVC

Plages de mesure
- pression statique: 0...290mmCE
- pression totale: 0...370mmCE

Dimensions et poids

Lxlxh: 1100x680x900mm
Poids: 28kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé) ou bien raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.15007	HM 150.07 Théorème de Bernoulli

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.08 *Mesure des forces de jet*

*** Étude des forces de jet sur des déflecteurs**

*** Démonstration du principe de conservation de l'impulsion**

*** 4 déflecteurs interchangeables avec différents angles de déflexion**

Description

Le fait de ralentir, accélérer ou changer la direction d'un fluide en écoulement modifie sa vitesse, ce qui entraîne une modification de l'impulsion. Les modifications de l'impulsion produisent des forces.

Dans la pratique, on utilise les forces d'impulsion pour transformer l'énergie d'écoulement en travail technique, comme par exemple dans les turbines Pelton.

Avec le HM 150.08, on produit et on étudie les forces d'un jet à l'aide d'un jet d'eau projeté sur un déflecteur interchangeable dont la direction est alors modifiée.

L'appareil d'essai comprend un réservoir transparent, une buse, quatre déflecteurs interchangeables avec différents angles de déflexion et une balance chargée de poids. La force du jet d'eau est ajustée par le débit.

On étudie au cours des essais l'impact de la vitesse d'écoulement et du débit ainsi que des différents angles de déflexion. Les intensités des forces du jet produites sont déterminées sur la balance chargée de poids. En se servant du principe de conservation de l'impulsion, on calcule les intensités des forces et on les compare aux mesures.

L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau et la mesure du débit se font au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

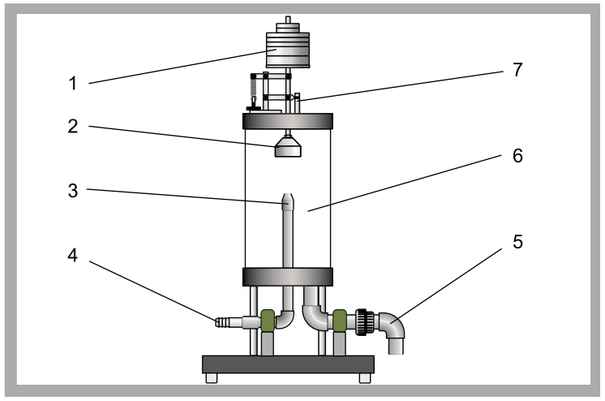
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

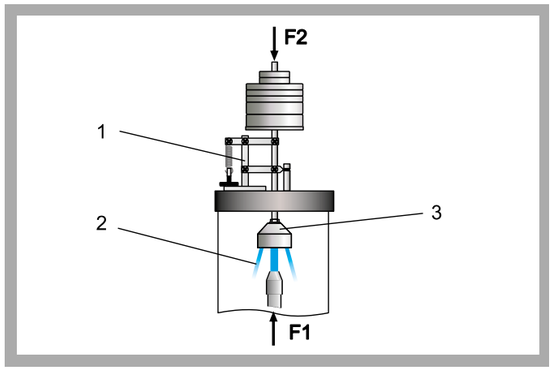
- démonstration du principe de conservation de l'impulsion
- étude des forces de jet
- influence du débit et de la vitesse d'écoulement
- influence de la variation des angles de déflexion

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

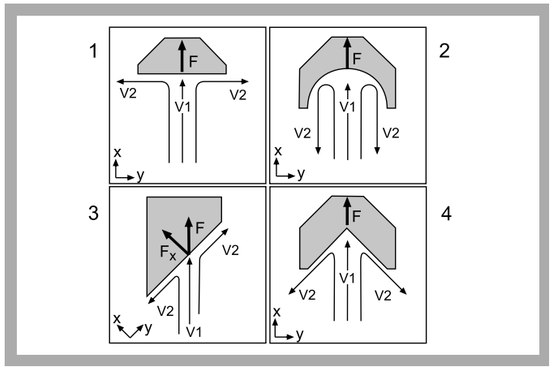
HM 150.08 *Mesure des forces de jet*



1 poids, 2 déflecteur, 3 buse, 4 alimentation en eau, 5 drain d'eau, 6 réservoir, 7 système de levier



Mesure des forces de jet au moyen d'une balance chargée de poids
1 système de levier, 2 jet d'eau dévié, 3 déflecteurs à surface conique;
F1 force de jet, F2 force de pesanteur



Répartition des vitesses v et des forces F sur des déflecteurs
1 déflecteur à surface plane, 2 déflecteur à surface semi-arrondie, 3 déflecteur à surface oblique, 4 déflecteur à surface conique

Spécification

[1] études de forces de jet et démonstration du principe de conservation de l'impulsion
[2] réservoir transparent pour l'observation des essais
[3] buse servant à la production du jet d'eau
[4] force de jet ajustable par l'intermédiaire du débit
[5] 4 déflecteurs de formes différentes: surface plane, surface oblique, surface semi-arrondie et surface conique
[6] mesure des forces de jet au moyen d'une balance chargée de poids
[7] détermination du débit au moyen du module de base HM 150
[8] alimentation en eau à l'aide du module de base HM 150 ou par le biais du réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Réservoir
- diamètre intérieur: 200mm
- hauteur: 340mm

Buse
- diamètre: 10mm

Déflecteur
- surface plane: 90°
- surface oblique: 45°/135°
- surface semi-arrondie: 180°
- surface conique: 135°

Poids
- 4x 0,2N
- 3x 0,3N
- 2x 1N
- 2x 2N
- 2x 5N

Dimensions et poids

Lxlxh: 400x400x880mm
Poids: env. 23kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé), ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu de poids
4 déflecteurs
1 documentation didactique

Références de commande

070.15008	HM 150.08 Mesure des forces de jet

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

TM 605 *Force de Coriolis*

*** Visualisation de l'influence de la force de Coriolis**

*** Système de référence en rotation**

*** Jet d'eau comme masse mobile**

Description

Lorsque, dans un système de référence en rotation, une masse se déplace par rapport au système de référence, son mouvement est dévié. Cette déviation est due à la force de Coriolis qui est une force apparente ou force d'inertie. La force de Coriolis joue un rôle décisif dans les domaines de la météorologie et de l'océanographie physique, étant donné qu'elle exerce, du fait de la rotation de la terre, une influence sur les écoulements d'air et d'eau.

Dans le domaine technique, la force de Coriolis apparaît lorsqu'un mouvement de rotation se superpose à un autre mouvement d'un seul et même objet. Ce qui peut être le cas par exemple sur des grues, des entraînements ou des robots.

L'appareil d'essai TM 605 permet de visualiser l'influence de la force de Coriolis dans un système de référence en rotation. Un réservoir transparent avec pompe submersible est mis en mouvement de rotation sur un bras rotatif. La pompe produit un jet d'eau de direction radiale à l'intérieur de ce système de référence en rotation. Le jet d'eau est dévié de manière visible sous l'effet de la force de Coriolis; cette déviation dépend du débit de refoulement de la pompe ou de la vitesse de l'eau ainsi que de la vitesse de rotation et du sens de rotation. Le degré de la déviation peut être déterminé avec une échelle graduée sur le réservoir d'eau. La vitesse de rotation est ajustable en continu, elle est régulée électroniquement et affichée de manière numérique.

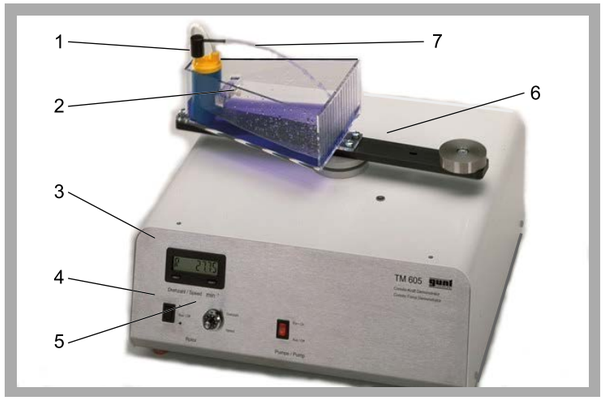
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

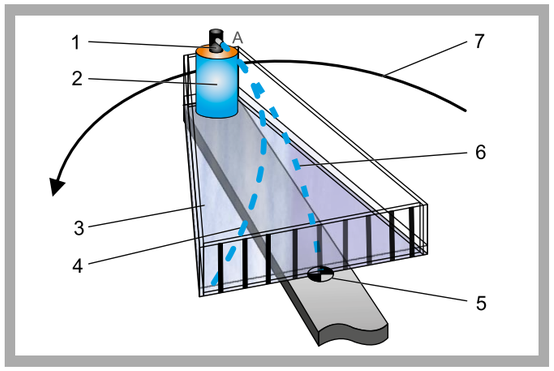
- force d'inertie ou force apparente
- superposition d'un mouvement de rotation sur un mouvement translationnel
- visualisation de l'influence de la force de Coriolis

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

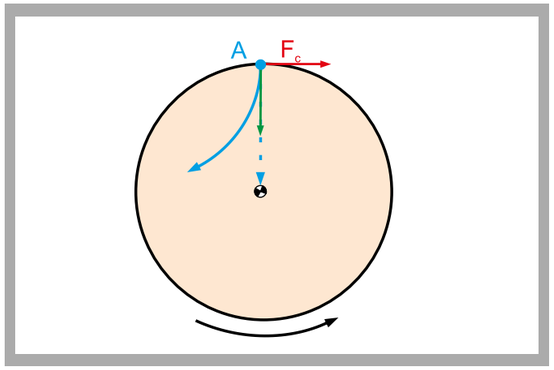
TM 605 *Force de Coriolis*



1 pompe, 2 réservoir d'eau, 3 affichage de la vitesse de rotation, 4 commutateur de modification du sens de rotation, 5 ajustage de la vitesse de rotation, 6 bras rotatif, 7 jet d'eau



1 buse pour jet d'eau, 2 pompe, 3 réservoir, 4 jet d'eau dévié, 5 pivot du bras, 6 jet d'eau avec bras à l'arrêt, 7 sens de rotation; A point de départ de la masse déplacée



Influence de la force de Coriolis: A point de départ de la masse déplacée, F_c force de Coriolis; en orange: système de référence en rotation, en rouge: direction de la force de Coriolis, en vert: mouvement instantané de la masse, en pointillés bleus: direction du mouvement sans mouvement de rotation, en bleu: direction de mouvement effective avec une rotation

Spécification

[1] visualisation de l'influence de la force de Coriolis
[2] système de référence en rotation composé d'un réservoir transparent avec pompe submersible sur un bras rotatif
[3] déviation du mouvement radial d'un jet d'eau en fonction de la vitesse de rotation et du sens de rotation
[4] échelle graduée pour le relevé de la déviation du jet d'eau
[5] circuit d'eau fermé
[6] capteur de vitesse de rotation avec affichage numérique

Caractéristiques techniques

Bras rotatif
- vitesse de rotation ajustable en continu: 0...60min^{-1}
- sens de rotation ajustable

Pompe submersible
- débit de refoulement 10L/min

Dimensions et poids

Lxlxh: 420x400x320mm
Poids: env. 25kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu d'outils
1 documentation didactique

Références de commande

040.60500	TM 605 Force de Coriolis

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.09 *Vidange horizontale d'un réservoir*

*** Visualisation de la trajectoire d'un jet de sortie**
*** Étude d'orifices avec différents diamètres et contours**
*** Détermination des coefficients de contraction**

Description

En hydrodynamique, dans le cas d'une vidange horizontale par des orifices, on observe le rapport entre la parabole de la trajectoire, le contour de sortie et la vitesse de sortie. Ces observations trouvent des applications pratiques par exemple en génie hydraulique ou pour le dimensionnement des vidanges de fond des barrages.

Le HM 150.09 permet d'étudier et de visualiser l'évolution d'un jet d'eau. En outre, il est possible de déterminer le coefficient de contraction en tant que trait caractéristique de différents contours.

L'appareil d'essai comprend un réservoir transparent, un dispositif palpeur ainsi qu'un panneau de visualisation des évolutions des jets. Un insert interchangeable est intégré à la sortie d'eau du réservoir afin de pouvoir étudier différents orifices. Quatre inserts avec des diamètres et contours différents sont intégrés à la liste de livraison.

Lors de la visualisation, la trajectoire du jet d'eau de sortie est enregistrée au moyen d'un dispositif palpeur constitué de barres mobiles. Les barres sont positionnées en fonction de l'évolution du jet d'eau. Ce qui permet d'obtenir une trajectoire qui est rapportée sur le panneau.

Le réservoir contient un trop-plein ajustable et une échelle graduée. Ce qui rend possibles l'ajustage et le relevé précis du niveau. L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau et la mesure du débit se font au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

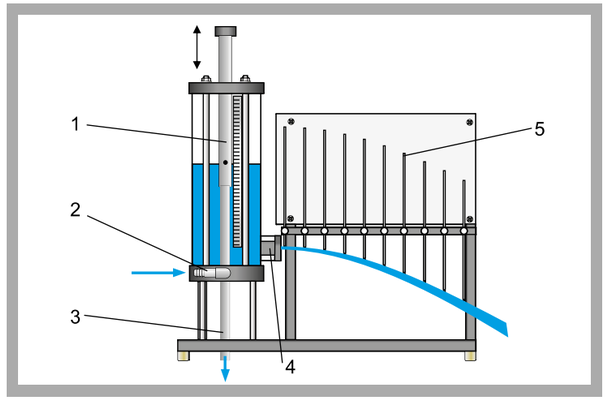
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

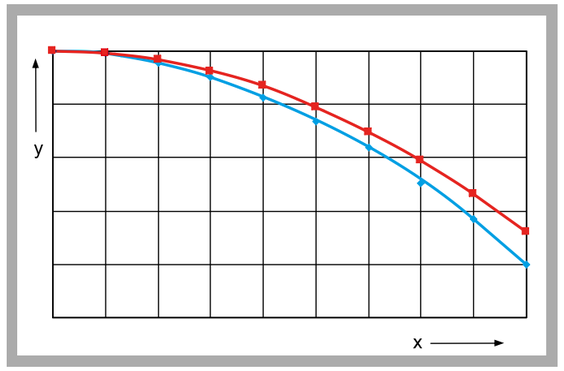
- tracé de la trajectoire d'un jet d'eau avec différentes vitesses de sortie
- étude de l'influence du niveau du réservoir sur la vitesse de sortie
- détermination du coefficient de contraction pour différents diamètres et contours
- comparaison de la vitesse de vidange réelle et théorique

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

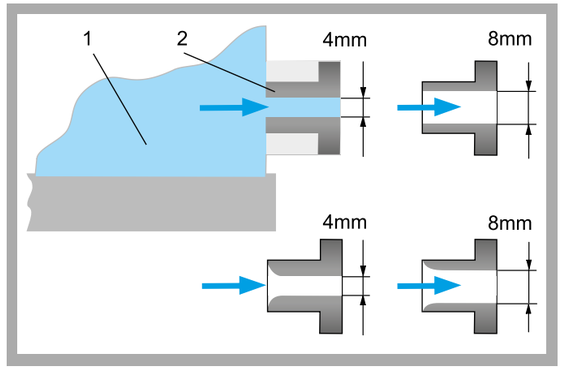
HM 150.09 *Vidange horizontale d'un réservoir*



1 réservoir avec trop-plein ajustable, 2 alimentation en eau, 3 trop-plein d'eau, 4 sortie d'eau, 5 dispositif palpeur pour le jet d'eau



Trajet du jet de sortie mesuré (en bleu) et théorique calculé (en rouge)



Éléments interchangeables pour l'étude de différents orifices
1 réservoir, 2 insert; en haut: sortie du réservoir par un contour angulaire, en bas: sortie du réservoir par un contour arrondi

Spécification

[1] étude de vidanges horizontales par des orifices
[2] détermination du coefficient de contraction pour différents diamètres et contours
[3] réservoir avec trop-plein ajustable et échelle graduée
[4] 4 inserts interchangeables avec diamètres et contours différents
[5] dispositif palpeur avec 8 barres mobiles pour la visualisation de la trajectoire du jet
[6] panneau blanc pour l'enregistrement de la trajectoire
[7] détermination du débit au moyen du module de base HM 150
[8] alimentation en eau à l'aide du module de base HM 150 ou par le biais du réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Réservoir
- hauteur: 510mm
- diamètre: 190mm
- contenu: ca. 13,5L

Éléments avec contour arrondi
- 1x diamètre: 4mm
- 1x diamètre: 8mm

Éléments avec contour angulaire
- 1x diamètre: 4mm
- 1x diamètre: 8mm

Dispositif palpeur, 8 barres mobiles
- longueur: 350mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 865x640x590mm
Poids: env. 27kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé), ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

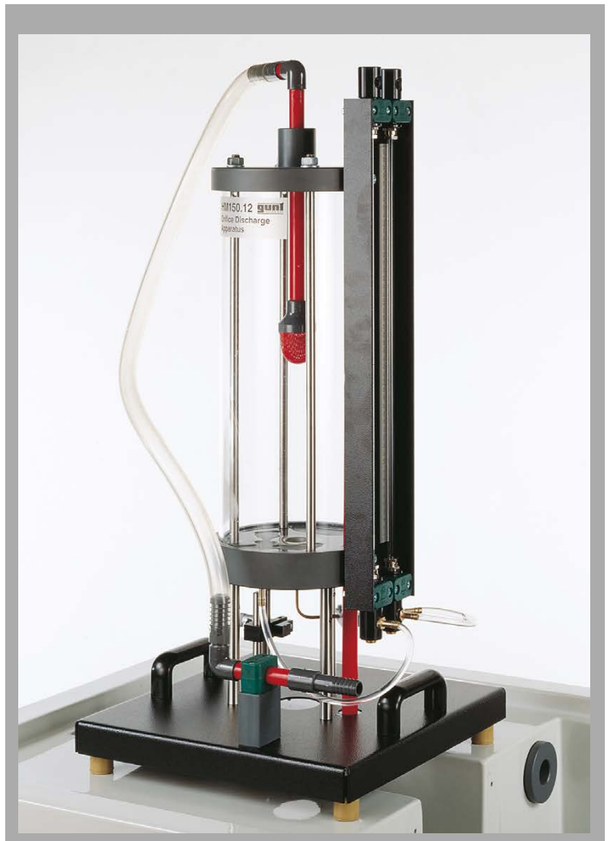
1 appareil d'essai
4 inserts
1 documentation didactique

Références de commande

070.15009	HM 150.09	Vidange horizontale d'un réservoir

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.12 *Vidange verticale d'un réservoir*



*** Détermination du diamètre et de la vitesse du jet de sortie**

*** Étude d'orifices avec différents profils d'entrée et de sortie**

*** Détermination du coefficient de contraction**

Description

Les pertes de charge lors de la vidange sont liées principalement à deux processus: la déviation du jet à l'entrée dans l'orifice et le frottement des parois dans l'orifice. Les pertes de charge font que le débit volumétrique sortant est inférieur à ce qu'il pourrait être en théorie.

Avec le HM 150.12, on calcule ces pertes à différents débits. On peut étudier différents diamètres et différents profils d'entrée et de sortie des orifices. En outre, il est possible de déterminer le coefficient de contraction comme caractéristique des profils différents.

L'appareil d'essai comprend un réservoir transparent, un dispositif de mesure ainsi qu'un tube de Pitot et un manomètre à deux tubes. Pour l'étude de différents orifices, on fixe un insert interchangeable dans la sortie d'eau du réservoir. Cinq inserts ayant des diamètres et des profils d'entrée et de sortie différents sont inclus dans la liste de livraison.

Un dispositif de mesure permet d'effectuer les relevés relatifs au jet de sortie. Un tube de Pitot enregistre la pression totale de l'écoulement. Le différentiel de pression relevé par le manomètre sert à déterminer la vitesse.

Le réservoir est équipé d'un trop-plein ajustable et d'un point de mesure de la pression statique. Ainsi, le niveau peut être ajusté de manière précise et être relevé sur le manomètre. L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau et la mesure du débit se font au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

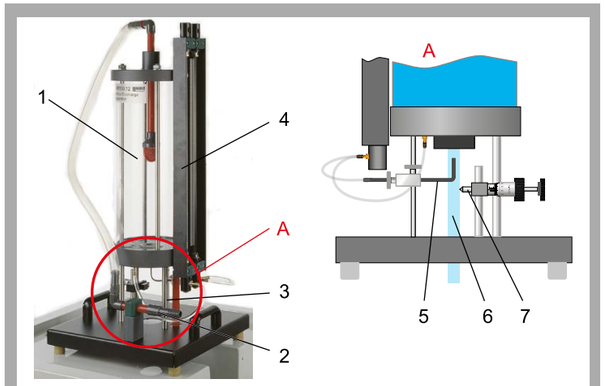
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

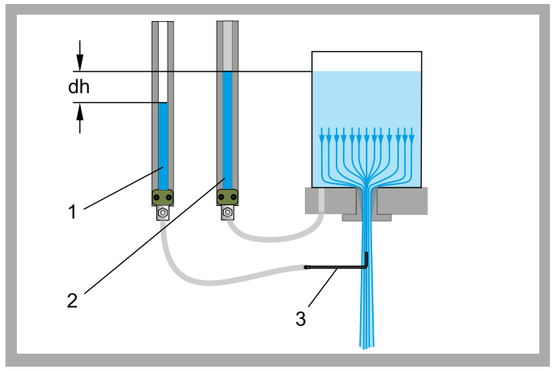
- études au niveau du jet de sortie (diamètre, vitesse)
- détermination des pertes de charge et du coefficient de contraction pour différents profils de sortie
- détermination du débit à différentes hauteurs de contraction

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

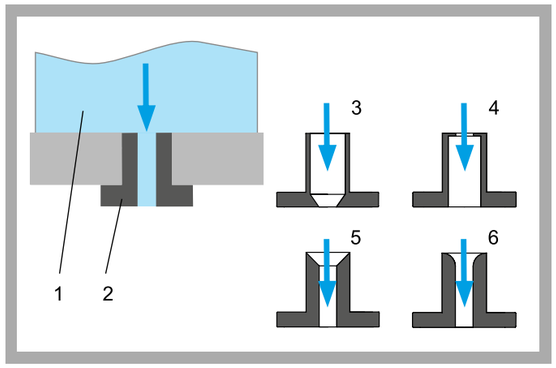
HM 150.12 *Vidange verticale d'un réservoir*



1 tamis d'alimentation, 2 raccord d'eau, 3 trop-plein, 4 manomètre à double tubes, 5 tube de Pitot, 6 jet d'eau, 7 dispositif de mesure du diamètre du jet



Mesure des pressions
1 pression totale en jet libre, 2 pression statique dans le réservoir, 3 tube de Pitot; dh perte lors de la transformation de la pression en vitesse



Inserts interchangeables pour l'étude de différents profils d'entrée et de sortie
1 réservoir, 2 insert avec alésage cylindrique, 3 insert avec sortie en forme de cône, 4 insert avec bandeau à l'entrée, 5 insert avec entrée en forme de cône, 6 insert avec entrée arrondie

Spécification

[1] étude des pertes de charge lors des vidanges verticales des réservoirs
[2] détermination du coefficient de contraction pour différents profils et diamètres
[3] réservoir avec trop-plein ajustable
[4] 5 inserts interchangeables avec différents profils
[5] dispositif de mesure pour le calcul du diamètre du jet
[6] tube de Pitot pour déterminer la pression totale
[7] affichage de la pression sur le manomètre à double tubes
[8] détermination du débit au moyen du module de base HM 150
[9] alimentation en eau à l'aide du module de base HM 150 ou par le réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Réservoir
- contenu: env. 13L
- hauteur du trop-plein: max. 400mm
- débit max.: 14L/min

Inserts
Diamètre intérieur: d_1=arrivée, d_2=purge
- 1x alésage cylindrique, $d_1 = d_2$=12mm
- 1x sortie de l'insert: cône d_1=24mm, d_2=12mm
- 1x entrée dans l'insert: bandeau d_1=24mm, d_2=12mm
- 1x entrée dans l'insert: cône d_1=30mm, d_2=12mm
- 1x entrée dans l'insert: arrondie $d_1 = d_2$=12mm

Plages de mesure
- pression: 500mmCE
- rayon du jet: 0...10mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 400x400x830mm
Poids: env. 18kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé) ou bien raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
5 inserts
1 jeu de flexibles
1 documentation didactique

Références de commande

070.15012	HM 150.12	Vidange verticale d'un réservoir

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.14 Formation de tourbillons

*** Production et étude de tourbillons libres et forcés**

*** Différents inserts au niveau du drain d'eau**

*** Roue à ailettes pour la production de tourbillons forcés**

Description

En mécanique des fluides, les écoulements circulaires d'un fluide qui se forment sous l'effet de gradients de vitesse suffisamment élevés sont appelés tourbillons. Dans la pratique, on peut les observer sur le drain d'eau partant d'un lavabo en direction d'un conduit ou lors de la rencontre de deux fluides ayant des vitesses différentes.

L'appareil d'essai HM 150.14 permet de produire et d'étudier des tourbillons libres et des tourbillons forcés.

L'appareil d'essai dispose d'un réservoir transparent avec buses, différents inserts au niveau de l'évacuation d'eau, une roue à ailettes et un dispositif palpeur pour l'enregistrement des profils des tourbillons.

Dans le cas de la formation de tourbillons libres, l'eau pénètre radialement dans le réservoir et s'écoule à travers un anneau pour se stabiliser. Le tourbillon se forme au moment de la sortie de l'eau du réservoir. Quatre inserts facilement interchangeables sont mis à disposition; ils présentent chacun des diamètres différents pour le drain.

Dans le cas de la formation de tourbillons forcés, l'eau pénètre de manière tangentielle dans le réservoir. Le tourbillon est produit par une roue à ailettes entraînée par un jet d'eau.

Les dispositifs palpeur permettent d'enregistrer les profils de surface des tourbillons. La vitesse du tourbillon est déterminée.

L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau et la mesure du débit se font au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

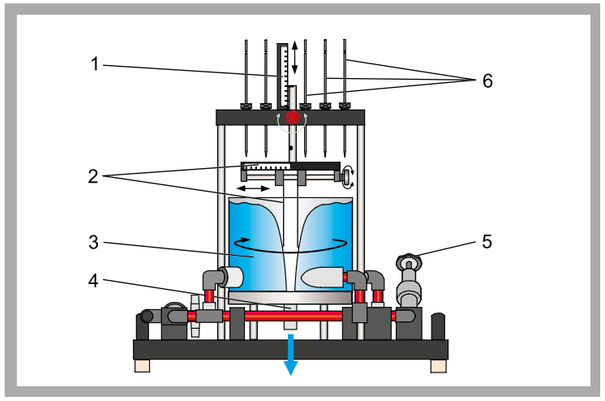
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

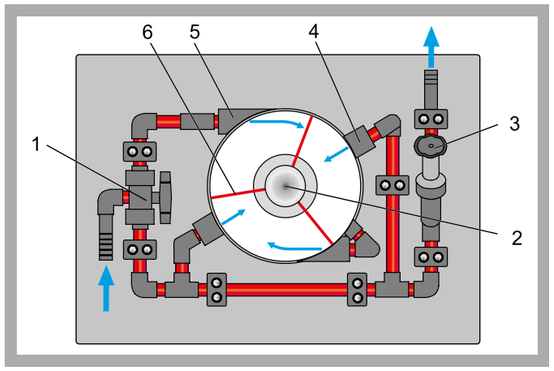
- visualisation de différents types de tourbillons
- étude de tourbillons libres et forcés
- représentation des profils de surface
- détermination de la vitesse

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

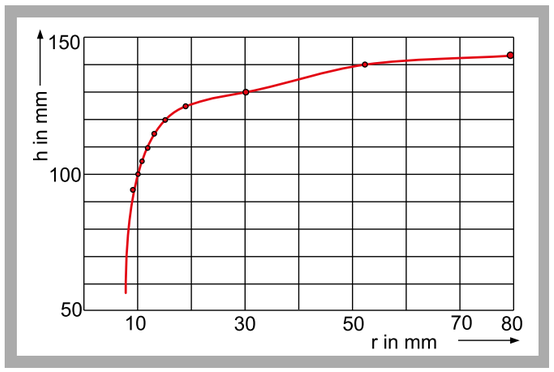
HM 150.14 Formation de tourbillons



1 échelle graduée pour la mesure de la hauteur, 2 dispositif palpeur échelle graduée pour la mesure des rayons des tourbillons, 3 tourbillon libre, 4 drain d'eau, 5 soupape pour drain d'eau, 6 dispositif palpeur pour la mesure de la hauteur de la surface des tourbillons



Appareil d'essai vu du haut: 1 soupape de sélection entre alimentation en eau tangentielle ou radiale, 2 drain d'eau, 3 soupape pour drain d'eau, 4 buse pour l'alimentation radiale en eau, 5 buse pour l'alimentation tangentielle en eau, 6 roue à ailettes



Profil de surface d'un tourbillon libre: r rayon, h hauteur

Spécification

[1] production et étude de tourbillons
[2] le réservoir transparent permet de visualiser la formation des tourbillons
[3] 2 buses pour l'alimentation radiale en eau (tourbillon libre)
[4] 2 buses pour l'alimentation tangentielle en eau (tourbillon forcé)
[5] différents inserts pour l'évacuation d'eau pour la production de tourbillons libres
[6] roue à ailettes pour la production de tourbillons forcés
[7] des dispositifs palpeur enregistrent le profil de surface
[8] détermination du débit au moyen du module de base HM 150
[9] alimentation en eau à l'aide du module de base HM 150 ou par le biais du réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Réservoir
- diamètre: 250mm
- hauteur: 190mm

4 inserts pour l'évacuation d'eau
- diamètre: 8, 12, 16 et 24mm

Roue avec 3 ailettes
Dispositif palpeur vertical
- 6 barres mobiles

Dispositif palpeur horizontal
- 2 barres mobiles

Tube de mesure, déplaçable
- horizontalement 0...90mm, verticalement 70...190mm
- diamètre: 4mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 640x400x675mm
Poids: env. 18kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé), ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
4 inserts pour l'évacuation d'eau
1 roue à ailettes
1 documentation didactique

Références de commande

070.15014 HM 150.14 Formation de tourbillons

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.01 Pertes de charge linéaires en écoulement laminaire / turbulent

*** Pertes de charge linéaires lors d'un écoulement laminaire et d'un écoulement turbulent**

*** Détermination du nombre de Reynolds critique**

Description

Lors de l'écoulement dans des tuyauteries, le frottement interne et le frottement entre le fluide et les parois entraînent des pertes de charge. Pour le calcul des pertes de charge, on a besoin du coefficient de frottement du tuyau, nombre caractéristique sans dimension. La détermination du coefficient de frottement du tuyau s'effectue à l'aide du nombre de Reynolds, qui décrit le rapport entre les forces d'inertie et les forces de frottement.

Le HM 150.01 permet d'étudier la relation qui existe entre la perte de charge suite au frottement du fluide et la vitesse d'écoulement dans le tuyau. Et l'on détermine en plus le coefficient de frottement du tuyau.

L'appareil d'essai comprend une section de tuyau de faible diamètre dans laquelle on produit un écoulement laminaire ou turbulent. Le nombre de Reynolds et le coefficient de frottement du tuyau sont déterminés à partir du débit et de la perte de charge. Tandis que dans le cas d'un écoulement turbulent la tuyauterie est alimentée directement en eau, c'est un tuyau fixé sur le trop-plein qui fournit la prépression constante requise pour l'écoulement laminaire. Le débit peut être ajusté au moyen de soupapes.

Dans le cas de l'écoulement laminaire, les pressions sont enregistrées par un manomètre à double tubes. Pour l'écoulement turbulent, la pression est relevée sur un manomètre à aiguille.

L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau et la mesure du débit se font au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

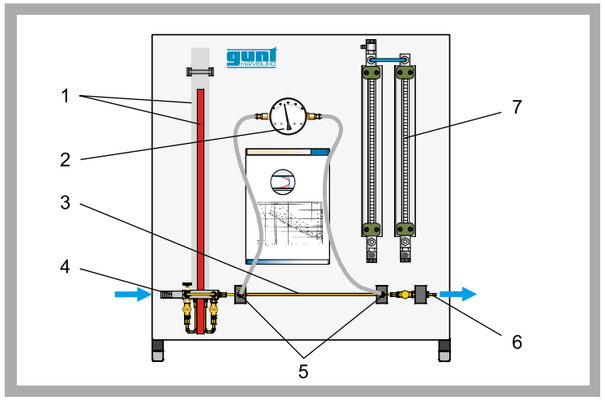
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

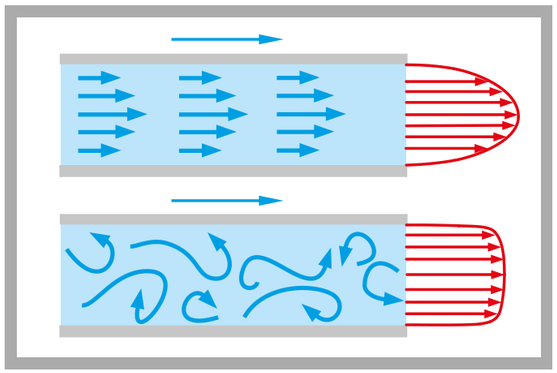
- mesures de la perte de charge pour l'écoulement laminaire
- mesures de la perte de charge pour l'écoulement turbulent
- détermination du nombre de Reynolds critique
- détermination du coefficient de frottement du tuyau
- comparaison du coefficient de frottement expérimental du tuyau avec le coefficient de frottement théorique

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

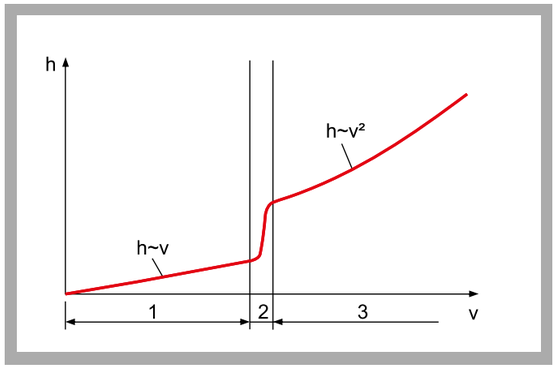
HM 150.01 Pertes de charge linéaires en écoulement laminaire / turbulent



1 réservoir avec trop-plein, 2 manomètre à aiguille, 3 section de tuyau, 4 alimentation en eau, 5 points de mesure de la pression, 6 évacuation d'eau, 7 manomètre à double tubes



Représentation de l'écoulement laminaire et de l'écoulement turbulent dans le tuyau
en haut: écoulement laminaire, en bas: écoulement turbulent;
bleu: écoulement, rouge: profil de vitesse



Pertes de charge en fonction de la vitesse dans un écoulement tubulaire
1 écoulement laminaire, 2 transition de laminaire à turbulent, 3 écoulement turbulent; h perte de charge, v vitesse

Spécification

[1] étude des pertes de charge linéaires lors d'un écoulement laminaire ou d'un écoulement turbulent
[2] un réservoir transparent avec trop-plein assure une pression constante en entrée de la section de tuyau pour les essais en écoulement laminaire
[3] alimentation en eau par HM 150 ou par le réseau du laboratoire pour l'écoulement turbulent
[4] ajustage du débit à l'aide de soupapes
[5] manomètre à double tubes pour les mesures en écoulement laminaire
[6] manomètre à aiguille pour les mesures en écoulement turbulent
[7] détermination du débit au moyen du module de base HM 150
[8] alimentation en eau à l'aide du module de base HM 150 ou par le réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Section de tuyau
- longueur: 400mm
- diamètre intérieur: 3mm

Réservoir: 5L

Plages de mesure
- pression différentielle (manomètre à double tubes): 2x 370mmCE
- pression différentielle (manomètre à aiguille): 0...0,4bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 850x680x930mm
Poids: env. 23kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé) ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

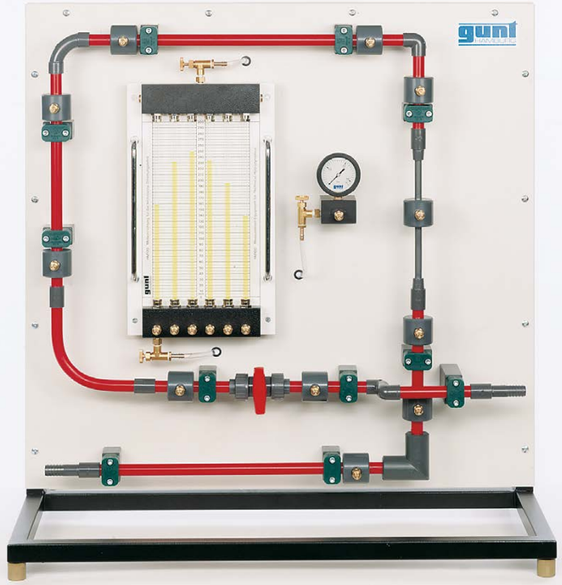
1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.15001	HM 150.01	Pertes de charge linéaires en écoulement laminaire / turbulent

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.29 Perte d'énergie dans des éléments de tuyauterie



*** Pertes de charge dans différents raccords de tuyauterie et dans un robinet à tournant sphérique**

*** Mesure précise de la pression par des chambres annulaires**

*** Visualisation des pressions différentielles sur le tableau du manomètre**

Description

Lorsque de l'eau s'écoule au travers d'un système de tuyauterie, des pertes de charge se produisent au niveau des éléments de tuyauterie et de robinetterie en raison des résistances à l'écoulement.

Le HM 150.29 permet d'étudier et de visualiser les pertes de charge dans les éléments de tuyauterie. L'appareil d'essai permet d'évaluer l'influence de différentes géométries de conduits sur l'écoulement.

L'appareil d'essai HM 150.29 comprend une section de conduite dans laquelle se trouvent différents éléments de tuyauterie ayant différentes résistances à l'écoulement, ainsi qu'un rétrécissement et un élargissement. En outre, un robinet à tournant sphérique est intégré dans la conduite. Des points de mesure de la pression avec chambres annulaires se trouvent respectivement avant et après les éléments de tuyauterie, et permettent de garantir la précision des mesures de pression.

Les points de mesure de la pression peuvent être reliés par paires à un manomètre à 6 tubes, afin de déterminer la perte de charge d'un élément de tuyauterie.

L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau et la mesure du débit se font au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

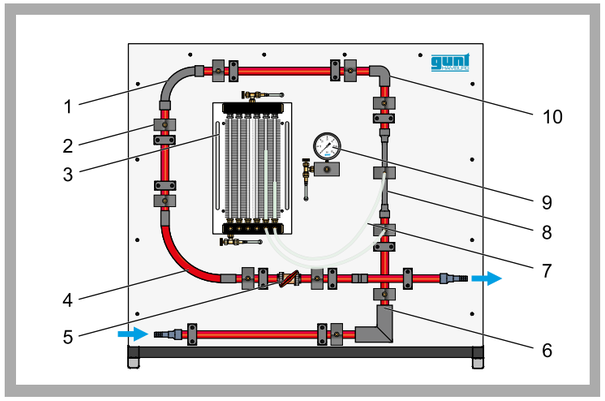
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

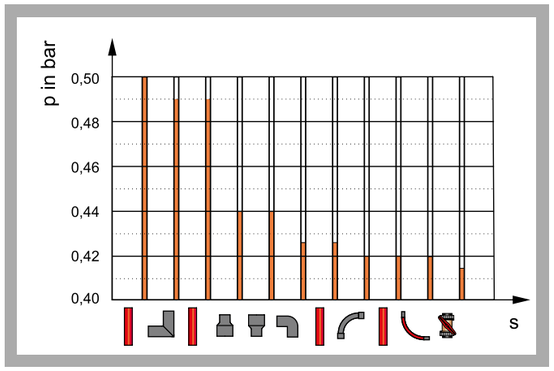
- étude de la perte de charge dans des coudes de tuyau, coudes à segments et angles de tuyau
- étude de la perte de charge au niveau d'un rétrécissement et de l'élargissement
- perte de charge dans un robinet à tournant sphérique et détermination d'une caractéristique de soupape simple

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

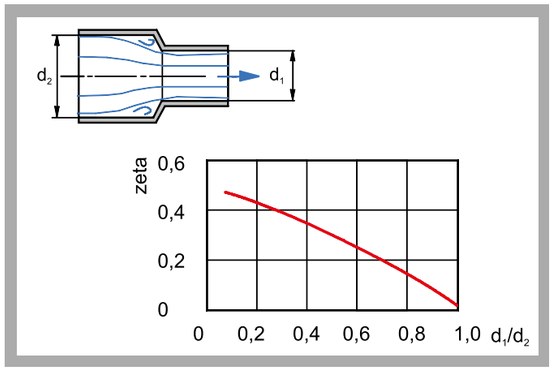
HM 150.29 Perte d'énergie dans des éléments de tuyauterie



1 coude de tuyau étroit, 2 chambre annulaire, 3 manomètre à 6 tubes, 4 coude de tuyau large, 5 robinet à tournant sphérique, 6 coude à segments, 7 tuyau de connexion, 8 rétrécissement/élargissement, 9 manomètre à tube de Bourdon, 10 angle de tuyau



Mesure exemplaire des pressions entre les différents éléments de tuyauterie à un débit de 10,3L/min
p pression, s section de tuyau continue de l'entrée jusqu'à la sortie



Représentation des conditions d'écoulement dans un rétrécissement brusque et coefficient de traînée correspondant zeta; d diamètre intérieur

Spécification

[1] étude de la perte de charge dans des raccords de tuyauterie et dans un robinet à tournant sphérique traversés par un écoulement
[2] rétrécissement brusque et élargissement brusque, coude de tuyau, coude à segments, angle de tuyau et robinet à tournant sphérique utilisés comme objets de mesure
[3] les chambres annulaires assurent la précision des mesures de pression
[4] manomètre à 6 tubes pour l'affichage des pressions
[5] manomètre à tube de Bourdon pour la mesure de la pression
[6] mesure du débit par HM 150
[7] alimentation en eau par HM 150 ou par le réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Conduite, PVC
- diamètre intérieur: 17mm

Éléments de tuyauterie, PVC
Diamètre intérieur: d
- rétrécissement brusque: de d=17 à d=9,2mm
- élargissement brusque: de d=9,2 à d=17mm
- coude à segments: d=17mm, 90°
- angle de tuyau: d=17mm, 90°
- coude de tuyau étroit: d=17mm, r=40mm, 90°
- coude de tuyau large: d=17mm, r=100mm, 90°

Manomètre à 6 tubes

Plages de mesure
- manomètre à tube de Bourdon: 0...1,6bar
- manomètre à tubes: 0...0,03bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 840x675x930mm
Poids: env. 28kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé), ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu de flexibles
1 documentation didactique

Références de commande

070.15029	HM 150.29	Perte d'énergie dans des éléments de tuyauterie

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.11 *Pertes de charge dans un système de conduites*

*** Pertes de charge dans un système de conduites**

*** Mesure précise de la pression par des chambres annulaires**

*** Organes déprimogènes transparents pour la détermination du débit**

Description

Lors de l'écoulement de fluides réels, des pertes de charge se produisent en raison de frottements et de turbulences (tourbillons). Les pertes de charge dans les conduites, élémentsde tuyauterie, robinetteries et organes déprimogènes (p.ex. débitmètre, tachymètre) entraînent des pertes de charge et doivent donc être prises en compte lors du dimensionnement des systèmes de tuyauterie.

Avec le HM 150.11, on étudie les pertes de charge dans les conduites, dans les éléments de tuyauterie et dans les éléments d'obturation. En outre, la méthode de la pression différentielle servant à mesurer le débit est présentée.

L'appareil d'essai comprend six sections de tuyau différentes, que l'on peut obturer de manière individuelle. Les sections de tuyau sont équipées d'éléments de tuyauterie tels que des coudes, équerres ou jonctions. Dans une section de tuyau, il est possible de placer plusieurs robinetteries et organes déprimogènes pour la détermination du débit. Les organes déprimogènes sont transparents, afin d'offrir une bonne visibilité sur la construction intérieure. Les points de mesure de la pression dans le système de tuyauterie ont la forme de chambres annulaires. Cela permet une mesure précise de la pression.

Au cours d'essais, on mesure les pertes de charge dans les conduites et éléments de tuyauterie, par ex. les jonctions et coudes. Pour les éléments d'obturation, on enregistre en plus les courbes caractéristiques d'ouverture. Les pressions sont enregistrées par des manomètres à double tubes.

L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau et la mesure du débit se font au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

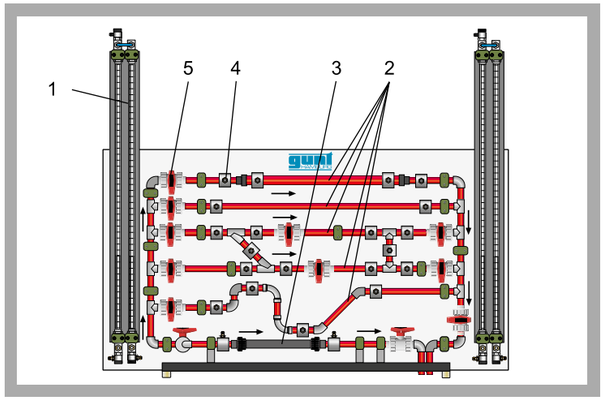
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

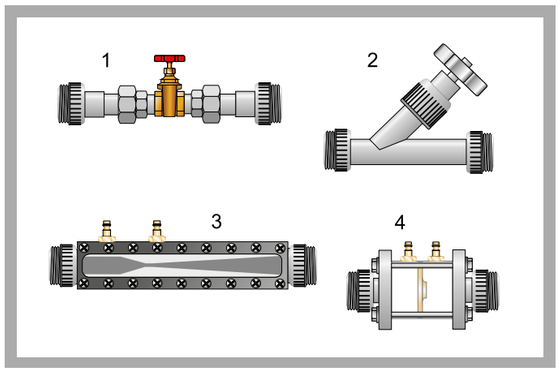
- études des pertes de charge au niveau des conduites, pièces de tuyauterie et robinetteries
- influence de la vitesse d'écoulement sur les pertes de charge
- calcul des coefficients de résistance
- courbes caractéristiques d'ouverture de la soupape à tête inclinée et du robinet-vanne
- familiarisation avec différents organes déprimogènes pour la détermination du débit:
  * tube de Venturi
  * orifice de mesure, tuyère de mesure

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

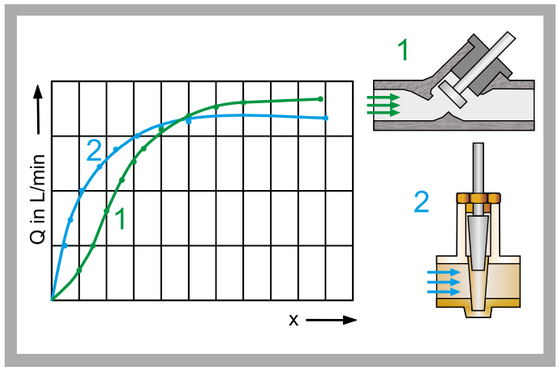
HM 150.11 *Pertes de charge dans un système de conduites*



1 manomètre à double tubes, 2 différents sections de tuyau, 3 section de tuyau pour robinetteries/organes déprimogènes interchangeables, 4 chambre annulaire, 5 robinet à tournant sphérique pour l'obturation de la section du tuyau



Robinetteries d'obturation et organes déprimogènes pour la détermination du débit
1 robinet-vanne, 2 soupape à tête inclinée, 3 tube de Venturi, 4 orifice de mesure ou tuyère de mesure



Courbes d'ouverture de robinetteries d'obturation: Q débit, x ouverture, bleu: soupape à tête inclinée, vert: robinet-vanne; 1 soupape à tête inclinée, 2 robinet-vanne

Spécification

[1] étude des pertes de charge au niveau des pièces de tuyauterie et robinetteries
[2] différents organes déprimogènes pour la détermination du débit selon le principe de la pression effective
[3] 6 sections de tuyau qui peuvent être obturées de manière individuelle, avec différents éléments de tuyauterie: diminution brusque, augmentation brusque, pièces en Y, pièces en T, équerres et coudes
[4] une section de tuyau pour l'installation de robinetteries interchangeables / organes déprimogènes
[5] objets de mesure fabriqués dans un matériau transparent: tube de Venturi, orifice de mesure et buse de mesure
[6] robinetteries: soupape à tête inclinée, robinet-vanne
[7] des chambres annulaires permettent une mesure précise de la pression avec une justesse de mesure élevée
[8] deux manomètres à double tubes pour la mesure du différentiel de pression
[9] détermination du débit au moyen du module de base HM 150
[10] alimentation en eau à l'aide du module de base HM 150 ou par le réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Section de tuyau pour l'installation de robinetteries ou d'objets de mesure
- 20x1,5mm, PVC

Sections de tuyau, PVC
Diamètre intérieur: d
- droit: d=20x1,5mm, longueur: 800mm
- avec diminution brusque: d=32x1,8-20x1,5mm
- avec augmentation brusque: d=20x1,5-32x1,8mm
- avec 2x pièces en Y à 45° et 2x pièces en T
- avec 2x équerres/coudes à 90°: d=20x1,5mm et 2x équerres à 45°: d=20x1,5mm

2x manomètres à double tubes: 0...1000mmCE

Plage de mesure
- pression: 0...0,1bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 1550x640x1300mm
Poids: env. 58kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé) ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

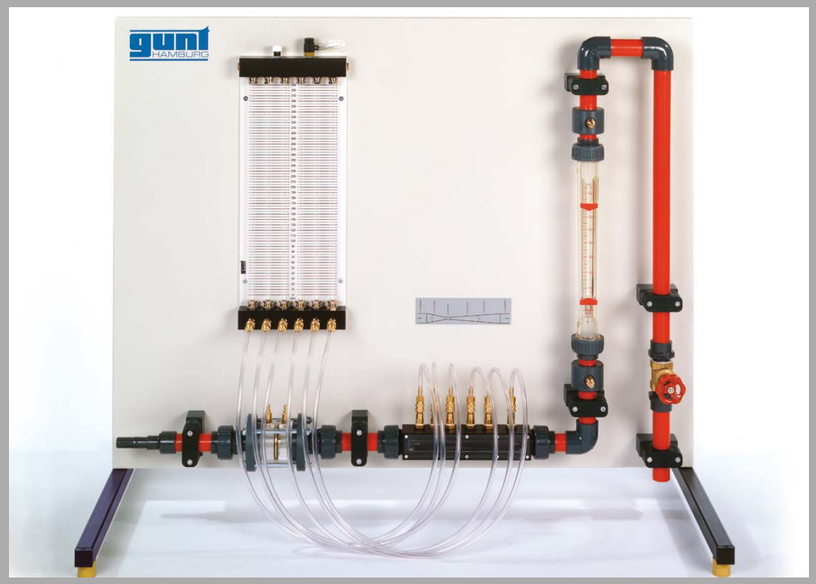
1 appareil d'essai, 2 robinetteries d'obturation (soupape à tête inclinée, robinet-vanne), 1 tube de Venturi, 1 orifice de mesure ou tuyère de mesure, 1 jeu de flexibles, 1 jeu d'outils, 1 documentation didactique

Références de commande

070.15011	HM 150.11	Pertes de charge dans un système de conduites

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.13 *Principes de base de la mesure de débit*



*** Différentes méthodes de mesure du débit**

*** Visualisation de la distribution de la pression dans un tube de Venturi, ou dans un orifice de mesure, ou dans une tuyère de mesure**

Description

La mesure du débit est un aspect important en métrologie. On dispose de différentes méthodes pour la mesure du débit des fluides dans des conduites.

Avec le HM 150.13, les étudiants peuvent découvrir et pratiquer différentes méthodes de mesure du débit dans un système de tuyauterie.

L'appareil d'essai comprend différents instruments de mesure permettant de déterminer le débit. Les boîtiers des instruments de mesure sont transparents afin de pouvoir observer la manière dont ils fonctionnent. Parmi les méthodes, on compte par exemple un rotamètre, un tube de Venturi ou encore un orifice de mesure ou une tuyère de mesure.

Pour déterminer la distribution de la pression dans le tube de Venturi ou dans l'orifice de mesure ou tuyère de mesure, on utilise un manomètre à 6 tubes. La mesure de la pression totale s'effectue avec un tube de Pitot. L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau et la mesure du débit se font au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

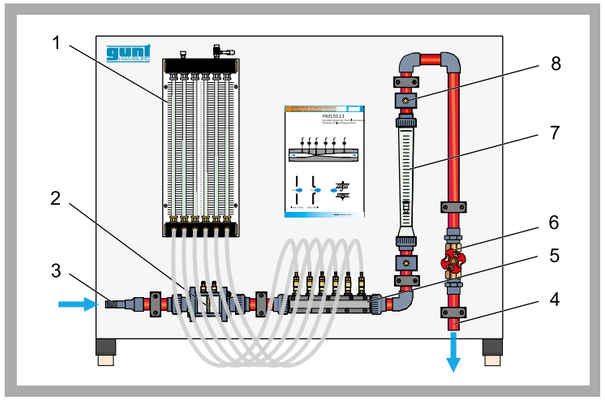
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

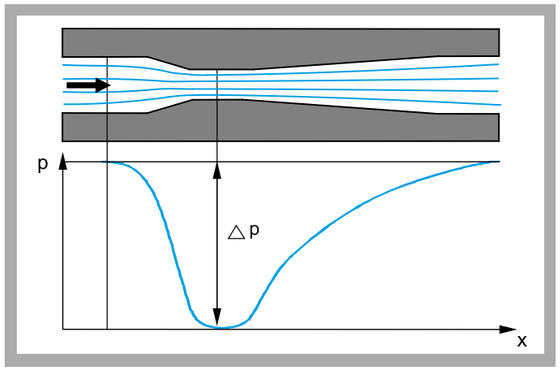
- mesure du débit avec un:
  * orifice de mesure / tuyère de mesure
  * tube de Venturi
  * rotamètre
- mesure du débit avec un tube de Pitot
- comparaison entre différents instruments de mesure du débit
- détermination du coefficient de débit correspondant
- étalonnage des instruments de mesure

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

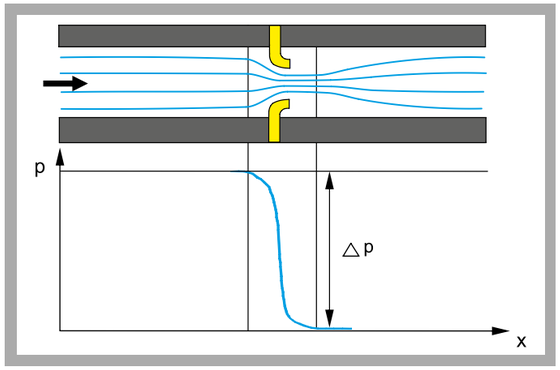
HM 150.13 *Principes de base de la mesure de débit*



1 manomètre à 6 tubes, 2 orifice de mesure ou tuyère de mesure, 3 alimentation en eau, 4 drain d'eau, 5 tube de Venturi, 6 soupape d'ajustage du débit, 7 rotamètre, 8 point de mesure



Évolution de la pression dans un tube de Venturi
p pression, x section



Évolution de la pression dans un orifice de mesure
p pression, x section

Spécification

[1] différentes méthodes de mesure du débit
[2] instruments de mesure: orifice de mesure, tuyère de mesure, tube de Venturi et rotamètre
[3] manomètre à 6 tubes pour déterminer la distribution de la pression dans le tube de Venturi, l'orifice de mesure ou la tuyère de mesure
[4] mesure de la pression totale avec le tube de Pitot
[5] détermination du débit au moyen du module de base HM 150
[6] alimentation en eau par HM 150 ou par le réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Tube de Venturi A=84...338mm²
- angle à l'entrée: 10,5°
- angle à la sortie: 4°

Orifice de mesure: diamètre=14mm
Tuyère de mesure: diamètre=18,5mm
Rotamètre: max. 1700L/h
Manomètre à 6 tubes: 390mmCE

Dimensions et poids

Lxlxh: 1100x672x900mm
Poids: env. 30kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé), ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu d'instruments de mesure
1 jeu de flexibles
1 jeu d'outils
1 documentation didactique

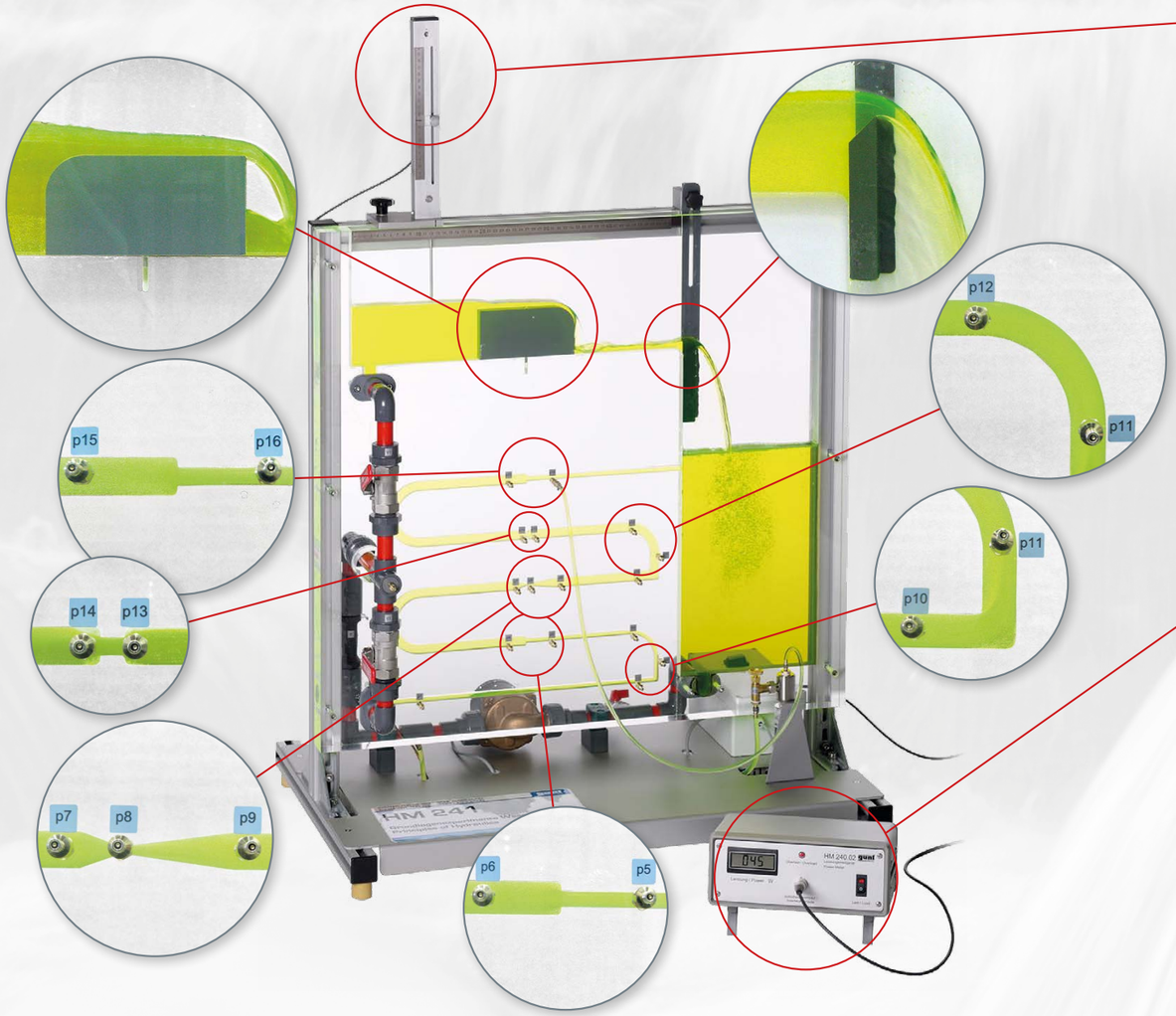
Références de commande

070.15013	HM 150.13	Principes de base de la mesure de débit

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 241 PRINCIPES DE BASE DE L'ÉCOULEMENT D'EAU

Le HM 241 est adapté à la réalisation d'expériences de base dans le domaine de l'écoulement incompressible. Ce modèle de table peu encombrant est facile à utiliser et sa structure transparente permet de bien visualiser les essais. Les valeurs de mesure sont affichées sur un PC conformément aux standards techniques actuels. L'appareil d'essai ne nécessite pas de raccord d'eau.



La série inclut des essais très complets sur la thématique de l'écoulement tubulaire et de l'écoulement dans des canaux ouverts.

Tous les éléments de tuyauterie tels que:

- section de tuyau droite, tuyaux avec différentes sections
- coudes de tuyau, angles de tuyau
- élargissement, rétrécissement
- buse, diaphragme

sont représentés de manière claire dans un petit espace.

La démonstration de l'écoulement dans des canaux avec les effets les plus importants tels que:

- chute libre au niveau du déversoir
- écoulement supercritique

est particulièrement visible dans le canal ouvert transparent.

Le dispositif électronique HM 241.01 permet de mesurer le niveau d'eau dans un canal ouvert. Il est fixé à l'endroit souhaité sur la paroi latérale du canal. La hauteur du niveau d'eau est déterminée au moyen d'un dispositif que l'on déplace. La position de cet dispositif peut aussi bien être lue directement sur l'échelle du dispositif de niveau ou affichée numériquement sur l'appareil principal.

Le wattmètre HM 240.02 est adapté pour la détermination de la puissance absorbée d'une pompe et de la courbe caractéristique de pompe correspondante.

On calcule la puissance en effectuant une multiplication en temps réel du courant et de la tension; elle est indépendante de la forme de la courbe.

LOGICIEL D'ACQUISITION DE DONNÉES

Le logiciel GUNT compris dans la livraison visualise les résultats de mesure et aide à l'évaluation des essais.

La documentation didactique bien structurée comprend une introduction détaillée aux principes de base de la mécanique des fluides.

HM 241 Principes de base de l'écoulement d'eau

L'illustration montre HM 241 avec la jauge de niveau HM 241.01 et le wattmètre HM 240.02.

*** Écoulement d'eau dans des canaux ouverts**

*** Expériences sur l'écoulement tubulaire**

*** Circuit d'eau fermé**

Description

En mécanique des fluides incompressibles, on fait la distinction entre l'écoulement tubulaire et l'écoulement dans des canaux ouverts. Avec une pression et une vitesse d'écoulement suffisantes dans un tuyau entièrement rempli, on observe l'écoulement tubulaire sur un plan unidimensionnel pour des raisons de simplification. Cette condition préalable permet de représenter et calculer plus facilement les phénomènes physiques. Par contre, l'écoulement dans des canaux ouverts est toujours multidimensionel.

L'appareil d'essai compact HM 241 permet de réaliser un grand nombre d'essais sur les principes de base de l'écoulement incompressible dans des canaux ouverts et conduites.

Une pompe refoule l'eau depuis le réservoir de stockage jusqu'au canal ouvert ou à la conduite en passant par la conduite d'alimentation. Les processus d'écoulement sont bien visibles, étant donné que tous les éléments traversés sont en plastique transparent.

Dans la section de tuyau, l'eau coule à travers un diaphragme, un tube de Venturi, un rétrécissement, un élargissement ainsi qu'au travers de coudes, de tuyau et d'angles de tuyau de différents diamètres. Le canal ouvert dispose d'un déversoir à seuil épais et d'un déversoir à paroi mince. Les deux zones de travail sont soit bloquées soit ouvertes au moyen d'une soupape.

Un capteur de pression situé sur l'appareil permet de mesurer la pression différentielle; il peut être relié aux points de mesure de la conduite au moyen d'un flexible. Un débitmètre situé dans l'unité d'alimentation permet de déterminer le débit. Les valeurs de mesure sont transmises vers un PC afin d'y être enregistrées à l'aide du logiciel GUNT fourni, et de permettre l'affichage des résultats des essais. La transmission des données au PC se fait par une interface USB.

Pour mesurer la puissance absorbée de la pompe, on a recours au wattmètre HM 240.02. En outre, l'utilisation de la jauge de niveau électronique HM 241.01 est recommandée pour la détermination du niveau d'eau.

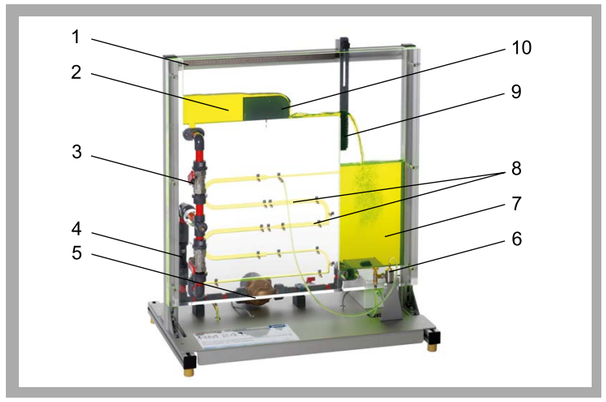
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

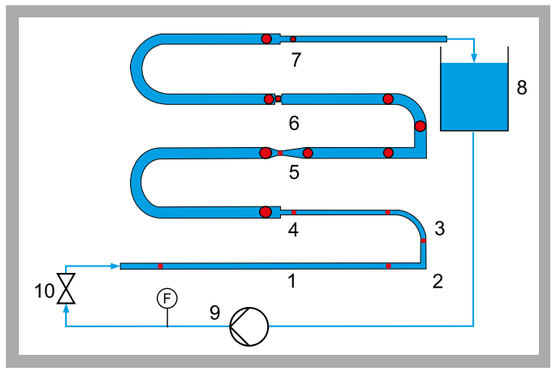
- principes de base de l'écoulement tubulaire et de l'écoulement dans des canaux ouverts
- mesure de la pression différentielle au niveau d'un diaphragme, d'un tube de Venturi, de coudes de tuyau et d'angles de tuyau, d'un rétrécissement et d'un élargissement
- enregistrement d'une caractéristique de pompe
- étude de constructions de déversoirs dans un canal ouvert

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

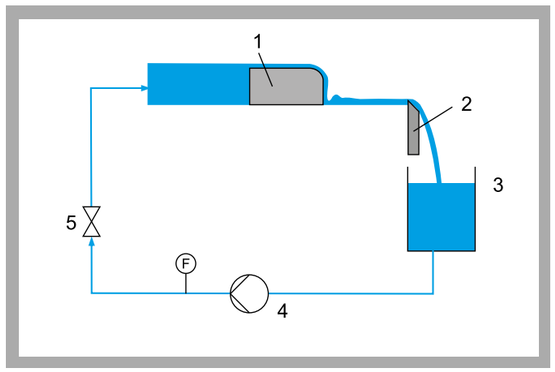
HM 241 Principes de base de l'écoulement d'eau



1 échelle graduée, 2 canal ouvert, 3 soupape d'arrêt, 4 capteur de débit, 5 pompe, 6 capteur de pression, 7 réservoir de stockage, 8 section de tuyau avec points de mesure de la pression, 9 déversoir à paroi mince, 10 déversoir à seuil épais



Pertes de charge dans des conduites: 1 section de tuyau droite, 2 angle de tuyau à 90°, 3 coude de tuyau à 90°, 4 élargissement brusque, 5 tube de Venturi, 6 diaphragme, 7 rétrécissement brusque, 8 réservoir de stockage, 9 pompe, 10 soupape d'arrêt; F débit, en rouge: points de mesure de la pression



Écoulement dans des canaux ouverts: 1 déversoir à seuil épais, 2 déversoir à paroi mince, 3 réservoir de stockage, 4 pompe, 5 soupape d'arrêt; F débit

Spécification

[1] étude des principes de base de différents domaines de l'écoulement incompressible
[2] circuit d'eau fermé avec pompe
[3] section de tuyau et canal ouvert transparents
[4] essais sur les pertes de charge au niveau de coudes de tuyau et angles de tuyau, d'un tube de Venturi et d'un diaphragme
[5] 1 déversoir à seuil épais et 1 déversoir à paroi mince
[6] points de mesure de la pression différentielle juste avant et après les résistances de tuyau
[7] mesure de la puissance absorbée de la pompe avec le wattmètre HM 240.02.
[8] mesure du niveau d'eau avec la jauge de niveau HM 241.01
[9] logiciel GUNT pour l'acquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Pompe, 3 niveaux
- puissance absorbée max.: 90W
- débit de refoulement max.: 83L/min
- hauteur de refoulement max.: 6m

Plages de mesure
- pression différentielle: 0...600mbar
- débit: 3,5...50L/min

Dimensions et poids

Lxlxh: 850x540x1105mm
Poids: env. 50kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

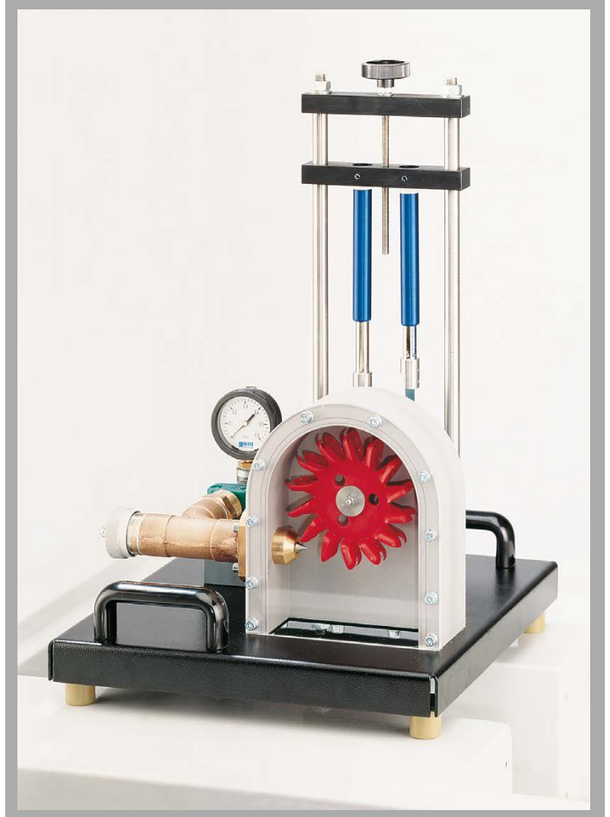
1 appareil d'essai
2 déversoirs
1 jeu d'outils
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.24100	HM 241	Principes de base de l'écoulement d'eau

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.19 Principe de fonctionnement d'une turbine Pelton



*** Modèle d'une turbine à jet libre Pelton**
*** Zone de travail visible**
*** Tuyère avec section transversale ajustable**
*** Sollicitation par frein à bande**

Description

Les turbines à eau sont des turbomachines qui servent à utiliser l'énergie hydraulique. La turbine Pelton fait partie des turbines à jet libre qui transforment l'énergie de pression de l'eau, entièrement en énergie cinétique au sein du distributeur. Pendant ce processus, le jet d'eau est accéléré dans une tuyère et est dirigé sur les aubes de la roue d'une manière tangentielle. Dans les aubes, le jet d'eau est dévié à presque 180°. L'impulsion du jet d'eau est transmise à la roue.

Le HM 150.19 est le modèle d'une turbine Pelton qui sert à présenter le fonctionnement d'une turbine à action.

L'appareil d'essai se compose de la roue, de la tuyère à aiguille utilisée comme distributeur, d'un frein à bande pour solliciter la turbine et d'un carter avec paroi frontale transparente. Ainsi, on peut observer l'écoulement de l'eau, la roue à aubes et la tuyère pendant l'opération. En ajustant l'aiguille de la tuyère, on modifie la section transversale de la tuyère et donc le débit.

Le couple de rotation de la turbine est déterminé à partir de la mesure de force au frein à bande. Pour mesurer la vitesse de rotation, il faut un capteur de vitesse de rotation sans contact, p. ex. HM 082. Un manomètre affiche la pression de l'eau à l'entrée de la turbine.

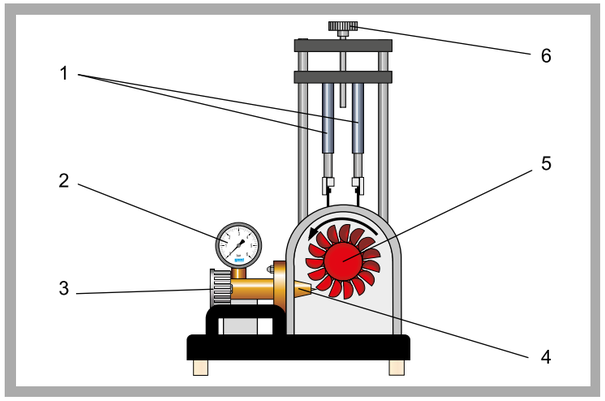
L'appareil d'essai est positionné sur le plan de travail du module de base HM 150 d'une manière simple et conforme à la sécurité. L'alimentation en eau et détermination du débit sont également réalisée par HM 150. Alternativement, l'appareil d'essai peut aussi être opéré par le réseau du laboratoire.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

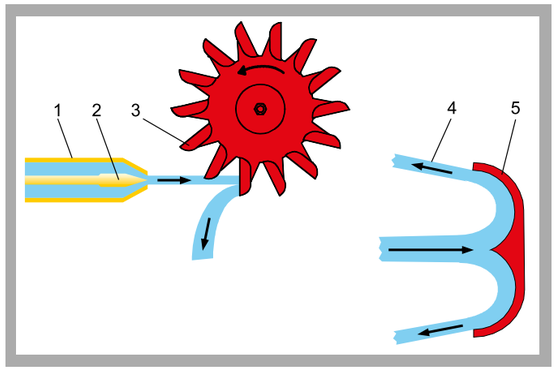
Contenu didactique / Essais

- familiarisation avec la structure et le fonctionnement d'une turbine Pelton
- détermination du couple de rotation, de la puissance et du rendement
- représentation graphique des courbes caractéristiques pour le couple de rotation, la puissance et le rendement

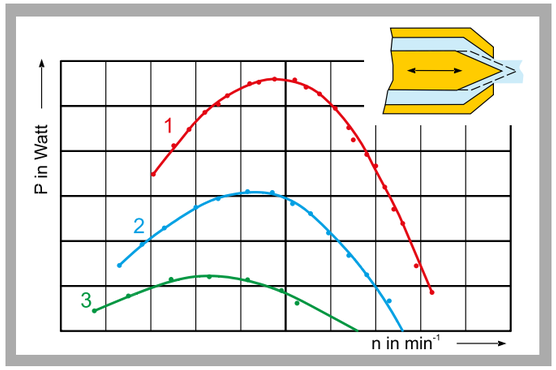
HM 150.19 Principe de fonctionnement d'une turbine Pelton



1 balance à ressort, 2 manomètre, 3 ajustage de la section transversale de la tuyère, 4 tuyère à aiguille, 5 roue, 6 ajustage du frein à bande



Principe de fonctionnement de la turbine Pelton;
1 tuyère à aiguille, 2 aiguille de tuyère ajustable, 3 aube sur la roue à aubes, 4 jet d'eau après changement de direction, 5 coupe transversale de l'aube



Courbes de puissance à différentes positions de l'aiguille de la tuyère;
1: Q=31,6L/min, 2: Q=18,8L/min, 3: Q=11,5L/min; n vitesse de rotation, P puissance de la turbine

Spécification

[1] modèle de fonctionnement turbine Pelton
[2] paroi frontale transparente pour observer la zone de travail
[3] sollicitation de la turbine par frein à bande
[4] aiguille de tuyère ajustable pour ajuster les sections transversales différentes de la tuyère
[5] repère sur le tambour de frein pour mesurer la vitesse de rotation sans contact physique
[6] instrumentation: balances à ressort pour déterminer le couple de rotation, un manomètre affiche la pression à l'entrée de la turbine
[7] détermination du débit dans la module de base HM 150
[8] alimentation en eau réalisée à l'aide du module de base HM 150 ou sur le réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Turbine Pelton
- puissance: 5W à 500min^{-1}, env. 30L/min, H=2m
- roue à aubes
  14 aubes
  largeur de l'aube: 33,5mm
  diamètre extérieur: 132mm

Tuyère à aiguille
- diamètre du jet: 10mm

Plages de mesure
- force de freinage (balance à ressort): 10N
- pression: 0...1bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 400x400x620mm
Poids: env. 15kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé) ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.15019	HM 150.19	Principe de fonctionnement d'une turbine Pelton

2E a division of G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, t +49 40 67 08 54-0, f +49 40 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable. Visit our Websites: www.gunt.de | www.gunt2e.de

HM 150.20 *Principe de fonctionnement d'une turbine Francis*

*** Modèle d'une turbine à surpression**
*** Zone de travail transparente**
*** Turbine avec des aubes directrices ajustables**
*** Sollicitation par frein à bande**

Description

Les turbines à eau sont des turbomachines qui servent à utiliser l'énergie hydraulique. La turbine Francis fait partie des turbines à surpression qui transforment l'énergie de pression de l'eau en énergie cinétique dans le distributeur et dans la roue à aubes. Le distributeur est alimenté en eau par un carter en spirale. L'eau en écoulement est accélérée dans le distributeur par les aubes directrices ajustables et dirigée sur les aubes de la roue. Le changement de direction et l'accélération continue de l'eau dans la roue à aubes génèrent une impulsion qui est transmise à la roue.

Le HM 150.20 est le modèle de la turbine Francis qui sert à présenter le fonctionnement d'une turbine à surpression.

L'appareil d'essai se compose de la roue, du distributeur aux aubes directrices, d'un frein à bande pour solliciter la turbine et d'un carter avec paroi frontale transparente. Ainsi, on peut observer l'écoulement d'eau, la roue à aubes et les aubes directrices pendant le fonctionnement. En ajustant les aubes directrices, on modifie l'angle d'écoulement et donc la puissance de la roue à aubes.

Le couple de rotation de la turbine est déterminé partir de la mesure de force au frein à bande. Pour mesurer la vitesse de rotation, il faut un capteur de vitesse de rotation sans contact, p. ex. HM 082. Un manomètre affiche la pression de l'eau à l'entrée de la turbine.

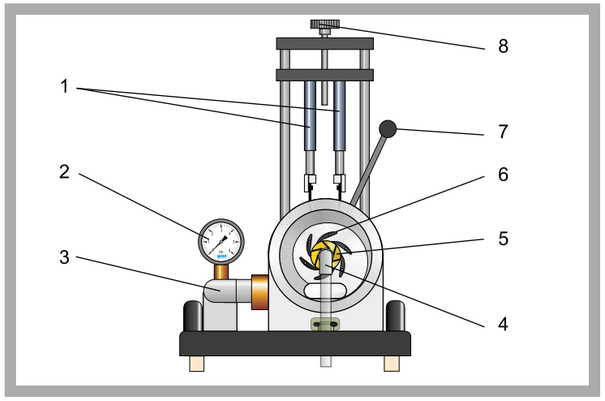
L'appareil d'essai est positionné sur le plan de travail du module de base HM 150 d'une manière simple et conforme à la sécurité. L'alimentation en eau et détermination du débit sont également réalisée par HM 150. Alternativement, l'appareil d'essai peut aussi être opéré par le réseau du laboratoire.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

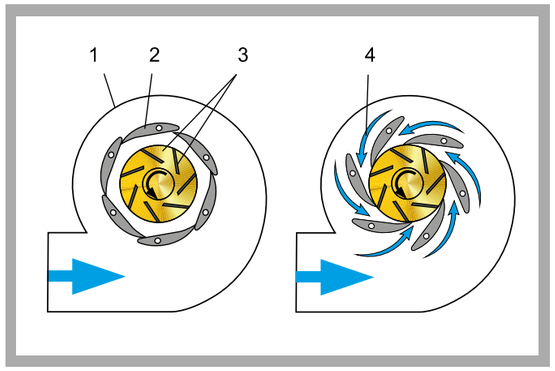
Contenu didactique / Essais

- familiarisation avec la structure et le fonctionnement
- détermination du couple de rotation, de la puissance et du rendement
- représentation graphique des courbes caractéristiques pour le couple de rotation, la puissance et le rendement

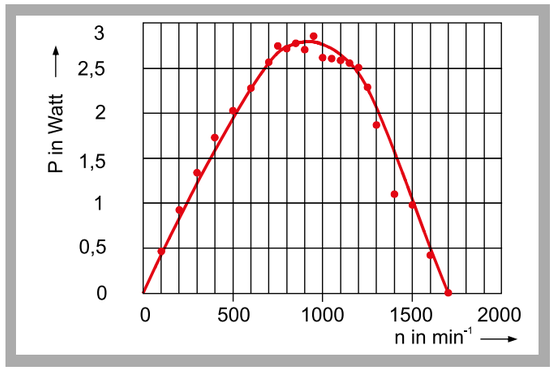
HM 150.20 *Principe de fonctionnement d'une turbine Francis*



1 balance à ressort, 2 manomètre, 3 arrivée d'eau, 4 écoulement de l'eau, 5 roue, 6 aubes directrices, 7 ajustage des aubes directrices, 8 ajustage du frein à bande



Principe de fonctionnement de la turbine Francis;
1 carter en spirale, 2 aube directrice, 3 roue à aubes, 4 écoulement
à gauche: position d'aube directrice 0, aucun écoulement d'eau, puissance de la turbine à 0; à droite: position d'aube directrice 20, écoulement d'eau maximal, pleine puissance de la turbine



Courbe caractéristique pour la puissance à l'arbre de turbine;
P puissance de la turbine, n vitesse de rotation

Spécification

[1] modèle de fonctionnement de la turbine Francis
[2] paroi frontale transparente pour observer la zone de travail
[3] sollicitation de la turbine par frein à bande
[4] aubes directrices ajustables pour fixer les différents angles d'écoulement
[5] repère sur le tambour de frein pour mesurer la vitesse de rotation sans contact physique
[6] instrumentation: balances à ressort pour déterminer le couple de rotation, un manomètre affiche la pression à l'entrée de la turbine
[7] détermination du débit dans la module de base HM 150
[8] alimentation en eau réalisée à l'aide du module de base HM 150 ou sur le réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Turbine
- puissance: 12W à n=1100min^{-1}, env. 40L/min, H=8m
- roue à aubes, 7 aubes
  largeur de l'aube: 5mm
  diamètre extérieur: 50mm
- aubes directrices: 6 aubes ajustables (20 étages)

Plages de mesure
- force de freinage (balance à ressort): 10N
- pression: 0...1,0bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 400x400x630mm
Poids: env. 17kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé) ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.15020	HM 150.20	Principe de fonctionnement d'une turbine Francis

2E a division of G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, t +49 40 67 08 54-0, f +49 40 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable. Visit our Websites: www.gunt.de | www.gunt2e.de

HM 150.04 *Pompe centrifuge*

L'illustration montre HM 150.04 avec HM 150.

*** Caractéristique d'une pompe centrifuge**

*** Vitesse de rotation variable avec convertisseur de fréquence**

Description

Les pompes centrifuges sont des turbomachines qui sont utilisées pour l'acheminement de fluides. Le HM 150.04 permet d'étudier le fonctionnement d'une pompe centrifuge et d'enregistrer une caractéristique typique de pompe.

L'appareil d'essai comprend une pompe centrifuge auto-amorçante, un robinet à tournant sphérique du côté refoulement et des manomètres du côté aspiration et du côté refoulement. L'entraînement est effectué au moyen d'un moteur asynchrone. La vitesse de rotation est ajustable en continu par un convertisseur de fréquence. La pression de refoulement est ajustée à l'aide d'un robinet à tournant sphérique.

Au cours des essais, le comportement en service de la pompe en fonction du débit de refoulement est étudié et représenté sur des caractéristiques. La vitesse de rotation et la puissance électrique du moteur sont affichées numériquement. Les pressions d'aspiration et de refoulement sont affichées sur deux manomètres.

L'appareil d'essai se place facilement et en toute sécurité sur le plan de travail du module de base HM 150. La pompe aspire l'eau du réservoir du module de base HM 150. Le retour de l'eau dans le réservoir de mesure de HM 150 permet de déterminer le débit volumétrique.

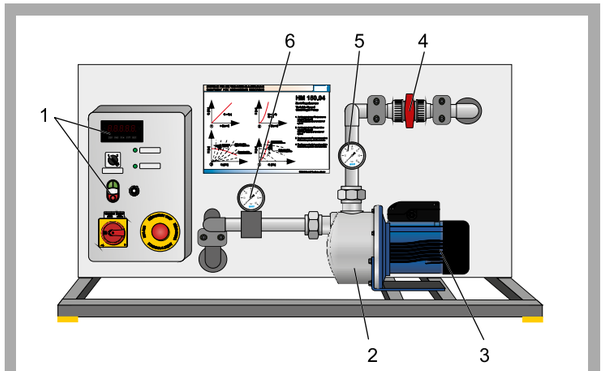
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

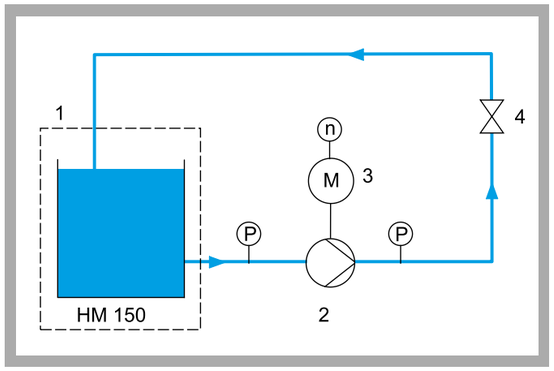
Familiarisation avec le comportement en service et avec les données caractéristiques d'une pompe centrifuge
- enregistrement de la caractéristique d'une pompe à vitesse de rotation constante de la pompe
  * mesure des pressions d'aspiration et de refoulement
  * détermination du débit de refoulement
- enregistrement des caractéristiques de la pompe pour différentes vitesses de rotation
- détermination des évolutions de performance et de rendement
  * mesure de la puissance d'entraînement électrique
  * détermination de la puissance hydraulique
  * calcul du rendement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

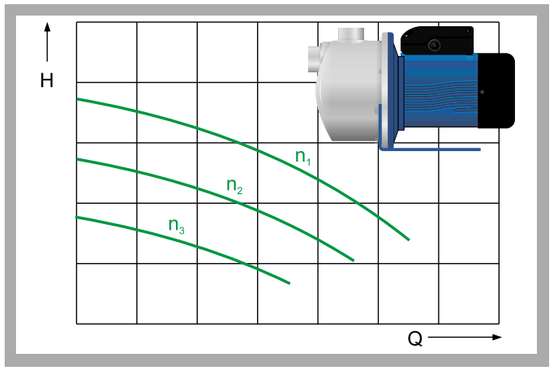
HM 150.04 *Pompe centrifuge*



1 éléments d'affichage et de commande, 2 pompe centrifuge, 3 moteur, 4 robinet à tournant sphérique pour l'ajustage de la pression de refoulement, 5 manomètre côté refoulement, 6 manomètre côté aspiration



1 alimentation en eau par HM 150, 2 pompe centrifuge, 3 moteur, 4 robinet à tournant sphérique pour l'ajustage de la pression de refoulement; P pression, n vitesse de rotation



Caractéristiques pour des vitesses de rotation différentes
H hauteur de refoulement, Q débit, n vitesse de rotation

Spécification

[1] étude d'une pompe centrifuge
[2] entraînement avec vitesse de rotation variable, ajustable en continu par un convertisseur de fréquence
[3] robinet à tournant sphérique du côté refoulement pour l'ajustage de la pression de refoulement
[4] manomètres du côté aspiration et du côté refoulement
[5] affichage numérique de la vitesse de rotation et de la puissance
[6] détermination du débit au moyen du module de base HM 150
[7] alimentation en eau à l'aide du module de base HM 150

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge, auto-amorçante
- débit de refoulement max.: 3000L/h
- hauteur de refoulement max.: 36,9m

Moteur asynchrone
- puissance nominale: 370W

Plages de mesure
- pression (côté de refoulement): -1...5bar
- pression (côté d'aspiration): -1...1,5bar
- vitesse: 0...3000min^{-1}
- puissance: 0...1000W

Dimensions et poids

Lxlxh: 1100x640x600mm
Poids: env. 46kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 230V, 60Hz/CSA, 3 phases
HM 150 (circuit d'eau fermé)

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.15004	HM 150.04 Pompe centrifuge

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.16 *Montage en série et en parallèle de pompes*

*** Montage en série et en parallèle de pompes**

*** Détermination des caractéristiques des pompes**

Description

Dans des installations complexes, il est possible d'utiliser des pompes montées en série ou en parallèle. Dans ces cas, les hauteurs de refoulement s'ajoutent lorsqu'il s'agit de montage en série, alors que ce sont les débits de refoulement s'ajoutent lorsqu'il s'agit de montage en parallèle.

Avec le HM 150.16, les pompes sont étudiées individuellement, dans des montages en série et dans des montages en parallèle

L'appareil d'essai comprend deux pompes centrifuges de même type et un réservoir d'aspiration avec trop-plein. Le trop-plein assure une hauteur d'aspiration constante dans le réservoir indépendamment de l'alimentation en eau. Les robinets à tournant sphérique situés dans les conduites permettent de passer facilement du montage en parallèle au montage en série et vice et versa.

Les pressions d'aspiration et de refoulement des deux pompes et la pression de la conduite d'évacuation d'eau sont affichées sur deux manomètres.

L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau et la mesure du débit se font au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

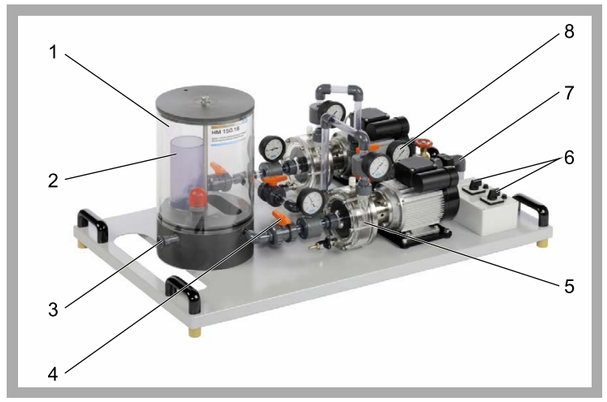
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

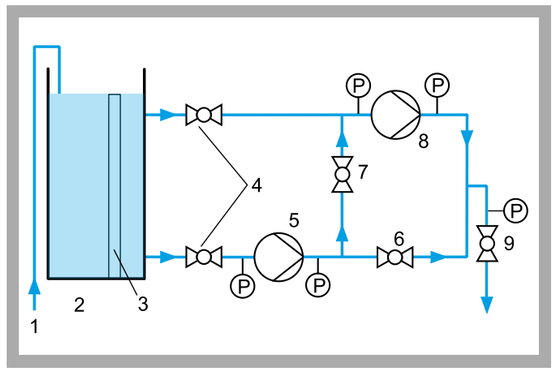
Étude de pompes montées en série et en parallèle
- détermination de la hauteur de refoulement
- enregistrement de la caractéristique de la pompe
- détermination de la puissance hydraulique
- détermination du point de fonctionnement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

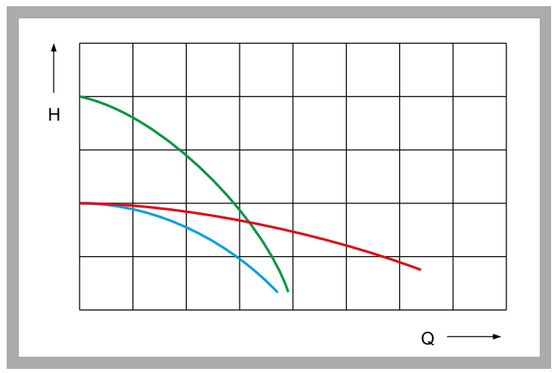
HM 150.16 *Montage en série et en parallèle de pompes*



1 réservoir, 2 trop-plein, 3 raccord d'eau, 4 robinet à tournant sphérique dans la conduite d'aspiration, 5 pompe, 6 disjonteurs des pompes, 7 drain du tuyau de refoulement, 8 manomètre



1 raccord d'eau, 2 réservoir, 3 trop-plein, 4 robinet à tournant sphérique dans la conduite d'aspiration, 5 pompe 1, 6 et 7 robinets à tournant sphérique pour le passage du montage en série au montage en parallèle et vice versa, 8 pompe 2, 9 robinet à tournant sphérique dans la conduite de refoulement; P pression



Caractéristiques, en bleu: une pompe seule en fonctionnement, en rouge: montage de pompes en parallèle, en vert: montage de pompes en série; H hauteur de refoulement, Q débit

Spécification

[1] étude du montage en série et en parallèle de pompes
[2] 2 pompes centrifuges de même type
[3] réservoir transparent utilisé comme réservoir d'aspiration
[4] trop-plein situé dans le réservoir, assure une hauteur d'aspiration constante
[5] passage du montage en série au montage en parallèle et vice versa par des robinets à tournant sphérique
[6] manomètres du côté aspiration et du côté refoulement de chaque pompe et dans la conduite de refoulement
[7] détermination du débit au moyen du module de base HM 150
[8] alimentation en eau par HM 150 ou par le réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

2x pompes centrifuges
- puissance absorbée: 370W
- débit de refoulement max.: 21L/min
- hauteur de refoulement max.: 12m

Réservoir: 13L
Conduits et raccords de conduits: PVC

Plages de mesure
- pression (côté d'aspiration): 2x -1...1,5bar
- pression (côté de refoulement): 3x 0...2,5bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 1110x670x500mm
Poids: env. 62kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase
HM 150 (circuit d'eau fermé), ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.15016	HM 150.16	Montage en série et en parallèle de pompes

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.10 *Visualisation de lignes de courant*

*** Visualisation de lignes de courant**

*** Encre utilisée comme produit de contraste**

*** Différents modèles sont compris dans la liste de livraison: corps de résistance et modifications de section**

*** Sources et puits seuls ou en association**

Description

L'écoulement laminaire bidimensionnel de HM 150.10 donne une bonne approche de l'écoulement de fluides idéaux ou écoulement potentiel.

Avec le HM 150.10, on visualise les champs de lignes de courant au niveau de l'écoulement autour de corps de résistance. On visualise aussi l'écoulement traversant des modifications de section. Les lignes de courant apparaissent en couleur grâce à l'injection préalable d'un produit de contraste (encre). Les sources et les puits sont créés par l'intermédiaire de quatre raccords d'eau se trouvant dans la plaque en verre inférieure. Les lignes de courant au niveau de l'écoulement autour ou de l'écoulement traversant sont bien visibles au travers de la plaque en verre.

Le débit d'eau et la quantité de produit de contraste injectée sont ajustés à l'aide de soupapes. Les raccords d'eau sont également activés par des soupapes et peuvent être associés de la manière souhaitée. Il est possible de découper ses propres modèles dans une plaque de caoutchouc comprise dans la liste de livraison.

L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau se fait au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

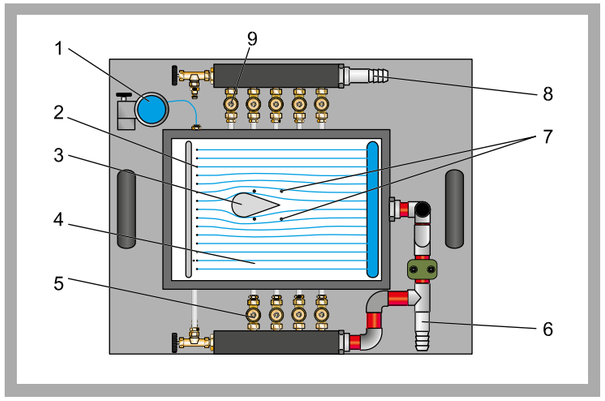
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

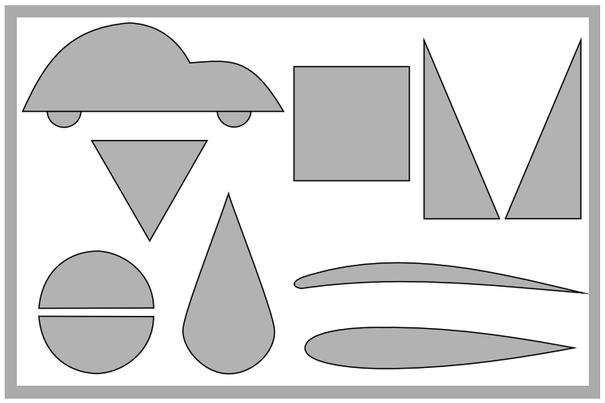
- visualisation des lignes de courant dans différents cas:
  * écoulement autour de corps de résistance
  * écoulement traversant des modifications de section
- influence des sources et des puits

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.10 *Visualisation de lignes de courant*



1 réservoir de produit de contraste, 2 orifices d'injection du produit de contraste, 3 corps de résistance, 4 zone d'essai, 5 soupapes pour sources, 6 évacuation d'eau, 7 orifices pour sources et puits, 8 alimentation en eau, 9 soupapes pour sources



Modèles fournis
auto, triangle, carré, 2 triangles pour modification de section, 2 demi-cercles, goutte, corps profilé, profil d'aube directrice

Spécification

[1] visualisation de lignes de courant
[2] eau utilisée comme milieu d'écoulement et encre utilisée comme produit de contraste
[3] plaque en verre supérieure rabattable permettant de changer les modèles
[4] plaque en verre inférieure avec raccords d'eau, pour la création de sources et de puits
[5] possibilités d'associations des sources et puits au choix
[6] différents corps de résistance et de modifications de section
[7] plaque de caoutchouc pour la fabrication de modèles pour réaliser des études souhaitées
[8] ajustage par soupapes de la vitesse d'écoulement, de l'alimentation en eau et de l'évacuation d'eau dans les sources et puits et du dosage du produit de contraste
[9] alimentation en eau à l'aide du module de base HM 150 ou par le biais du réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

La chambre d'écoulement comprend 2 plaques en verre
- écart entre les plaques: 2mm
- plaque en verre inférieure avec 4 raccords d'eau pour les sources/puits
- taille de la zone d'essai Lxl: 400x280mm

10 corps de résistance et modifications de section
Plaque de caoutchouc pour fabriquer ses modèles
- Lxh 300x400mm
- épaisseur: 2mm

Injection du produit de contraste (encre)
- 15 orifices

Réservoir pour produit de contraste: 200mL

Dimensions et poids

Lxlxh: 640x520x485mm
Poids: env. 22kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé), ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu de modèles
1 plaque de caoutchouc
2 flacons d'encre 30mL
1 jeu de flexibles pour l'eau
1 documentation didactique

Références de commande

070.15010	HM 150.10	Visualisation de lignes de courant

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 135 *Détermination de la vitesse de sédimentation*

*** Vitesse de sédimentation de billes de diamètres et densité différents**

Description

La vitesse de sédimentation de corps solides dans des liquides est une base importante de la mécanique des fluides et du génie des procédés. La vitesse de sédimentation est par exemple la grandeur décisive pour le dimensionnement des bassins de décantation.

Le HM 135 comprend deux cylindres transparents permettant de réaliser des essais comparatifs. Les deux cylindres permettent de comparer l'influence du diamètre des billes, de la densité des billes, et de l'usage de différents liquides sur la vitesse de sédimentation. Des conduits de guidage situés dans le couvercle des deux cylindres permettent une introduction des billes en toute sécurité. Deux joints toriques pour chaque système servent à marquer la section de mesure. Un sas situé à l'extrémité inférieure du cylindre permet de retirer les billes sans avoir de pertes importantes de liquide.

Un chronographe enregistre la durée de la descente. Deux aréomètres ayant des plages de mesure différentes permettent de déterminer la densité des liquides.

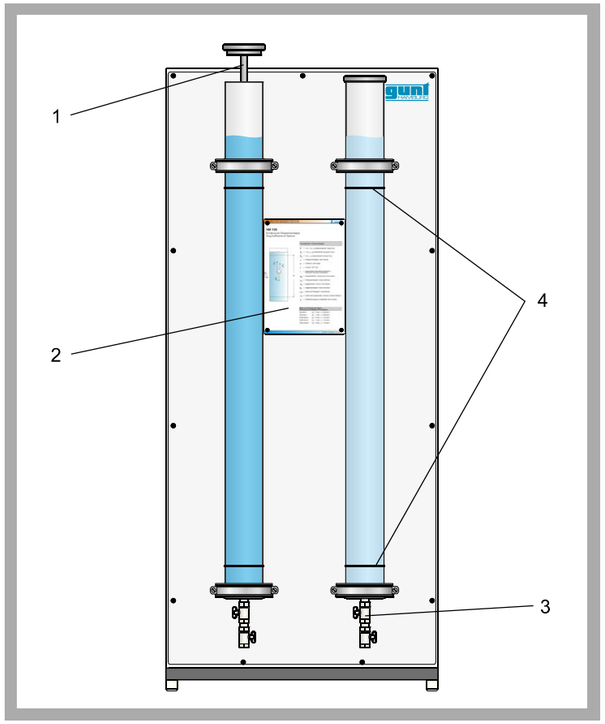
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

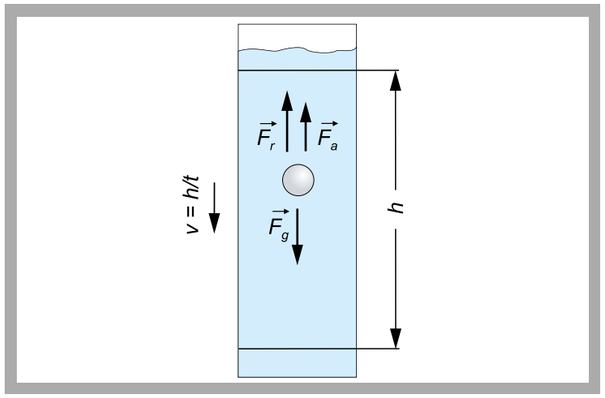
- influence des différents paramètres sur la vitesse de sédimentation des billes:
  * diamètre des billes
  * densité des billes
  * densité du liquide
  * viscosité du liquide

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 135 *Détermination de la vitesse de sédimentation*



1 couvercle avec conduit de guidage, 2 panneau d'information, 3 sas, 4 marquage de la section de mesure



Détermination de la vitesse de sédimentation
v vitesse de sédimentation, h hauteur de descente, t durée de descente, F_g poids, F_a force ascensionnelle, F_r force de traînée

Spécification

[1] appareil d'essai pour le calcul de la vitesse de sédimentation de différentes billes
[2] 2 cylindres transparents
[3] marquage de la section de mesure
[4] couvercle avec conduit de guidage pour l'introduction des billes
[5] sas pour le retrait des billes du cylindre
[6] 10 billes de densités et diamètres différents
[7] 2 aréomètres pour la détermination de la densité des liquides
[8] chronomètre pour l'enregistrement de la durée de la descente

Caractéristiques techniques

2 cylindres
- diamètre intérieur: 92mm chacun
- hauteur: 1330mm chacun
- hauteur de descente: 1000mm chacun

Billes
- aluminium (densité: 2,7kg/dm³)
  2x diamètre 5mm
  2x diamètre 10mm
- polyoxyméthylène (POM), densité: 1,41kg/dm³
  2x diamètre 5mm
  2x diamètre 10mm
- polyamide (PA), densité: 1,13kg/dm³
  2x diamètre 10mm

Plage de mesure
- densité: 1x 0,8...1,0kg/dm³, 1x 1,0...1,2kg/dm³

Dimensions et poids

Lxlxh: 720x640x1650mm
Poids: env. 45kg

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu de billes
2 aréomètres
1 cylindre fixe pour aréomètre
1 chronographe
1 documentation didactique

Références de commande

070.13500	HM 135	Détermination de la vitesse de sédimentation

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

ÉCOULEMENT DANS DES CANAUX OUVERTS

Les eaux courantes naturelles représentent des « écoulements dans des canaux ouverts ». Depuis des siècles, on y entreprend des interventions constructives sur des systèmes d'irrigation, le «domptage» de fleuves à l'aide de déversoirs, des bassins d'amortissement et des seuils à des fins de protection contre les inondations et d'exploitation énergétique.

Pendant la formation des ingenieurs, l'écoulement dans des canaux est en général traité dans le cadre de la mécanique des fluides. Cette thématique est de première importance en agronomie, en sciences de l'environnement, en génie civil, ainsi que pour les géologues et les géographes. Les cursus spécialisés en hydrologie et gestion de l'eau sont nombreux et ces thématiques sont très actuelles. L'acquisition de connaissances solides en **hydraulique des canaux** y occupe une place fondamentale.

On peut citer à titre d'exemple les fameux systèmes de distribution d'eau datant de l'Antiquité: aqueducs (à gauche) ou les canaux d'irrigation agricoles qui s'étendent sur de très grandes distances: les « Levadas » au Portugal (en haut).

CONTENUS DIDACTIQUES / ESSAIS

Classification des écoulements dans les canaux

- variantes dans l'espace et dans le temps
- régime interne et distribution de la vitesse

Résistance d'écoulement et propriétés des écoulements turbulents: formules de débit, courbes des débits, dissipation de l'énergie

- écoulement uniforme
- écoulement graduellement varié
- écoulement brusquement varié

Écoulement non uniforme

- écoulement dans un canal rectangulaire (charge spécifique et débit spécifique, nombre de Froude)
- ouvrages de contrôle (ouvrages submergés: déversoirs, ouvrages à écoulement sous-jacent: vannes, ouvrages traversés)

Dissipation d'énergie

- ressaut
- bassin d'amortissement

Écoulement non stationnaire

- vagues
- vibrations induites par l'écoulement

Techniques de mesure de l'écoulement dans des canaux

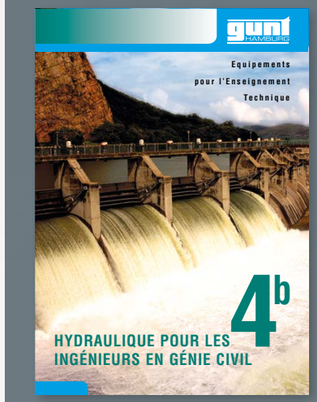
- pressions, vitesses, débits

Transport des sédiments

Tous les canaux d'essai de GUNT couvrent dans une large mesure les contenus didactiques mentionnés ici. Les essais proposés permettent l'apprentissage d'une grande partie des connaissances théoriques requises en hydraulique des canaux ainsi que leur étude pratique.

Les essais en laboratoire sur les canaux d'essai offrent aux étudiants un ensemble flexible et large de possibilités pour appréhender de manière expérimentale la thématique de l'hydraulique des canaux. On peut mentionner les caractéristiques et avantages suivants:

- circuit d'eau fermé à débit et vitesse d'écoulement variables
- mise en pratique simple et diversifiée des techniques de mesure
- angle d'inclinaison du canal d'essai entièrement ajustable
- parois latérales transparentes
- étude d'une grande diversité de thématiques grâce à l'échange très facile des modèles



L'écoulement dans les canaux ouverts est traité de manière détaillée dans le catalogue 4b, «Hydraulique pour les ingénieurs en génie civil».

HM 150.03 Déversoirs à paroi mince pour HM 150

L'illustration montre le déversoir de Rehbock du HM 150.03 monté dans le module de base HM 150.

*** Écoulement par des déversoirs à paroi mince**

*** Déversoirs de mesure typiques: déversoir de Thomson et déversoir de Rehbock**

Description

Les déversoirs à paroi mince font partie des ouvrages de de contrôle du débit qui permettent de contrôler les écoulements dans un canal. Ils sont souvent utilisés pour déterminer le débit d'un canal.

Le HM 150.03 comprend deux déversoirs à paroi mince différents. Les deux déversoirs sont des déversoirs de mesure courant avec des orifices définis: sur le déversoir de Thomson, l'orifice est triangulaire alors que sur celui de Rehbock il est rectangulaire.

Les déversoirs sont montés et vissés sur le module de base HM 150. Le déversoir est facile et rapide à remplacer.

Le déversoir d'étude est submergé par de l'eau venant du petit canal d'essai dans HM 150. La liste de livraison comprend une jauge à eau permettant d'enregistrer la hauteur. Le débit est déterminé à partir de la hauteur et comparé aux valeurs de mesure effectuées avec HM 150.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

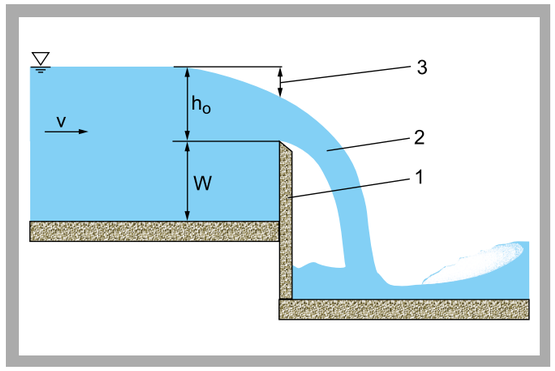
Contenu didactique / Essais

- nappe dénoyée au niveau du déversoir à paroi mince
- déversoirs à paroi mince utilisés comme déversoirs de mesure
  * détermination du coefficient de débit
  * comparaison des déversoirs de mesure (Rehbock, Thomson)
- détermination du débit
- comparaison du débit théorique et du débit mesuré

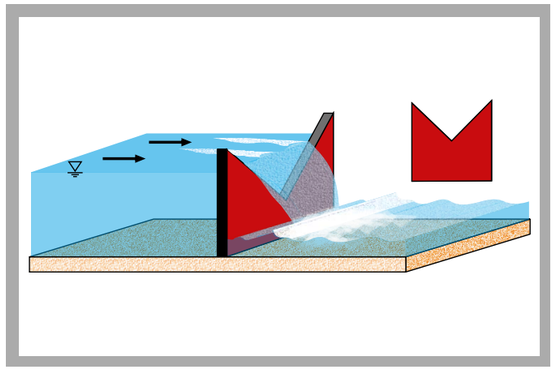
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.03 Déversoirs à paroi mince pour HM 150

1 canal d'essai de HM 150, 2 déversoir de Rehbock, 3 lame déversante, 4 jauge à eau



Nappe dénoyée au niveau du déversoir à paroi mince: 1 déversoir à paroi mince, 2 lame déversante, 3 abaissement; v vitesse d'écoulement, h_o hauteur, W hauteur du déversoir



Débordement d'un déversoir triangulaire selon Thomson

Spécification

[1] mesure du débit dans des canaux ouverts à l'aide de 2 déversoirs de mesure
[2] déversoirs de mesure à monter dans le canal d'essai HM 150
[3] déversoir de Thomson avec profil en V
[4] déversoir de Rehbock avec profil rectangulaire
[5] jauge à eau avec échelle graduée pour la détermination de la hauteur
[6] positionnement au choix de la jauge à eau le long du canal d'essai

Caractéristiques techniques

Déversoirs
- matériau: PVC
- auto-étanche
- profil rectangulaire, Lxl de la section: 60mm
- profil en V: angle de la section 90°, hauteur de la section 50mm

Plage de mesure
- hauteur: 0...200mm

Dimensions et poids

Lxlxh: env. 230x190x8mm (déversoir)
Lxlxh: env. 290x190x290mm (jauge à eau)
Poids: env. 4kg (total)

Liste de livraison

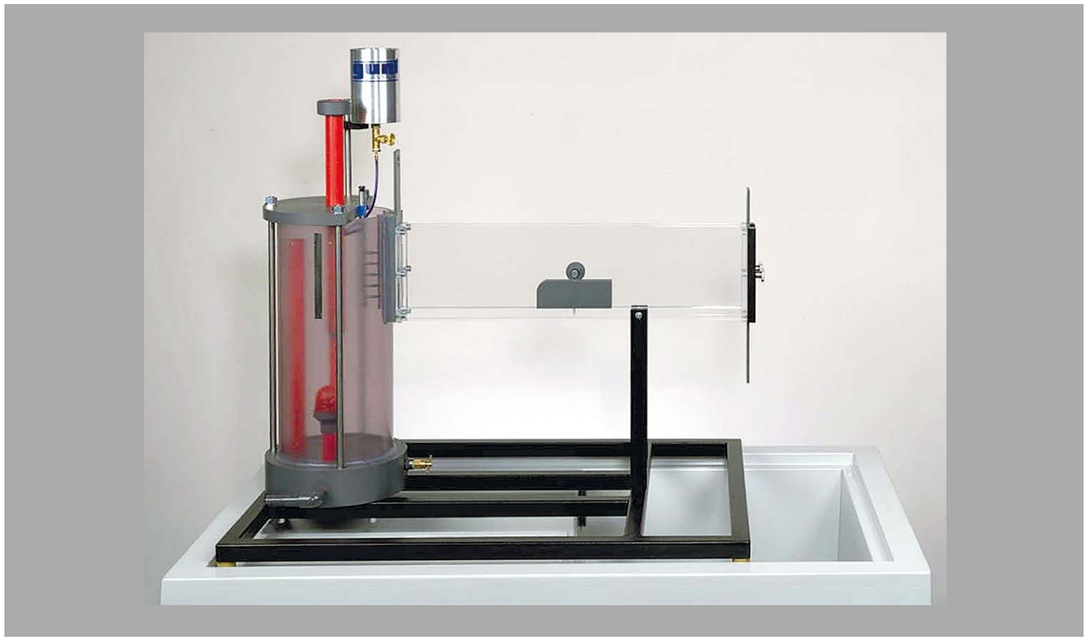
2 déversoirs à paroi mince
1 jauge à eau
1 documentation didactique

Références de commande

070.15003	HM 150.03	Déversoirs à paroi mince pour HM 150

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.21 *Visualisation de lignes de courant dans un canal ouvert*



*** Écoulement autour de différents corps de résistance**

*** Écoulement incident appliqué sur différents déversoirs**

*** Encre utilisée comme produit de contraste pour la visualisation des lignes de courant**

Description

Le banc d'essai HM 150.21 permet de visualiser les écoulements autour de corps de résistance et les phénomènes d'écoulement dans des canaux ouverts.

On fixe soit un corps de résistance, soit un déversoir dans le canal d'essai. Les lignes de courant sont visibles grâce à l'injection préalable du produit de contraste (encre). Le canal d'essai est transparent de manière à permettre une bonne observation des lignes de courant et de la formation des tourbillons. Le niveau d'eau dans le canal d'essai est ajustable par l'intermédiaire d'une vanne plane à l'entrée et d'un déversoir à la sortie.

Deux déversoirs et quatre corps de résistance différents sont disponibles pour réaliser les différents types d'essais. Un redresseur d'écoulement assure l'homogénéité de l'écoulement et empêche la formation de tourbillons dans l'eau.

L'appareil d'essai est positionné aisément et en toute sécurité, sur le plan de travail du module de base HM 150. L'alimentation en eau se fait au moyen du HM 150. L'appareil d'essai peut être également utilisé sur le réseau du laboratoire.

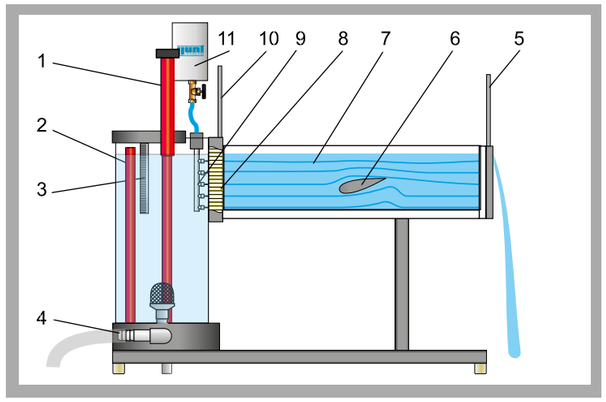
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

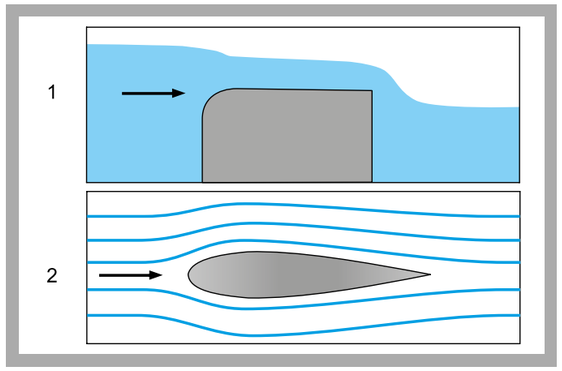
- influence sur l'écoulement des différentes formes de déversoirs
- visualisation des lignes de courant lors de l'application d'un écoulement incident sur des déversoirs
- visualisation des lignes de courant lors de l'écoulement autour de différents corps de résistance

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

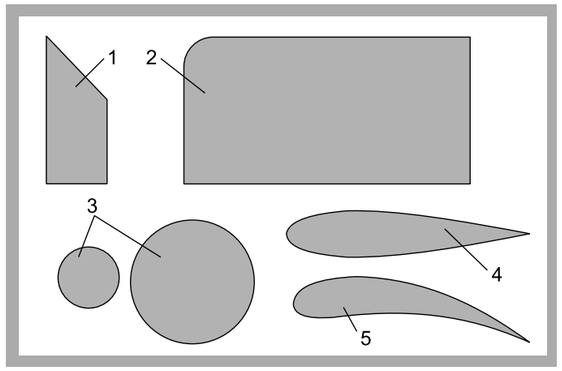
HM 150.21 *Visualisation de lignes de courant dans un canal ouvert*



1 trop-plein ajustable, 2 réservoir, 3 échelle graduée, 4 alimentation en eau de HM 150, 5 déversoir sur l'évacuation d'eau, 6 corps de résistance, 7 canal d'essai, 8 redresseur d'écoulement, 9 distributeur de produit de contraste, 10 vanne plane au niveau de l'entrée d'eau en direction du canal d'essai, 11 réservoir de produit de contraste



1 écoulement incident au niveau du déversoir à seuil épais, 2 écoulement autour d'un corps profilé



Corps de résistance et déversoirs fournis
1 déversoir à paroi mince, 2 déversoir à seuil épais, 3 cylindre, 4 corps profilé, 5 profil d'aube directrice

Spécification

[1] visualisation des lignes de courant lors de l'écoulement incident et de l'écoulement autour de différents déversoirs et corps de résistance
[2] canal d'essai transparent
[3] écoulement incident démontré sur 2 déversoirs
[4] écoulement autour de corps démontré sur corps de résistance différents
[5] produit de contraste: encre
[6] distributeur de produit de contraste avec 7 buses
[7] niveau d'eau dans le canal d'essai ajustable au moyen d'une vanne plane à l'entrée d'eau et d'un déversoir à la sortie d'eau
[8] redresseur d'écoulement assurant une entrée d'eau homogène exempte de tourbillons
[9] alimentation en eau à l'aide du module de base HM 150 ou par le biais du réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Canal d'essai
- Lxlxh: 625x20x150mm

Produit de contraste: encre
Injection du produit de contraste
- 7 buses

Réservoir d'eau: 12,5L
Réservoir d'encre: 200mL
Corps de résistance
- petit cylindre, diamètre: 35mm
- grand cylindre, diamètre: 60mm
- corps profilé
- profil d'aube directrice

Déversoirs
- déversoir à seuil épais
- déversoir à paroi mince

Dimensions et poids

Lxlxh: 895x640x890mm
Poids: env. 24kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé) ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 canal d'essai
1 jeu de corps de résistance et déversoirs
1L d'encre

Références de commande

070.15021	HM 150.21	Visualisation de lignes de courant dans un canal ouvert

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 164 *Écoulement dans un canal ouvert et dans un canal fermé*

*** Processus d'écoulement dans un canal ouvert: vanne, seuil de fond et différents déversoirs**

*** Processus d'écoulement dans un canal fermé: écoulement tubulaire**

*** Circuit d'eau fermé avec réservoir et pompe**

Description

Avec HM 164, on démontre dans un canal ouvert différents processus d'écoulement sur divers ouvrages de contrôle. Dans le canal fermé, on détermine les pressions dans une conduite.

Le banc d'essai comprend un canal d'essai transparent avec limite supérieure, un seuil ajustable en hauteur et un circuit d'eau fermé. Le niveau de l'eau dans la section d'essai est ajusté au moyen d'un déversoir à paroi mince ajustable au niveau de la sortie d'eau. Une modification facile du montage permet d'utiliser le canal d'essai soit comme canal ouvert soit comme canal fermé.

Lors de l'étude de l'écoulement dans le canal ouvert, le niveau d'eau doit être bas. Pour la réalisation de l'essai, on fixe un déversoir au fond du canal et on utilise le seuil ajustable en hauteur. Il est également possible de démontrer l'écoulement en dessous d'une vanne. Différents déversoirs faciles à échanger sont à disposition pour tenir lieu d'ouvrages de contrôle.

Dans le cas de l'étude du canal fermé, le niveau d'eau est tel qu'il permet une traversée de l'ensemble de la section d'essai. Le seuil est ici utilisé pour modifier la section traversée.

Les pressions statiques et les pressions totales au passage de la section sont enregistrées par des tubes de mesure. La vitesse d'écoulement est calculée à partir du différentiel de pression.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

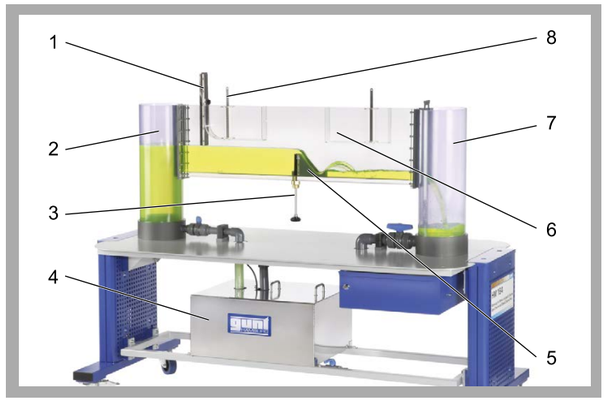
Contenu didactique / Essais

Canal ouvert
- écoulement par des ouvrages de contrôle: déversoir à seuil épais, déversoir à paroi mince, déversoir à crête arrondie avec évacuateur en forme de saut de ski, seuil
- écoulement en dessous d'une vanne
- ressaut

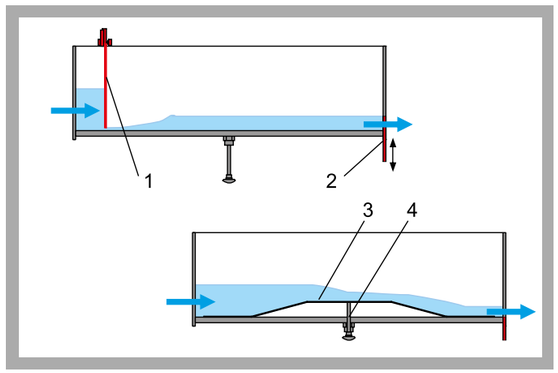
Canal fermé
- écoulement tubulaire avec section d'écoulement constante et variable
- mesure de la pression statique et de la pression totale
- calcul de la vitesse d'écoulement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

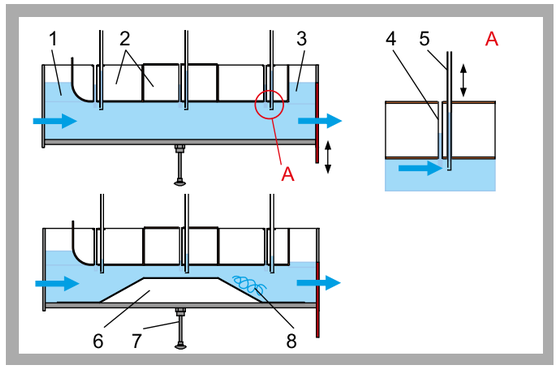
HM 164 *Écoulement dans un canal ouvert et dans un canal fermé*



1 vanne plane, 2 alimentation en eau, 3 ajustage en hauteur du seuil, 4 réservoir de stockage, 5 déversoir à crête arrondie positionné dans le canal d'essai, 6 limite supérieure, 7 évacuation d'eau avec déversoir à paroi mince au niveau de la sortie d'eau, 8 tube de mesure



Processus d'écoulement dans un canal ouvert; 1 écoulement sous une vanne, 2 déversoir à paroi mince au niveau de la sortie d'eau, 3 écoulement au dessus d'un seuil, 4 ajustage en hauteur du seuil



Processus d'écoulement dans un canal fermé; 1 entrée, 2 limite supérieure, 3 sortie, 4 mesure de la pression statique, 5 mesure de la pression totale, 6 seuil de fond, 7 ajustage en hauteur du seuil de fond, 8 turbulences

Spécification

[1] étude des processus d'écoulement dans un canal ouvert et dans un canal fermé
[2] canal d'essai avec limite supérieure transparente
[3] ajustage en hauteur du seuil du canal d'essai
[4] niveau de l'eau ajustable au moyen du déversoir à paroi mince positionné à la sortie
[5] modification facile du montage du canal ouvert au canal fermé
[6] ouvrages de contrôle pour les essais dans le canal ouvert: déversoir à seuil épais, déversoir à paroi mince, déversoir à crête arrondie avec évacuateur en forme de saut de ski, seuil, vanne
[7] section d'essai entièrement traversée et modification de section au moyen d'un seuil pour les essais dans le canal ouvert
[8] circuit d'eau fermé avec réservoir de stockage et pompe
[9] tubes de mesure transparents pour la mesure de la pression statique et de la pression totale

Caractéristiques techniques

Section d'essai
- longueur: 1,1m
- section lxh: 40x300mm

Réservoir de stockage: 70L

Pompe
- puissance absorbée: 250W
- débit de refoulement max.: 150L/min
- hauteur de refoulement max.: 7,6m

Dimensions et poids

Lxlxh: 1900x800x1350mm
Poids à vide: env. 150kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

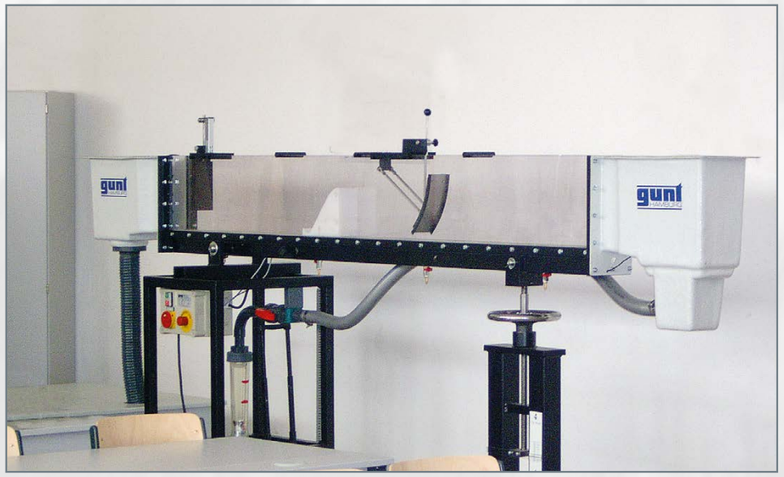
1 banc d'essai
1 jeu d'ouvrages de contrôle
1 déversoir à paroi mince
1 outil
1 documentation didactique

Références de commande

070.16400	HM 164	Écoulement dans un canal ouvert et dans un canal fermé

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

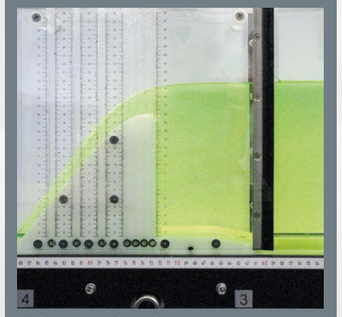
HM 160 CANAL D'ESSAI 86 x 300 mm



HM 160 est le plus petit canal d'essai de GUNT permettant de démontrer de manière remarquable l'ensemble des phénomènes d'écoulement dans des canaux. Ses petites dimensions et son circuit d'eau fermé facilitent le positionnement et l'utilisation de HM 160 dans les salles de classe.

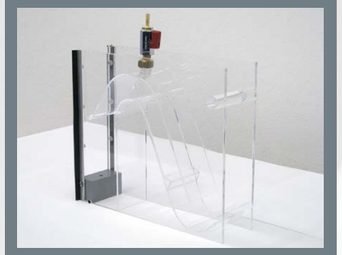
Si on ajoute à cela le large choix d'accessoires disponibles, il est possible de démontrer et étudier un grand nombre de thèmes sur l'écoulement dans des canaux. Parmi ceux-ci, on peut citer par exemple les ouvrages de contrôle, la mesure du débit, les pertes dues à des modifications de la coupe transversale, les vagues et le transport sédimentaire. D'autres accessoires permettent de mesurer la profondeur de l'écoulement et la vitesse d'écoulement.

Le canal d'essai HM 160 est disponible avec deux longueurs de section d'essai différentes: 2,5 m ou 5 m avec une rallonge supplémentaire HM 160.10 – voir dessin.

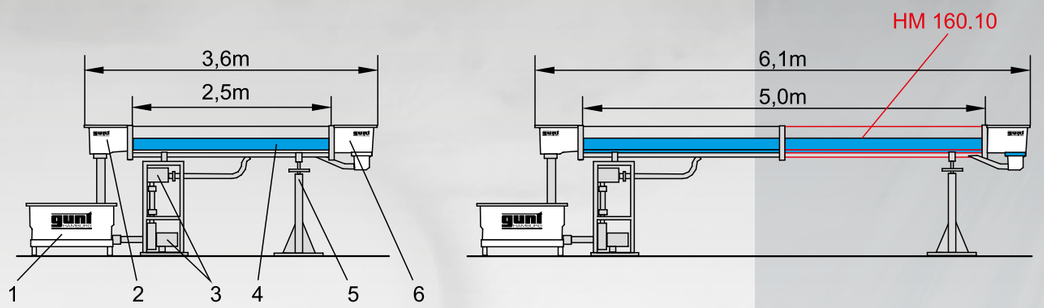


Déversoir à crête arrondie avec mesure de pression HM 160.34

Déversoir à crête arrondie HM 160.32 et éléments de dissipation d'énergie HM 160.35



Déversoir à siphon HM 160.36



***1** réservoir d'eau, **2** élément de sortie,*
***3** pompe avec coffret de distribution,*
***4** section d'essai,*
***5** vérin de stabilisation avec système d'ajustage de l'inclinaison du canal,*
***6** élément d'entrée*

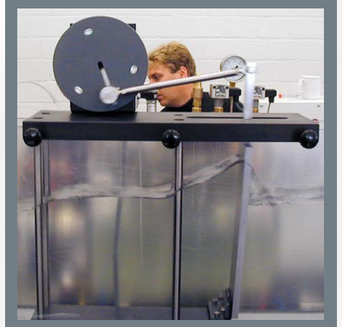
Canal Venturi HM 160.51

Formation en Algérie

Formation en Malaisie

Vagues dans un canal d'essai

Alimentateur en sédiments HM 160.73



Générateur de vagues HM 160.41

Simulation de plage HM 160.42

MODÈLES DISPONIBLES COMME ACCESSOIRES

Ouvrages de contrôle	**HM 160.29** Vanne plane
	HM 160.40 Vanne radiale
	HM 160.30 Jeu de déversoirs à paroi mince
	HM 160.31 Déversoir à seuil épais
	HM 160.33 Déversoir cunéiforme
	HM 160.34 Déversoir à crête arrondie avec mesure de pression
	HM 160.36 Déversoir à siphon
	HM 160.32 Déversoir à crête arrondie (peut être complété avec **HM 160.35** Éléments de dissipation d'énergie)
Mesure du débit	**HM 160.51** Canal Venturi
Modification de section	**HM 160.77** Fond du canal avec galets
	HM 160.44 Seuil
	HM 160.45 Passage
	HM 160.46 Jeu de piles
Divers	**HM 160.41** Générateur de vagues
	HM 160.42 Plage lisse
	HM 160.72 Piège à sédiments (peut être complété avec **HM 160.73** Alimentateur en sédiments)
	HM 160.61 Pilots vibrants

INSTRUMENTS DE MESURE DISPONIBLES COMME ACCESSOIRES

HM 160.52 Jauge à eau /
HM 160.91 Jauge à eau numérique

HM 160.53 Manomètre à 10 tubes

HM 160.50 Tube de Prandtl

HM 160.64 Appareil de mesure de vitesse

HM 160 Canal d'essai 86x300mm

L'illustration montre HM 160 avec le déversoir à crête arrondie HM 160.32 et la jauge à eau HM 160.52.

*** Principes de base de l'écoulement dans les canaux**

*** Section d'essai avec parois latérales transparentes, disponible avec une longueur de 2,5m ou 5m**

*** Écoulement homogène grâce à un élément d'entrée très bien conçu**

*** Modèles dans tous les domaines du génie hydraulique sont disponibles comme accessoires**

Description

Les voies navigables, la régulation des fleuves et les ouvrages de retenue font partie des sujets traités par le génie hydraulique. Des canaux d'essai installés dans le laboratoire aident à en assimiler les principes de base.

Le canal d'essai HM 160 dispose d'un circuit d'eau fermé. La coupe transversale de la section d'essai est de 86x300mm. La section d'essai a une longueur de 2,5m, ou de 5m en y ajoutant la rallonge HM 160.10. Les parois latérales de la section d'essai sont en verre renforcé permettant l'observation optimale des essais. Tous les composants en contact avec l'eau sont fabriqués dans des matériaux résistants à la corrosion (acier inoxydable, plastique renforcé de fibres de verre). L'élément d'entrée est conçu de façon à minimiser les turbulences de l'écoulement à son arrivée dans la section d'essai.

Afin de permettre la simulation de chutes et l'ajustement d'un écoulement uniforme ayant une profondeur constante, il est possible contrôler en continu l'inclinaison du canal d'essai.

De nombreux modèles sont disponibles comme accessoires. Il s'agit par exemple: des déversoirs, piles, canaux de mesure ou un générateur de vagues. Ce qui permet de réaliser un ensemble d'essais complet. La plupart des modèles se vissent rapidement et de manière sécurisée au fond de la section d'essai.

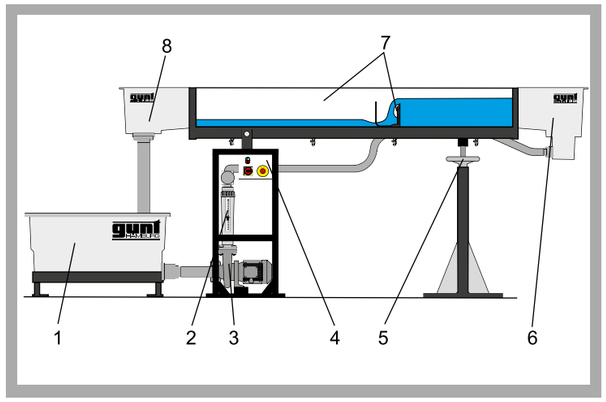
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

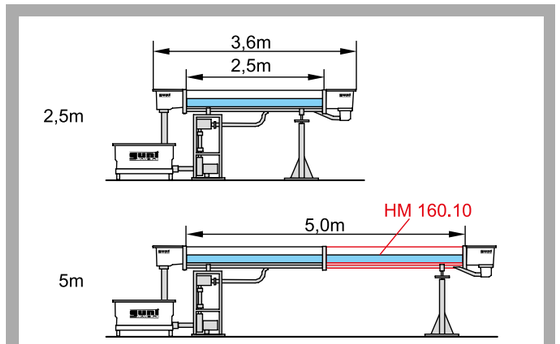
Avec les modèles disponibles comme accessoires, on étudie les phénomènes suivants
- écoulement uniforme et écoulement non uniforme
- formules de débits
- changement d'écoulement (ressaut)
- dissipation d'énergie (ressaut, bassin d'amortissement)
- écoulement par des ouvrages de contrôle
  * déversoirs (à paroi mince, à crête déversante, à crête arrondie)
  * écoulement en dessous de vannes
- canal jaugeur
- pertes locales dues à des obstacles
- écoulement non stationnaire: vagues
- pilots vibrants
- transport des sédiments

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 160 Canal d'essai 86x300mm



1 réservoir d'eau, 2 débitmètre, 3 pompe, 4 coffret de distribution, 5 système d'ajustage de l'inclinaison, 6 élément d'entrée, 7 section d'essai avec déversoir à plaques HM 160.30, 8 élément de sortie



HM 160 avec les deux sections d'essai de longueurs différentes (2,5m ou 5m). Pour la version de 5m, une rallonge HM 160.10 est requise.

Le générateur de vagues HM 160.41 produit des vagues dans le canal d'essai.

Spécification

[1] principes de base de l'écoulement dans des canaux ouverts
[2] canal d'essai avec section d'essai, élément d'entrée, élément de sortie et circuit d'eau fermé
[3] longueur de la section d'essai de 2,5m ou 5m (avec rallonge HM 160.10)
[4] section d'essai inclinable en continu
[5] section d'essai avec 10 trous taraudés répartis de manière homogène au fond pour le montage de modèles ou la mesure du niveau d'eau par la pression
[6] parois latérales de la section d'essai en verre renforcé pour une observation optimale des essais
[7] toutes les surfaces en contact avec l'eau sont fabriquées dans des matériaux résistants à la corrosion
[8] élément d'entrée optimisé pour minimiser les turbulences de l'écoulement à son arrivée dans la section d'essai
[9] circuit d'eau fermé avec réservoir d'eau, pompe, débitmètre et ajustage manuel du débit
[10] modèles de tous les domaines du génie hydraulique disponibles comme accessoires

Caractéristiques techniques

Section d'essai
- longueur: 2,5m ou 5m (avec 1x HM 160.10)
- section d'écoulement lxh: 86x300mm
- système d'ajustage de l'inclinaison: -0,5...+3%

Réservoir: 280L
Pompe
- puissance absorbée: 1,02kW
- débit de refoulement max.: 22,5m³/h
- hauteur de refoulement max.: 13,7m

Plage de mesure
- débit: 0...10m³/h

Dimensions et poids

Lxlxh: 4300x660x1350mm (section d'essai 2,5m)
Poids: env. 500kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz, 1 phase

Liste de livraison

1 canal d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

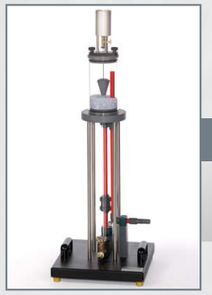
070.16000	HM 160 Canal d'essai 86x300mm

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

SÉRIE HM 150 INITIATION AUX BASES DE LA MÉCA NIQUE DES FLUIDES

Les appareils GUNT de la série HM 150 démontrent des phénomènes et permettent de réaliser des essais simples sur les thèmes de la mécanique des fluides suivantes:

- écoulement stationnaire dans des tuyauteries
- écoulement laminaire et turbulent, nombre de Reynolds
- équation de continuité, théorème de Bernoulli
- méthodes de mesure du débit
- vidange de réservoirs
- formation de tourbillon libre et forcé
- écoulement dans un canal ouvert
- écoulement autour de corps
- écoulement non stationnaire sur un bélier hydraulique
- turbomachines
- forces de jet



HM 150.18 Essai d'Osborne Reynolds

HM 150.15 Bélier hydraulique – Refoulement réalisé à l'aide de coups de bélier

HM 150.08 Mesure des forces de jet

ÉCOULEMENT STATIONNAIRE DANS DES TUYAUTERIES

HM 150.11 ***Pertes de charge dans un système de conduites***
HM 150.01 ***Pertes de charge linéaires en écoulement laminaire / turbulent***
HM 150.29 ***Perte d'énergie dans des éléments de tuyauterie***

ÉCOULEMENT LAMINAIRE / TURBULENT, NOMBRE DE REYNOLDS

HM 150.18 ***Essai d'Osborne Reynolds***
HM 150.01 ***Pertes de charge linéaires en écoulement laminaire / turbulent***

THÉORÈME DE BERNOULLI / MESURE DU DÉBIT

HM 150.13 ***Principes de base de la mesure de débit***
HM 150.11 ***Pertes de charge dans un système de conduites***
HM 150.07 ***Théorème de Bernoulli***

ÉCOULEMENT NON STATIONNAIRE

HM 150.15 ***Bélier hydraulique – Refoulement réalisé à l'aide de coups de bélier***

TURBOMACHINES

HM 150.04 ***Pompe centrifuge***
HM 150.16 ***Montage en série et en parallèle de pompes***
HM 150.19 ***Principe de fonctionnement d'une turbine Pelton***
HM 150.20 ***Principe de fonctionnement d'une turbine Francis***

FORCES DE JET

HM 150.08 ***Mesure des forces de jet***

DÉTERMINATION DU METACENTRE

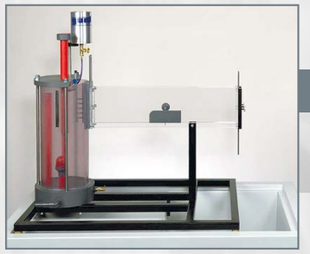
HM 150.06 ***Stabilité des corps flottants***

HM 150.11 Pertes de charge dans un système de conduites

HM 150.13 Principes de base de la mesure de débit

HM 150.04 Pompe centrifuge

HM 150.06 Stabilité des corps flottants



HM 150.21 Visualisation de lignes de courant dans un canal ouvert

ÉCOULEMENT STATIONNAIRE DANS UN CANAL OUVERT

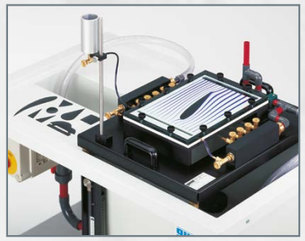
HM 150.21 ***Visualisation de lignes de courant dans un canal ouvert***
HM 150.03 ***Déversoirs à paroi mince pour HM 150***

Le module de base HM 150 offre un circuit d'eau fermé pour l'alimentation des différents appareils d'essai. L'appareil d'essai et le module de base d'alimentation en eau sont raccordés entre eux par un flexible. La mesure du débit est volumétrique.

Tous les appareils sont construits de telle manière à pouvoir être placés en toute sécurité et de façon stable sur le module de base.

FORMATION DE TOURBILLON LIBRE / FORCÉE

HM 150.14 ***Formation de tourbillons***



HM 150.10 Visualisation des lignes de courant

ÉCOULEMENT AUTOUR DE CORPS

HM 150.10 ***Visualisation de lignes de courant***
HM 150.21 ***Visualisation de lignes de courant dans un canal ouvert***

HM 150.09 Vidange horizontale d'un réservoir

VIDANGE DE RÉSERVOIRS

HM 150.09 ***Vidange horizontale d'un réservoir***
HM 150.12 ***Vidange verticale d'un réservoir***

HM 150.14 Formation de tourbillons

HM 150 *Module de base pour essais de mécanique des fluides*

*** Alimentation en eau des appareils d'essai utilisés en mécanique des fluides**

*** Mesure du débit volumétrique pour de grands et petits débits**

*** Les nombreux accessoires permettent de réaliser un cours de formation élémentaire complet en mécanique des fluides**

Description

La série d'appareils HM 150 délivre un grand aperçu des essais expérimentaux élémentaires pouvant être réalisés en mécanique des fluides. Pour les besoins individuels, le module de base HM 150 fournit l'essentiel: l'alimentation en eau dans un circuit fermé; la détermination du débit volumétrique, ainsi que le positionnement de l'appareil sur le plan de travail du module de base et la collecte de l'eau d'égouttement.

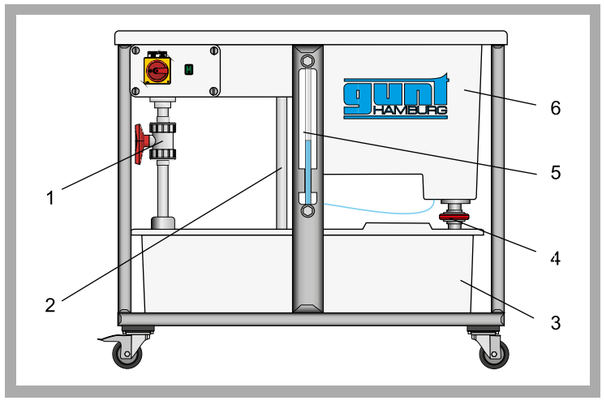
Le circuit d'eau fermé est constitué d'un réservoir de stockage sous-jacent équipé d'une pompe submersible puissante et d'un réservoir de mesure placé au-dessus et destiné à collecter l'eau en sortie.

Le réservoir de mesure a plusieurs niveaux, adaptés aux petits et grands débits volumétriques. Pour les très petits débits volumétriques, on utilise un bécher de mesure. Les débits volumétriques sont déterminés à l'aide d'un chronographe.

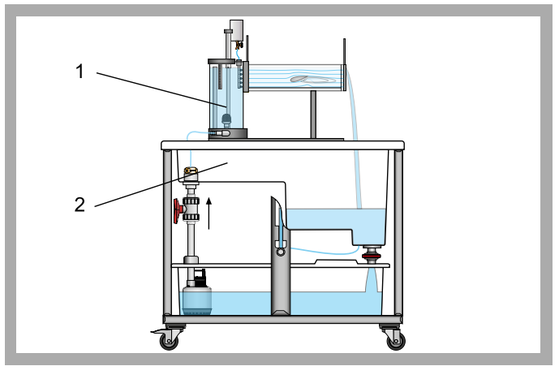
Le plan de travail placé en haut permet de bien positionner les différents appareils. Un canal d'essais est intégré au plan de travail. Il est prévu pour les essais réalisés avec des déversoirs (HM 150.03).

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150 *Module de base pour essais de mécanique des fluides*



1 soupape d'étranglement, 2 trop-plein, 3 réservoir de stockage avec pompe submersible, 4 robinet-vanne pour vider le réservoir de mesure, 5 indicateur de niveau, 6 réservoir de mesure



HM 150.21 (1) mis en place sur le module de base HM 150 (2)

Module de base pour les essais réalisés en mécanique des fluides avec déversoir à paroi mince HM 150.03

Spécification

[1] module de base servant à alimenter les appareils utilisés en mécanique des fluides
[2] circuit d'eau fermé avec pompe submersible, réservoir de stockage et réservoir de mesure
[3] réservoir de mesure à deux composants, pour les mesures volumétriques
[4] bécher de mesure gradué pour les très petits débits volumétriques
[5] mesure des débits volumétriques réalisée à l'aide d'un chronographe
[6] plan de travail avec canal d'essais intégré pour les essais réalisés avec des déversoirs
[7] plan de travail avec arête intérieure pour la mise en place des accessoires et la collecte de l'eau d'égouttement
[8] réservoir de stockage, réservoir de mesure et plan de travail en matière plastique renforcée de fibres de verre

Caractéristiques techniques

Pompe
- puissance absorbée: 250W
- débit de refoulement max.: 150L/min
- hauteur de refoulement max.: 7,6m

Réservoir de stockage, contenu: 180L
Réservoir de mesure
- pour grands débits volumétriques: 40L
- pour petits débits volumétriques: 10L

Canal
- Lxlxh: 530x150x180mm

Bécher de mesure gradué pour les très petits débits volumétriques
- contenu: 2L

Chronographe
- plage de mesure: 0...9h 59min 59sec

Dimensions et poids

Lxlxh: 1230x770x1070mm
Poids: env. 82kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

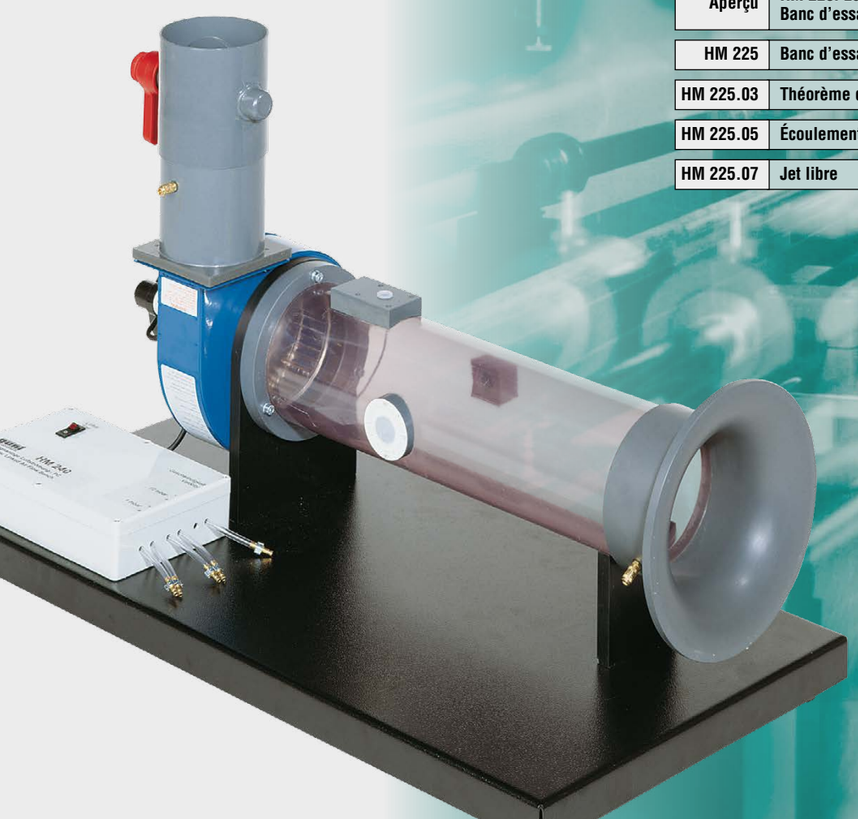
1 module de base
1 chronographe
1 bécher de mesure
1 flexible
1 notice

Références de commande

070.15000	HM 150	Module de base pour essais de mécanique des fluides

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

2 ÉCOULEMENT STATIONNAIRE



PRINCIPES DE BASE DE L'ÉCOULEMENT STATIONNAIRE

Aperçu	Écoulement stationnaire des fluides incompressibles	90
Aperçu	HM 240: Principes de base de l'écoulement d'air	92
HM 240	Principes de base de l'écoulement d'air	94
HM 240.03	Sonde de pression totale électronique	96
HM 240.04	Distribution de la pression autour d'un cylindre	98
HM 240.05	Pertes par frottement dans des éléments de tuyauterie	100
HM 240.06	Transfert de chaleur convectif autour d'un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement	102
HM 241	Principes de base de l'écoulement d'eau	104
Aperçu	HM 220: Installation d'essai d'écoulement d'air	106
HM 220	Installation d'essai d'écoulement d'air	108
HM 220.01	Tube de Venturi	110
HM 220.02	Mesures de la couche limite	112
Aperçu	HM 225: Banc d'essai aérodynamique	114
Aperçu	HM 225: Écoulement stationnaire: Banc d'essai aérodynamique	116
HM 225	Banc d'essai aérodynamique	118
HM 225.03	Théorème de Bernoulli	120
HM 225.05	Écoulement dans un raccord coudé	122
HM 225.07	Jet libre	124

ÉCOULEMENT STATIONNAIRE DES FLUIDES COMPRESSIBLES

Aperçu	Connaissances de base: Écoulement stationnaire des fluides compressibles	126
Aperçu	Aperçu des appareils	130
Aperçu	HM 230: Écoulement des fluides compressibles	132
HM 230	Écoulement des fluides compressibles	134
Aperçu	HM 172: Soufflerie supersonique avec visualisation de l'écoulement	136
HM 172	Soufflerie supersonique avec optique de Schlieren	140
HM 260	Grandeurs caractéristiques de buses	142
HM 261	Distribution de la pression dans des buses	144

ÉCOULEMENT DANS DES SYSTÈMES DE TUYAUTERIE

Aperçu	Connaissances de base: Écoulement dans des conduites et robinetteries	146
HM 120	Pertes dans des éléments de tuyauterie	150
HM 112	Banc d'essai de mécanique des fluides	152
HM 110.01	Jeu d'objets de mesure, laiton	154
HM 122	Pertes de charge dans des conduites	156
HM 111	Réseaux de tuyauterie	158
Aperçu	HM 124: Écoulement tubulaire dans une installation d'essai complexe	160
HL 102	Génie des installations: Pertes dans des tuyaux différents	162
HL 103	Génie des installations: Pertes dans des coudes de tuyau	164
HL 113	Génie des installations: Pertes dans des robinetteries	166
HL 210	Génie des installations: Pertes dans le système de tuyauterie	168
HL 111	Génie des installations: Pertes dans des tuyaux droits	170

ÉCOULEMENT DANS DES SOUPAPES

RT 390	Banc d'essai pour vannes de régulation	172
RT 396	Banc d'essai pour pompes et robinetteries	174

MÉTHODES DE MESURE DU DÉBIT

Aperçu	HM 500 + accessoires: Méthodes de mesure du débit	176
HM 500	Banc d'essai pour débitmètres	178

CAVITATION

Aperçu	Connaissances de base: Cavitation dans des pompes	180
HM 380	Cavitation dans des pompes	182
ST 250	Cavitation	184

Consultez notre page d'accueil www.gunt.de

ÉCOULEMENT STATIONNAIRE DES FLUIDES INCOMPRESSIBLES

Fluide

L'objet de la mécanique des fluides est l'étude des forces et mouvements des liquides et des gaz. Ces deux états de la matière sont des continuums dont les éléments peuvent se déplacer légèrement les uns contre les autres. Ils sont tous deux regroupés sous la dénomination de fluides.

Écoulement incompressible

Les liquides sont incompressibles. Dans le cadre des applications techniques de mécanique des fluides, on considère les gaz comme étant également **incompressibles**, tant que la vitesse d'écoulement est inférieure à Mach 0,3. Avec une température de l'air à 20°C, cette valeur limite correspond à une vitesse de 100 m/s environ et la modification de la densité d'environ 4 %. En mécanique des fluides, les principes de base des écoulements de liquides et des écoulements de gaz peuvent donc dans une large mesure faire l'objet d'un enseignement commun.

Écoulement stationnaire et non stationnaire

Écoulement stationnaire: la vitesse d'une particule de fluide change en fonction de sa position et non du temps: $v = f(s)$.

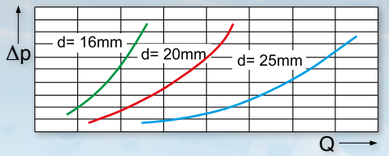
Écoulement non stationnaire: la vitesse d'une particule de fluide change en fonction du temps et de sa position: $v = f(s,t)$

Des écoulements non stationnaires se forment lors de processus de vidange, de processus de démarrage et de mise à l'arrêt des turbomachines ou en cas de vibrations de liquide et de phénomènes du coup de bélier.

CONTENUS DIDACTIQUES

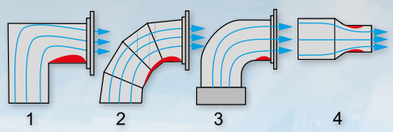
ÉCOULEMENT DANS DES SYSTÈMES DE TUYAUTERIE

Profil de vitesse avec un écoulement entièrement formé
- laminaire (à gauche)
- turbulent (à droite)



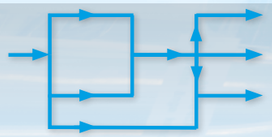
Δp *pression différentielle*
Q *débit volumétrique*

Pertes de charge dans des tuyaux droits

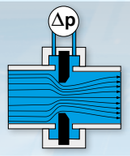


1 *angle de tuyau*
2 *coude à segments*
3 *coude de tuyau*
4 *rétrécissement*

Pertes de charge dans des raccords de tuyauterie
- élargissement, rétrécissement, changement de direction
- coudes de tuyau
- coude à segments, angle de tuyau



Pertes dans des systèmes de tuyauterie à une ou plusieurs branches

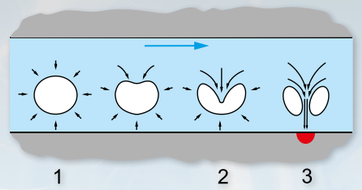


Δp *pression différentielle*

Techniques de mesure du débit: présentation des procédures techniques de mesure usuelles

CONTENUS DIDACTIQUES

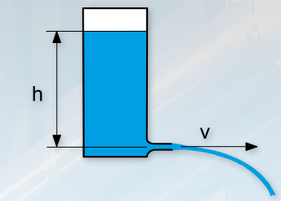
CAVITATION



1 *la bulle de vapeur se forme,*
2 *la bulle de vapeur s'affaisse,*
3 *le jet d'eau touche la surface et entraîne la destruction des matériaux*

Phénomènes de cavitation dans les systèmes techniques de tuyauterie: formation et conséquences

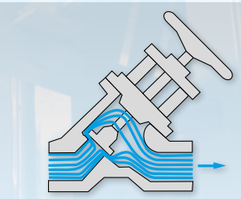
PROCESSUS DE VIDANGE



h *hauteur de chute*
v *vitesse*

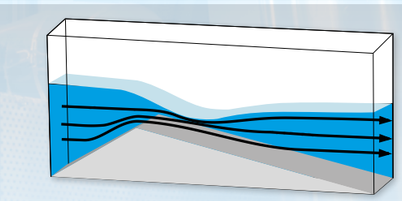
Vidange de réservoirs
- influence de la section et de la forme de la vidange sur la section de jet
- vidange verticale, vidange horizontale

ÉCOULEMENT DANS DES SOUPAPES



Importance particulière accordée aux questions techniques
- types
- caractéristiques de vannes
- K_{vs} valeurs

ÉCOULEMENT DANS DES CANAUX OUVERTS



- écoulement sous-critique et écoulement supercritique
- ouvrages de contrôle
- mesure de débit

Cette thématique est traitée de manière détaillée dans le catalogue 4b

Les contenus didactiques de la section **Écoulement stationnaire des fluides incompressibles** sont identiques à ceux que l'on trouve dans les ouvrages spécialisés presque partout dans le monde. On peut donc parler de contenus didactiques standards. Bien entendu, il est possible que des sous-sections soient traitées de manière légèrement différente. Ainsi, on peut se demander par exemple si l'on souhaite ici traiter des **techniques de mesure du débit.**

GUNT offre un programme vous permettant de visualiser les contenus didactiques au travers d'essais en laboratoire.

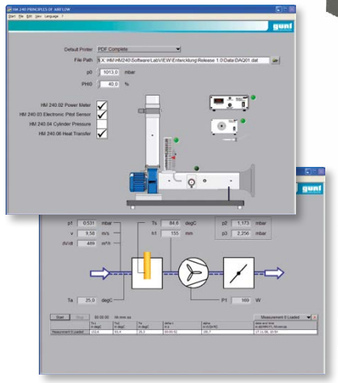
HM 240 PRINCIPES DE BASE DE L'ÉCOULEMENT D'AIR

Avec l'appareil de base HM 240, il est possible d'effectuer des études sur un ventilateur radial. En combinaison avec les accessoires, il est possible de réaliser un grand nombre essais concernant le sujet du débit d'air.

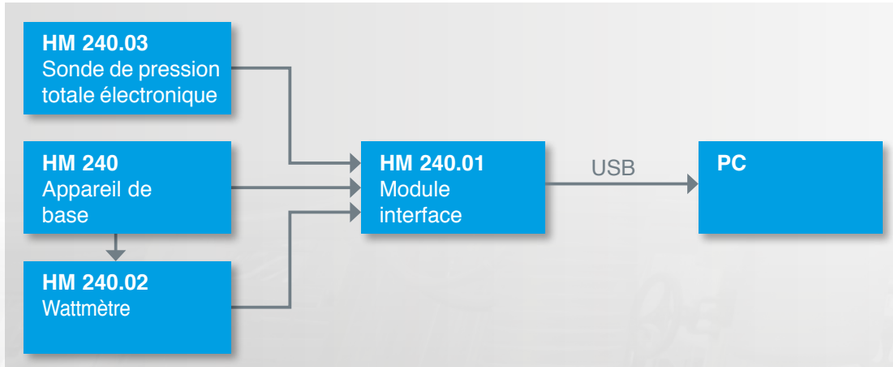
Sur un trajet d'essai horizontal, le ventilateur radial produit une vitesse d'écoulement d'environ 9 m/s. La tuyère d'entrée garantit un écoulement pauvre en turbulences et ainsi une répartition homogène de la vitesse. Grâce à un clapet installé dans la bouche de ventilation, le ventilateur peut être étranglé afin d'enregistrer des courbes caractéristiques. L'appareil est équipé de capteurs destinés à enregistrer la température et la pression. Le débit est déterminé au moyen d'une tuyère d'entrée et de la mesure de la pression.

L'utilisation de l'appareil de base HM 240 requiert le module d'interface HM 240.01.

- **système modulaire destiné à réaliser des essais avec des débits d'air**
- **un grand nombre d'essais de la courbe caractéristique du ventilateur à la transmission de chaleur**
- **acquisition de données et visualisation**



Le logiciel GUNT montre les valeurs mesurées sur PC d'une manière claire et permet de procéder à une évaluation aisée. Différentes fonctions permettent de procéder à un enregistrement graphique des valeurs mesurées et à la sauvegarde des résultats.

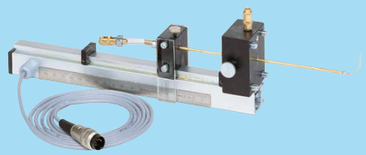


Le concept de l'acquisition de données HM 240 se voit sur l'exemple «répartition de la vitesse dans le tuyau d'aspiration»

L'APPAREIL DE BASE ET LES ACCESSOIRES PERMETTENT DE REALISER UN GRAND NOMBRE D'ESSAIS EN TERMES D'APPRENTISSAGE EN MÉCANIQUE DES FLUIDES ET DE THERMODYNAMIQUE

HM 240.01 Module interface
- numérisation des données de mesure
- raccordement au PC via USB

HM 240.02 Wattmètre
- mesure de la puissance électrique de la soufflante
- alimentation des signaux de sortie dans le module interface HM 240.01
- détermination du rendement de la soufflante



HM 240.03 Sonde de pression totale électronique
- tube de Pitot mobile
- enregistrement électronique de la position et sauvegarde dans le module interface de HM 240.01
- transducteur de pression dans l'appareil de base
- analyse de champs d'écoulement et enregistrement de profils d'écoulement

HM 240.04 Distribution de la pression sur le cylindre

Le cylindre pivotant autour de son axe et équipé d'un orifice de mesure de la pression est placé à la perpendiculaire de la direction d'écoulement. La position d'angle est mesurée et sauvegardée dans le module interface HM 240.01. Le transducteur de pression se trouve dans l'appareil de base. La rotation du cylindre permet de mesurer la distribution complète de la pression sur le cylindre contourné par l'écoulement.

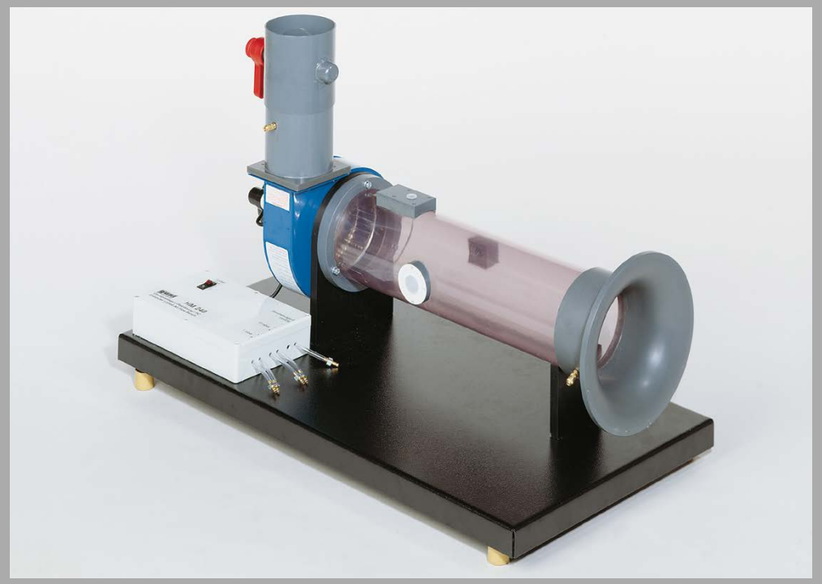
HM 240.05 Pertes par frottement dans des éléments de tuyauterie

Il se compose d'une section de tuyau lisse avec rallonge, de deux entrées différentes et de deux changements de direction de 90° distincts. Tous ces éléments sont pourvus de raccords de mesure de la pression permettant de mesurer les pressions le long de la section de tuyau. À partir des résultats on peut ensuite déduire les pertes par frottement des différents composants.

HM 240.06 Transfert de chaleur convectif sur un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement

L'accessoire est composé d'une éprouvette cylindrique en cuivre et d'un poêle électrique pour l'éprouvette. L'éprouvette est équipée d'un point de mesure de la température. Elle est chauffée avant l'essai jusqu'à une température définie avant d'être positionnée dans la section d'écoulement. Le processus de refroidissement se fait par convection forcée dans l'écoulement d'air. La vitesse de refroidissement permet de déduire le transfert de chaleur convectif sur l'éprouvette. Le signal de température est sauvegardé dans le module interface HM 240.01.

HM 240 Principes de base de l'écoulement d'air



*** Nombreux accessoires pour essais de base avec un écoulement d'air**

*** Enregistrement de la caractéristique de la soufflante**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition de données**

Description

HM 240 fait partie d'une série permettant de réaliser des essais de base sur l'écoulement d'air. Le logiciel pour l'acquisition des données et la visualisation rend les essais particulièrement parlants et assure une réalisation rapide des essais et des résultats fiables.

L'appareil d'essai comprend une soufflante radiale permettant de générer des vitesses d'écoulement pouvant atteindre 9m/s. Un contour d'entrée du côté d'aspiration protège l'écoulement des turbulences et assure ainsi une distribution homogène de la vitesse sur la section de mesure. Une vanne papillon au bout du tuyau de refoulement permet d'ajuster l'écoulement d'air pour l'enregistrement de la caractéristique de la soufflante. Le rendement de la soufflante est déterminé en association avec le wattmètre HM 240.02.

Il est possible de fixer d'autres accessoires dans le tuyau d'aspiration pour la réalisation d'essais supplémentaires: Sonde de pression totale électronique HM 240.03, Distribution de la pression sur le cylindre HM 240.04 et Transfert de chaleur convectif sur un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement HM 240.06. Pour étudier les pertes par frottement, on remplace le tuyau d'aspiration par des éléments de tuyauterie de HM 240.05 (tuyaux droits, coude de tuyau et angle de tuyau).

Les points de mesure se trouvant le long de la section de mesure permettent de réaliser des mesures de la température, de la pression et de la vitesse. Le débit est déterminé à l'aide d'un contour d'entrée et d'une mesure de la pression. Les valeurs de mesure sont transmises vers un PC afin d'y être évaluées à l'aide d'un logiciel fourni. La transmission des données au PC se fait par une interface USB. Le module de jonction interface HM 240.01 pour interprétation des données est nécessaire pour le fonctionnement.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

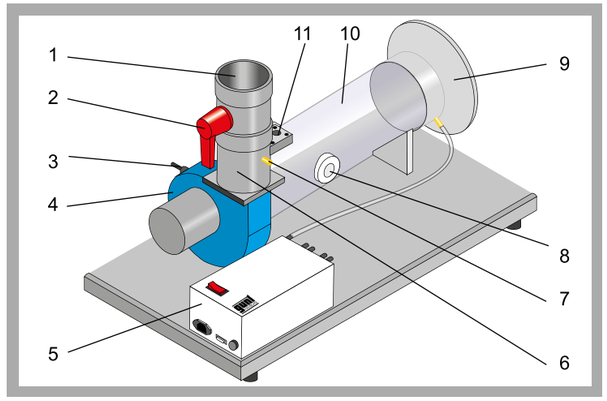
- enregistrement de la caractéristique de la soufflante

avec le wattmètre HM 240.02
- détermination du rendement de la soufflante

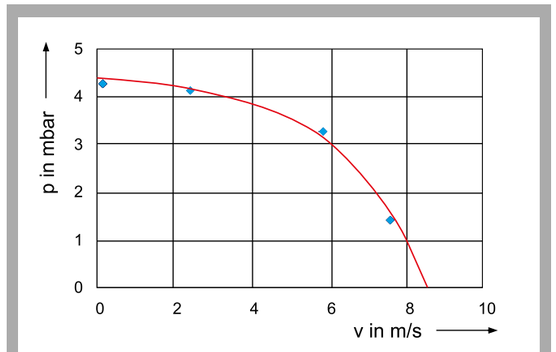
avec les accessoires adéquats
- distribution de la vitesse dans le tuyau
- distribution de la vitesse après un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement
- distribution de la pression autour d'un cylindre placé à la perpendiculaire de l'écoulement
- pertes par frottement dans les tuyaux, le coude de tuyau et l'angle de tuyau
- enregistrement de la courbe de refroidissement d'un cylindre en cuivre soumis à un écoulement
- détermination du coefficient de transfert de chaleur à partir de la courbe de refroidissement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

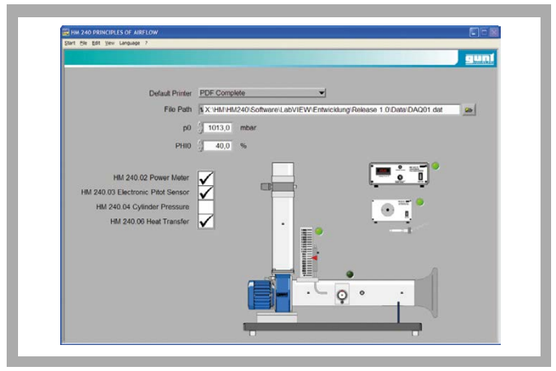
HM 240 Principes de base de l'écoulement d'air



1 sortie d'air, 2 vanne papillon pour l'ajustage de l'écoulement d'air, 3 point de mesure de la température, 4 soufflante, 5 coffret de distribution, 6 tuyau de refoulement, 7 point de mesure de la pression, 8 raccord pour accessoires HM 240.04 et HM 240.06, 9 entrée d'air, 10 tuyau d'aspiration, 11 raccord pour tube de Pitot HM 240.03



Représentation d'une caractéristique de soufflante
en bleu: valeurs mesurées, en rouge: caractéristique de la soufflante;
p pression, v vitesse



Capture d'écran du logiciel avec les accessoires HM 240.03 Sonde de pression totale électronique et HM 240.04 Distribution de la pression sur le cylindre

Spécification

[1] étude des principes de base de l'écoulement d'air
[2] tuyau d'aspiration transparent avec possibilités de montage d'accessoires supplémentaires
[3] contour d'entrée limitant les turbulences du côté d'aspiration
[4] vanne papillon installée sur le tuyau de refoulement pour l'ajustage de l'écoulement d'air
[5] mesure électronique de la température et de la pression
[6] détermination de la vitesse à l'aide de la pression dynamique
[7] détermination du débit volumétrique au moyen de la pression différentielle
[8] interprétation des données avec le module de jonction interface HM 240.01
[9] logiciel GUNT pour l'acquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Soufflante radiale
- puissance absorbée max.: 90W
- vitesse: 2800min^{-1}
- débit de refoulement max.: 460m³/h
- pression différentielle max.: 480Pa

Tuyau de refoulement
- diamètre extérieur: 110mm
- diamètre intérieur: 99,4mm

Tuyau d'aspiration
- diamètre extérieur: 140mm
- diamètre intérieur: 134,4mm

Plages de mesure
- pression: 1x 0...1000Pa
- pression: 2x 0...100Pa
- température: -40...150°C

Dimensions et poids

Lxlxh: 850x450x600mm
Poids: env. 22kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50Hz, 1 phase

Liste de livraison

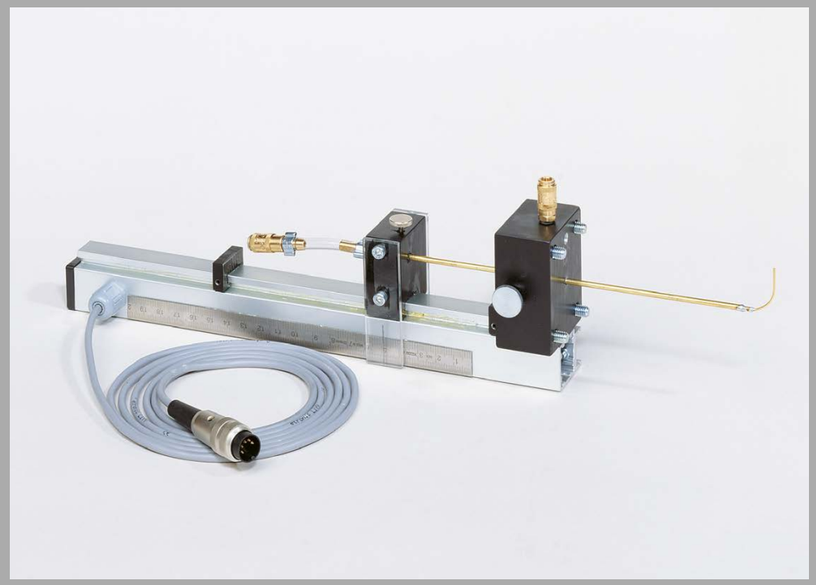
1 appareil d'essai
1 jeu de flexibles
1 CD avec logiciel GUNT
1 documentation didactique

Références de commande

070.24000	HM 240	Principes de base de l'écoulement d'air

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 240.03 *Sonde de pression totale électronique*



*** Mesure électronique de la pression dynamique et de la pression statique**

*** En association avec HM 240.04, enregistrement de la distribution de la pression dans le sillage d'un cylindre**

*** Accessoires pour HM 240**

Description

La sonde de pression totale la plus simple et donc la plus largement répandue est le tube de Pitot. Les sondes de pression totale servent à mesurer de manière précise des pressions différentielles et à déterminer les vitesses d'écoulement de fluides. Elles ont de multiples usages: elles servent par exemple à déterminer la vitesse en vol dans le secteur aéronautique, à mesurer les vitesses du vent en météorologie ou à définir la vitesse d'écoulement dans des conduites.

Associé à HM 240, l'accessoire HM 240.03 permet d'effectuer des mesures électroniques de la pression dynamique et de la pression statique. Le tube de Pitot déplaçable verticalement se fixe sur le tuyau d'aspiration de HM 240. Les pressions totales à différentes positions du tuyau d'aspiration sont alors enregistrées. La position du tube de Pitot est enregistrée électroniquement. Un point de mesure supplémentaire enregistre la pression statique. Les deux points de mesure sont raccordés au HM 240. Les valeurs de mesure sont évaluées à l'aide du logiciel de HM 240.

En plus, il est possible d'enregistrer avec l'accessoire HM 240.04 (Distribution de la pression sur le cylindre) la distribution de la pression près d'un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement.

HM 240,03 fait partie d'une série permettant de réaliser des essais de base sur l'écoulement d'air incompressible. Le logiciel pour l'acquisition des données et la visualisation rend les essais particulièrement parlants et assure une réalisation rapide des essais et des résultats fiables.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

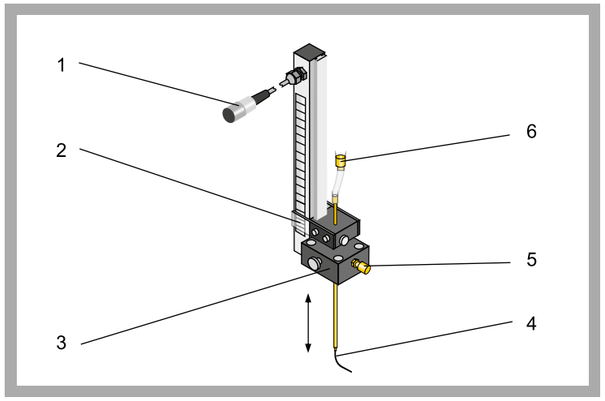
Contenu didactique / Essais

en association avec HM 240
- mesures de la pression totale et de la pression statique dans le tuyau d'aspiration de HM 240
- enregistrement de la distribution de la pression au passage de la section

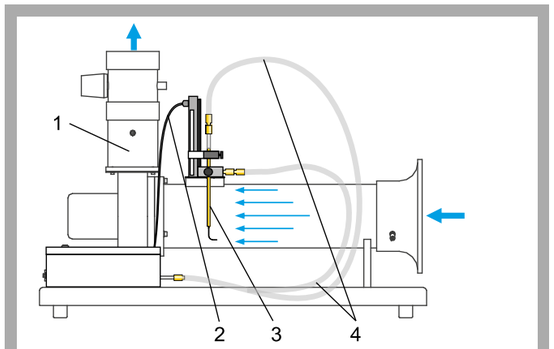
en association avec HM 240.04
- mesures de la pression totale dans le sillage d'un cylindre
- détermination du coefficient de traînée à partir de la distribution de la pression dans le sillage du cylindre
- mise en évidence de la dépression dans le sillage

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

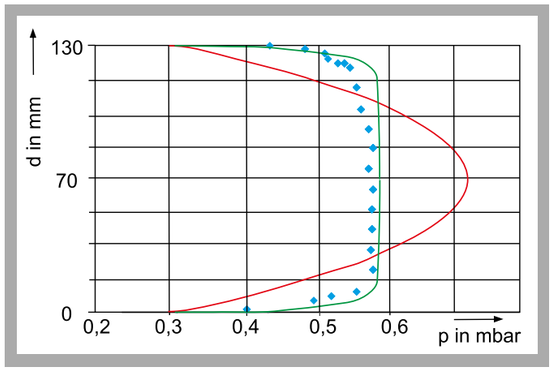
HM 240.03 *Sonde de pression totale électronique*



1 raccordement au HM 240, 2 ajustage vertical, 3 support, 4 tube de Pitot, 5 point de mesure de la pression statique, 6 raccordement du point de mesure de la pression au HM 240



Représentation du montage expérimental avec HM 240
1 HM 240, 2 raccordement électronique au HM 240, 3 HM 240.03,
4 raccordements des points de mesure de la pression au HM 240



Profil de vitesse dans le tuyau d'aspiration
en bleu: valeurs mesurées, en vert: écoulement turbulent, en
rouge: écoulement laminaire; p presssion, d diamètre intérieur du tuyau

Spécification

[1] sonde de pression totale électronique pour la mesure de la pression dynamique et de la pression statique
[2] accessoires pour HM 240
[3] ajustage vertical du tube de Pitot
[4] enregistrement électronique de la position
[5] en association avec HM 240.04 Mesure de la pression totale dans le sillage d'un cylindre
[6] affichage et évaluation des valeurs de mesure à l'aide du logiciel de HM 240

Caractéristiques techniques

Tube de Pitot
- diamètre extérieur: 0,71mm
- diamètre intérieur: 0,41mm
- ajustage vertical: 0...130mm

Dimensions et poids

Lxlxh (rentré): 120x75x350mm
Poids: env. 1kg

Liste de livraison

1 support
1 tube de Pitot
1 documentation didactique

Références de commande

070.24003	HM 240.03	Sonde de pression totale électronique

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 240.04 *Distribution de la pression autour d'un cylindre*

*** Distribution de la pression sur un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement**

*** En association avec HM 240.03, enregistrement de la distribution de la pression dans le sillage du cylindre**

*** Démonstration du décollement de l'écoulement et de la dépression dans le sillage**

*** Accessoires pour HM 240**

Description

Pour observer la distribution de la pression autour des corps traversés par un écoulement, on réalise des essais de base avec des modèles simples tels que des demi-coques sphériques, corps profilés ou cylindres. L'application d'un écoulement incident sur des modèles contondants peut entraîner un décollement de l'écoulement.

Associé au HM 240, l'accessoire HM 240.04 permet d'enregistrer la distribution de la pression autour d'un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement. Le cylindre est fixé au tuyau d'aspiration de HM 240. Le cylindre est pourvu d'un orifice radial servant à la mesure de pression et il pivote autour de son axe. Cela permet de mesurer la pression sur le cylindre en fonction de l'angle ajusté. L'angle ajusté est enregistré électroniquement. Les valeurs de mesure sont évaluées à l'aide du logiciel de HM 240.

En outre, la sonde de pression totale (HM 240.03) qui peut être positionnée à la perpendiculaire de la direction d'écoulement permet d'enregistrer le profil de vitesse au-delà du cylindre et de mesurer ainsi le sillage.

Le HM 240,04 fait partie d'une série permettant de réaliser des essais de base sur l'écoulement d'air incompressible. Le logiciel pour l'acquisition des données et la visualisation rend les essais particulièrement parlants et assure une réalisation rapide des essais et des résultats fiables.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

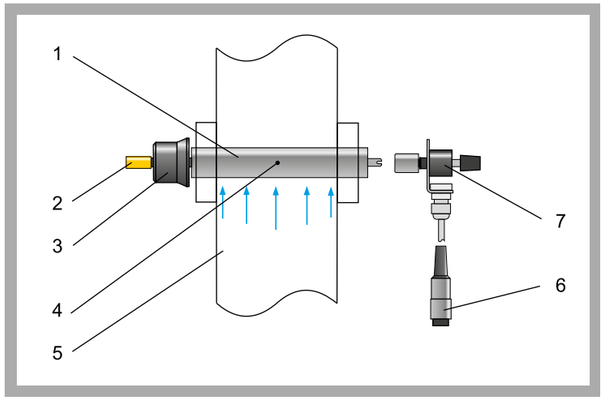
Contenu didactique / Essais

en association avec HM 240
- mesures de la distribution de la pression autour d'un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement

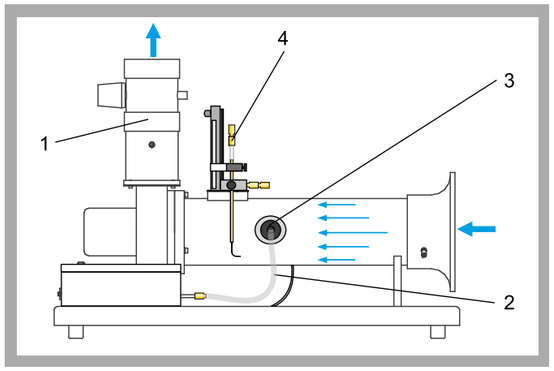
en association avec la sonde de pression totale HM 240.03
- mesures de la pression totale dans le sillage d'un cylindre
- détermination du coefficient de traînée à partir de la distribution de la pression dans le sillage du cylindre
- démonstration de la dépression dans le sillage

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

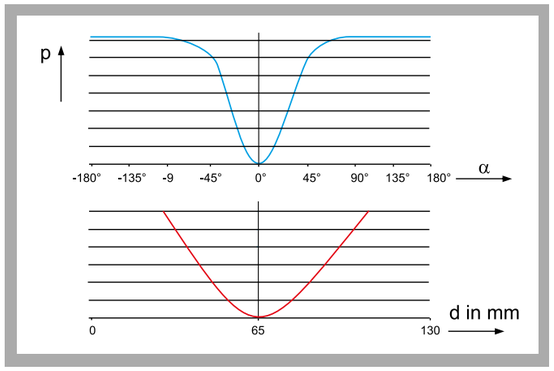
HM 240.04 *Distribution de la pression autour d'un cylindre*



1 cylindre tournant, 2 point de mesure de la pression, 3 ajustage de l'angle avec échelle graduée, 4 point de mesure de la pression, 5 HM 240, 6 raccordement au HM 240, 7 potentiomètre



Construction d'essai avec HM 240 et HM 240.03
1 HM 240, 2 raccordement au HM 240, 3 HM 240.04, 4 sonde de pression totale HM 240.03



en bleu: distribution de la pression autour du cylindre soumis à l'écoulement,
en rouge: dépression dans le sillage derrière le cylindre soumis à l'écoulement,
enregistrée à l'aide de la sonde de pression totale HM 240.03; p pression,
α ajustage de l'angle, d diamètre du tuyau

Spécification

[1] distribution de la pression autour d'un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement
[2] accessoires pour HM 240
[3] cylindre avec orifice radial servant à la mesure de pression
[4] cylindre rotatif pour la mesure de la pression avec l'angle souhaité
[5] échelle graduée pour l'ajustage de l'angle
[6] enregistrement électronique de l'angle
[7] en association avec la sonde de pression totale HM 240.03 Mesure de la pression totale dans le sillage d'un cylindre
[8] affichage et évaluation des valeurs de mesure à l'aide du logiciel de HM 240

Caractéristiques techniques

Cylindre
- diamètre extérieur: 25mm
- diamètre intérieur: 21mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 280x85x42mm
Poids: env. 1kg

Liste de livraison

1 cylindre
1 documentation didactique

Références de commande

070.24004	HM 240.04	Distribution de la pression autour d'un cylindre

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 240.05 *Pertes par frottement dans des éléments de tuyauterie*

*** Pertes par frottement dans différents éléments de tuyauterie**

*** Accessoires pour HM 240**

Description

Les pertes par frottement dans un écoulement tubulaire de fluides incompressibles entraînent des pertes de charge dans les conduites. Dans le cadre d'essais de base, on observe les pertes de charge dans des sections de tuyau rectilignes ainsi que les pertes de charge suite à un décollement de l'écoulement dans des éléments de tuyauterie tels que des coudes ou des élargissements.

Associé au HM 240, l'accessoire HM 240.05 permet d'enregistrer les pertes de charge dans différents éléments de tuyauterie. Les éléments de tuyauterie peuvent être combinés entre eux pour former des conduites différentes. La conduite est fixée à la place du tuyau d'aspiration sur la soufflante de HM 240. À l'entrée du tuyau, on monte un élément de tuyauterie interchangeable (élargissement brusque ou entrée d'air libre).

Des points de mesure situés sur les sections de tuyau rectilignes permettent de mesurer les pertes de charge. La vitesse est enregistrée à l'entrée des tuyaux. Les valeurs de mesure sont évaluées à l'aide du logiciel de HM 240.

HM 240.05 fait partie d'une série permettant de réaliser des essais de base sur l'écoulement d'air incompressible. Le logiciel pour l'acquisition des données et la visualisation rend les essais particulièrement parlants et assure une réalisation rapide des essais et des résultats fiables.

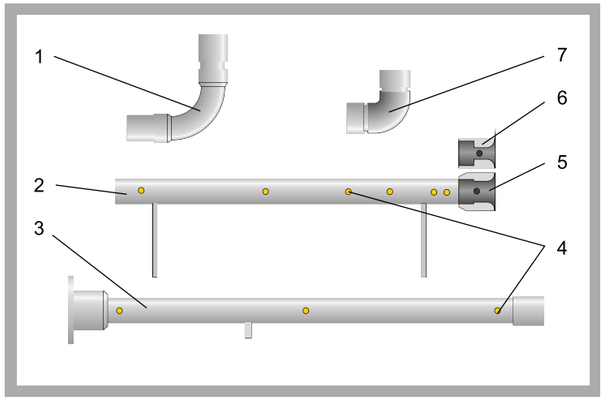
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

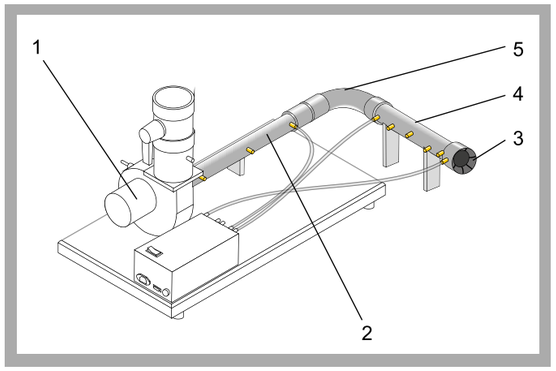
en association avec HM 240
- mesure des pertes de charge dans
  * des sections de tuyau rectilignes
  * un coude de tuyau à 90°
  * un angle de tuyau à 90°
- influence sur l'écoulement de formes d'entrées de tuyau différentes
  * entrée d'air libre
  * élargissement brusque

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

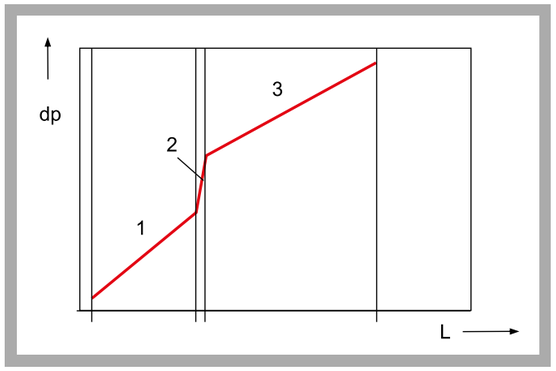
HM 240.05 *Pertes par frottement dans des éléments de tuyauterie*



1 coude de tuyau à 90°, 2 section de tuyau avec entrée de tuyau interchangeable, 3 section de tuyau avec bride, 4 point de mesure, 5 entrée de tuyau: entrée d'air libre, 6 entrée de tuyau: élargissement brusque, 7 angle de tuyau à 90°



Montage expérimental possible:
1 HM 240, 2 section de tuyau avec bride, 3 entrée de tuyau, 4 section de tuyau avec entrée de tuyau interchangeable, 5 coude de tuyau à 90°



Pertes de charge dans la conduite: 1 section de tuyau avec entrée d'air sans interférences, 2 coude de tuyau à 90°, 3 section de tuyau avec bride;
dp pertes de charge, L longueur de tuyau

Spécification

[1] étude des pertes par frottement dans différents éléments de tuyauterie
[2] accessoires pour HM 240
[3] montage de différentes conduites à partir d'éléments de tuyauterie
[4] deux entrées de tuyau interchangeables: élargissement brusque ou entrée d'air libre
[5] points de mesure sur des sections de tuyau rectilignes pour la mesure de pression
[6] points de mesure sur les entrées de tuyau pour la mesure de vitesse
[7] affichage et évaluation des valeurs de mesure à l'aide du logiciel de HM 240

Caractéristiques techniques

Section de tuyau droite avec bride
- longueur: 1235mm
- diamètre intérieur: d=53,6mm

Section de tuyau droite
- longueur: 991mm
- entrées de tuyau
  Entrée d'air libre: rayon=22mm
  Élargissement brusque: d=35...53,6mm

Coude de tuyau à 90°
- diamètre intérieur: d=53,6mm
- rayon: 2xd

Angle de tuyau à 90°
- diamètre intérieur: d=53,6mm

Dimensions et poids

Lxlxh (non monté): 1500x200x400mm
Poids: env. 5kg

Liste de livraison

1 angle de tuyau à 90°
1 coude de tuyau à 90°
1 section de tuyau droite avec bride
1 section de tuyau droite
2 entrées de tuyau interchangeables
1 documentation didactique

Références de commande

070.24005	HM 240.05	Pertes par frottement dans des éléments de tuyauterie

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 240.06 *Transfert de chaleur convectif autour d'un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement*

*** Convection forcée autour d'un cylindre**

*** Courbe de refroidissement et coefficient de transfert de chaleur**

*** Accessoires pour HM 240**

Contenu didactique / Essais

en association avec HM 240
- enregistrement d'une courbe de refroidissement
- détermination du coefficient de transfert de chaleur à partir de la courbe de refroidissement

Description

L'objectif de cet essai de base est de déterminer, à partir de la courbe de refroidissement, le coefficient de transfert de chaleur, qui est un nombre caractéristique bien spécifique. Les courbes de refroidissement décrivent l'équilibrage de la température entre un corps et son environnement en fonction du temps.

Associé au HM 240, l'accessoire HM 240.06 permet d'enregistrer la courbe de refroidissement d'un cylindre dans un écoulement d'air. L'accessoire dispose d'un four et d'un cylindre en cuivre. Le cylindre en cuivre massif est chauffé au four jusqu'à une température de 120°C environ. Le cylindre ainsi chauffé est ensuite introduit dans le tuyau d'aspiration du HM 240 où il est refroidi par un écoulement d'air.

Un capteur de température est fixé à l'intérieur du cylindre. La vitesse de refroidissement permet de déduire le transfert de chaleur convectif sur le cylindre.

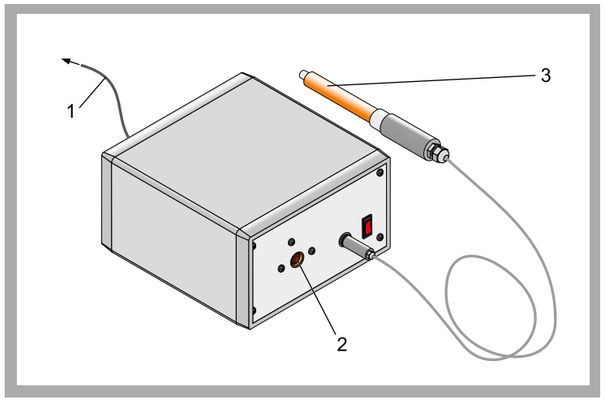
L'essai peut être réalisé avec différents débits. Les valeurs de mesure sont évaluées à l'aide du logiciel de HM 240.

HM 240.06 fait partie d'une série permettant de réaliser des essais de base sur l'écoulement d'air incompressible. Le logiciel pour l'acquisition des données et la visualisation rend les essais particulièrement parlants et assure une réalisation rapide des essais et des résultats fiables.

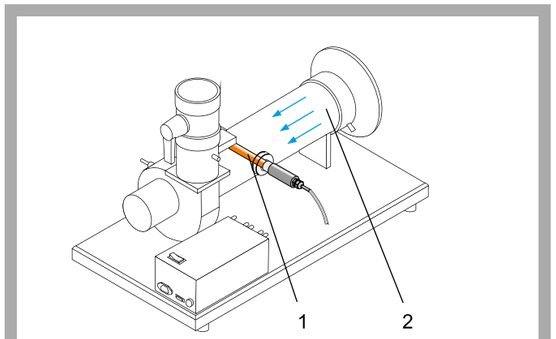
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

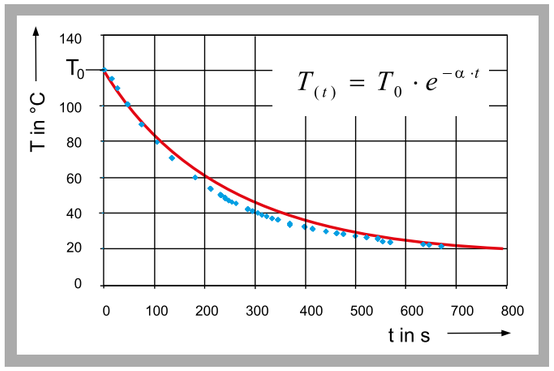
HM 240.06 *Transfert de chaleur convectif autour d'un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement*



1 raccordement au module interface HM 240.01, 2 ouverture du four, 3 cylindre en cuivre



Montage expérimental avec HM 240
1 cylindre chauffé de HM 240.06, 2 HM 240



Courbe de refroidissement du cylindre: en bleu: valeurs mesurées, en rouge: courbe de refroidissement théorique; T température, t temps, α coefficient de transfert de chaleur, T_0 température à l'instant t=0

Spécification

[1] transfert de chaleur convectif d'un cylindre placé dans un tuyau traversé par un écoulement d'air
[2] accessoires pour HM 240
[3] cylindre en cuivre avec capteur de température intégré
[4] cylindre chauffé au four jusqu'à une température de 120° environ
[5] le four maintient la température constante
[6] affichage et évaluation des valeurs de mesure à l'aide du logiciel de HM 240

Caractéristiques techniques

Four
- puissance de chauffe: 100W

Cylindre
- matériau: cuivre
- longueur: 120mm
- diamètre extérieur: 20mm

Plage de mesure
- température: 0...150°C

Dimensions et poids

Lxlxh (four): 360x260x160mm
Poids: env. 5kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50Hz, 1 phase

Liste de livraison

1 four
1 cylindre
1 documentation didactique

Références de commande

070.24006	HM 240.06	Transfert de chaleur convectif autour d'un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 241 Principes de base de l'écoulement d'eau

L'illustration montre HM 241 avec la jauge de niveau HM 241.01 et le wattmètre HM 240.02.

*** Écoulement d'eau dans des canaux ouverts**

*** Expériences sur l'écoulement tubulaire**

*** Circuit d'eau fermé**

Description

En mécanique des fluides incompressibles, on fait la distinction entre l'écoulement tubulaire et l'écoulement dans des canaux ouverts. Avec une pression et une vitesse d'écoulement suffisantes dans un tuyau entièrement rempli, on observe l'écoulement tubulaire sur un plan unidimensionnel pour des raisons de simplification. Cette condition préalable permet de représenter et calculer plus facilement les phénomènes physiques. Par contre, l'écoulement dans des canaux ouverts est toujours multidimensionel.

L'appareil d'essai compact HM 241 permet de réaliser un grand nombre d'essais sur les principes de base de l'écoulement incompressible dans des canaux ouverts et conduites.

Une pompe refoule l'eau depuis le réservoir de stockage jusqu'au canal ouvert ou à la conduite en passant par la conduite d'alimentation. Les processus d'écoulement sont bien visibles, étant donné que tous les éléments traversés sont en plastique transparent.

Dans la section de tuyau, l'eau coule à travers un diaphragme, un tube de Venturi, un rétrécissement, un élargissement ainsi qu'au travers de coudes, de tuyau et d'angles de tuyau de différents diamètres. Le canal ouvert dispose d'un déversoir à seuil épais et d'un déversoir à paroi mince. Les deux zones de travail sont soit bloquées soit ouvertes au moyen d'une soupape.

Un capteur de pression situé sur l'appareil permet de mesurer la pression différentielle; il peut être relié aux points de mesure de la conduite au moyen d'un flexible. Un débitmètre situé dans l'unité d'alimentation permet de déterminer le débit. Les valeurs de mesure sont transmises vers un PC afin d'y être enregistrées à l'aide du logiciel GUNT fourni, et de permettre l'affichage des résultats des essais. La transmission des données au PC se fait par une interface USB.

Pour mesurer la puissance absorbée de la pompe, on a recours au wattmètre HM 240.02. En outre, l'utilisation de la jauge de niveau électronique HM 241.01 est recommandée pour la détermination du niveau d'eau.

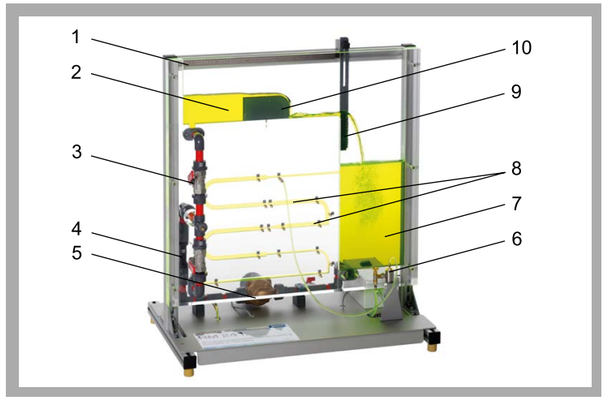
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

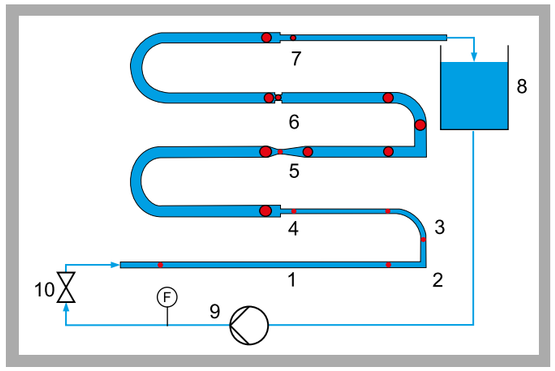
- principes de base de l'écoulement tubulaire et de l'écoulement dans des canaux ouverts
- mesure de la pression différentielle au niveau d'un diaphragme, d'un tube de Venturi, de coudes de tuyau et d'angles de tuyau, d'un rétrécissement et d'un élargissement
- enregistrement d'une caractéristique de pompe
- étude de constructions de déversoirs dans un canal ouvert

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

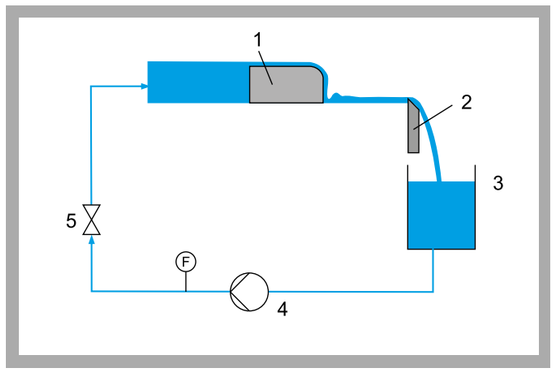
HM 241 Principes de base de l'écoulement d'eau



1 échelle graduée, 2 canal ouvert, 3 soupape d'arrêt, 4 capteur de débit, 5 pompe, 6 capteur de pression, 7 réservoir de stockage, 8 section de tuyau avec points de mesure de la pression, 9 déversoir à paroi mince, 10 déversoir à seuil épais



Pertes de charge dans des conduites: 1 section de tuyau droite, 2 angle de tuyau à 90°, 3 coude de tuyau à 90°, 4 élargissement brusque, 5 tube de Venturi, 6 diaphragme, 7 rétrécissement brusque, 8 réservoir de stockage, 9 pompe, 10 soupape d'arrêt; F débit, en rouge: points de mesure de la pression



Écoulement dans des canaux ouverts: 1 déversoir à seuil épais, 2 déversoir à paroi mince, 3 réservoir de stockage, 4 pompe, 5 soupape d'arrêt; F débit

Spécification

[1] étude des principes de base de différents domaines de l'écoulement incompressible
[2] circuit d'eau fermé avec pompe
[3] section de tuyau et canal ouvert transparents
[4] essais sur les pertes de charge au niveau de coudes de tuyau et angles de tuyau, d'un tube de Venturi et d'un diaphragme
[5] 1 déversoir à seuil épais et 1 déversoir à paroi mince
[6] points de mesure de la pression différentielle juste avant et après les résistances de tuyau
[7] mesure de la puissance absorbée de la pompe avec le wattmètre HM 240.02.
[8] mesure du niveau d'eau avec la jauge de niveau HM 241.01
[9] logiciel GUNT pour l'acquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Pompe, 3 niveaux
- puissance absorbée max.: 90W
- débit de refoulement max.: 83L/min
- hauteur de refoulement max.: 6m

Plages de mesure
- pression différentielle: 0...600mbar
- débit: 3,5...50L/min

Dimensions et poids

Lxlxh: 850x540x1105mm
Poids: env. 50kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
2 déversoirs
1 jeu d'outils
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

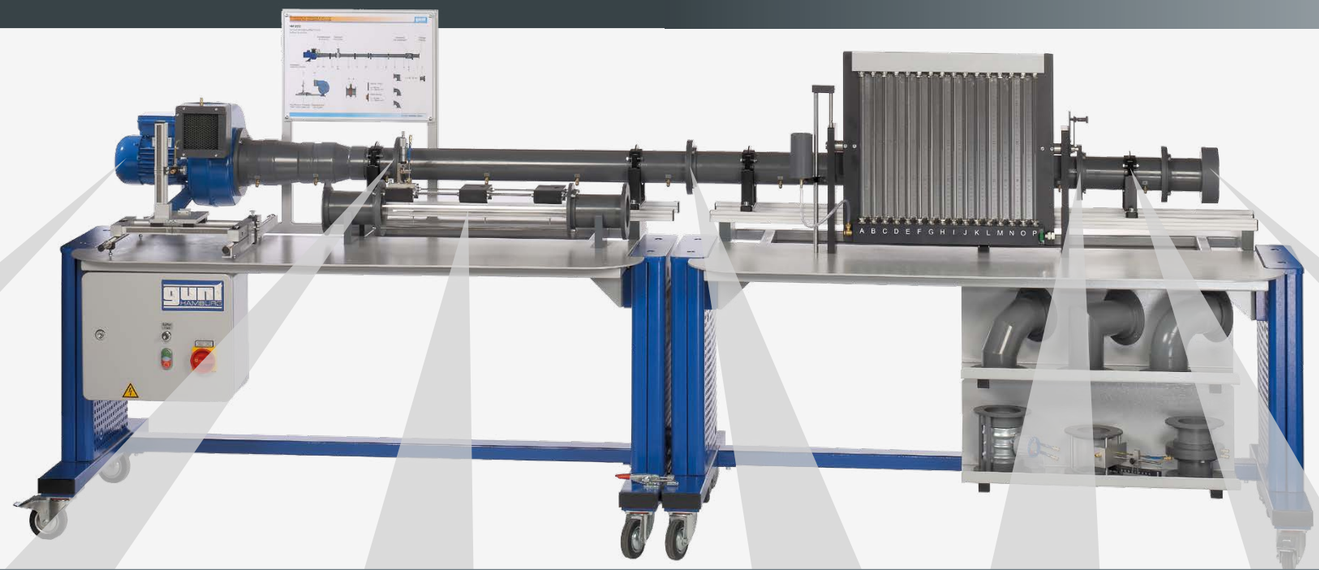
070.24100	HM 241	Principes de base de l'écoulement d'eau

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 220 INSTALLATION D'ESSAI D'ÉCOULEMENT D'AIR

Dans la pratique, pour être capable de dimensionner les turbomachines ou les conduites, il est important de connaître l'évolution de l'écoulement et la distribution de la pression et de la vitesse. L'installation d'essai HM 220 associé à ces nombreux accessoires offre la possibilité de réaliser un grand nombre d'études relatives à la mécanique des fluides.

Les essais très parlants facilitent et approfondissent la compréhension des lois générales des écoulements stationnaires. Ils permettent d'acquérir des connaissances sur la détermination de l'évolution de l'écoulement, de la distribution de la pression et les profils de vitesse.



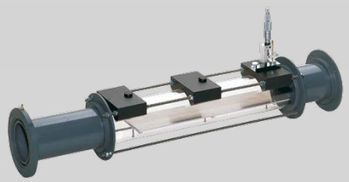
- utilisation de différents éléments de tuyauterie
- ajustage de l'écoulement d'air à l'aide d'un un convertisseur de fréquence
- jusqu'à 20 points de mesure de la pression
- calcul du débit volumétrique et de la vitesse d'écoulement à partir des résultats de mesure
- représentation de la caractéristique de l'installation
- enregistrement des différents profils de vitesse dans le jet libre ainsi que dans la section de conduite
- représentation d'augmentation de la perte de charge sous l'effet du frottement du tuyau avec différents éléments de tuyauterie
- entrée avec de faibles pertes et la longueur de la section de tuyau permettent une formation optimale de l'écoulement d'air

L'INSTALLATION D'ESSAI HM 220 PERMET UNE GRANDE DIVERSITÉ D'ESSAIS GRÂCE À UNE LARGE GAMME D'ACCESSOIRES:

Mesure et étude d'un écoulement d'air à l'aide d'un tube de Pitot

en jet libre

à l'intérieur d'une conduite

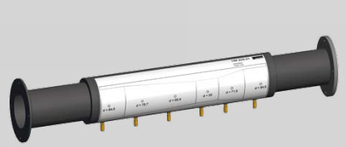


Mesure de la couche limite sur une plaque plane soumise à un écoulement incident longitudinal à l'aide d'un tube de Pitot (accessoire HM 220.02)

Modification du débit volumétrique

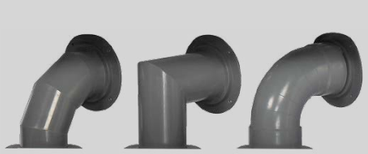
dans un diaphragme ou une buse

dans un diaphragme à iris

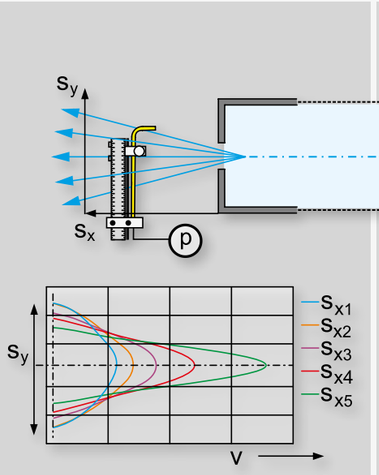


Mesure et étude de l'écoulement d'air

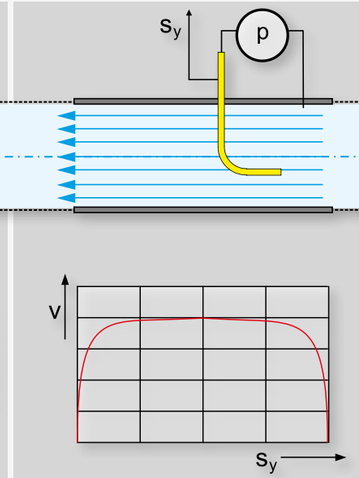
par un tube de Venturi (accessoire HM 220.01)



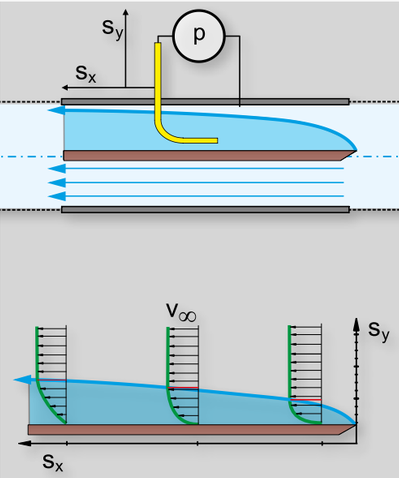
dans différents raccords de tuyauterie



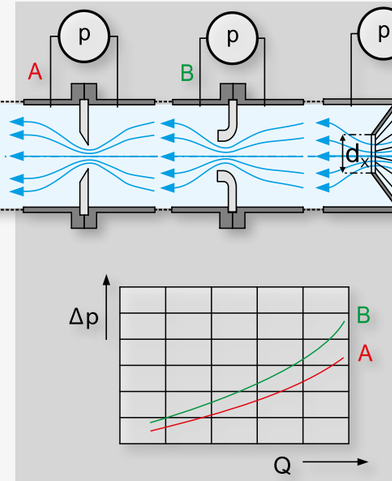
Profil de vitesse ***v*** dans le jet d'air de sortie



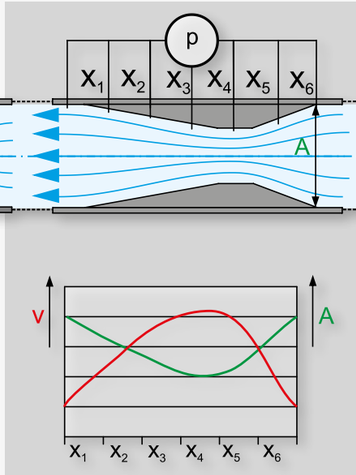
Profil de vitesse ***v*** le long de la section de tuyau s_y



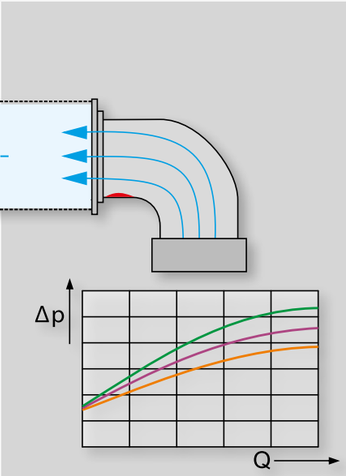
Distribution de la vitesse (en vert) et épaisseur de la couche limite (en bleu)



Comparaison de la modification du débit volumétrique ***Q*** au moyen d'un diaphragme ***A*** ou d'une buse ***B***

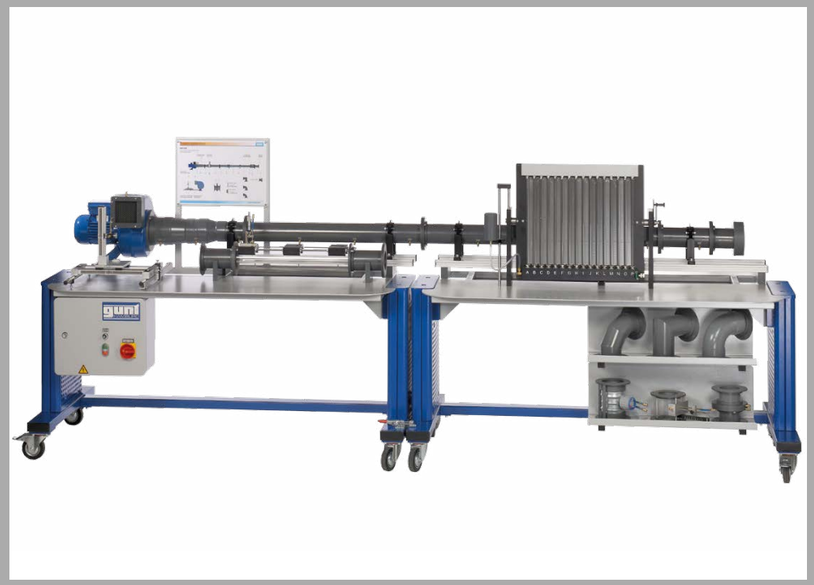


Profil de vitesse (en rouge) le long du rétrécissement de section (en vert)



Études des pertes par frottement du tuyau: coude de tuyau (en vert), coude à segments (en mauve), angle de tuyau (en orange)

HM 220 Installation d'essai d'écoulement d'air



*** La palette très complète d'accessoires permet de réaliser une grande variété d'essais**

*** Étude des évolutions de l'écoulement et de la pression**

*** Représentation de caractéristiques d'installations et de profils de vitesse**

Description

La mécanique des fluides étudie le comportement physique des fluides. Un sous-domaine important de la mécanique des fluides est l'observation de l'écoulement d'air dans le domaine incompressible en vue de déterminer la distribution de la pression et le profil de vitesse d'un écoulement. Dans la pratique, les enseignements tirés de ces études sont requises pour l'élaboration et le dimensionnement des turbomachines.

Le HM 220 et sa gamme très complète d'accessoires permet la réalisation d'une grande diversité d'essais sur l'écoulement incompressible stationnaire. Avec le tube de Pitot externe, on réalise des mesures de jet libre, et avec le tube de Pitot intégré, on étudie l'écoulement d'air à l'intérieur de la section de tuyau. Une entrée avec de faibles pertes et la longueur de la section de tuyau permettent la formation optimale de l'écoulement d'air. L'écoulement d'air est étudié au choix par l'intermédiaire d'une buse ou d'une plaque d'orifice à mettre en place. Un diaphragme à iris permet de faire varier le diamètre de l'écoulement d'air. Les pertes par frottement du tuyau peuvent être étudiées sur différents raccords de tuyauterie. Un total de 20 points de mesure de la pression permet de déterminer les rapports de pression le long de la section de mesure. La distribution de la pression et la vitesse d'écoulement sont déterminées à partir des pressions relevées sur le manomètre à tubes.

En plus des accessoires très complets qui sont fournis, il est possible de commander en option le tube de Venturi HM 220.01 pour une vérification pratique de l'équation de continuité et de la conservation de l'énergie lors d'une modification de section d'un jet d'air.

Un autre accessoire disponible en option, HM 220.02 permet la réalisation de mesures de la couche limite sur une surface plane soumise à un écoulement incident longitudinal. Les résultats des essais permettent de déterminer les distributions de la vitesse à l'intérieur de la couche limite ainsi que la représentation de l'épaisseur de la couche limite.

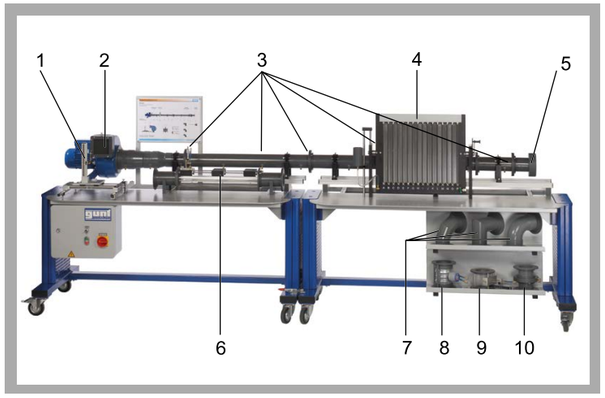
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

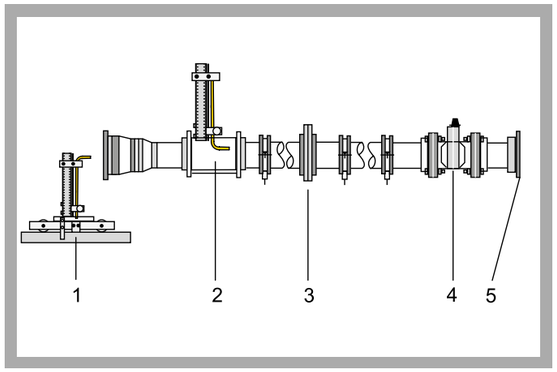
Essais dans le domaine des écoulements incompressibles stationnaires au moyen de différents objets de mesure:
- calcul du débit volumétrique et de la vitesse d'écoulement
- enregistrement des différents profils de vitesse dans le jet libre ainsi que dans la section de tuyau
- représentation de la perte de charge sur la caractéristique de l'installation
- représentation de l'augmentation de la perte de charge avec différents éléments de tuyauterie

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

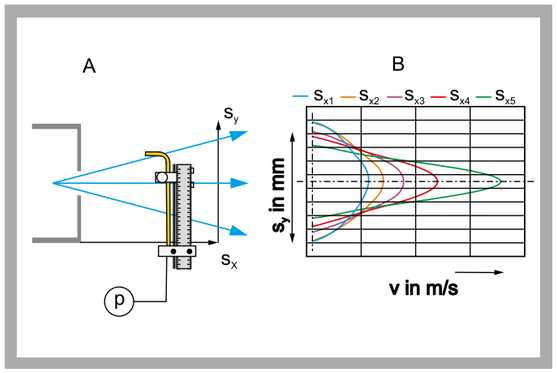
HM 220 Installation d'essai d'écoulement d'air



1 tube de Pitot (mesure de jet libre), 2 soufflante radiale, 3 positions possibles pour objets de mesure (6, 8-10), 4 manomètre à tubes, 5 entrée, 6 accessoire HM 220.02, 7 raccords de tuyauterie, 8 diaphragme à iris, 9 tube de Pitot (intérieur), 10 buse et plaque d'orifice



1 tube de Pitot (mesure de jet libre), 2 tube de Pitot (à l'intérieur de la section de tuyau), 3 buse et plaque d'orifice, 4 diaphragme à iris, 5 raccordement des raccords de tuyauterie



A principe de mesure avec représentation schématique de l'évolution de l'écoulement, B profil de vitesse dans le dans le jet d'air de sortie; v vitesse d'écoulement, s_x distance verticale, s_y distance horizontale du tube de Pitot

Spécification

[1] essais dans le domaine des écoulements stationnaires incompressibles
[2] section de mesure horizontale
[3] soufflante radiale ajustable en continu à l'aide d'un convertisseur de fréquence
[4] tube de Pitot dans le jet libre, déplaçable en trois dimensions
[5] tube de Pitot à l'intérieur de la section de tuyau, déplaçable verticalement
[6] différents objets de mesure: plaque d'orifice, buse, diaphragme à iris, raccords de tuyauterie
[7] manomètre à 16 tubes pour l'affichage des pressions

Caractéristiques techniques

Tube de Pitot dans le jet libre, déplaçable en trois dimensions
- horizontalement: -90…90mm
- verticalement: -85…100mm
- diamètre intérieur: 2mm

Tube de Pitot intérieur, déplaçable
- verticalement: -40…40mm
- diamètre intérieur: 1,1mm

20 points de mesure de la pression
Soufflante radiale
- puissance max. du moteur: 550W
- débit de refoulement max.: 22m³/min
- pression différentielle max.: 0,73kPa

Manomètre à 16 tubes
- résolution: x2, x5 ou x10
- résolution max. 1Pa

Diaphragme à iris, diamètre: 40...75mm
Plaque d'orifice/buse, diamètre: 50mm
3 raccords de tuyauterie

Dimensions et poids

Lxlxh: 3500x790x1350mm
Poids: env. 225kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

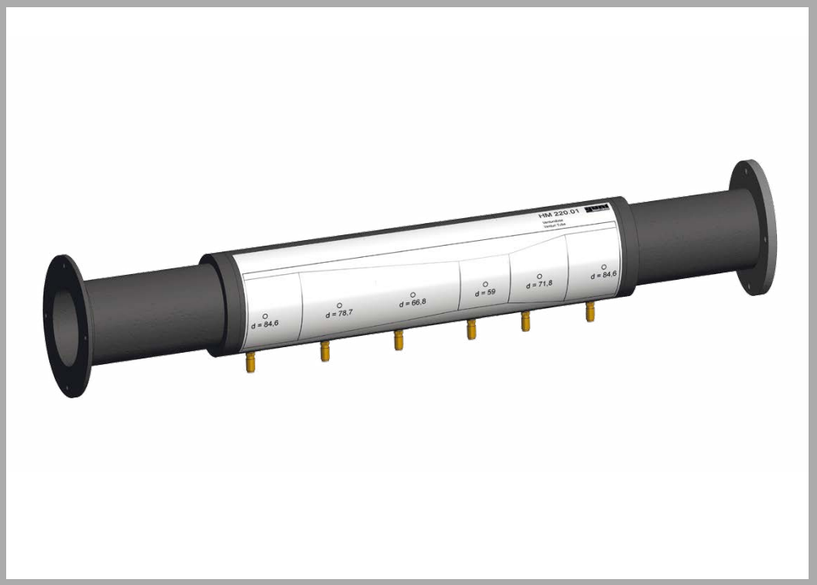
1 installation d'essai
1 jeu d'objets de mesure
1 manomètre à tubes
1 jeu de flexibles
1 jeu d'outils
1 documentation didactique

Références de commande

070.22000	HM 220	Installation d'essai d'écoulement d'air

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 220.01 *Tube de Venturi*



*** Accessoire pour installation d'essai HM 220**

*** Étude de l'équation de continuité et du principe de Bernoulli**

Description

Les principes de base de la mécanique des fluides reposent entre autres sur le principe de Bernoulli et sur l'équation de continuité. Selon l'équation de continuité, la vitesse d'un écoulement sans frottement, incompressible et stationnaire est inversement proportionnelle à la surface de la section. Et d'après le principe de Bernoulli, la somme de la pression statique et de la pression dynamique dans un écoulement stationnaire est constante. Une modification de la surface de la section entraîne donc une modification correspondante de la pression statique. Les lois générales permettent de calculer la pression dynamique et la vitesse d'écoulement d'un fluide incompressible dans un écoulement stationnaire.

L'utilisation du tube de Venturi HM 220.01 dans l'installation d'essai HM 220 permet de vérifier et appliquer la loi de la continuité et l'équation de Bernoulli d'une manière claire, explicite et proche de la pratique. Les essais très parlants facilitent et approfondissent la compréhension des lois générales.

L'accessoire est positionné dans la section de mesure de manière à former un profil de section de l'écoulement en forme de venturi. La pression statique est mesurée via différents points de mesure placés le long de la section de mesure et sa valeur est lue sur le manomètre à tubes. La différence par rapport à la pression totale donne la pression dynamique.

L'accessoire se fixe facilement et parfaitement à l'entrée d'air de l'installation d'essai.

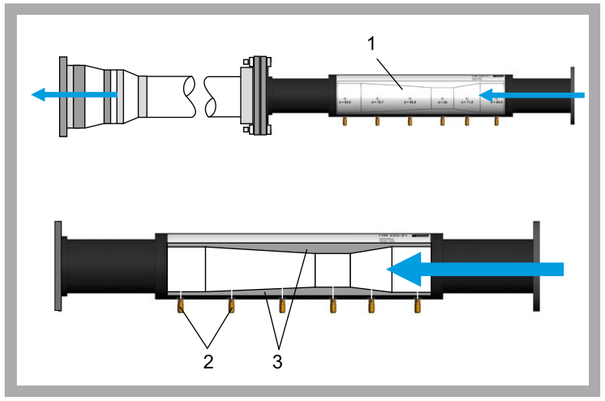
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

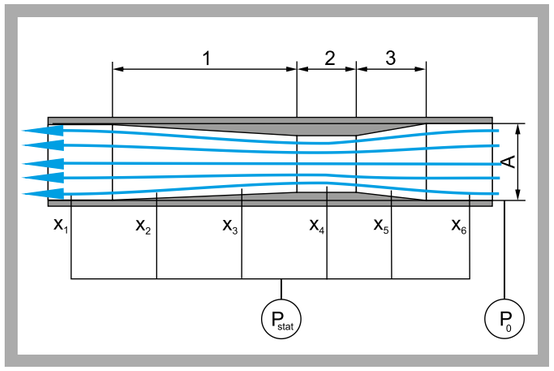
- vérification de l'équation de continuité et du principe de Bernoulli
- détermination de la pression dynamique
- calcul de la vitesse d'écoulement
- représentation de l'évolution de la pression en fonction de la surface de section

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

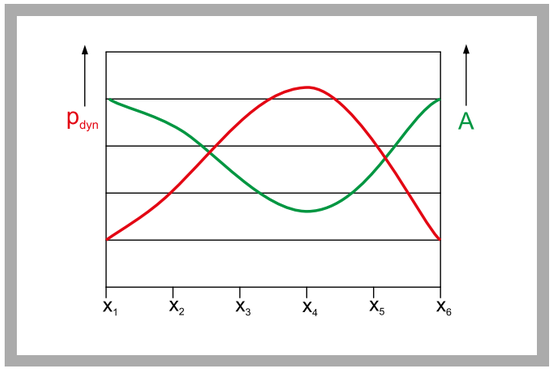
HM 220.01 *Tube de Venturi*



1 tube de Venturi, 2 point de mesure de la pression, 3 contour en forme de venturi



Principe de mesure d'un tube de Venturi: 1 partie divergente, 2 section la plus étroite, 3 partie convergente; A surface de la section, P_{stat} pression statique, P_0 pression totale, $x_1...x_6$ points de mesure de la pression



Le rétrécissement de la surface de la section entraîne une augmentation de la pression dynamique; $x_1...x_6$ points de mesure de la pression, A surface de la section, p_{dyn} pression dynamique

Spécification

[1] tube de Venturi pour l'étude de l'équation de continuité et du principe de Bernoulli
[2] 6 points de mesure de la pression le long de la section de mesure pour la mesure de la pression statique
[3] accessoires pour le banc d'essai HM 220

Caractéristiques techniques

Tube de Venturi
- diamètre intérieur: 84,6...59mm
- 6 points de mesure de la pression

Dimensions et poids

Lxlxh: 805x150x150mm
Poids: env. 4kg

Liste de livraison

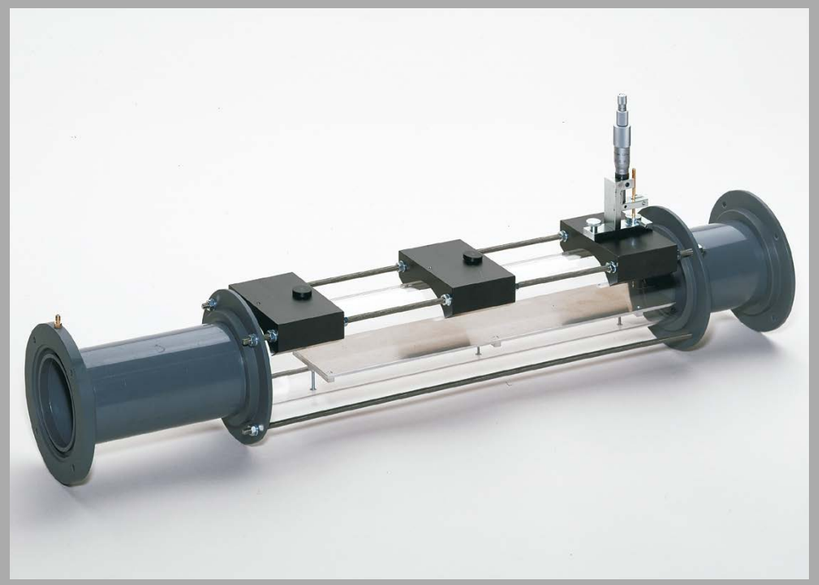
1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.22001	HM 220.01 Tube de Venturi

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 220.02 *Mesures de la couche limite*



*** Accessoire pour installation d'essai HM 220**

*** Mesures de la couche limite sur une plaque plane soumise à un écoulement**

Description

Ce qu'on appelle couche limite se forme le long d'une surface d'un corps soumis à un écoulement incident par l'adhésion du fluide qui s'écoule, par ex. l'air. Le frottement à l'intérieur du fluide provoque une modification de l'évolution de l'écoulement et a une influence sur la résistance et la vitesse de l'écoulement. Les enseignements tirés de l'étude de la couche limite trouvent des applications dans les domaines de la construction aéronautique et navale.

L'utilisation de l'appareil d'essai HM 220.02 dans l'installation d'essai HM 220 permet de réaliser des mesures et des études de couches limites dans des écoulements.

Pour ce faire, la plaque plane installée dans le tuyau transparent est soumise à un écoulement incident longitudinal. Afin de minimiser les turbulences, la bordure avant de la plaque est pourvue d'un biseau. La pression totale est mesurée via un tube de Pitot vertical déplaçable verticalement. Les pressions totales peuvent être enregistrées à des distances différentes de la surface de la plaque, ce qui permet de montrer qu'il y a une augmentation de la couche limite dans la direction de l'écoulement. Un point de mesure supplémentaire enregistre la pression statique. Les deux points de mesure sont raccordés au manomètre à tubes de HM 220. La vitesse est ensuite calculée à partir de la pression dynamique affichée.

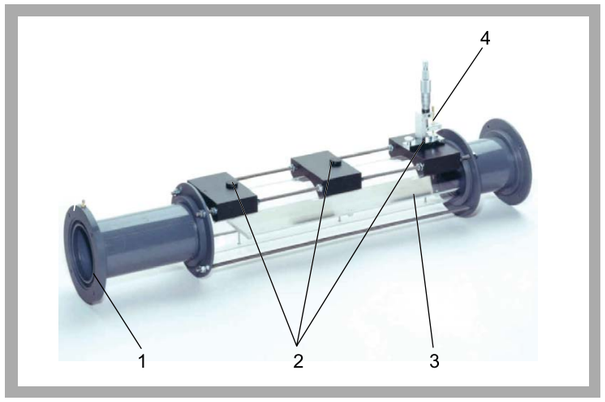
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

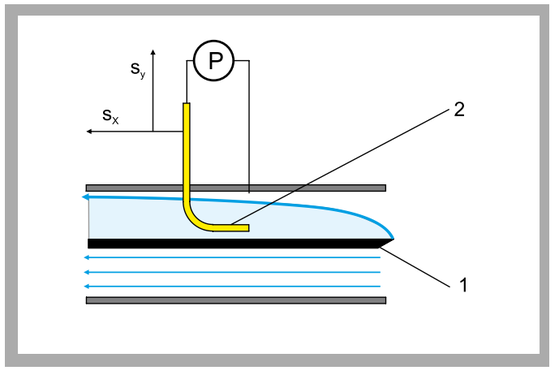
- frottement intérieur des gaz
- étude de la couche limite sur une plaque plane
- représentation des profils de vitesse

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

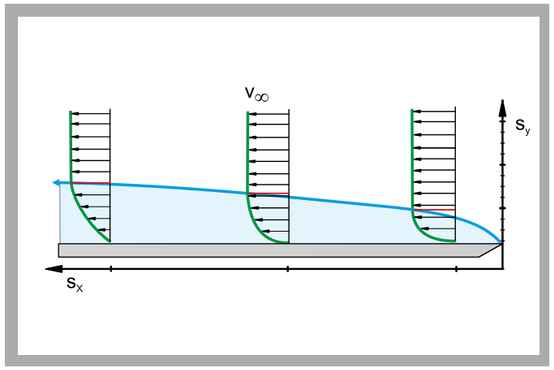
HM 220.02 *Mesures de la couche limite*



1 raccordement à l'installation d'essai HM 220, 2 trois positions horizontales pour le tube de Pitot, 3 tube de Pitot avec vis micrométrique pour l'ajustage vertical, 4 plaque plane



1 plaque soumise à un écoulement incident longitudinal, 2 tube de Pitot;
P pression, en bleu: écoulement d'air, s_y distance de la surface de la plaque, s_x distance de la bordure avant de la plaque,



Distribution de la vitesse et épaisseur de couche limite à l'intérieur de la couche limite d'une plaque plane soumise à un écoulement incident longitudinal;
s_y distance de la surface de la plaque, s_x distance de la bordure avant de la plaque, en vert: profil de vitesse de l'écoulement d'air, en bleu: épaisseur de la couche limite

Spécification

[1] étude de la couche limite sur une plaque plane
[2] bordure avant de la plaque avec biseau
[3] tube de Pitot pour la mesure de la pression totale
[4] points de mesure supplémentaires pour la mesure de la pression statique
[5] tube de Pitot déplaçable verticalement et sur 3 positions le long de la plaque dans la section de mesure
[6] affichage de la pression dynamique sur le manomètre à tubes de HM 220
[7] accessoires pour le banc d'essai HM 220

Caractéristiques techniques

Tube de Pitot
- diamètre intérieur: 0,6mm
- déplaçable verticalement: 0...18mm
- section de mesure avec 3 positions le long de la plaque: 10mm, 210mm et 410mm de la bordure avant

Plaque plane
- Lxlxh: 420x80x3mm
- biseau de 15° face à l'écoulement incident

Dimensions et poids

Lxlxh: 805x150x300mm
Poids: env. 4kg

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu d'outils
1 documentation didactique

Références de commande

070.22002	HM 220.02	Mesures de la couche limite

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 225 BANC D'ESSAI AÉRODYNAMIQUE: ACCESSOIRES INTERCHANGEABLES PERMETTANT DE PROPOSER UN GRAND PROGRAMME D'ESSAIS

ESSAIS RÉALISÉS SUR L'ÉCOULEMENT STATIONNAIRE, CHAPITRE 2

HM 225.03 Théorème de Bernoulli

HM 225.05 Écoulement dans un raccord coudé

HM 225.07 Jet libre

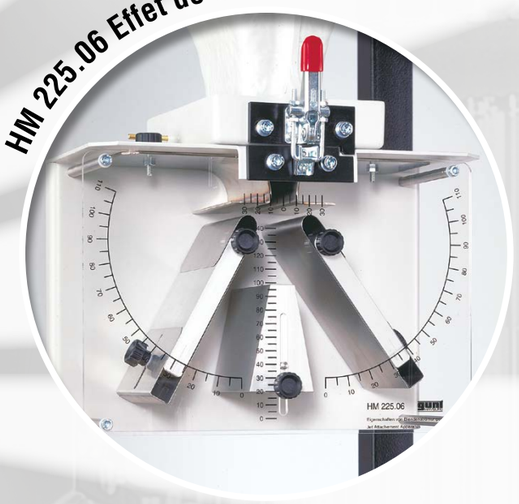
HM 225 Banc d'essai aérodynamique avec accessoire HM 225.02 Couches limites

ESSAIS RÉALISÉS SUR L'ÉCOULEMENT AUTOUR DES CORPS, CHAPITRE 3

HM 225.02 Couches limites

HM 225.04 Forces de traînée

HM 225.06 Effet de Coanda



HM 225.08 Visualisation des lignes de courant

HM 225 ÉCOULEMENT STATIONNAIRE: BANC D'ESSAI AÉRODYNAMIQUE

LE BANC D'ESSAI

Le HM 225 est un banc d'essai compact avec une gamme très complète d'accessoires. Le banc d'essai Aérodynamique propose une sélection d'essais dans le domaine de l'écoulement stationnaire, ainsi que sur la thématique de l'écoulement autour de corps dans de l'air (voir chapitre 3).

Les accessoires sont faciles et rapides à monter et remplacer. La forme compacte facilite la manipulation et le transport.

Dans le domaine de l'écoulement stationnaire, l'enseignement porte en particulier sur la détermination de l'évolution de l'écoulement, la distribution de la pression et celle de la vitesse. Des profils de vitesse peuvent être représentés à partir des résultats de mesure.

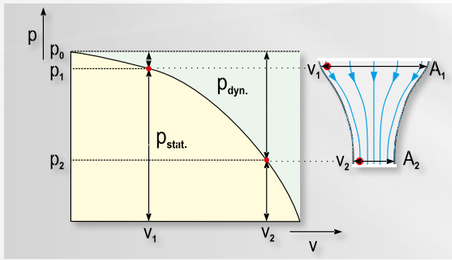
Le banc d'essai HM 225 avec l'accessoire HM 225.02 Couches limites. Les pressions sont enregistrées à l'aide du tube de Pitot et affichées sur le manomètre à 16 tubes.

LES THÉMATIQUES

ÉTUDE DE L'ÉQUATION DE BERNOULLI

HM 225.03 Théorème de Bernoulli

- détermination de la pression dynamique à partir des données de mesure en se servant du théorème de Bernoulli
- calcul de la vitesse d'écoulement
- représentation de la distribution de la pression et de la vitesse



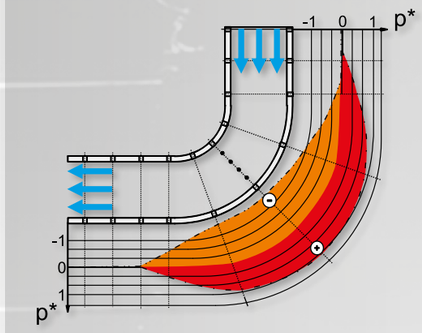
Distribution de la pression et de la vitesse le long des lignes de courant: la zone en jaune représente la pression statique, la zone en vert la pression dynamique, la somme des deux pressions donnant la pression totale ***p_0***.

p *pression,* ***v*** *vitesse,* ***A*** *surface de la section*

ÉTUDE DE L'ÉCOULEMENT STATIONNAIRE DANS UN RACCORD COUDÉ

HM 225.05 Écoulement dans un raccord coudé

- détermination de la pression statique à partir de 28 points de mesure de la pression
- vortex de séparation et écoulement secondaire dans un raccord coudé

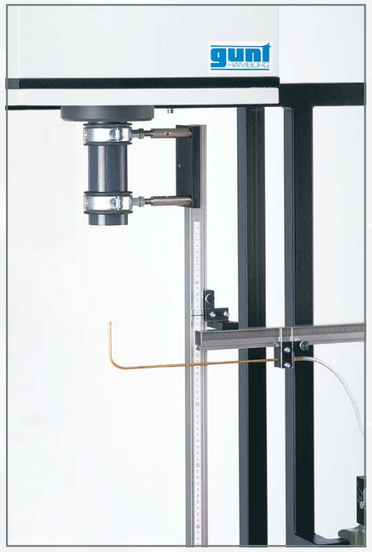


Distribution de la pression dans un raccord coudé

en orange: *zone de dépression,*
en rouge: *zone de surpression*

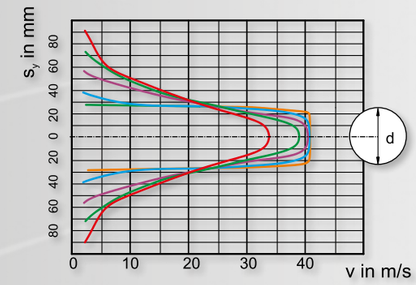
p* *modification relative de la pression*

ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION DE L'ÉCOULEMENT ET DES PERTES DE CHARGE LORS DE LA SORTIE D'UN ÉCOULEMENT DANS UN MILIEU AU REPOS



HM 225.07 Jet libre

- enregistrement de l'évolution de la pression à la sortie d'un écoulement parallèle dans un milieu au repos
- représentation des profils de vitesse



Profil de vitesse dans le jet de sortie d'air

s_y *distance par rapport l'axe du tuyau,* ***d*** *diamètre de tuyau,* ***v*** *vitesse*

HM 225 Banc d'essai aérodynamique

L'illustration montre le HM 225 avec le HM 225.02.

*** L'écoulement peut atteindre des vitesses allant jusqu'à 40m/s**

*** Écoulement homogène obtenu grâce à un redresseur d'écoulement et un contour de buses spécial**

*** Les divers accessoires permettent de réaliser différents essais**

Description

L'aérodynamique décrit le comportement des corps lorsqu'ils sont soumis à l'écoulement autour de corps ou à un écoulement traversant généré avec un fluide compressible. Les connaissances des essais réalisés en aérodynamique sont essentielles à la conception des moyens de transport (véhicules automobiles, bateaux, avions) et en architecture (tours et ponts).

HM 225, utilisé en liaison avec les accessoires, permet de réaliser les essais type du domaine de l'écoulement autour de corps, d'écoulement incident et d'écoulement traversant appliqués à des modèles, ainsi que d'autres essais spécifiques à l'écoulement stationnaire, incompressible.

Le banc d'essai contient un ventilateur radial, permettant de générer des écoulements d'une vitesse allant jusqu'à 40m/s. La vitesse est ajustable en continu grâce à un convertisseur de fréquence. Une chambre de stabilisation avec redresseur d'écoulement assure l'homogénéité et la reproductibilité de l'écoulement sur la section de mesure, avec peu de turbulences. Une buse de forme spéciale répartit l'écoulement d'air à une vitesse pratiquement homogène. L'accessoire est fixé avec des raccords rapides. Il peut être changé rapidement, et simplement.

Les points de mesure placés le long de la section de mesure permettent de mesurer la vitesse et la pression. Pour obtenir une représentation visuelle des pressions, on utilise le manomètre à tubes.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

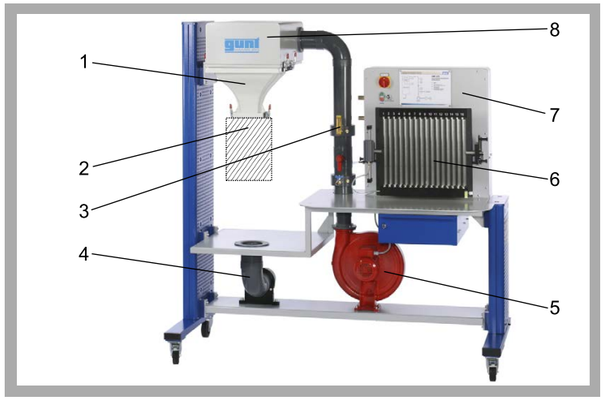
Contenu didactique / Essais

avec les accessoires adéquats: essais sur corps soumis à un écoulement autour de corps
- mesure de la vitesse des écoulements avec un tube de Pitot
- examen de la couche limite sur une plaque soumise à un écoulement incident longitudinal
- résistances à l'écoulement des corps
- présentation de l'effet Coanda
- visualisation des lignes de courant

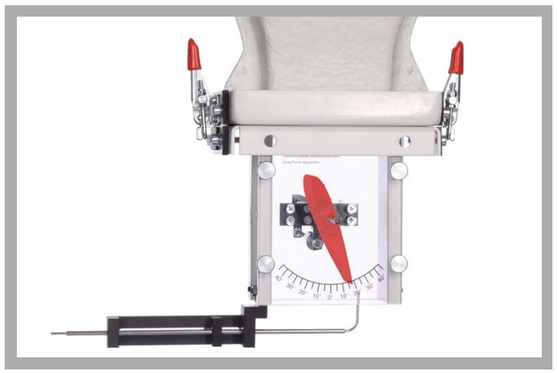
avec les accessoires adéquats: essais dans le domaine de l'écoulement stationnaire incompressible
- mesure de la vitesse des écoulements avec un tube de Pitot et un tube de Prandtl
- jets libres
- écoulement dans un raccord coudé
- démonstration du théorème de Bernoulli

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

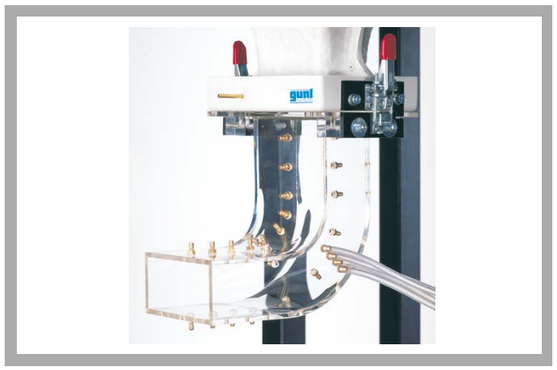
HM 225 Banc d'essai aérodynamique



1 buse, 2 section de mesure à monter, 3 thermomètre, 4 évacuation de l'air avec collecteur, 5 ventilateur radial, 6 manomètre à tubes, 7 coffret de distribution avec ajustage de la vitesse, 8 chambre de stabilisation avec redresseur d'écoulement



Détermination des résistances sur différents profils de corps, avec l'accessoire HM 225.04



Étude de l'écoulement dans un raccord coudé à l'aide de l'accessoire HM 225.05

Spécification

[1] essais aérodynamiques sur des modèles soumis à un écoulement autour de corps, un écoulement incident et traversant et autres essais dans le domaine de l'écoulement stationnaire incompressible
[2] section de mesure verticale avec redresseur d'écoulement et buse
[3] ventilateur radial ajustable en continu grâce à un convertisseur de fréquence
[4] thermomètre de mesure de la température de l'air
[5] accessoire fixé proprement au HM 225 à l'aide de raccords rapides
[6] manomètre à 16 tubes pour obtenir une représentation visuelle des pressions
[7] accessoires pour l'écoulement autour de corps:
couches limites (HM 225.02)
forces de traînée (HM 225.04)
effet de Coanda (HM 225.06)
visualisation des lignes de courant (HM 225.08)
[8] accessoire pour l'écoulement stationnaire incompressible
théorème der Bernoulli (HM 225.03)
écoulement mesuré dans un raccord coudé (HM 225.05)
jet libre (HM 225.07)

Caractéristiques techniques

Ventilateur radial
- puissance absorbée: 0,37kW
- débit de refoulement max.: 15m³/min
- coupe transversale à la sortie de la buse: 50x100mm
- vitesse max. de l'écoulement à la sortie de la buse: 40m/s

Dimensions et poids

Lxlxh: 1880x800x1900mm
Poids: env. 220kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.22500	HM 225 Banc d'essai aérodynamique

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 225.03 *Théorème de Bernoulli*

*** Étude de l'équation de Bernoulli**

*** Détermination de la pression dynamique**

*** Calcul de la vitesse d'écoulement**

*** Accessoire pour banc d'essai aérodynamique HM 225**

Description

La pression totale d'un écoulement stationnaire est constante. La somme de la pression statique et de la pression dynamique donne la pression totale. Lorsque l'on modifie la section d'un canal d'écoulement, la vitesse d'écoulement varie de manière inversement proportionnelle à la surface de la section. Ces lois générales sont les bases de l'enseignement en mécanique des fluides.

L'appareil d'essai HM 225.03 - installé dans le banc d'essai Aérodynamique HM 225 - permet de mesurer la pression totale et la pression statique.

Un modèle est positionné dans la section de mesure de manière à former un profil de section de l'écoulement en forme de venturi au moyen de corps latéraux.

Un tube de Prandtl se trouve au milieu du canal d'écoulement. Le tube de Prandtl est muni d'un orifice dans la direction opposée à l'écoulement, ce qui permet permet de mesurer la pression totale. La pression statique est mesurée au niveau d'orifices latéraux à l'entrée. Les deux pressions sont lues sur le manomètre à tubes. La pression dynamique correspond à la différence entre ces deux valeurs de mesure.

Pour représenter la distribution de la pression et de la vitesse, des valeurs de mesure peuvent être enregistrées au niveau de surfaces de section différentes en déplaçant le tube de Prandtl dans la direction de l'écoulement.

Des fermetures rapides permettent de fixer facilement et parfaitement l'appareil d'essai sur la sortie d'air du banc d'essai HM 225.

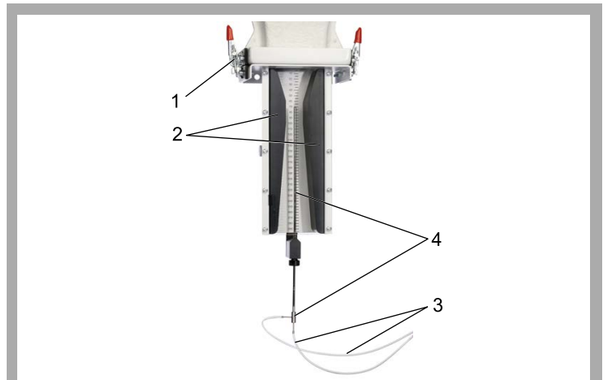
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

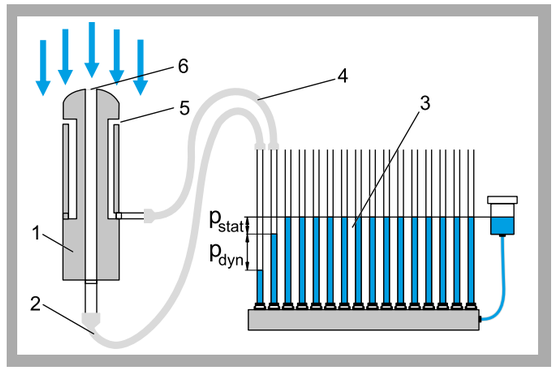
- étude de l'équation de continuité et du principe de Bernoulli
- détermination de la pression dynamique à partir des données de mesure en utilisant le principe de Bernoulli
- calcul de la vitesse de l'écoulement à partir des données de mesure en se servant de l'équation de Bernoulli
- distribution de la pression et de la vitesse

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

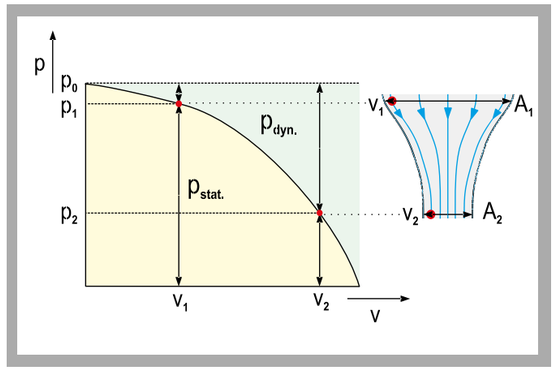
HM 225.03 *Théorème de Bernoulli*



1 fermeture rapide pour le raccordement à HM 225, 2 corps latéraux en forme de venturi, 3 flexibles de raccordement au manomètre à tubes, 4 tube de Prandtl déplaçable



Principe de mesure du tube de Prandtl: 1 tube de Prandtl, 2 pression totale, 3 manomètre à tubes, 4 pression statique, 5 ouverture latérale à l'entrée pour la mesure de la pression statique, 6 ouverture de devant à l'entrée pour la mesure de la pression totale



Distribution de la pression et de la vitesse le long des lignes de courant: p pression, v vitesse d'écoulement, A surface de la section, p_0 pression totale, zone en jaune: pression statique, zone en vert: pression dynamique

Spécification

[1] étude de l'équation de continuité et du principe de Bernoulli
[2] mesure de la pression totale et de la pression statique dans un écoulement stationnaire
[3] accessoire pour le banc d'essai Aérodynamique HM 225
[4] manomètre à 16 tubes pour l'affichage des pressions

Caractéristiques techniques

Tube de Prandtl
- d=2mm
- déplaçable: 0...290mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 240x140x420mm
Poids: env. 3kg

Liste de livraison

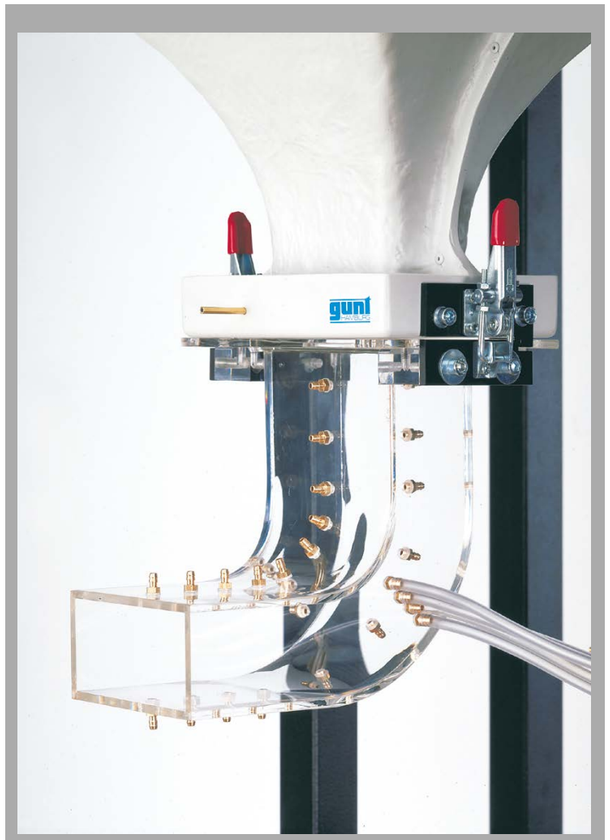
1 appareil d'essai
1 jeu de flexibles
1 documentation didactique

Références de commande

070.22503	HM 225.03 Théorème de Bernoulli

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 225.05 *Écoulement dans un raccord coudé*



*** Étude de l'évolution de la pression sur un raccord coudé à 90°**

*** Vortex de séparation et écoulement secondaire**

*** Accessoire pour banc d'essai aérodynamique HM 225**

Description

Les conduites doivent pouvoir être adaptées à leur environnement lors de leur pose: c'est pourquoi leur direction est modifiée par endroits au moyen de raccords coudés. La modification de la direction de l'écoulement dans une conduite entraîne un changement des rapports de pression. En utilisant comme exemple un raccord coudé à 90°, on étudie l'évolution de la pression lors d'un changement de direction de l'écoulement.

L'appareil d'essai HM 225.05 - installé dans le banc d'essai Aérodynamique HM 225 - permet de mesurer la pression statique sur 28 points de mesure de la pression le long du raccord coudé. Le raccord coudé transparent a une section rectangulaire constante avec 10 points de mesure de la pression en haut et 10 en bas. 4 points de mesure de la pression se trouvent dans la zone de courbure sur les deux surfaces latérales. Les points de mesure de la pression sont raccordés au manomètre à tubes au moyen des flexibles fournis. C'est à cet endroit que sont relevées les pressions statiques.

Pour représenter la distribution de la pression, la pression statique est comparée à la pression maximum sur un point de mesure. La représentation graphique de l'évolution de la pression montre une dépression le long du rayon intérieur et une surpression le long du rayon extérieur. Des écoulements secondaires se forment pour compenser la différence de pression.

Le frottement au niveau des couches limites provoque la formation de vortex de séparation sur le rayon intérieur.

Des fermetures rapides permettent de fixer facilement et parfaitement l'appareil d'essai sur la sortie d'air du banc d'essai HM 225.

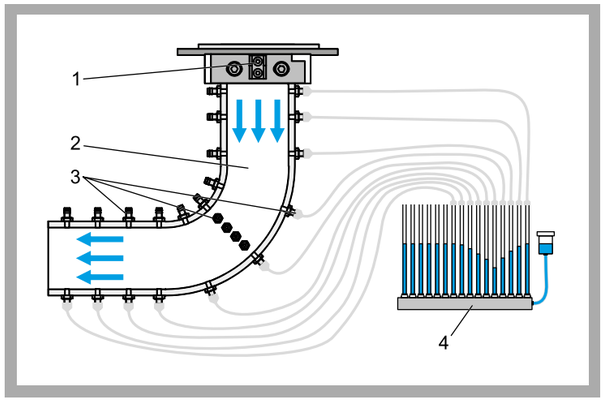
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

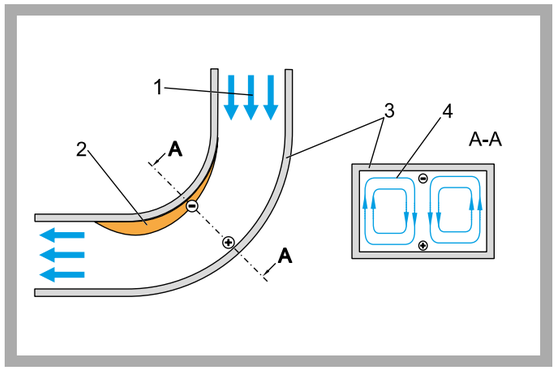
- étude de l'évolution de la pression sur un raccord coudé à 90°
- détermination de la pression statique sur 28 points de mesure de la pression
- représentation de la distribution de la pression

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

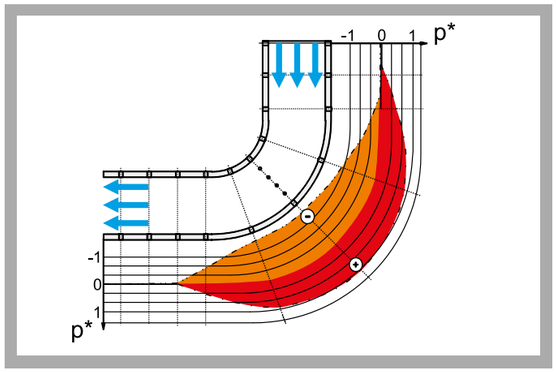
HM 225.05 *Écoulement dans un raccord coudé*



1 fermeture rapide pour le raccordement à HM 225, 2 raccord coudé transparent, 3 points de mesure de la pression, 4 manomètre à tubes



Représentation schématique de l'évolution de l'écoulement 1 direction de l'écoulement principal, 2 zone dans laquelle se forment des vortex de séparation, 3 boîtier du raccord coudé; A-A: 4 évolution schématique de l'écoulement secondaire; + surpression, - dépression



Distribution de la pression dans un raccord coudé: p* modification relative de la pression;
en orange: zone de dépression, en rouge: zone de surpression

Spécification

[1] détermination des rapports de pression dans un raccord coudé traversé par un écoulement
[2] mesure de la pression statique sur 28 points de mesure de la pression le long du raccord coudé.
[3] 10 points de mesure de la pression sur la face supérieure et 10 sur la face inférieure et 4 points de mesure de la pression sur chaque face latérale
[4] accessoire pour le banc d'essai Aérodynamique HM 225
[5] manomètre à 16 tubes pour l'affichage des pressions

Caractéristiques techniques

Section de raccord coudé à 90°: 50x100mm
28 points de mesure de la pression

Dimensions et poids

Lxlxh: 230x180x200mm
Poids: env. 4kg

Liste de livraison

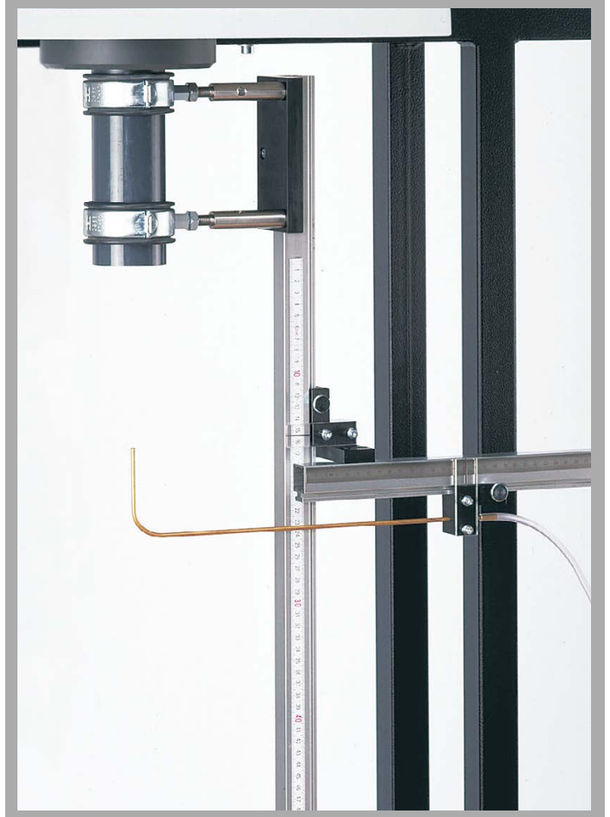
1 appareil d'essai
1 jeu de flexibles pour laboratoire
1 documentation didactique

Références de commande

070.22505	HM 225.05	Écoulement dans un raccord coudé

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 225.07 *Jet libre*



Description

Des pertes d'écoulement et de charge ont lieu à la sortie d'un écoulement parallèle dans un milieu au repos. L'écoulement de sortie perd de la vitesse en fonction de la distance et du diamètre de la surface de sortie. Lorsque la distance par rapport au jet central augmente, la vitesse diminue. Les enseignements tirés des profils de vitesse trouvent des applications par exemple dans la fabrication des buses et des turbomachines.

L'appareil d'essai HM 225.07 - installé dans le banc d'essai Aérodynamique HM 225 - permet de mesurer l'évolution de la vitesse dans le jet de sortie. Les pressions totales sont mesurées à l'aide d'un tube de Pitot déplaçable à des distances définies de la surface de sortie dans les directions verticales et horizontales.

La vitesse est déterminée à partir des pressions indiquées sur le manomètre à tube. La représentation graphique du profil de vitesse montre que la vitesse baisse lorsque la distance entre le point de mesure et le jet central et la surface de sortie augmente. Du fait des pertes d'énergie, la formation de tourbillons sur les couches limites entraîne une baisse de la vitesse.

Des fermetures rapides permettent de fixer facilement et parfaitement l'appareil d'essai sur la sortie d'air du banc d'essai HM 225.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

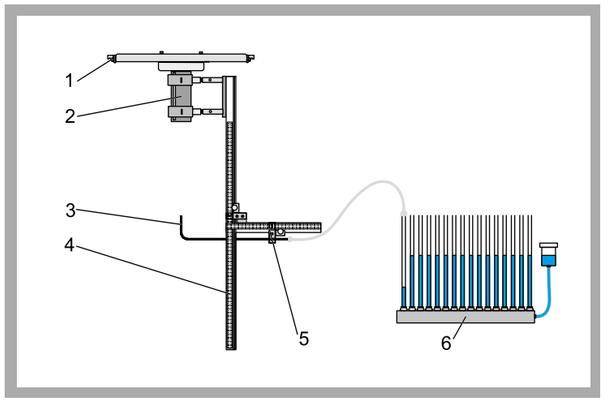
- enregistrement de l'évolution de la pression à la sortie d'un écoulement parallèle dans un environnement au repos
- représentation des profils de vitesse

*** Étude de l'évolution de l'écoulement et des pertes de charge lors de la sortie d'un écoulement dans un milieu au repos**

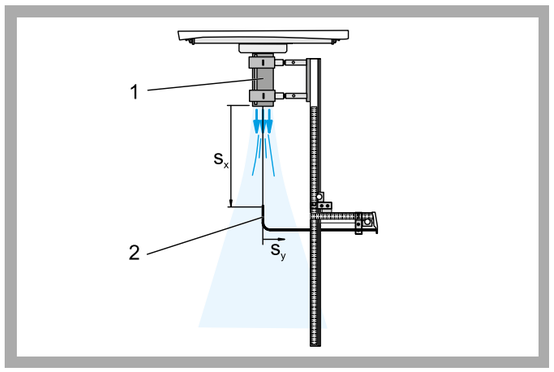
*** Accessoire pour banc d'essai aérodynamique HM 225**

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

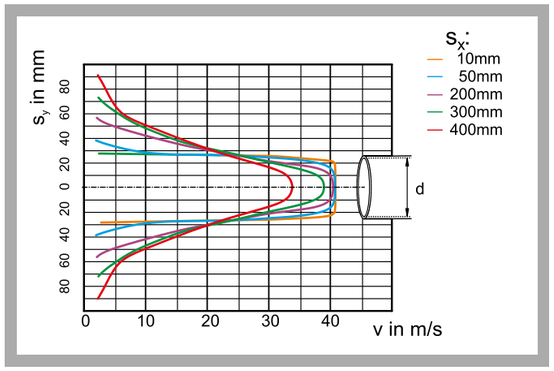
HM 225.07 *Jet libre*



1 fermeture rapide pour le raccordement à HM 225, 2 manchon tubulaire pour la sortie de l'écoulement d'air, 3 tube de Pitot, 4 échelle graduée pour l'ajustage du déplacement vertical, 5 déplacement horizontal du tube de Pitot, 6 manomètre à tubes



Principe de mesure avec représentation schématique de l'évolution de l'écoulement: 1 tuyau pour la sortie de l'écoulement d'air, 2 tube de Pitot; zone en bleu: évolution de l'écoulement



Profil de vitesse dans le jet de sortie d'air: s_x distance verticale entre l'orifice du tube de Pitot et la sortie d'air, s_y distance horizontale entre l'orifice du tube de Pitot et l'axe de l'écoulement d'air, v vitesse de l'écoulement, d diamètre intérieur du tuyau

Spécification

[1] détermination de la perte de charge lors de la sortie d'un écoulement dans un milieu au repos
[2] accessoire pour le banc d'essai Aérodynamique HM 225
[3] tube de Pitot, déplaçable horizontalement et verticalement
[4] manomètre à 16 tubes pour l'affichage des pressions

Caractéristiques techniques

Manchon tubulaire, plastique
- diamètre intérieur: 54mm
Tube de Pitot, déplaçable
- horizontalement: -150...150mm
- verticalement: 0...700mm
- diamètre intérieur: 2mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 720x380x940mm
Poids: env. 7kg

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.22507 HM 225.07 Jet libre

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

CONNAISSANCES DE BASE

ÉCOULEMENT STATIONNAIRE DES FLUIDES COMPRES SIBLES

ÉCOULEMENT AVEC VARIATION DU VOLUME

Pour les gaz, on fait la distinction entre écoulement à volume constant (incompressible) et écoulement avec modification du volume (compressible). Pour l'écoulement incompressible de gaz, on observe, comme pour l'écoulement d'un liquide, les processus d'écoulement.

En cas de modifications plus importantes de la pression et de la température du fluide sous forme gazeuse, on ne peut plus négliger les rapports de corrélation qui existent entre la pression, la température et le volume. Cet écoulement est qualifié de compressible. Le rapport suivant s'applique ici pour les gaz idéaux:

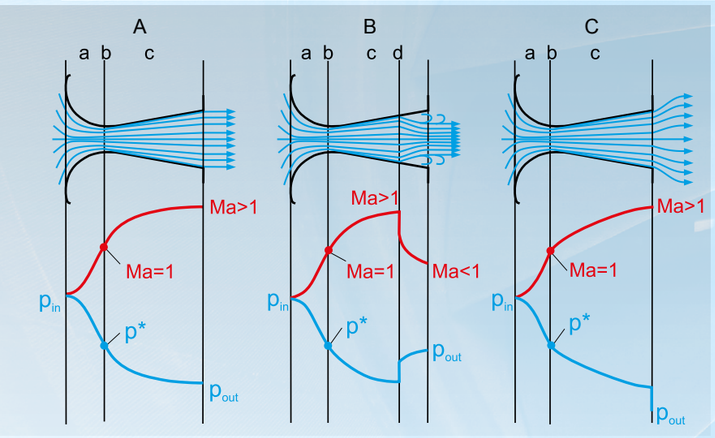
$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

Dans ce contexte on parle aussi de «écoulements compressibles», alors que ce sont les fluides qui sont compressibles – pas les écoulements.

Lorsque la vitesse d'un écoulement gazeux est supérieure à Ma 0,3, ce dernier doit être considéré comme compressible. Pour l'air, cela correspond à environ 100 m/s à 1 bar et 0°C. Les pressions dynamiques qui se forment ici dans l'écoulement sont de 60 mbar au maximum.

En dessous de ces valeurs limites, on peut considérer avec une bonne approximation un écoulement de gaz comme étant un fluide incompressible. L'écoulement dans une soufflante ou l'écoulement autour d'une voiture peuvent être par exemple considérés comme incompressibles. Sur les turbocompresseurs, les turbines à gaz ou à vapeur, les buses, les avions rapides ou les fusées, il faut considérer au contraire l'écoulement comme étant compressible.

ÉCOULEMENT COMPRESSIBLE DANS LE DOMAINE TECHNIQUE



Écoulements traversant une buse convergente-divergente (buse Laval) pour diverses contre-pressions
***A** buse «adaptée» avec rapport de pression optimal. Une vitesse supersonique est mesurée à la sortie de la buse.*
***B** il se forme un choc de compression dans la partie divergente de la buse, suivie d'une vitesse subsonique. On observe des pertes d'écoulement causées par le décollement d'écoulement.*
***C** post-expansion avec propagation du faisceau derrière la sortie de la buse. On assiste à des pertes d'écoulement.*
***a** zone convergente, **b** section la plus étroite,*
***c** zone divergente, **d** choc de compression,*
p rapport de pression critique, **Ma** nombre de Mach,*
***en rouge** courbe de vitesse, **en bleu** évolution de pression*

Sur les turbomachines thermiques, les écoulements compressibles jouent un grand rôle dans la transformation des gradients de température en énergie cinétique. La transformation est réalisée par l'émanation d'un gaz dans des dispositifs de guidage ou des buses. En présence de grandes variations de la pression, l'écoulement peut atteindre une vitesse supersonique ou même plus.

Les vitesses supersoniques sont générées à l'aide de buses Laval.

Dans la première partie convergente, l'écoulement est amené à la vitesse du son. Dans la deuxième partie divergente, cet écoulement est accéléré à la vitesse supersonique grâce à un processus de détente. Le débit de la buse est déterminé par la vitesse du son mesurée dans la section la plus étroite. Pour la partie convergente de la buse, on a: dans la section la plus étroite de la buse, la vitesse du fluide atteint la vitesse du son. Le rapport de pression mesuré en ce point est dit critique. A l'apparition du rapport de pression critique, le débit massique maximum est atteint.

Si les contre-pressions sont trop élevées, il peut se former un choc de compression dans la partie divergente de la buse. Le reste de la buse sera alors comparable à un diffuseur d'infrasons, entraînant une augmentation de la pression.

ÉCOULEMENT D'ULTRASONS

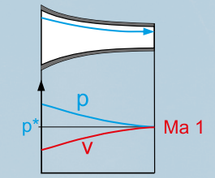
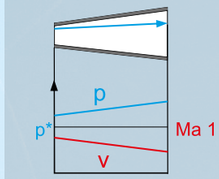
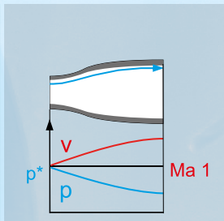
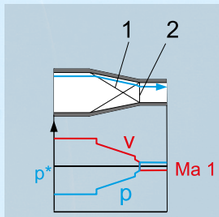
Les propriétés des écoulements d'ultrasons se distinguent fortement des écoulements de vitesse subsonique et sont donc des phénomènes particulièrement intéressants.

Alors que les écoulements d'infrasons sont accélérés par une réduction de la coupe transversale et décélérés dès l'augmentation de cette coupe transversale, on observe le comportement inverse sur les écoulements d'ultrasons.

Sur les écoulements d'ultrasons, une variation de la coupe transversale peut causer de faibles chocs de compression, alors que sur les écoulements subsoniques, ce sont les séparations d'écoulement qui constituent un danger.

D'un point de vue général, la vitesse supersonique est réduite par des chocs de compression. Un choc de compression entraîne une réduction brusque de la vitesse, suivie d'une augmentation toute aussi rapide de la pression et de la température. On distingue entre les chocs de compression obliques et droites. Un choc oblique réduit brusquement la vitesse, sans passer dans le domaine des infrasons. Par opposition, un choc droite est toujours suivie d'une vitesse subsonique.

Pour réduire les pertes des diffuseurs d'ultrasons à un minimum, on associe plusieurs chocs de compression obliques, suivi d'une chocs de compression droite.

	BUSE L'écoulement est accéléré, la pression diminue	**DIFFUSEUR** L'écoulement est décéléré la pression augmente
Plage des infrasons Ma < 1		
Plage des ultrasons Ma > 1		

Évolution de pression et de vitesse
***v** vitesse,*
***p** pression,*
p rapport de pression critique,*
***1** choc de compression oblique,*
***2** choc de compression droite*

Vitesse du son mesurée dans les gaz

$$c = \sqrt{\kappa RT}$$

***c** vitesse du son, κ exposant adiabatique,*
***R** constante du gaz, **T** température*

Expression de la vitesse en nombre de Mach

$$Ma = \frac{v}{c}$$

***Ma** nombre de Mach, **v** vitesse du fluide,*
***c** vitesse du son*

ÉCOULEMENT STATIONNAIRE DES FLUIDES COMPRESSIBLES

ÉCOULEMENT AUTOUR DE CORPS ET DÉPLACEMENT À LA VITESSE SUPERSONIQUE

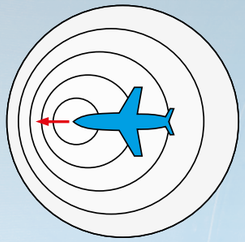
À une vitesse subsonique, le son émis par le corps se propage vers l'avant, ce qui n'est pas le cas dans la plage des ultrasons. Ici, les ondes sonores forment un front commun de forme conique, le cône de Mach. L'angle d'ouverture du cône est à l'origine du nombre de Mach.

Angle du cône de Mach

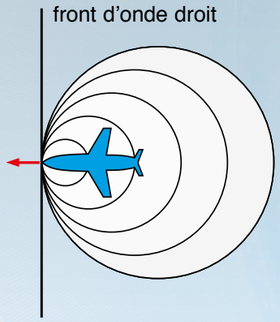
$$\sin \alpha = \frac{1}{Ma}$$

Ma *nombre de Mach, sin* α *angle de Mach*

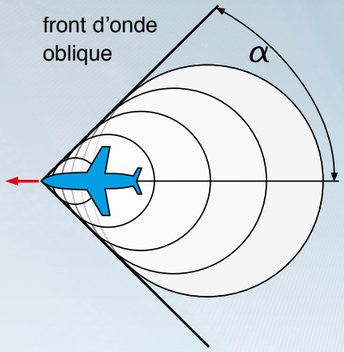
Un exemple typique d'un front d'onde est le «bang supersonique» d'un avion circulant à une vitesse supersonique. Ici, le front d'onde surprend l'observateur par sa variation brusque de la pression, que ce dernier perçoit comme un bang.



Infrasons
Ma < 1

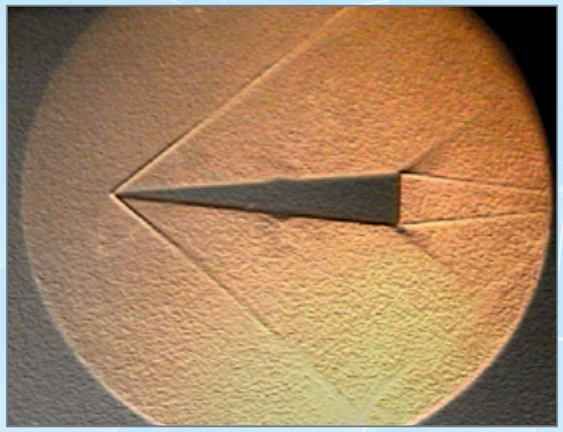


Vitesse du son
Ma = 1



Ultrasons
Ma > 1

Propagation des ondes sonores à différente vitesse de la source sonore dans un milieu



Fronts d'onde obliques (cône de Mach) sur un corps de résistance conique à Ma = 1,59

Le tableau montre un extrait du programme pédagogique classique en école d'ingénieur. Les appareils GUNT couvrent dans une très large mesure ces contenus didactiques.

CONTENUS DIDACTIQUES DE L'ÉCOULEMENT STATIONNAIRE DES FLUIDES COMPRESSIBLES	PRODUITS GUNT
Évolution de pression et de vitesse dans l'écoulement dans un tuyau	**HM 230**
Théorème de Bernoulli sur les fluides gazeux	**HM 230**
Propagations aux embouchures rapport de pression critique vitesse critique	**HM 260, HM 261**
vitesse du son	**HM 261, HM 230, HM 172**
écoulement maximum d'une masse	**HM 261, HM 230, HM 260**
Écoulement mesuré sur des buses avec extension comportement de la buse Laval à contre-pression variable	**HM 260, HM 261**
Déplacement à la vitesse du son	**HM 172**
Propagation de l'écoulement dans une fente et un labyrinthe	

Avec les appareils GUNT, vous traitez en détails les principaux thèmes d'écoulement stationnaire appliqué aux fluides compressibles dans votre laboratoire de mécanique des fluides.

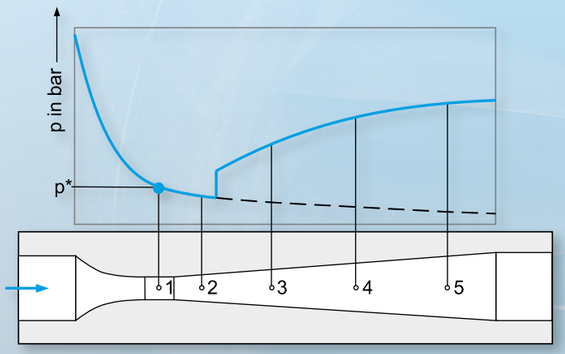
Pour présenter et visualiser les écoulements d'ultrasons, le tunnel aérodynamique compact pour ultrasons HM 172 est l'instrument idéal.

APERÇU DES APPAREILS

Les appareils GUNT proposent différents essais dans le do maine de l'écoulement stationnaire des fluides compressibles.

HM 230 ÉCOULEMENT DES FLUIDES COMPRESSIBLES

- pertes de charge dans des conduites rectilignes et dans un coude de tuyau
- écoulement supersonique dans la buse de Laval
- objets de mesure transparents permettant de bien voir la structure intérieure



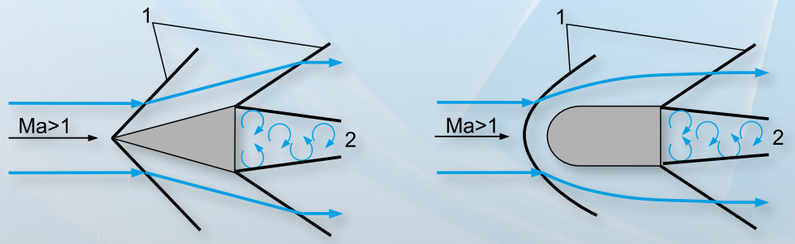
Évolution de la pression dans la buse de Laval pour un écoulement compressible

en bleu: *évolution de la pression avec choc de compression,*
en noir: *évolution de la pression sans choc de compression,*
1-5 *points de mesure de la pression,*
p* *pression critique*

HM 172 SOUFFLERIE SUPERSONIQUE AVEC OPTIQUE DE SCHLIEREN

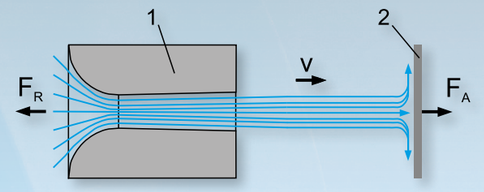
- nombres de Mach pouvant être obtenus < 1, 1,4 et 1,8
- visualisation de l'écoulement avec l'optique de Schlieren jointe à la livraison et les corps de résistance types (fusée, projectile, double taquet et taquet)
- logiciel GUNT pour l'acquisition des données et la représentation des évolutions de pression

Fronts d'onde sur le cône et sur le corps tronqué
1 *fronts d'onde,*
2 *zone d'eau morte avec tourbillons,*
en bleu *lignes de courant*



HM 260 GRANDEURS CARACTÉRISTIQUES DE BUSES

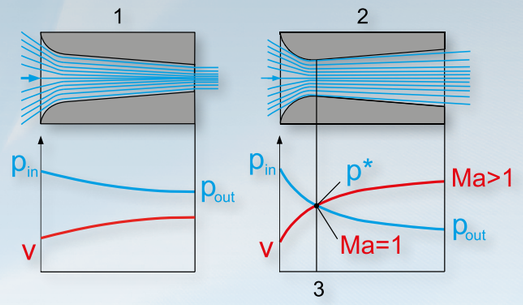
- détermination des forces de réaction et d'action sur la buse et rendement de la buse
- nesure de la force appliquée à l'aide d'un capteur de flexion
- buse convergente, buse convergente/divergente et plaque d'impact



Mesure de la force
1 *buse,* ***2*** *plaque d'impact,*
F_R *force de réaction (poussée),*
F_A *force d'action (force d'impact),* ***v*** *vitesse*

HM 261 DISTRIBUTION DE LA PRESSION DANS DES BUSES

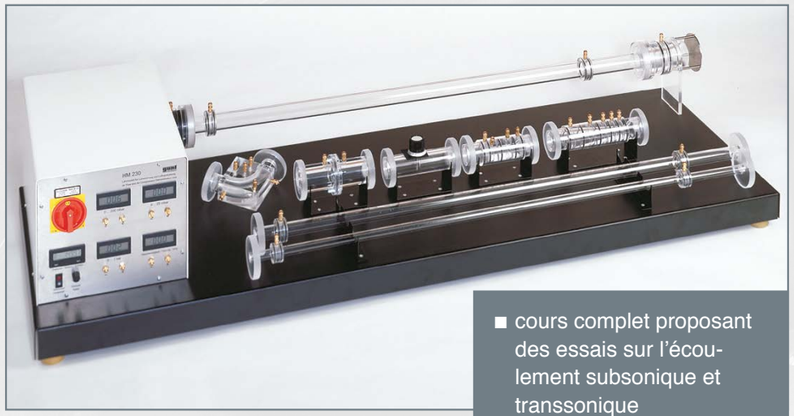
- mesure de l'évolution de pression dans la buse
- détermination de la vitesse du son et du choc de compression
- buse convergente, deux buses convergente/divergente avec différentes extensions



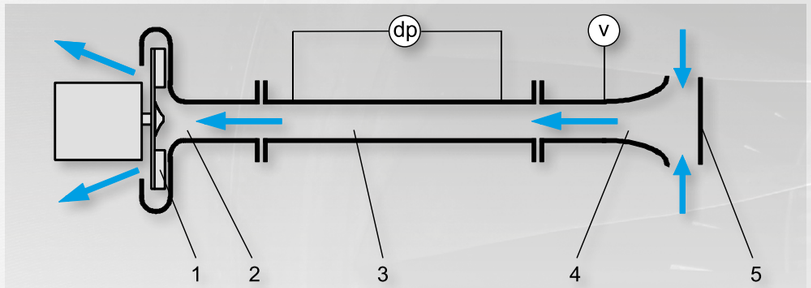
Évolutions de pression et de vitesses dans différentes buses: ***1*** *buse convergente,* ***2*** *buse convergente-divergente (buse Laval),* ***3*** *point le plus étroit de la coupe transversale,* ***p**** *rapport de pression critique,* ***Ma*** *nombre de Mach,* ***v*** *vitesse*

HM 230 ÉCOULEMENT DES FLUIDES COMPRESSIBLES

Grâce aux nombreuses possibilités proposées, le HM 230 est l'instrument idéal pour présenter les notions de base de l'écoulement d'air compressible. Au cours des essais, les étudiants se familiarisent avec les fluides compressibles et assimilent leurs propriétés. La problématique de l'écoulement transsonique est présentée avec une buse spécialement mise au point pour la zone supersonique.

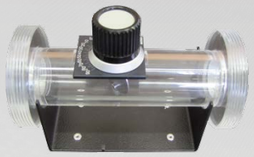


- cours complet proposant des essais sur l'écoulement subsonique et transsonique
- tous les composants sont disposés de manière bien visible sur une plaque
- les objets de mesure transparents montrent la structure intérieure et le contour de buse
- vitesses max. de Ma 1
- différentiels max. de pression dans le système de 600 mbar max.

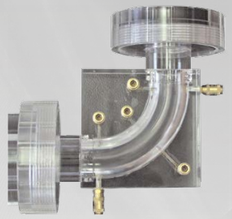


*1 soufflante, 2 entrée, 3 objet de mesure interchangeable (section de tuyau), 4 tuyère de mesure, 5 plaque de protection; **dp** différentiel de pression, **v** vitesse*

OBJETS SERVANT À LA MESURE

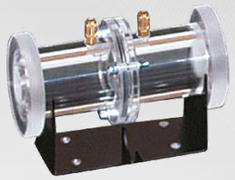


Clapet d'étranglement



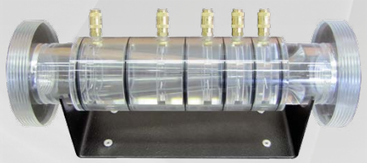
Coude de tuyau

Tuyaux



Orifice de mesure

Buse à extension intermittente

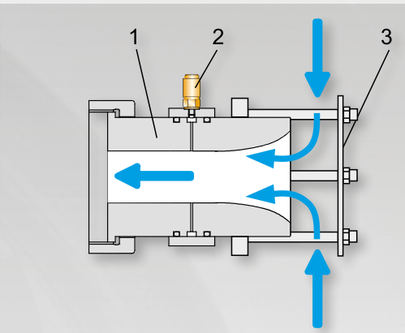


Buse à extension permanente (buse Laval)

DÉTERMINATION DU DÉBIT MASSIQUE

La buse de mesure placée à l'entrée de l'écoulement d'air sert à accélérer l'air avec un minimum de pertes. Elle est montée devant chaque objet. Une plaque de protection empêche l'aspiration involontaire de grands objets et le blocage de l'orifice d'aspiration.

La pression est mesurée dans la buse pour calculer la vitesse de l'écoulement, et enfin déterminer le débit massique.



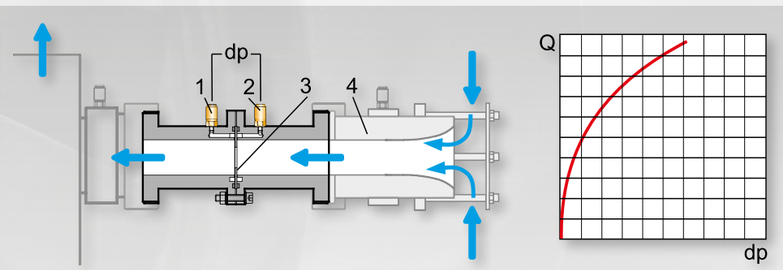
1 buse de mesure,
2 point de mesure de la pression,
3 plaque de protection

AMPLEUR DES ESSAIS

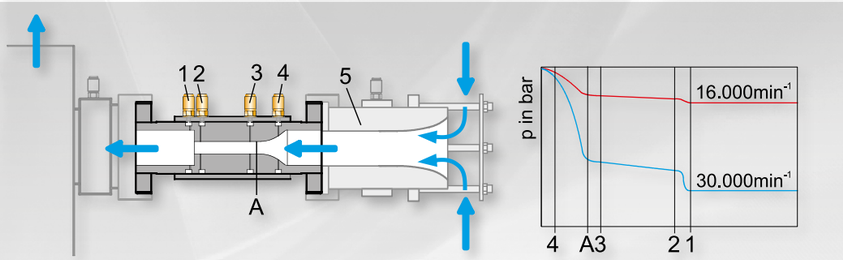
L'appareil d'essai permet l'étude des pertes de charge dans des sections de tuyau et dans un coude de tuyau, de faire l'étalonnage d'orifices de mesure, des écoulements dans des buses dans le domaine subsonique et transsonique.

Exemple de montage expérimental: enregistrement de la courbe d'étalonnage d'un diaphragme

- détermination du débit volumétrique à partir de la pression différentielle sur le diaphragme
- comparaison entre 2 plaques de diaphragme pour la plage de mesure 0…200 mbar et comparaison de 2 plaques de diaphragme pour la plage de mesure 0…1 bar
- comparaison entre diaphragme et tuyère de mesure (en utilisant comme référence le débit massique déterminé dans la tuyère de mesure au niveau de l'entrée d'air)



***1-2** points de mesure de la pression devant et derrière la plaque d'orifice, **3** plaque d'orifice interchangeable, **4** buse de mesure; **en rouge** évolution d'étalonnage, **Q** débit massique, **dp** différence de pression*



***1-4** points de mesure de la pression, **5** buse de mesure; **en rouge** et **en bleu** évolutions de pression, **A** début du point le plus étroit de la coupe transversale de la buse*

Exemple d'une structure d'essai: enregistrement des évolutions de pression dans la buse à extension intermittente

- évolution de pression dans la partie convergente et cylindrique de la buse
- perte de charge au niveau de l'extension intermittente
- comparaison avec la perte de charge de la buse Laval

HM 230 *Écoulement des fluides compressibles*

*** Étude de l'écoulement des fluides compressibles**

*** Programme d'essais polyvalents destiné à l'étude de l'écoulement subsonique et transsonique**

*** La buse Laval génère des vitesses de max. Ma 1**

Description

La densité des fluides compressibles varie en fonction des variations de la pression de l'écoulement. Les écoulements dont la vitesse est inférieure à Ma 0,3 sont considérés comme étant incompressibles. La variation de la densité est alors négligeable. Pour les vitesses supérieures, la densité doit être prise en compte dans les calculs. Ces conditions sont essentielles à la conception de dispositifs comme compresseurs turbo, buses et avions rapides.

L'appareil d'essai HM 230 permet d'analyser l'écoulement d'air dans différentes plages de vitesses.

Un ventilateur radial avec ajustage continu de la vitesse aspire l'air environnant. À l'entrée, l'écoulement d'air est accéléré dans une buse de mesure. Plus loin dans la section de mesure, l'écoulement traverse des objets interchangeables. L'aspiration de l'air et l'agencement des objets sur le côté aspirateur du ventilateur ont pour effet de réduire les turbulences apparaissant à l'entrée des objets. Les objets sont tous transparents, ce qui permet de bien voir la structure intérieure.

L'étude des pertes de charge est réalisée sur un coude de tuyau, différentes sections de tuyau et une buse munie d'une extension intermittente. La buse à extension permanente (buse Laval) est un bon exemple d'introduction à l'écoulement transsonique. Dans une plaque d´´orifice, le débit volumétrique est déterminé à l'aide d'un manomètre de pression différentielle. La plaque d'orifice a quatre plaques interchangeables, destinées aux différentes plages de mesure. Par ailleurs, la courbe caractéristique du ventilateur est enregistrée à l'aide d'un clapet d'étranglement.

Les valeurs du débit volumétrique, des pressions et de la vitesse sont affichées de manière numérique.

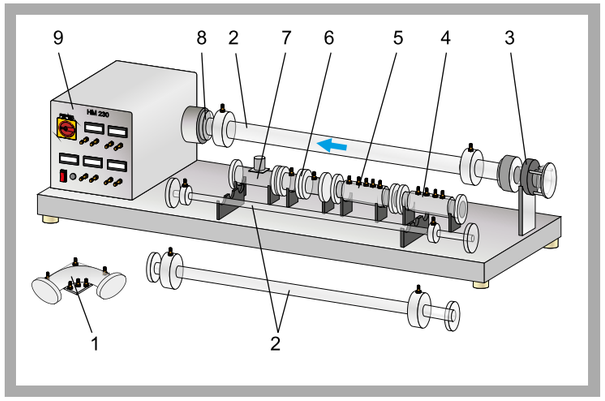
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

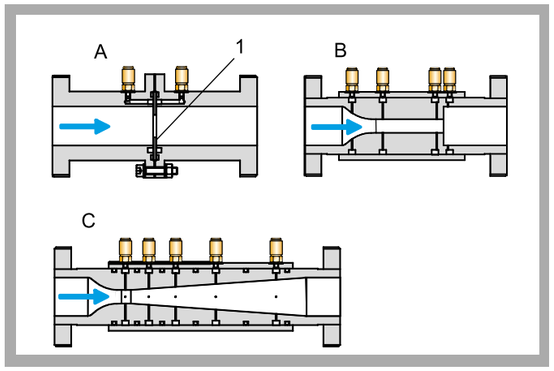
- pertes de charge dans les tuyaux et le coude de tuyau
- écoulement dans les buses convergentes-divergentes
- écoulement d'ultrasons dans la buse Laval
- déterminer la vitesse du son dans l'air
- comparer les méthodes de calcul de l'écoulement incompressible et compressible
- appliquer l'équation de continuité complète
- déterminer le débit massique à l'aide d'une buse et le débit volumétrique, à l'aide d'une plaque d'orifice
- enregistrement de la courbe d'étalonnage de plaque d'orifice
- enregistrement des caractéristiques du ventilateur pour différents débits massiques et à différente vitesse

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

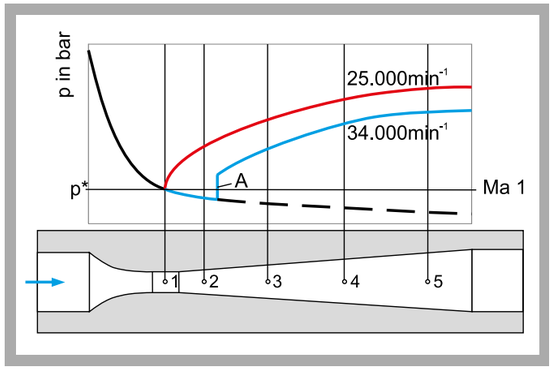
HM 230 *Écoulement des fluides compressibles*



1 coude de tuyau, 2 sections de tuyau, 3 buse de mesure, 4 buse à extension intermittente, 5 buse à extension permanente (buse Laval), 6 plaque d'orifice, 7 clapet d'étranglement, 8 ouverture d'aspiration de ventilateur, 9 armoire de distribution avec éléments d'affichage et de commande (et ventilateur radial)



Objets servant à la mesure: A plaque d'orifice, 1 plaque d'orifice interchangeable, B buse à extension intermittente, C buse à extension permanente (buse Laval)



Évolutions de pression mesurées dans la buse à extension permanente (buse Laval) dans un écoulement compressible; 1-5 points de mesure de la pression, p* rapport de pression critique, A choc de compression

Spécification

[1] étude de l'écoulement des fluides compressibles
[2] écoulement d'air subsonique et transsonique
[3] ajustage de la vitesse du ventilateur radial afin de modifier le débit massique
[4] réduction des turbulences par aspiration de l'air et agencement optimal des objets utilisés pour la mesure
[5] utilisation d'objets transparents avec raccords pour la mesure de la pression et structure intérieure bien visible
[6] buse de mesure pour déterminer le débit massique
[7] pertes de charge liées aux écoulements subsonique apparaissant dans le coude de tuyau et les différentes sections de tuyau
[8] évolution de pression dans les écoulement de buse subsoniques et transsoniques
[9] plaque d'orifice utilisé pour déterminer le débit massique par mesure de la pression différentielle
[10] enregistrement des paramètres du ventilateur à l'aide d'un clapet d'étranglement
[11] indicateurs numériques des pressions, de la vitesse et de la vitesse de rotation

Caractéristiques techniques

Ventilateur radial
- vitesse de rotation max.: 34000min^{-1}
- débit volumétrique max.: 206m³/h
- hauteur de refoulement max.: 271mbar
- puissance absorbée max.: 1,6kW

Objets servant à la mesure
- section de tuyau: 1m, diamètre: 16, 24, 34mm
- coude de tuyau incliné à 90°
- 2 buses, diamètre intérieur: 12...34mm à extension intermittente à extension permanente (buse Laval)
- plaque d'orifice à plaques, diamètre: 12, 19, 25, 32mm
- clapet d'étranglement, diamètre: 34mm

Plages de mesure
- vitesse de rotation: 0...99999min^{-1}
- pression: 1x 0...25mbar, 1x 0...200mbar, 1x 0...1000mbar
- vitesse: 0...65m/s

Dimensions et poids

Lxlxh: 1750x600x345mm
Poids: env. 50kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase ou 230V, CSA, 3 phases

Liste de livraison

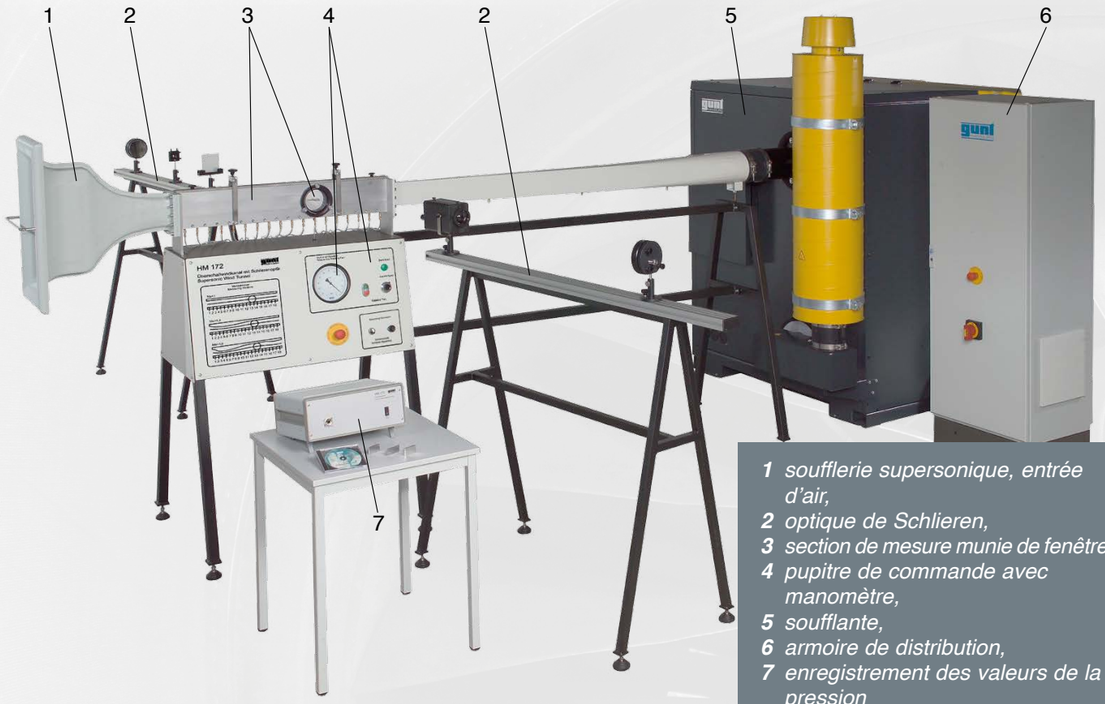
1 appareil d'essai, 1 lot d'objets pour la mesure, 1 jeu d'outils, 1 documentation didactique

Références de commande

070.23000	HM 230	Écoulement des fluides compressibles

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 172 SOUFFLERIE SUPERSONIQUE AVEC VISUALISA TION DE L'ÉCOULEMENT

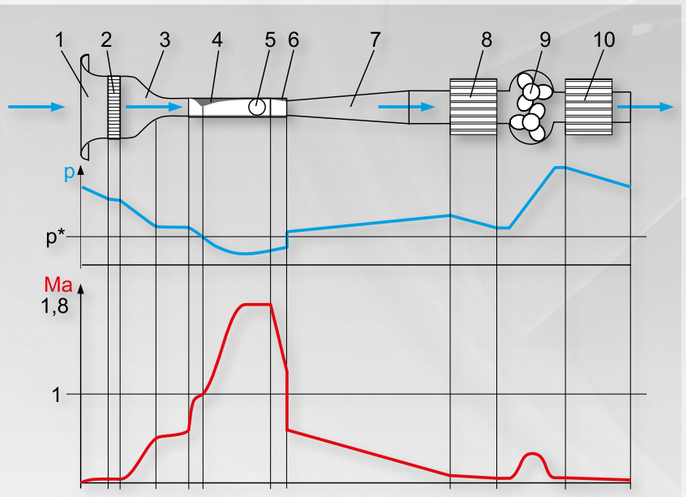


1 soufflerie supersonique, entrée d'air,
2 optique de Schlieren,
3 section de mesure munie de fenêtres,
4 pupitre de commande avec manomètre,
5 soufflante,
6 armoire de distribution,
7 enregistrement des valeurs de la pression

Structure complète de l'essai

- dimensions: 6,1 x 4,5 m
- la soufflante, puissante, permet de travailler sans interruption
- soufflante muni d'un amortisseur de bruit efficace. Ce qui permet du placer dans le laboratoire.
- fenêtre mis en place dans la section de mesure avec optique de Schlieren, destiné à l'observation de l'écoulement autour de corps aux ultrasons
- écoulement subsonique, transsonique et supersonique jusqu'à Ma 1,8

FONCTION DE LA SOUFFLERIE SUPERSONIQUE



p* *rapport de pression critique,* ***Ma*** *nombre de Mach*
en bleu *évolution de pression,* ***en rouge*** *évolution de vitesse*

La soufflerie supersonique ouverte fonctionne sans interruption. Une soufflante aspire l'air environnant via l'orifice d'entrée ***1*** bien placé par rapport à l'écoulement. L'air aspiré circule dans un redresseur d'écoulement ***2,*** en atténuant les turbulences transversales. L'air ***3*** est accéléré dans la buse d'infrasons. Dans la section de mesure ***4*** fermée, une paroi interchangeable avec contour Laval sert de buse d'ultrasons. Elle fait passer l'air à une vitesse allant jusqu'à Ma 1,8. La fenêtre ***5*** en verre optique spécial permet d'observer l'écoulement à l'aide d'une optique de Schlieren. Les diffuseurs d'ultrasons et d'infrasons ***6, 7*** placés plus en avant de la soufflerie supersonique ralentissent l'écoulement d'air. L'air traverse alors le filtre d'aspiration ***8*** pour arriver dans la soufflante ***9*** chargé de la compression. L'air est éjecté dans l'environnement par l'orifice de sortie muni d'un amortisseur de bruit ***10***.

PAROIS INTERCHANGEABLES POUR GÉNÉRATION DE VITESSES ALLANT JUSQU'À MACH 1,8 DANS LA SECTION DE MESURE

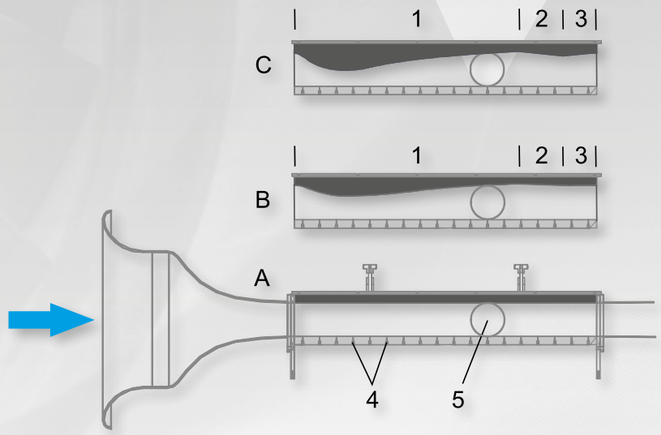
La section de mesure munie de deux fenêtres parallèles est l'élément central de la soufflerie supersonique. Cette section de mesure est prévue pour différents corps de résistance. La fenêtre placé côté utilisateur peut tourner et est pourvu d'un rapporteur d'angle, afin d'orienter le corps de résistance dans la section de mesure de manière reproductible.

La pression est mesurée en 16 points de la section de mesure. Les points de mesure sont répartis uniformément sur toute la longueur.

Différentes vitesses sont générées avec des cloisons interchangeables, placées dans la section de mesure. Le sol de la section de mesure est plat. La courbe de la section transversale n'est donc déterminée que par le contour de la cloison.

A contour droit pour génération de l'écoulement subsonique. Les contours Laval ***B*** et ***C*** servent de buses d'ultrasons. En raison de cette forme spéciale, il se forme un écoulement d'ultrasons aux environs de fenêtre. Plus loin sur la section de mesure, on a une cloison interchangeable, le diffuseur d'ultrasons, dans laquelle l'écoulement est décéléré par un choc de compression droite, supersonique.

Fenêtre tournant avec rapporteur d'angle pour orienter le corps de résistance sur la section de mesure



A *contour droit: infrasons Ma <1*
B *contour Laval: ultrasons Ma 1,4*
C *contour Laval: ultrasons Ma 1,8*

1 *buse à ultrasons,* ***2*** *diffuseur d'ultrasons,* ***3*** *diffuseur d'infrasons,* ***4*** *point de mesure de la pression,* ***5*** *fenêtre*

HM 172 VISUALISATION ET ÉVOLUTION DE PRESSION E L'ÉCOULE MENT D'ULTRASONS

1 miroir concave
2 diaphragme
3 verre dépoli
4 source lumineuse

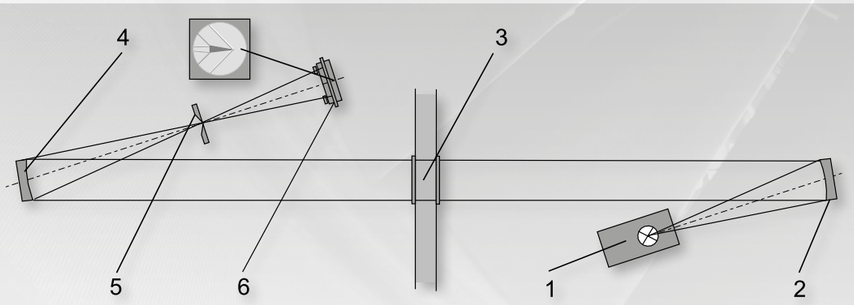
STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DE L'OPTIQUE DE SCHLIEREN

L'optique de Schlieren permet de visualiser les fronts d'onde et les lignes de Mach, apparaissant en liaison avec les chocs de compression.

Les chocs de compression sont suivies de sauts de pression et de variations de la densité. L'optique de Schlieren permet de visualiser les différences de densité dans l'air.

Pour ce faire, un faisceau lumineux parallèle est dirigé dans la section de mesure, perpendiculairement au sens d'écoulement. C'est là que les deux fenêtres de la section de mesure entrent en jeu. Suite à l'indice de réfraction modifié, les différences de densité dévient une partie de la lumière. Après avoir focalisé le faisceau lumineux, les parties déviées du faisceau lumineux sont éliminées par un diaphragme unilatéral. Ceci permet de visualiser les passages du clair au foncé. Plus loin dans le trajet optique, on a un verre dépoli sur lequel une image de la répartition de la densité sur la section de mesure, l'image Schlieren, est projetée.

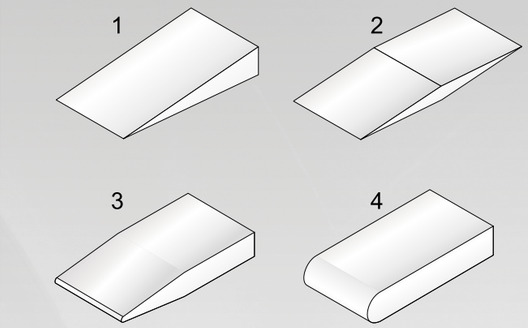
Les éléments de l'optique de Schlieren sont placés sur deux bancs optiques, des deux côtés de la section de mesure. Ils sont séparés de la soufflerie supersonique pour empêcher la transmission des vibrations sur le module optique sensible.

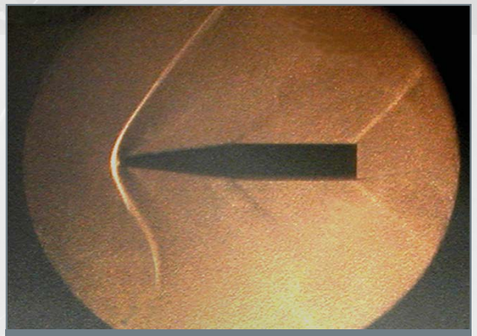


L'optique de Schlieren contient les éléments optiques suivants dans le trajet optique:
***1** source lumineuse ponctuelle, **2** un miroir concave parallélise le faisceau lumineux, **3** section de mesure avec deux fenêtres en verre optique spécial, **4** le miroir concave focalise le faisceau lumineux, **5** un diaphragme unilatéral filtre les parties déviées du faisceau, **6** un verre dépoli représente l'image Schlieren*

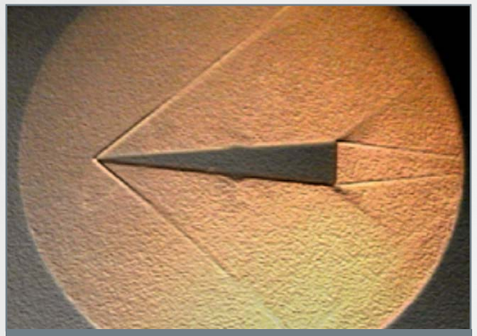
CORPS DE RÉSISTANCE INTERCHANGEABLES

- l'angle d'incidence des corps de résistance est ajustable
- les corps de résistance ***1*** taquet et ***2*** double-taquet représentent les profils d'aile supersoniques
- un choc de compression courbée et relevée est très bien représentée avec les corps de résistance ***3*** fusée et ***4*** projectile.





La photographie de Schlieren montre le front d'onde détaché type des corps émoussés ici sur le taquet, le corps de résistance

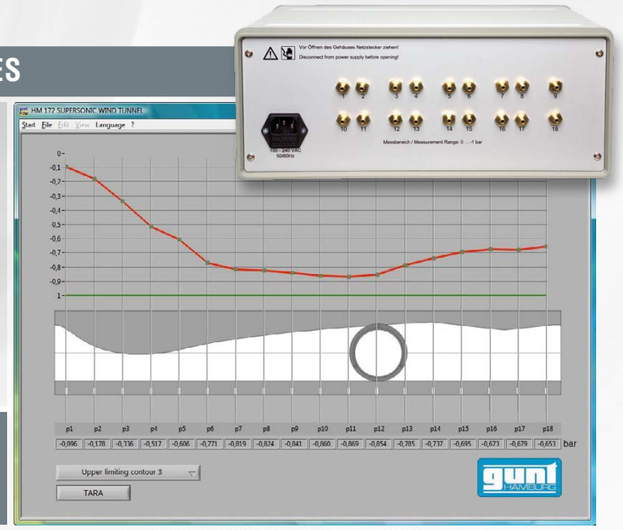


La photographie de Schlieren montre le front d'onde attaché type des corps effilés ici sur le taquet, le corps de résistance

LOGICIEL D'ACQUISITION DES DONNÉES

- le logiciel GUNT est compris dans la liste de livraison
- représentation graphique des évolutions de pression
- exploitation des données dans un logiciel tableur (MS Excel, OO Calc)
- transmission des données mesurées sur PC grâce à une interface USB

Les pressions et les positions des différents points de mesure placés sur la section de mesure sont présentées dans l'illustration.



HM 172 *Soufflerie supersonique avec optique de Schlieren*

*** Évolutions et pertes de pression en liaison avec les écoulements subsonique et supersonique**
*** Parois interchangeables sur la section de mesure définie pour des vitesses allant jusqu'à 1,8 Mach**
*** Optique de Schlieren sert à visualiser les lignes Mach et les chocs de compression mesurées sur les corps de résistance**
*** Documentation didactique structurée de manière claire**

Description

Les écoulements subsoniques et les écoulements supersonique ne se comportent pas de la même manière. Ainsi, un étranglement de la coupe transversale de l'écoulement subsonique entraîne une augmentation de la vitesse, alors que sur l'écoulement supersonique, on observe une réduction de la vitesse. Ces deux phénomènes élémentaires, inhérents aux écoulements supersonique sont pris en compte dans la conception des turbines à gaz et à vapeur, des buses ou des fusées.

Le HM 172 est une soufflerie ouverte de type "Eiffel", permettant d'étuder les propriétés aérodynamiques de différents corps de résistance soumis aux écoulements subsoniques et supersonique.

Un ventilateur aspire l'air d'ambiance et le dirige dans la soufflerie supersonique. Une buse subsonique placée à l'arrivée de l'air est destinée à accélérer l'air aspiré. Le contour précis de la buse de sous-pression avec redresseur d'écoulement intégré assure la répartition uniforme de la vitesse, avec peu de turbulences dans la section de mesure suivante. Dans la section de mesure fermée, l'air continue d'être accéléré et soumet un corps de résistance (fusée, projectile, double taquet et taquet) à un écoulement autour de corps.

Ensuite, l'écoulement d'air est ralenti dans les diffuseurs de subsonique et de supersonique placés plus loin dans la soufflerie supersonique pour arriver ensuite dans le ventilateur, en passant par un filtre d'aspiration. Ici, l'air est compressé, puis libéré dans le milieu environnant. Un amortisseur de bruit placé à la sortie d'air limite le niveau d'émission sonore.

Pour générer des écoulements d'une vitesse allant jusqu'à 1,8 Mach, des parois interchangeables munies de divers contours sont mises en place dans la section de mesure.

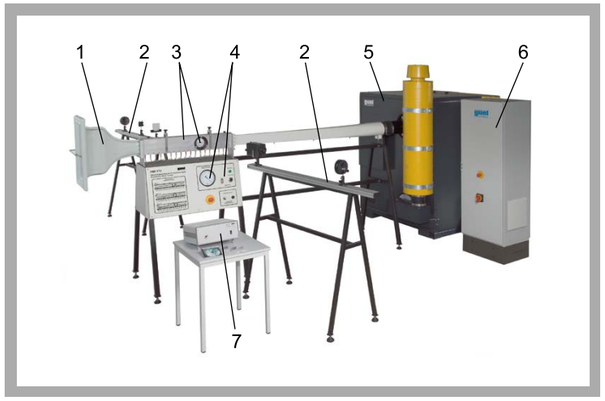
L'optique de Schlieren jointe à la livraison permet d'observer directement l'écoulement supersonique et les fronts d'onde qui apparaissent. Les pressions sont enregistrées par des capteurs, puis transmises directement par liaison USB à un PC, pour être alors exploitées grâce au logiciel qui est livré en complément. Par ailleurs, la pression mesurée au point de mesure est affichée sur un manomètre. Grâce à ce mode de travail continu, il reste suffisamment de temps pour observer les phénomènes et enregistrer les valeurs mesurées.

Contenu didactique / Essais

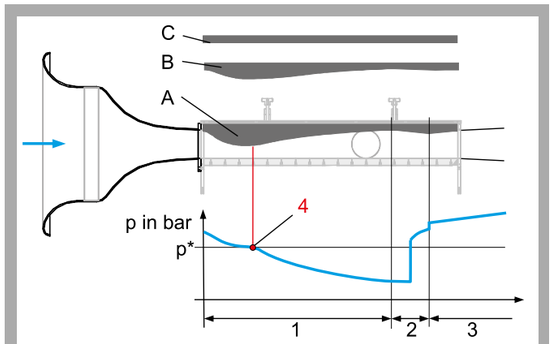
- évolution de pression sur les buses à supersonique (buse Laval)
- évolutions et pertes de pression sur les écoulements de tunnel caractérisés par Mach>1
- observation des chocs de compression sur les corps de résistance avec optique de Schlieren
- détermination du nombre Mach à partir de l'angle des ondes de choc
- comparaison entre la théorie et l'essai

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

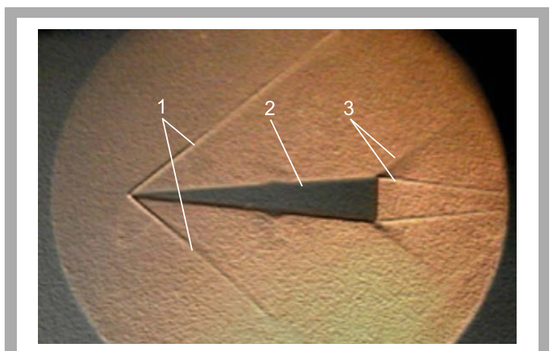
HM 172 *Soufflerie supersonique avec optique de Schlieren*



1 soufflerie supersonique, entrée d'air, 2 optique de Schlieren (deux éléments), 3 section de mesure munie de deux fenêtres, 4 pupitre de commande avec manomètre, 5 ventilateur, 6 armoire de distribution, 7 enregistrement des valeurs de la pression



Section de mesure avec parois interchangeables: A contour Laval: Ma 1,8, B contour Laval: Ma 1,4, C contour droit: Ma<1; 1 buse à supersonique, 2 diffuseur de supersonique, 3 diffuseur subsonique, 4 point le plus étroit de la buse; p* rapport de pression critique, en bleu: évolution de pression sur la section de mesure



Photographie Schlieren: 1 lignes mach formant un front d'onde conique (cône de Mach), 2 corps de résistance, cône, 3 fronts d'onde à l'extrémité du cône

Spécification

[1] étude des évolutions de pression sur l'écoulement supersonique
[2] visualisation des lignes mach et des ondes de choc de compression en appliquant l'optique de Schlieren
[3] soufflerie supersonique ouverte fonctionnant en continu, principe de sous-pression
[4] ventilateur à capsule, avec vitesse ajustable
[5] les parois interchangeables sur la section de mesure génèrent des vitesses allant jusqu'à 1,8 Mach
[6] corps de résistance: fusée, projectile, double-taquet et taquet
[7] manomètre d'affichage de la pression dans le point de mesure
[8] logiciel GUNT pour l'acquisition des données (mesure de la pression) par liaison USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Ventilateur à capsule, vitesse ajustable
- amortissement des bruits, max. 84dB(A)
- puissance absorbée: 55kW

Soufflerie supersonique
- coupe transversale de la section de mesure: 100x25mm
- parois interchangeables pour section de mesure
  1 contour droit: Ma<1
  2 contours Laval: Ma 1,4 et Ma 1,8

Optique de Schlieren
- lampe halogène de 50 et 100W
- 2 miroirs paraboliques ajustables
- diaphragme fendu ajustable
- verre dépoli pour optique des vagues

Corps de résistance
- taquet, double taquet, projectile, fusée

Conditions environnantes recommandées: humidité rel. de l'air de 40% à 25°C

Dimensions et poids

Lxlxh: 3500x810x1715mm (soufflerie supersonique)
Lxlxh: 1710x580x1450mm (optique de Schlieren)
Poids: env. 1550kg (soufflerie supersonique et optique de Schlieren)

Nécessaire pour le fonctionnement

400V, 50Hz, 3 phases

Liste de livraison

1 soufflerie supersonique
3 parois pour section de mesure
1 optique de Schlieren (deux éléments)
4 corps de résistance
1 CD avec le logiciel GUNT + câble USB
1 soufflerie
1 documentation didactique

Références de commande

070.17200	HM 172	Soufflerie supersonique avec optique de Schlieren

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 260 Grandeurs caractéristiques de buses

*** Forces exercées sur l'écoulement d'un buse**

*** Détermination du rendement d'un buse**

*** 4 buses convergentes - divergentes avec différents rapports en surface, 1 buse convergente et 1 plaque d'impact**

Description

Les buses servent à accélérer des fluides pendant que la pression diminue. Les fluides compressibles (par ex. l'air) permettent d'obtenir des vitesses très élevées, souvent supersoniques. Les buses sont mises en place dans les turbines à vapeur, les dispositifs d'injection, les avions supersoniques et les fusées. Les dimensions des buses sont déterminées à partir de la portance ou de la poussée (force d'action et de réaction) du fluide.

Le HM 260 propose deux modes d'agencement des buses afin d'observer la force d'action ou la force de réaction du fluide. L'essai permet de déterminer les grandeur caractéristique comme la vitesse d'écoulement et le rendement de la buse. Les essais permettent également de démontrer l'effet "choking", caractérisé par un rapport de pression critique à partir duquel le débit massique cesse d'augmenter. Le fluide compressible utilisé est l'air.

Dans le premier montage experimental, une buse est mise en place dans le dynamomètre. Le dynamomètre est constitué d'un capteur de flexion, dont la déformation est mesurée de manière électronique. La pression de l'air en suspension devant et derrière la buse est réglable. La buse est soumise à l'écoulement traversant de l'air comprimé. La force de réaction du fluide (poussée) est mesurée.

Dans le deuxième montage experimental, la plaque d'impact est mise en place dans le dynamomètre. La buse est placée au-dessus de cette plaque d'impact. La position de la buse est réglable, de manière à avoir un écart variable entre la buse et la plaque d'impact. L'écoulement qui se forme à la sortie de la buse est projeté contre la plaque d'impact. La force d'action (force d'impact) du fluide est enregistrée grâce à la déformation du capteur de flexion. En plus de la force, l'appareil mesure les pressions et le débit massique. Pour déterminer le débit massique de manière exacte, l'appareil mesure également les températures. Quatre buses convergentes-divergentes et une buse convergente, ainsi que la plaque d'impact sont mises à disposition pour les essais.

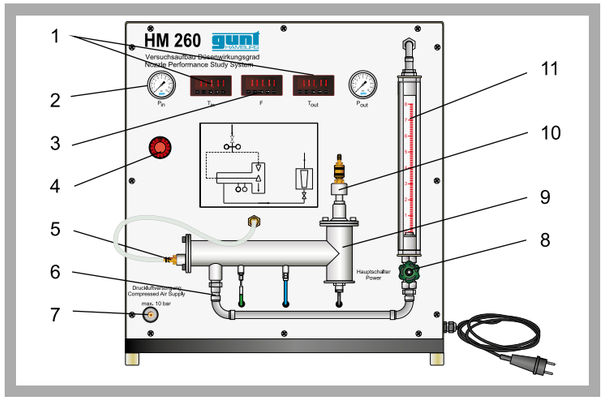
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

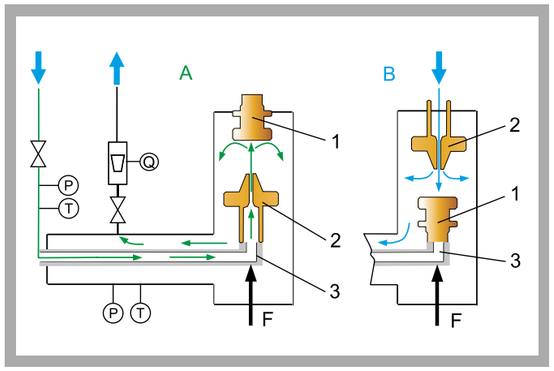
- détermination du rapport de pression critique
- présentation de l'effet "choking"
- détermination de la vitesse d'écoulement dans la coupe transversale la plus étroite
- mesure de la force de réaction et d'action du fluide en mouvement
- détermination du rendement de la buse à partir de la poussée

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

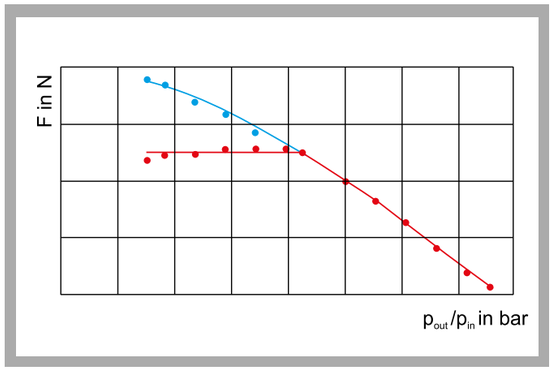
HM 260 Grandeurs caractéristiques de buses



1 indicateur de température, 2 indicateur de la pression, 3 affichage de la force, 4 régulateur de pression, 5 arrivée d'air, 6 sortie d'air, 7 raccord d'air comprimé, 8 vanne de réglage du débit massique, 9 section de mesure, 10 arrivée d'air, 11 débitmètre pour corps en suspension



Montage experimental A mesure de la force de réaction (poussée) et B mesure de la force d'action (force d'impact): 1 plaque d'impact, 2 buse, 3 force; T température, P pression, Q débit, F force



Force de réaction (poussée) de la buse
en bleu: poussée totale, en rouge: poussée produite par la force d'impulsion (débit massique*vitesse), p_{out}/p_{in} rapport de pression critique, F force

Spécification

[1] enregistrement de la force d'impact et de la poussée sur les buses afin de déterminer la vitesse d'écoulement et le rendement
[2] montage experimental A: mesure de la force de réaction (poussée) du fluide au niveau de la buse
[3] montage experimental B: mesure de la force d'action du fluide sur la plaque d'impact
[4] commutation de l'arrivée de l'air en fonction du montage experimental
[5] écart plaque d'impact - buse réglable
[6] régulateur d'air comprimé pour procéder au réglage de la pression devant la buse
[7] soupape à pointeau mise en place sur le débitmètre et destinée à régler la contre-pression
[8] mesure de la force de réaction et d'action de la buse à partir de la déformation du capteur de flexion
[9] 5 buses avec différents contours (4 convergents-divergents, 1 convergent) et 1 plaque d'impact
[10] instrumentation: Manomètre et indicateur numérique de la température avant et après la buse, ainsi que débitmètre sur corps en suspension

Caractéristiques techniques

Besoin en air de l'appareil
- air comprimé: max. 10bar
- besoin en air: env. 5g/s

5 buses, laiton
- 4 buses convergentes-divergentes
- 1 buse convergente
- diamètre, toutes buses: 2mm
- longueur, buses divergentes: 3,6 à 15,8mm

Régulateur d'air comprimé
- plage de réglage: 0...8,6bar

Plages de mesure
- température: 0...100°C
- pression: 2x 0...10bar
- débit massique: 0,7...8,3g/s
- force: 0...2N

Dimensions et poids

Lxlxh: 750x450x810mm
Poids: env. 27kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase
Air comprimé, max. 10bar, 250NL/min

Liste de livraison

1 appareil d'essai
5 buses, 1 plaque d'impact
1 documentation didactique

Références de commande

070.26000	HM 260	Grandeurs caractéristiques de buses

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 261 Distribution de la pression dans des buses

*** Distribution de la pression dans les buses convergentes et divergentes**

*** Trois buses munies de différents contours**

*** Vitesse du son et onde de choc de compression**

Description

Les buses convergentes sont utilisées dans la plage subsonique. Les vitesses supersoniques sont réalisables avec des buses Laval; leur géométrie allie les contours convergents et divergents. Les buses Laval sont utilisées dans les souffleries supersonique, les turbines à vapeur, les moteurs à réaction et dans la fabrication des fusées. Les évolutions de pression permettent de bien représenter les différentes plages de vitesse de la buse, comme les subsoniques, les supersoniques et le choc de compression.

L'appareil d'essai HM 261 permet de mesurer les évolutions de pression dans les buses convergentes et convergentes-divergentes (buses Laval) et d'analyser l'écoulement réel des fluides compressibles. Les essais permettent également de démontrer l'effet "choking", caractérisé par un rapport de pression critique à partir duquel le débit massique cesse d'augmenter. Le fluide compressible utilisé est l'air.

Dans l'essai présenté ici, un écoulement d'air traversant est appliqué à une buse, causant une accélération. A différents points de mesure, l'évolution de la pression est enregistrée dans le sens de l'écoulement. La pression de l'air devant et derrière la buse est ajustable.

Pour analyser les rapports de la pression et de la vitesse, trois buses interchangeables sont mises à disposition: un contour convergent et deux buses Laval munies d'extensions de différente longueur.

Le système enregistre les températures, les pressions et le débit massique.

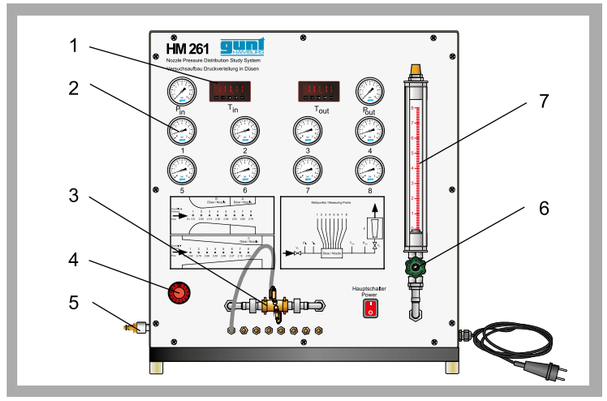
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

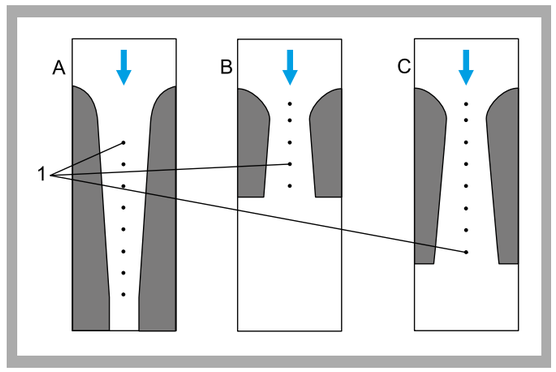
- évolution de pression des
  * buses Laval
  * buses convergentes
- rapport entre la pression d'entrée et le débit massique ou entre la pression de sortie et le débit massique
- influence du processus de détente apparaissant dans la buse, sur la température
- détermination du rapport de pression critique (rapport de pression Laval)
- présentation de l'effet "choking"
- preuve des chocs de compression

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

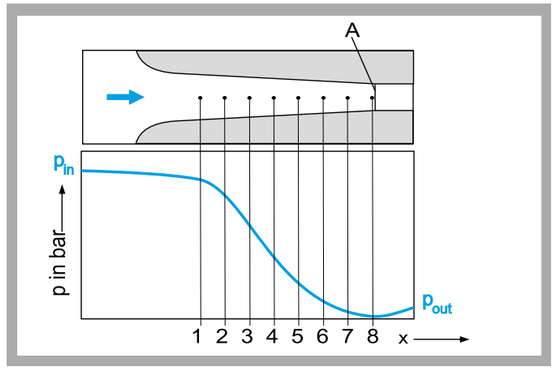
HM 261 Distribution de la pression dans des buses



1 indicateur de température, 2 indicateur de pression, 3 buse, 4 régulateur d'air comprimé, 5 arrivée d'air, 6 vanne d'ajustage du débit massique, 7 débitmètre



Buses munies de différents contours: A buse convergente, B buse Laval courte, C buse Laval longue; 1 point de mesure de la pression, flèche bleue: sens de l'écoulement



Distribution de la pression dans la buse convergente: A point le plus étroit de la coupe transversale, x points de mesure de la pression, p pression

Spécification

[1] distribution de la pression dans les buses sur un écoulement réel de fluides compressibles
[2] 3 buses avec points de mesure de la pression: 1 buse convergente, 1 buse Laval courte et 1 buse Laval longue
[3] régulateur d'air comprimé pour procéder à l'ajustage de la pression devant la buse
[4] soupape à pointeau mise en place sur le débitmètre et destinée à ajuster la contre-pression
[5] instrumentation: manomètre et indicateur numérique de la température avant et après la buse, débitmètre

Caractéristiques techniques

Besoin en air de l'appareil
- air comprimé: max. 10bar
- besoin en air: env. 5g/s

3 buses, laiton
- 1 buse Laval, petite extension de buse
- 1 buse Laval, grande extension de buse
- 1 buse convergente

Régulateur d'air comprimé
- plage de réglage: 0...8,6bar

Plages de mesure
- température: 0...100°C
- pression: 2x 0...10bar, 8x 1...9bar
- débit massique: 0,7...8,3g/s

Dimensions et poids

Lxlxh: 750x450x830mm
Poids: env. 41kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase
Raccord d'air comprimé, max. 10bar, 250NL/min

Liste de livraison

1 appareil d'essai
3 buses
1 documentation didactique

Références de commande

070.26100	HM 261	Distribution de la pression dans des buses

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

CONNAISSANCES DE BASE

ÉCOULEMENT DANS DES CONDUITES ET ROBINETTERIES

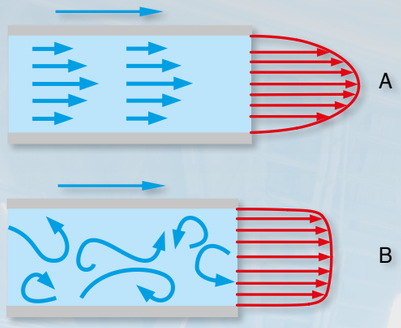
Les systèmes de tuyauterie servent de manière générale à transporter des fluides. Lors de la traversée d'une conduite, l'énergie de pression du fluide baisse suite aux frottements tandis que l'énergie interne du fluide augmente. La baisse de l'énergie interne du fluide est désignée de manière générale comme étant une perte de charge qui se manifeste par une perte de charge dans le fluide.

En ce qui concerne les pertes qui apparaissent, on fait la distinction entre le frottement dans le fluide et le frottement entre le fluide et la paroi ou la résistance.

En rapport avec les pertes, les termes généraux suivants de mécanique des fluides sont abordés:

- écoulement laminaire et turbulent
- frottement du tuyau par différents matériaux et surfaces
- pertes de charge dans des conduites et raccords de tuyauterie
- perte de charge dans des soupapes et robinetteries

ÉCOULEMENT LAMINAIRE ET TURBULENT DANS DES CONDUITES



Dans un écoulement laminaire ***A*** dans des conduites, des particules de fluide se déplacent en couches parallèles sans se mélanger les unes aux autres. La distribution de la vitesse du fluide dans le tuyau n'est pas homogène. Dans la zone périphérique, le fluide est freiné sous l'effet du frottement du tuyau et se déplace plus lentement que l'axe du tuyau. La perte de charge est proportionnelle à la vitesse moyenne du fluide. Dans la pratique, on rencontre rarement un écoulement laminaire marqué.

Dans un écoulement turbulent ***B***, les différentes couches de fluide s'entremêlent en tourbillonnant et échangent de l'énergie entre elles. La forme d'écoulement qui se forme est caractérisée par des mouvements tridimensionnels, imprévisibles et non stationnaires. Une couche limite laminaire demeure en partie, mais uniquement dans la zone périphérique du tuyau. La distribution de la vitesse est pratiquement constante dans une large partie de la section du tuyau. À la différence de l'écoulement laminaire, la perte de charge est proportionnelle au carré de la vitesse moyenne du fluide.

Dans les tuyaux traversés par un écoulement, on calcule le nombre de Reynolds ***Re*** à partir du diamètre intérieur du tuyau ***d***, de la vitesse moyenne du fluide ***v*** et de la viscosité cinématique ν.

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Écoulement turbulent Re ≥ 2300

La distinction entre écoulement laminaire et écoulement turbulent peut être déterminée à l'aide du nombre de Reynolds Re. Le nombre de Reynolds est un nombre sans dimension. Lorsque le nombre de Reynolds est inférieur à 2300, on parle d'écoulement laminaire. À partir d'un nombre de Reynolds égal à 2300, on parle d'écoulement turbulent. Les écoulements ayant le même nombre de Reynolds ont un comportement similaire.

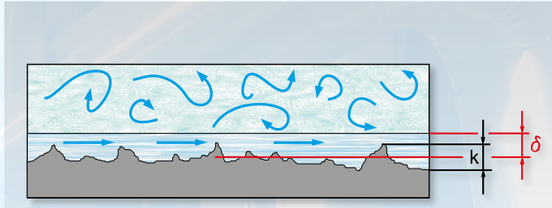
FROTTEMENT DU TUYAU SUR DIFFÉRENTS MATÉRIAUX ET SURFACES

Dans la pratique, les surfaces des parois de tuyau présentent toujours une certaine rugosité. La rugosité en surface apparaît d'une part lors du processus de fabrication et d'autre part sous l'effet de dépôts en rapport avec l'activité ou de corrosion. Le matériau du tuyau a également une influence décisive sur la rugosité.

Dans le cas de l'écoulement laminaire, la rugosité du tuyau n'a qu'une influence très limitée sur la perte de charge, étant donné que les fluides ont des vitesses très faibles dans la zone de la couche limite.

Dans le cas de l'écoulement turbulent, le fait que l'épaisseur δ de la couche laminaire limite dépasse ou non des aspérités de la surface du tuyau ***k*** et la recouvre est un élément décisif. On parle dans ce cas de **tuyaux hydrauliquement** lisses et la rugosité n'a pas d'influence sur la perte de charge. Lorsque les aspérités dépassent largement de la couche limite laminaire, l'effet lissant de la couche limite est perdu. Dans ce cas, on parle de **tuyaux hydrauliquement rugueux** et la rugosité a une influence importante sur la perte de charge.

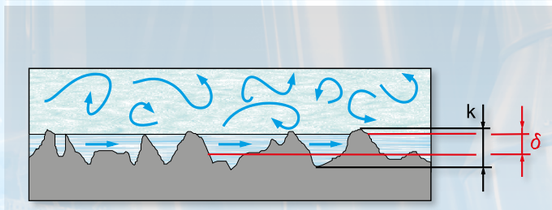
TUYAUX HYDRAULIQUEMENT LISSES



La couche laminaire limite est suffisamment marquée pour recouvrir les aspérités de la surface du tuyau. L'écoulement tubulaire turbulent se déplace librement.

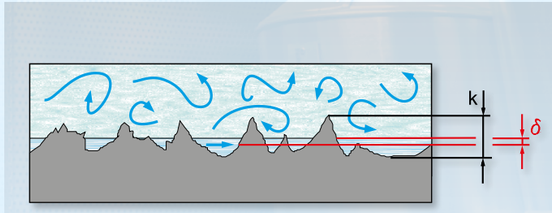
δ épaisseur de la couche limite laminaire
k *hauteur des aspérités*

TUYAUX DANS LA ZONE DE TRANSITION



Selon la condition d'écoulement et la constitution du tuyau, on observe dans la pratique des formes mixtes. Lorsque la couche laminaire limite est clairement marquée mais que les aspérités ne sont pas entièrement recouvertes, on parle de tuyaux en zone de transition.

TUYAUX HYDRAULIQUEMENT RUGUEUX



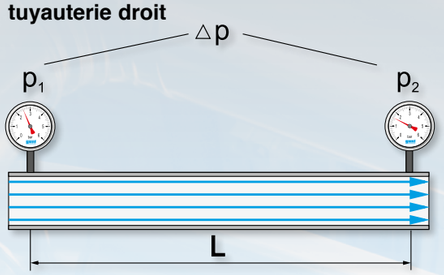
La couche laminaire limite est insuffisamment marquée pour recouvrir les aspérités de la surface du tuyau.

CONNAISSANCES DE BASE

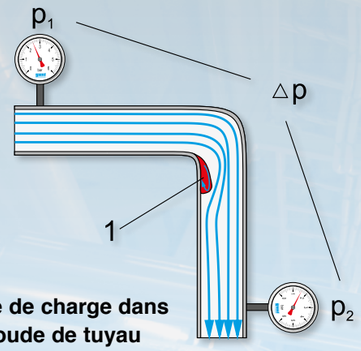
ÉCOULEMENT DANS DES CONDUITES ET ROBINETTERIES

PERTE DE CHARGE DANS DES CONDUITES, RACCORDS DE TUYAUTERIE ET ROBINETTERIES

Perte de charge dans un élément de tuyauterie droit



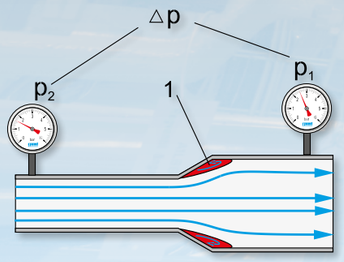
p pression, Δp différentiel de pression, L longueur du tuyau



Perte de charge dans un coude de tuyau

p pression, Δp différentiel de pression, 1 écoulement secondaire

Perte de charge dans un élargissement



p pression, Δp différentiel de pression, 1 décollement de l'écoulement

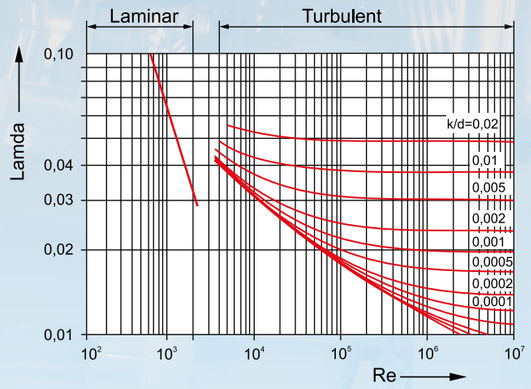
Les systèmes de tuyauterie sont constitués de différents éléments de tuyauterie ayant chacun des propriétés spécifiques. Lorsque l'on détermine les pertes de charge, on distingue les simples pertes par frottement dans les éléments de tuyauterie rectilignes et les pertes supplémentaires dans ce qu'on appelle les raccords de tuyauterie et autres éléments ajoutés tels que les soupapes. À la différence de ce qui se passe dans les éléments de tuyauterie, en plus des pertes par frottement causées par la rugosité de la surface, on observe dans les raccords de tuyauterie d'autres pertes liées à un décollement de l'écoulement ou à un écoulement secondaire.

La perte de charge dans un raccord de tuyauterie dépend du type de changement de direction; on l'appelle coefficient de traînée ζ. Les coefficients de traînée sont déterminés de manière expérimentale en mesurant la pression de l'entrée p_1 à la sortie p_2 du raccord de tuyauterie; on les retrouve sous la forme de valeurs indicatives dans des tableaux. Le coefficient de traînée indique la différence de pression que l'on doit avoir entre l'entrée et la sortie pour maintenir un débit défini dans un élément de tuyauterie.

Différentiel de pression avec des éléments de tuyauterie rectilignes

Le différentiel de pression Δp entre l'entrée et la sortie d'un élément de tuyauterie droit est calculé à partir du coefficient de frottement du tuyau λ, de la longueur de tuyau L, de la densité du fluide ρ et du carré de la vitesse moyenne v divisé par le diamètre intérieur du tuyau d_i.

$$\Delta p = \frac{\lambda \cdot L \cdot \rho \cdot v^2}{d_i \cdot 2}$$

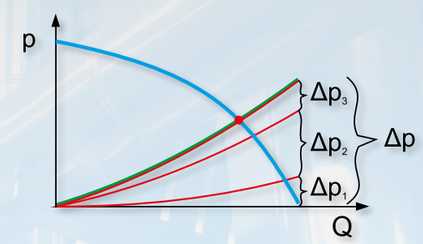


Le diagramme de frottement du tuyau montre la dépendance du coefficient de frottement du tuyau λ au nombre de Reynolds Re et à la rugosité k

Différentiel de pression sur des raccords de tuyauterie

Le différentiel de pression Δp entre l'entrée et la sortie d'un raccord de tuyauterie est calculé à partir du coefficient de traînée ζ, de la densité du fluide ρ et du carré de la vitesse moyenne v.

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

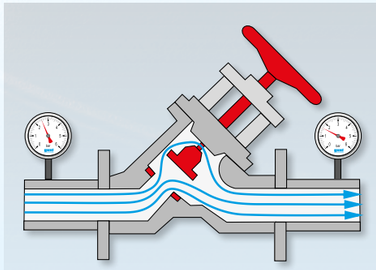


en rouge: *coefficients individuels Δp_{1-3} d'une installation,*
en vert: *coefficient total Δp de l'installation,*
en bleu: *caractéristique de la pompe*

Δp différentiel de pression, p pression, Q débit

L'addition de toutes les pertes de charge dans les différents éléments de tuyauterie donne la caractéristique de l'installation du système de tuyauterie. La caractéristique de l'installation permet de déterminer la hauteur de refoulement requise de la pompe en fonction du débit.

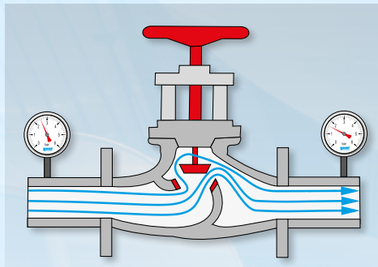
PERTES DE CHARGE DANS DES ROBINETTERIES D'ARRÊT



Les robinetteries d'arrêt sont utilisées pour stopper le débit dans des systèmes de tuyauterie. Les robinetteries d'arrêt les plus courantes sont les soupapes, robinets et robinets-vannes. La fermeture se fait de façon différente selon le type de robinetterie. La traversée des différentes robinetteries entraîne des pertes de charge différentes en fonction de la géométrie et de l'état d'ouverture.

Des pertes de charge ont lieu même en état d'ouverture complète du fait du changement de direction souvent important qui a lieu à l'intérieur de la robinetterie. Le différentiel de pression peut ici aussi être exprimé au travers du coefficient de traînée ζ pour l'état ouvert.

PERTES DE CHARGE DANS DES ROBINETTERIES DE RÉGULATION



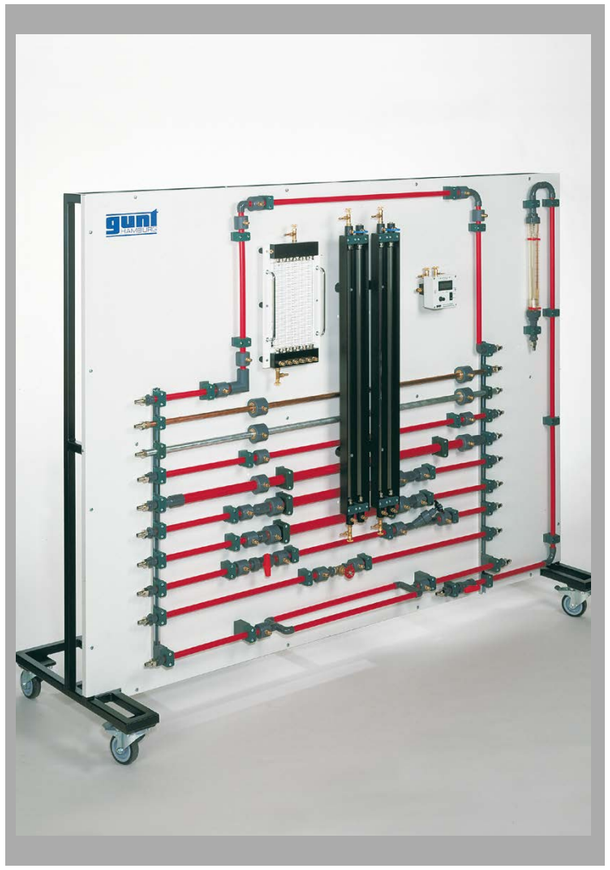
Sur les robinetteries de régulation, le débit peut être ajusté par le type de construction; on s'appuie donc sur ce dernier pour réguler le débit. Le débit pour chaque état d'ouverture est caractérisé par ce qu'on appelle la caractéristique de la soupape.

Pour la sélection des soupapes, les fabricants de robinetteries indiquent comme coefficient de débit la ***valeur K_{vs}*** avec une ouverture de 100% de la robinetterie. Ce coefficient de débit est une grandeur de mesure du régime maximal possible d'un fluide au travers d'une robinetterie. Pour des ouvertures de soupape inférieures à 100%, le coefficient de débit est appelé K_v. La valeur K_v est comprise entre 0 et la valeur K_{vs}.

Les valeurs K_v des robinetteries sont définies pour différents états d'ouverture en utilisant le débit Q et le différentiel de pression Δp entre l'entrée et la sortie de la robinetterie.

$$K_V = Q \cdot \sqrt{\frac{1\,bar}{\Delta p}}$$

HM 120 Pertes dans des éléments de tuyauterie



*** Étude des pertes de charge dans des éléments de tuyauterie**

*** Comparaison des pertes de composants similaires**

*** Différents types de mesure de la pression**

Description

Dans les conduites traversées par un écoulement d'eau, des pertes de charge se produisent suite au frottement du tuyau et aux différents changements de direction.

Le HM 120 permet l'étude expérimentale des pertes de charge dans les tuyaux et dans différents éléments de tuyauterie.

Le banc d'essai comprend dix sections de tuyau avec différents éléments de tuyauterie. Quatre des sections de tuyau sont rectilignes et ont une surface de section constante; ils se distinguent par leur matériau et leur section. L'une des sections de tuyau comprend trois formes de changement de direction: coude de tuyau, angle de tuyau et coude à segments. Dans deux autres sections de tuyau, on trouve diverses robinetteries d'arrêt avec différentes résistances. On étudie les caractéristiques d'ouverture des robinetteries dans le cadre de l'essai. Dans deux autres sections de tuyau, des rétrécissements et des élargissements continus et brusques sont montés. La dernière section de tuyau est une conduite double parallèle.

Pour le fonctionnement, on a besoin d'un raccord d'eau et d'un drain. Si le banc d'essai doit fonctionner sous la forme d'un circuit fermé sans connexion au réseau d'alimentation en eau, il est possible du faire en utilisant HM 130.01.

Les points de mesure de la pression dans le système de tuyauterie ont la forme de chambres annulaires et se trouvent juste avant et après les éléments de tuyauterie. Ce qui permet d'assurer la précision des mesures de pression. Les capteurs sont reliés par paires à un appareil de mesure de pression différentielle, un tableau de manomètre ou un manomètre à double tubes sur lesquels on peut lire le différentiel de pression respectif. Le débit est affiché sur un rotamètre.

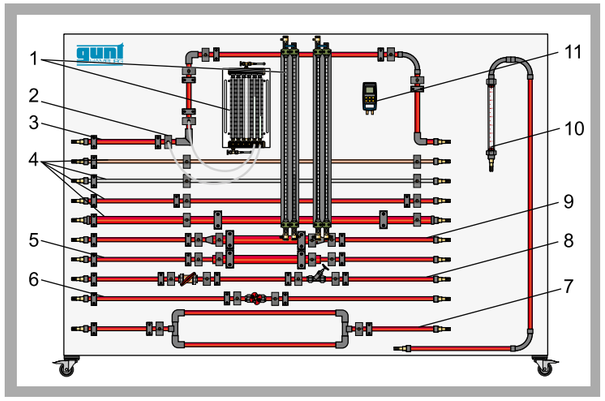
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

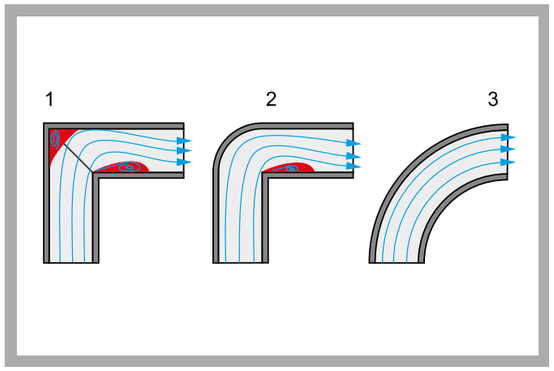
- différentes méthodes de mesure de la pression différentielle
- influence des diamètres de tuyau, des matériaux et rugosités de surface
- influence de la vitesse d'écoulement
- pertes de charge dans le coude de tuyau, l'angle de tuyau et le coude à segments
- pertes de charge lors des modifications de section
- détermination de coefficients de traînée
- caractéristique de la soupape de différentes robinetteries
- comparaison entre l'essai et le calcul

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

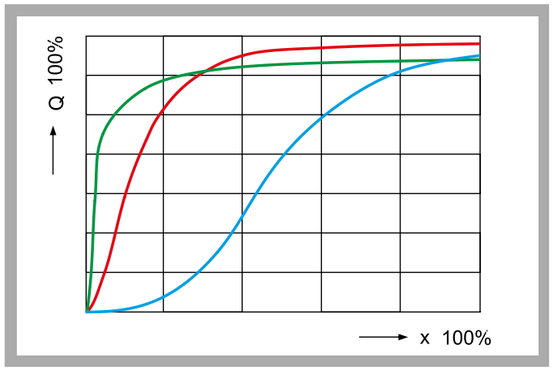
HM 120 Pertes dans des éléments de tuyauterie



1 manomètre à tubes, 2 point de mesure de la pression, 3 section de tuyau avec changements de direction, 4 sections de tuyau rectilignes, 5 rétrécissement ou élargissement brusques, 6 robinet-vanne, 7 conduite double, 8 robinet à tournant sphérique et soupape à tête inclinée, 9 rétrécissement et élargissement continus, 10 débitmètre, 11 appareil de mesure de pression différentielle



Représentation schématique de l'écoulement à travers différents raccords
1 coude à segments, 2 angle de tuyau, 3 coude de tuyau; en rouge: zone de formation de tourbillons



Caractéristique de la soupape des robinetteries d'arrêt: en vert: soupape à tête inclinée, en rouge: robinet-vanne, en bleu: robinet à tournant sphérique;
Q débit, x état d'ouverture

Spécification

[1] étude des pertes de charge dans des éléments de tuyauterie
[3] 10 sections de tuyau différentes
[4] mesure des pertes de charge dans des soupapes, changements de direction de tuyau, tuyaux droits, rétrécissement ou élargissement ou conduites parallèles
[5] sélection de sections de tuyau avec flexibles de raccordement à accouplement rapide
[6] fonctionnement par le réseau d'alimentation en eau ou en circuit d'eau fermé avec HM 130.01
[7] mesure du débit au moyen d'un rotamètre
[8] capteurs de pression dans des chambres annulaires
[9] mesure de pression différentielle avec appareil de mesure de la pression différentielle, manomètre à double tubes ou manomètre à 6 tubes

Caractéristiques techniques

Sections de tuyau, longueur: 1000mm
- droite, Cu, diamètre: 18x1mm,
- droite, acier galvanisé, diamètre: ½",
- droite, PVC, diamètre:20x1,5mm,
- droite, PVC, diamètre: 32x1,5mm
- section avec coude à segments, angle de tuyau, coude de tuyau
- élargissement continu / brusque du diamètre: de 20 à 32mm
- rétrécissement continu / brusque du diamètre: de 32 à 20mm
- conduite double, PVC, diamètre: 20x1,5mm

Plages de mesure
Débit: 0...1600L/h
Pression différentielle:
- appareil de mesure de pression différentielle: 0...2000mbar
- manomètre à double tubes: 1000mmCE
- manomètre à 6 tubes: 340mmCE

Dimensions et poids

Lxlxh: 2250x760x1800mm
Poids: env. 127kg

Nécessaire pour le fonctionnement

Raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 appareil de mesure de pression différentielle
1 jeu de flexibles
1 documentation didactique

Références de commande

070.12000	HM 120	Pertes dans des éléments de tuyauterie

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 112 Banc d'essai de mécanique des fluides

*** Circuit d'eau fermé**

*** Nombreuses possibilités d'essais de base de mécanique des fluides**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition de données**

Description

Les connaissances sur l'écoulement dans des systèmes de tuyauterie trouvent des applications dans de nombreux domaines. Lorsque de l'eau s'écoule au travers d'un système de tuyauterie, des pertes de charge se produisent suite au frottement interne et au frottement du tuyau. Les pertes de charge dans le fluide et dépendent de manière directe des résistances installées et de la vitesse d'écoulement.

Le banc d'essai HM 112 permet de réaliser une grande diversité d'expériences sur la mesure du débit et de la pression ainsi que sur la détermination des pertes de charge et des évolutions de la pression sur différents éléments de tuyauterie. L'évaluation des valeurs de mesure se fait à l'aide du logiciel GUNT fourni. Vous pouvez ainsi facilement enregistrer des caractéristiques et les évaluer directement sur le PC.

Le banc d'essai comprend six sections de tuyau différentes disposées horizontalement. Ce qui permet d'étudier l'influence sur la perte de charge du matériau, du diamètre ainsi que de la section et des changements de direction du tuyau. Une seconde section de tuyau permet d'y installer des objets de mesure comme: les soupapes, le collecteur d'impuretés, le tube de Venturi, le tube de Pitot, l'orifice de mesure ou tuyère de mesure. Les objets de mesure sont transparents de manière à pouvoir visualiser les différentes fonctions. Un jeu d'objets de mesure supplémentaire (HM 110.01) est disponible, ce qui permet d'étendre les possibilités d'essai.

Le banc d'essai fonctionne indépendamment du réseau d'alimentation en eau et est équipé d'une pompe et d'un réservoir d'eau. Un rotamètre se trouvant sur le banc d'essai permet de déterminer le débit. Des points de mesure de la pression se trouvent juste avant et après les objets de mesure, qui ont la forme de chambres annulaires. Cela permet d'assurer la précision des mesures de pression. Cinq appareils de mesure de la pression avec affichages analogiques ou numériques sont prévus pour mesurer la pression. Selon le procédé de mesure, les valeurs de mesure peuvent être lues soit de manière analogique sur le manomètre, soit sur des affichages numériques. Les valeurs de mesure sont transmises vers un PC afin d'y être évaluées à l'aide d'un logiciel fourni. La transmission des données au PC se fait par une interface USB.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

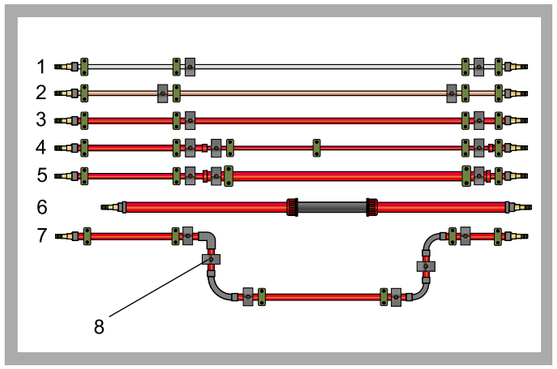
Contenu didactique / Essais

- procédés de mesure du débit et de la pression
- fonction de la buse, du diaphragme, du tube de Venturi
- pertes au niveau de coudes de tuyau, angles de tuyau, modifications de section et robinetteries d'arrêt
- détermination des coefficients de frottement d'un tuyau et des coefficients de traînée
- caractéristiques d'ouverture avec des robinetteries d'arrêt

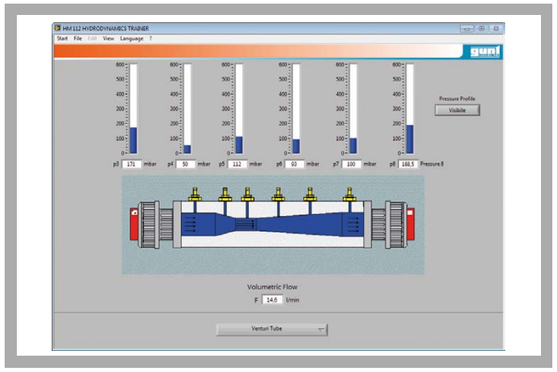
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 112 Banc d'essai de mécanique des fluides

1 thermomètre, 2 manomètre à double tubes, 3 rotamètre, 4 différentes sections de tuyau, 5 pompe, 6 réservoir de stockage, 7 capteur de pression, 8 capteur de pression différentielle, 9 affichages numériques de la pression, 10 manomètre à 6 tubes



Représentation des sections de tuyau
1 tuyau en acier, 2 tuyau en cuivre, 3 tuyau en PVC, 4 rétrécissement de section, 5 élargissement de section, 6 section de mesure pour l'enregistrement d'objets de mesure, 7 coudes de tuyau et angles de tuyau, 8 point de mesure avec chambre annulaire



Capture d'écran du logiciel: évolution de la pression et de la vitesse dans un tube de Venturi

Spécification

[1] banc d'essai pour essais de mécanique des fluides
[2] objets de mesure interchangeables, en partie transparents: soupape à tête inclinée, soupape à diaphragme, robinet à tournant sphérique, soupape de retenue, collecteur d'impuretés, tube de Pitot, tube de Venturi, orifice de mesure et tuyère de mesure
[3] sections de tuyau différentes
[4] les chambres annulaires assurent la précision des mesures de pression
[5] manomètre à tubes pour la mesure de la pression différentielle
[6] mesure du débit au moyen d'un rotamètre
[7] affichages numériques de la pression et de la pression différentielle
[8] logiciel GUNT pour l'acquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7
[9] jeu d'objets de mesure supplémentaire HM 110.01

Caractéristiques techniques

Pompe
- puissance absorbée: 0,68kW
- débit de refoulement max.: 7,2m³/h
- hauteur de refoulement max.: 22,8m

Réservoir de stockage: 55L
Section de tuyau pour objets de mesure interchangeables
- 32x1,8mm, PVC

3 sections de tuyau rectilignes, longueur: 1000mm
- ½", acier galvanisé
- 18x1mm, cuivre
- 20x1,5mm, PVC

Section de tuyau, PVC
- rétrécissement continu, diamètre: 20x1,5-16x1,2mm
- élargissement continu, diamètre: 20x1,5-32x1,8mm
- avec angle de tuyau et coude de tuyau à 90°, diamètre: 20x1,5mm

Manomètre à tubes: 2x 2 tubes, 1x 6 tubes
Plages de mesure
- pression différentielle: 0...200mbar
- pression: 6x 0...600mbar
- débit: 0,4...4m³/h
- température: 0...60°C

Dimensions et poids

Lxlxh: 2220x820x1980mm
Poids: env. 250kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 jeu de flexibles avec accouplement rapide
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.11200	HM 112	Banc d'essai de mécanique des fluides

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 110.01 *Jeu d'objets de mesure, laiton*

*** Robinetteries d'usage courant dans l'industrie**

*** Mesure précise de la pression par des chambres annulaires**

Description

Les robinetteries d'arrêt sont utilisées dans la pratique pour réguler les écoulements de matière dans les conduites. Selon l'état d'ouverture de chaque robinetterie d'arrêt, le changement de direction de l'écoulement entraîne une perte de charge dans le fluide. Cette perte de charge dépend de la géométrie et du principe de fonctionnement de chaque robinetterie et détermine leur domaine d'utilisation. En raison de leur perte de pression régulière selon différents états d'ouverture, certaines robinetteries se prêtent particulièrement bien à l'ajustage de différents débits. D'autres robinetteries produisent des résistances élevées et sont donc uniquement adaptées à la fermeture ou à l'ouverture complète de conduites.

Le HM 110.01 comprend des robinetteries d'usage courant de l'industrie à utiliser dans le banc d'essai HM 112. Le jeu comprend une soupape de retenue, un robinet-vanne, une soupape à tête inclinée, une soupape d'arrêt et un collecteur d'impuretés.

Des points de mesure de la pression se trouvent juste avant et après les éléments de tuyauterie, qui ont la forme de chambres annulaires. Ce qui permet d'assurer la précision des mesures de pression. Les différentes robinetteries peuvent être installées sans outils dans la section de mesure du banc d'essai HM 112.

Contenu didactique / Essais

- détermination de la caractéristique d'ouverture de différentes robinetteries
- détermination de la perte de charge dans différentes soupapes

Liste de livraison

1 jeu d'objets de mesure

Spécification

[1] robinetteries d'usage courant en laiton
[2] robinetteries équipées de raccords à vis, ce qui permet l'installation sans outils dans la section de mesure
[3] mesure précise de la pression différentielle par des chambres annulaires

Caractéristiques techniques

- soupape de retenue, droite
- soupape à tête inclinée
- soupape d'arrêt, droite
- robinet-vanne
- collecteur d'impuretés

Dimensions et poids

L: max. 330mm par objet de mesure (avec vissage)
Poids: env. 1,5kg

Références de commande

070.11001	HM 110.01	Jeu d'objets de mesure, laiton

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

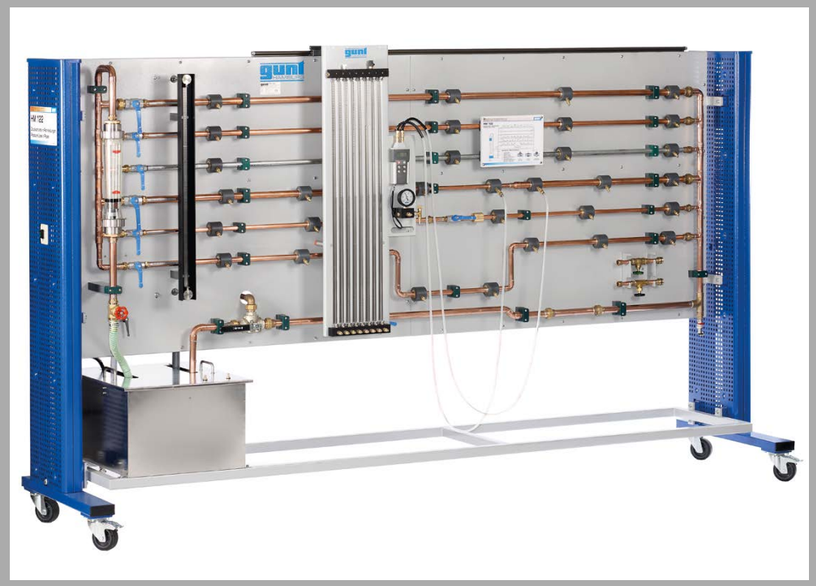
DOCUMENTATION DIDACTIQUE ET LOGICIEL

La politique de programmation de GUNT est la suivante:

Le matériel de qualité supérieure et la documentation didactique clairement mis au point garantissent le succès de l'enseignement et de l'apprentissage à l'aide d'un appareil d'essai. La partie essentielle du matériel d'accompagnement se compose des essais de référence que nous avons effectués. La description de l'essai comporte le montage expérimental concret jusqu'à l'interprétation des résultats obtenus. Un groupe d'ingénieurs expérimentés met au point et gère la documentation didactique.

Le logiciel – nous parlons en l'occurrence de l'acquisition de données de mesure assistée par PC – dispose toujours d'une aide en ligne étendue grâce à laquelle les fonctions et l'application sont expliquées. Le logiciel GUNT est mis au point et géré dans notre société par un autre groupe d'ingénieurs expérimentés.

HM 122 Pertes de charge dans des conduites



*** Résistances et pertes dans un écoulement tubulaire turbulent**

*** Circuit d'eau fermé avec réservoir et pompe**

*** Très bons résultats de mesure sur des longues sections de mesure avec plusieurs points de mesure de la pression**

*** Mesure précise de la pression par des chambres annulaires**

Description

La connaissance des pertes de charge dans différents éléments de tuyauterie joue un rôle important dans le dimensionnement des systèmes de tuyauterie. Le banc d'essai HM 122 permet de déterminer de manière expérimentale ces coefficients importants et d'étudier l'évolution de la pression dans des sections de tuyau typiques.

Le banc d'essai comprend trois sections de tuyau rectilignes fabriquées dans des matériaux différents et ayant des diamètres divers. Sont également inclus: une section de tuyau avec coudes, une section de tuyau avec rétrécissement et élargissement et une section de tuyau avec robinetteries interchangeables.

Du fait de la longueur importante (2,5m) des sections de tuyau, et grâce à la présence d'au moins cinq points de mesure de la pression, il est possible de réaliser des mesures très exactes et de démontrer la baisse linéaire de la pression dans une conduite.

Un rotamètre et un réservoir de mesure volumétrique sont inclus pour permettre la réalisation de mesures comparatives et d'exercices d'étalonnage. La mesure volumétrique à l'aide d'un chronomètre donne des résultats de mesure très précises, a fortiori avec des débits volumétriques faibles. Un manomètre à tubes, un manomètre à tube de Bourdon et un capteur de pression différentielle sont à disposition pour les mesures de pression et de pression différentielle.

Les points de mesure de la pression ont la forme de chambres annulaires, ce qui permet une mesure précise de la pression. Un tableau de manomètres permet de gagner de la place et d'assurer un accès optimal. Le banc d'essai comprend un circuit d'eau fermé avec réservoir et pompe submersible. Ce qui rend l'utilisation du banc d'essai indépendante du réseau du laboratoire.

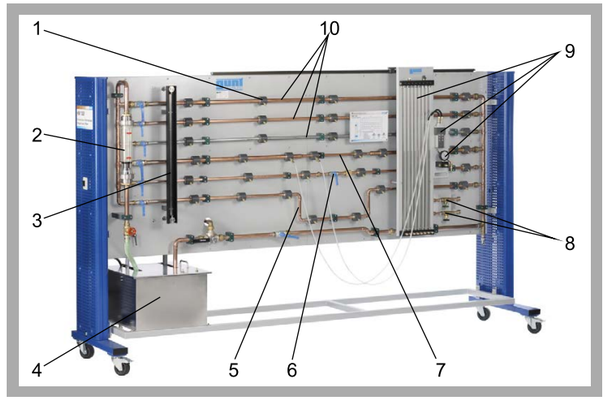
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

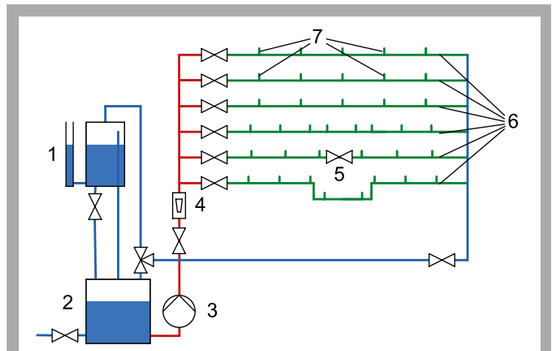
- principes de base de la mesure du débit
- principes de base de la mesure de pression
- détermination du coefficient de frottement du tuyau avec des matériaux et diamètres différents
- coefficients de traînée de coudes, élargissements et rétrécissements
- pertes de charge et caractéristiques d'ouverture sur des robinetteries

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

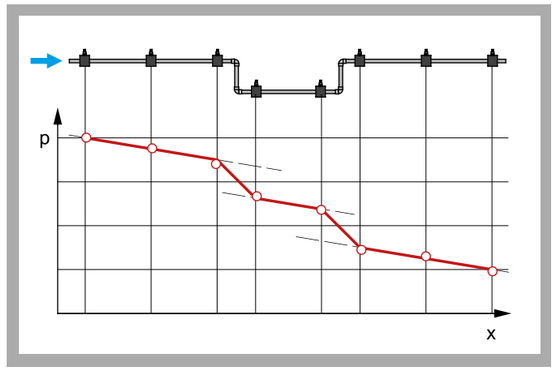
HM 122 Pertes de charge dans des conduites



1 chambre annulaire pour la mesure de pression, 2 rotamètre, 3 affichage du remplissage du réservoir de mesure, 4 réservoir avec pompe submersible, 5 section de tuyau avec coudes, 6 section de tuyau avec robinetteries interchangeables, 7 section de tuyau avec rétrécissement et élargissement, 8 robinetteries interchangeables, 9 tableau déplaçable avec manomètre à tube de Bourdon, capteur de pression différentielle et manomètre à tubes, 10 longue section de tuyau



1 réservoir de mesure volumétrique, 2 réservoir de stockage, 3 pompe submersible, 4 rotamètre, 5 robinetteries interchangeables, 6 différentes sections de tuyau, 7 points de mesure de la pression



Évolution de la pression dans la section de tuyau avec 4 coudes (en haut); x position dans la section de tuyau, p pression de l'eau

Spécification

[1] étude de pertes de charge
[2] 3 sections de tuyau longues en cuivre et acier avec différents diamètres
[3] section de tuyau avec coudes
[4] section de tuyau avec rétrécissement et élargissement brusques
[5] section de tuyau avec robinetteries interchangeables, avec différentes caractéristiques d'ouverture: soupape à pointeau, soupape d'arrêt, robinet à tournant sphérique
[6] détermination de l'évolution de la pression le long de la section de mesure avec jusqu'à 8 points de mesure de la pression
[7] mesure sans interférences de la pression par le biais de chambres annulaires
[8] mesures de pression et de pression différentielle avec un manomètre à 8 tubes, un manomètre à tube de Bourdon et un capteur de pression différentielle électronique
[9] mesure du débit au moyen d'un rotamètre et réservoir de mesure volumétrique
[10] circuit d'eau fermé avec réservoir et pompe submersible
[11] réservoir en acier inoxydable

Caractéristiques techniques

Pompe
- puissance absorbée: 0,45kW
- débit de refoulement max.: 4,8m³/h
- hauteur de refoulement max.: 22,6m

3 sections de tuyau rectilignes, longueur de mesure: 2,5m
- cuivre, diamètre: 28x1mm, 22x1mm
- acier, diamètre: 1/2"

Section de tuyau avec coudes
- cuivre, diamètre: 22x1mm

Section de tuyau avec rétrécissement/élargissement
- cuivre
- rétrécissement, diamètre: 18x1mm
- élargissement, diamètre: 28x1mm

Section de tuyau avec robinetteries
- cuivre, diamètre: 18x1mm

Réservoir de mesure volumétrique: 20L
Réservoir d'eau: 110L
Plages de mesure
- pression: -1...1,5bar
- pression différentielle: 1x 0...+/-350mbar, 8x 0...1000mmCE
- débit: 1x 400...4000L/h

Dimensions et poids

Lxlxh: 3260x790x1930mm; Poids: env. 325kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai, 1 documentation didactique

Références de commande

070.12200	HM 122	Pertes de charge dans des conduites

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 111 *Réseaux de tuyauterie*

*** Construction de différents réseaux de tuyauterie**

*** Pertes de charge dans différents éléments de tuyauterie et réseaux de tuyauterie**

*** Circuit d'eau fermé avec réservoir et pompe**

Description

L'une des tâches importantes de la construction de conduites consiste à déterminer la pression et le débit dans des systèmes de conduites complexes. Dans la pratique, on se sert du calcul des pertes totales de pression comme base pour le dimensionnement de groupes d'entraînement d'installations de chauffage ou de climatisation, d'installations d'alimentation en eau potable ainsi que de parties d'installations de traitement des eaux usées. La connaissance des pertes de charge est en plus utilisée pour optimiser leur fonctionnement.

Le HM 111 permet la construction et l'étude de différents réseaux de tuyauterie tels que les montages de tuyaux en parallèle et en série, leur ramification et leur réunion, ainsi que l'étude de tuyaux seuls. Par analogie avec les lois de Kirchhoff sur l'électricité, il est possible de réaliser des analyses au niveau des nœuds.

Les cinq sections de tuyau prémontées sur la partie supérieure du banc d'essai sont reliées entre elles à l'aide d'éléments de tuyauterie pour former des réseaux de tuyauterie. Les réservoirs, tuyaux, éléments de tuyauterie et robinetteries sont entièrement en plastique. Les différentes sections de tuyau sont bloquées par des robinets à tournant sphérique. Dans le cadre d'essais, on enregistre et on évalue les pertes de charge dans différentes configurations de réseaux de tuyauterie.

Deux manomètres pour différentes plages de mesure sont fournis pour les mesures de pression différentielle. La mesure du débit se fait de manière volumétrique.

Le banc d'essai est équipé de sa propre alimentation en eau. Le circuit d'eau fermé comprend un réservoir de stockage avec pompe submersible.

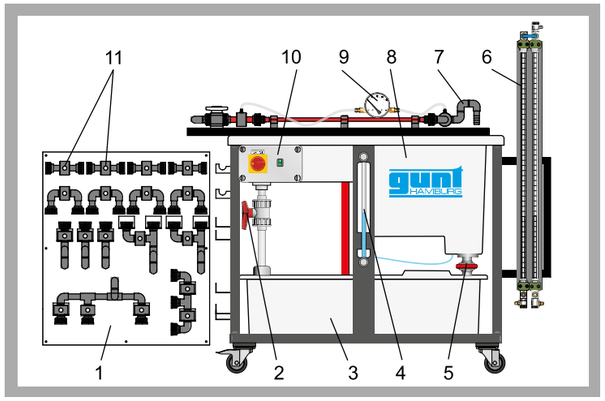
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

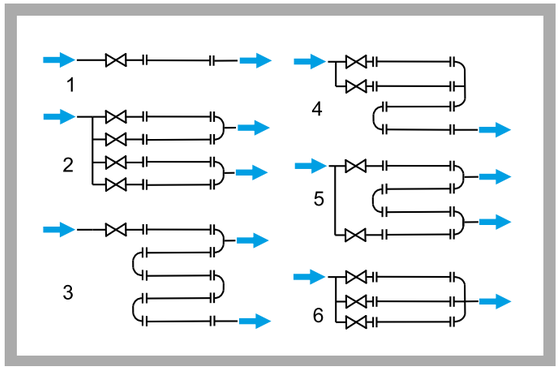
- enregistrement de la courbe d'étalonnage de différentes sections de tuyau: perte de pression en fonction du débit
- montages de sections de tuyau en parallèle
- montages de sections de tuyau en série
- montage combiné en série et en parallèle
- étude d'une conduite circulaire
- mesure de pression différentielle
- pertes de charge dans différents éléments de tuyauterie

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

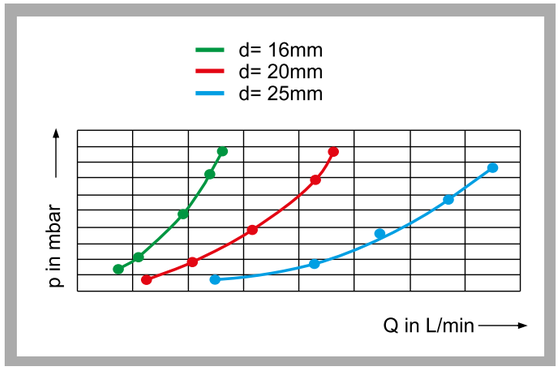
HM 111 *Réseaux de tuyauterie*



1 panneau avec éléments de tuyauterie, 2 soupape pour l'ajustage du débit, 3 réservoir de stockage avec pompe submersible, 4 affichage du remplissage avec réservoir de mesure, 5 robinet-vanne pour la purge du réservoir de mesure, 6 manomètre à double tubes, 7 sections de tuyau, 8 réservoir de mesure, 9 manomètre de pression différentielle, 10 coffret de distribution, 11 point de mesure de la pression



Différents configurations de réseaux de tuyauterie
1 étalonnage de sections de tuyau, 2 doublage, 3 montage en série, 4 montages en parallèle et en série, 5 conduite circulaire, 6 montage en parallèle



Le diagramme montre la perte de pression par le débit pour différents diamètres de tuyau: p pression, Q débit, d diamètre intérieur

Spécification

[1] étude de différents réseaux de tuyauterie
[2] 5 sections de tuyau prémontées avec différents diamètres
[3] panneau pour éléments de tuyauterie
[4] construction de réseaux de tuyauterie avec des sections de tuyau et différents éléments de tuyauterie
[5] étalonnage de sections de tuyau
[6] montages en parallèle et montage en série de sections de tuyau
[7] construction d'une conduite circulaire
[8] mesure de la pression différentielle avec manomètre à double tubes et manomètre de pression différentielle
[9] mesure du débit avec réservoir de mesure verrouillable, chronomètre et affichage du remplissage

Caractéristiques techniques

Pompe
- puissance absorbée: 250W
- débit de refoulement max.: 9m³/h
- hauteur de refoulement max.: 7,6m

Réseau de tuyauterie, débit de refoulement max.: 4,8m³/h
Sections de tuyau, longueur respective de 700mm
- 1x: 25x1,9mm
- 2x: 20x1,5mm
- 2x: 16x1,2mm

Manomètre à double tubes
Réservoir d'eau: 180L
Réservoir pour mesure du débit
- petite plage de mesure: 10L
- grande plage de mesure: 60L

Chronomètre: 1/100s

Plages de mesure
- pression différentielle: 0...1bar
- pression différentielle avec manomètre à tubes: 2x 0...100mbar

Dimensions et poids

Lxlxh: 1550x800x1600mm
Poids: env. 140kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 chronomètre
1 documentation didactique

Références de commande

070.11100	HM 111 Réseaux de tuyauterie

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 124 ÉCOULEMENT TUBULAIRE DANS UNE INS TALLATION D'ESSAI COMPLEXE

Installation d'essai HM 124 dans un laboratoire aménagé avec un réservoir sous pression étendu comme section d'essai

L'installation d'essai de mécanique des fluides HM 124 permet de réaliser de nombreux essais du domaine de la mécanique des fluides. Elle est composée des modules suivants: station de pompage, différentes sections de mesure, poste de commande, système de réservoirs ainsi qu'un système réglé de pression optionnel.

Cette installation d'essai très complète permet la réalisation d'essais très exigeants du domaine de la mécanique des fluides.

La conception individualisée des sections de tuyau ainsi que l'utilisation de robinetteries et de techniques de mesure industrielles permet entre autres un enseignement étendu de l'écoulement tubulaire en étroite relation avec la pratique.

La grande échelle des dispositifs d'essai permet d'obtenir des résultats de mesure proches du réel.

Essais dans le domaine de l'écoulement tubulaire

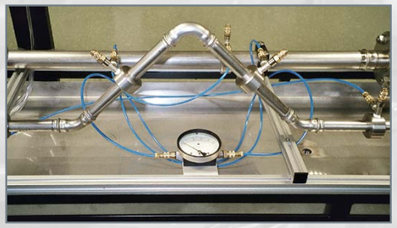
- mesures de pertes de charge dans des coudes et conduites présentant des rugosités différentes
- mesures de la distribution de la vitesse dans des tuyaux
- visualisation de l'écoulement tubulaire
- détermination des coefficients de perte dans les robinetteries
- enregistrement des caractéristiques d'ouverture et des valeurs K_v
- opérations de réglage et d'entretien sur des soupapes

Autres essais

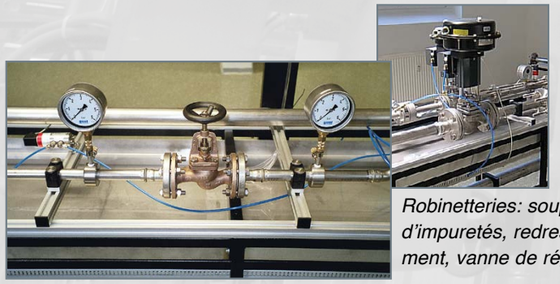
- enregistrement de caractéristiques de pompes
- détermination de rendements de pompes
- influence de la caractéristique de l'installation sur le débit de refoulement et le point de fonctionnement des pompes

Vous trouverez des détails supplémentaires sur cette installation d'essai à la page 372 et suivantes

Techniques de mesure industrielles



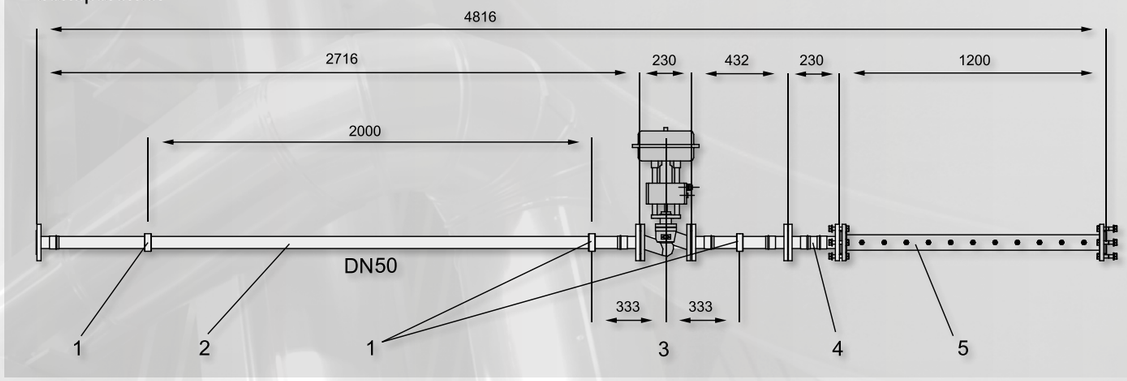
Éléments de tuyauterie: coudes à 45° et 90°



Robinetteries: soupapes, collecteur d'impuretés, redresseur d'écoulement, vanne de régulation

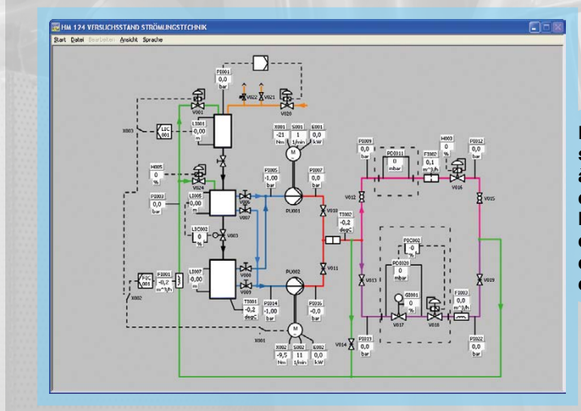
LA SECTION DE MESURE

La longueur des sections de mesure offre suffisamment de sections d'entrée et de sections de sortie pour la formation de l'écoulement. L'observation de l'écoulement tubulaire dans le sillage d'une robinetterie est rendue possible par une injection d'encre dans une conduite transparente.



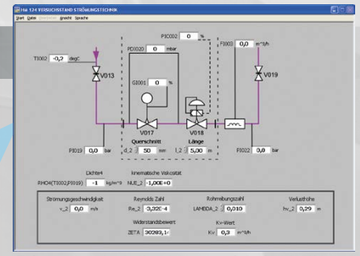
***1** points de mesure des pertes de charge dans des éléments de tuyauterie, **2** section de tuyau définie pour la mesure des coefficients de frottement du tuyau, **3** plage de mesure pour la valeur K_v de contrôle de la soupape, **4** élément de tuyauterie ou redresseur d'écoulement, **5** section de tuyau transparente pour observer la diminution des tourbillons après des perturbations*

APERÇU DE L'ACQUISITION DES DONNÉES

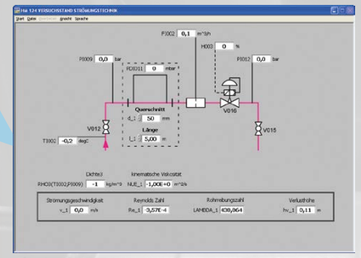


Toutes les valeurs de mesure de l'installation d'essai HM 124 sont représentées dans un schéma clair sur un PC.

Des sous-schémas sont à disposition dans le logiciel pour des séries d'essais détaillées



Détermination d'une caractéristique d'ouverture et des valeurs K_v sur des robinetteries et des vannes de régulation



Pertes de charge dans des sections de tuyau et des éléments de tuyauterie

HL 102 Génie des installations: Pertes dans des tuyaux différents

*** Pertes de charge dans des conduites**

*** Matériaux différents et diamètres divers**

Description

Dans des tuyaux traversés par un écoulement, des pertes de charge ont lieu suite au frottement entre les parois du tuyau et l'eau. La perte de charge dépend directement de la rugosité de la surface de la paroi interne du tuyau et donc du matériau utilisé. En plus, la perte de charge est influencée par la vitesse de l'écoulement et par la surface de section traversée par l'écoulement.

Avec le HL 102, on étudie la perte de charge de fluides incompressibles dans des éléments de tuyauterie rectilignes entièrement traversés par un écoulement. Le banc d'essai est adapté à l'évaluation de l'influence de différents matériaux et diamètres sur l'écoulement. Les éléments de tuyauterie utilisés sont similaires à ceux que l'on trouve dans le commerce pour le génie thermique ou le génie sanitaire. Le tableau sur lequel les éléments sont clairement disposés est fixé sur un cadre stable et mobile.

Quatre éléments de tuyauterie y sont montés, qui peuvent être sélectionnés individuellement par des robinets à tournant sphérique. Le débit est ajusté à l'aide de soupapes au départ et au retour, et lu sur un rotamètre.

Les points de mesure de la pression dans le système de tuyauterie ont la forme de chambres annulaires et se trouvent entre le début et la fin des sections de mesure. Ce qui permet d'assurer la précision des mesures de pression. Les capteurs de mesure sont reliés par paires à un appareil de mesure de pression différentielle sur l'écran duquel on peut lire le différentiel de pression respectif.

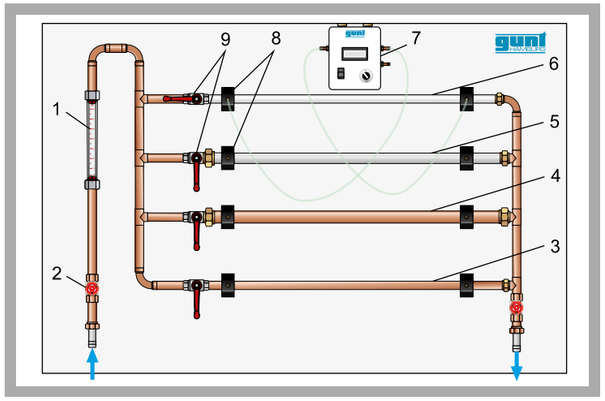
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

Étude des pertes de charge dans des tuyaux traversés par un écoulement
- mesure de la pression différentielle dans différentes sections de tuyau
- influence exercée par des diamètres différents
- influence exercée par différents matériaux et rugosités de surface
- influence de la vitesse d'écoulement
- comparaison entre l'expérience réalisée et le calcul

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 102 Génie des installations: Pertes dans des tuyaux différents



1 débitmètre, 2 soupape départ, 3 section de tuyau en cuivre 15x1mm, 4 section de tuyau en cuivre 18x1mm, 5 section de tuyau en acier 1/2", 6 section de tuyau en plastique transparent, 7 appareil de mesure de pression différentielle, 8 points de mesure de la pression, 9 robinets à tournant sphérique pour la sélection de sections de tuyau

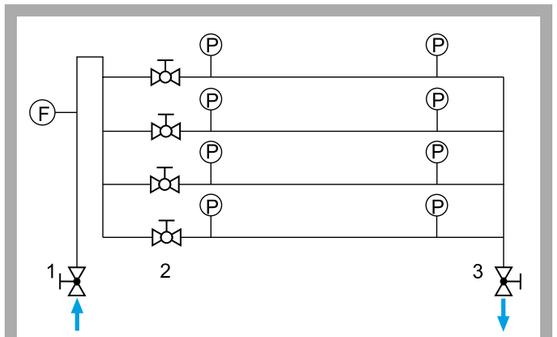
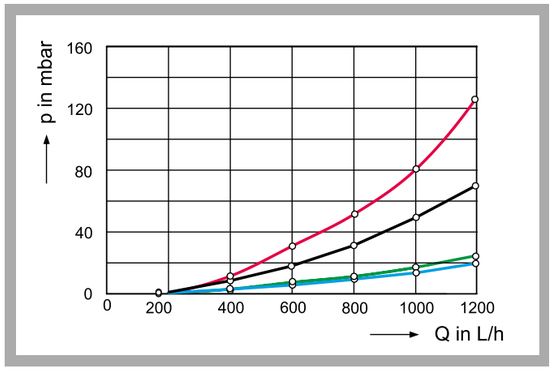


Schéma de processus avec position des points de mesure: 1 départ, 2 robinet à tournant sphérique pour la sélection du section de mesure, 3 retour; P pression, F débit



Pressions différentielles mesurées avec différents débits:
en rouge: plastique, en noir: cuivre, diamètre=15x1mm, en vert: acier, diamètre =1/2", en bleu: cuivre, diamètre=18x1mm; Q débit, p pression

Spécification

[1] étude des pertes de charge dues à des frottements dans des tuyaux traversés par un écoulement
[2] éléments de tuyauterie tels qu'on les trouve dans le commerce pour le génie thermique ou le génie sanitaire
[3] tableau avec disposition claire, fixé sur un cadre stable et mobile
[4] quatre sections de mesure avec différentes sections de tuyau et matériaux
[5] sections de tuyau sélectionnables par des robinets à tournant sphérique
[6] raccords d'eau avec accouplements rapides au départ et au retour
[7] débit ajustable par des soupapes
[8] mesure du débit au moyen d'un rotamètre
[9] mesure de pression différentielle par un appareil de mesure de pression différentielle avec écran

Caractéristiques techniques

Section de tuyau, longueur de mesure: 1000mm
- section de tuyau 1: plastique transparent, diamètre: 20x1,5mm
- section de tuyau 2: acier, diamètre: 1/2"
- section de tuyau 3: cuivre, diamètre: 18x1mm
- section de tuyau 4: cuivre, diamètre: 15x1mm

Appareil de mesure de pression différentielle

Plages de mesure
- débit: 150...1600L/h
- pression différentielle: -350mbar...350mbar

Dimensions et poids

Lxlxh: 1650x700x1850mm
Poids: env. 92kg

Nécessaire pour le fonctionnement

Raccord d'eau: 1500L/h, drain

Liste de livraison

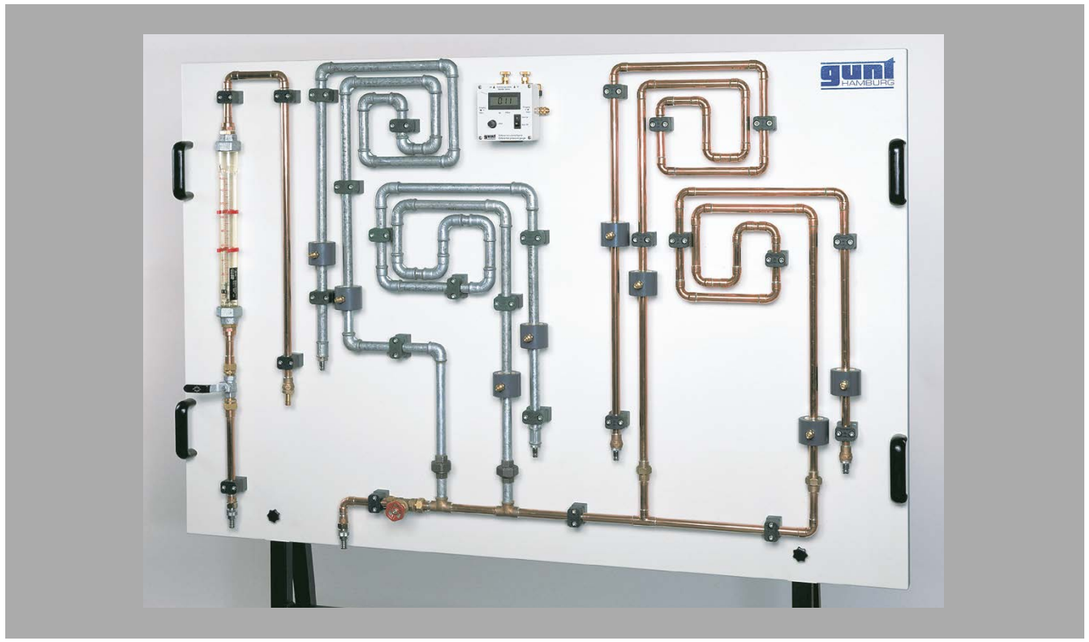
1 banc d'essai
1 appareil de mesure de pression différentielle
1 jeu de flexibles
1 documentation didactique

Références de commande

065.10200	HL 102	Génie des installations: Pertes dans des tuyaux différents

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 103 *Génie des installations: Pertes dans des coudes de tuyau*



*** Résistances à l'écoulement dans des conduites**

*** Sections de mesure avec différents matériaux et changements de direction**

Description

Dans les tuyaux traversés par un écoulement, en plus des pertes de charge suite au frottement du tuyau, on observe également des pertes de charge au niveau des changements de direction de tuyau. Dans la pratique, divers changements de direction de tuyau présentant des géométries différentes sont utilisés dans les réseaux de tuyauterie.

Avec le HL 103, on étudie l'influence sur l'écoulement tubulaire de différents changements de direction composés de matériaux différents. Les éléments de tuyauterie utilisés sont similaires à ceux que l'on trouve dans le commerce pour le génie thermique ou le génie sanitaire. Le tableau sur lequel les éléments sont clairement disposés est fixé sur un cadre stable et mobile.

Le banc d'essai comprend quatre éléments de tuyauterie présentant chacun dix changements de direction sur une longueur de conduite identique. Deux sections de mesure respectives ont des rayons différents et sont composés de matériaux différents. Un flexible permet d'assurer la connexion à la section de mesure souhaitée. Le débit est ajusté à l'aide de soupapes au départ et au retour, et lu sur un rotamètre.

Les points de mesure de la pression dans le système de tuyauterie ont la forme de chambres annulaires et se trouvent entre le début et la fin des sections de mesure. Ce qui permet d'assurer la précision des mesures de pression. Les capteurs de mesure sont reliés par paires à un appareil de mesure de pression différentielle sur l'écran duquel on peut lire le différentiel de pression respectif.

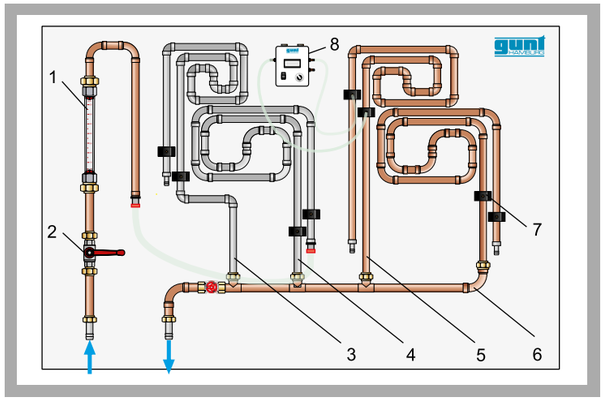
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

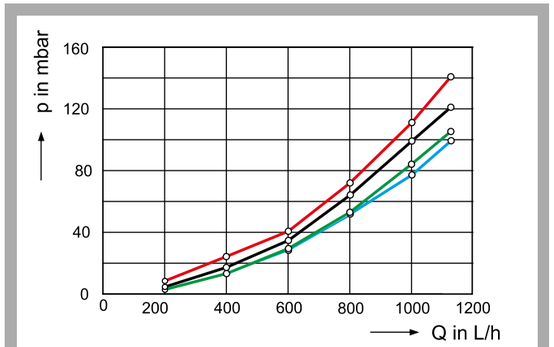
- mesure du débit
- mesure de pression différentielle
- influence du matériau et de la rugosité de surface
- influence de la vitesse d'écoulement
- influence des changements de direction de tuyau

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

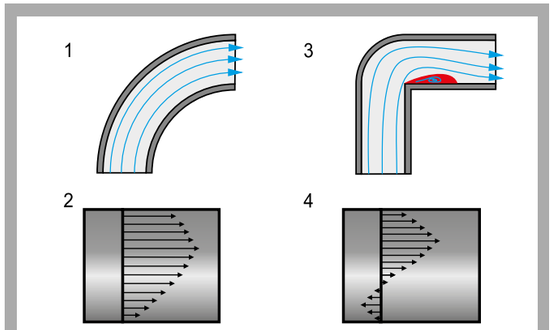
HL 103 *Génie des installations: Pertes dans des coudes de tuyau*



1 débitmètre, 2 soupape départ, 3 section de mesure en acier et angle de tuyau, 4 section de mesure en acier et coude de tuyau, 5 chemin de mesure en cuivre et angle de tuyau, 6 section de mesure en cuivre et coude de tuyau, 7 point de mesure de la pression, 8 appareil de mesure de pression différentielle



Pressions différentielles mesurées avec différents débits:
en rouge: angle de tuyau et acier, en noir: coude de tuyau et acier, en vert: angle de tuyau et cuivre, en bleu: coude de tuyau/cuivre; Q débit, p pression



1 évolution de l'écoulement dans le coude de tuyau, 2 profil de l'écoulement à la sortie d'un coude de tuyau, 3 évolution de l'écoulement dans l'angle de tuyau, 4 profil de l'écoulement à la sortie d'un angle de tuyau

Spécification

[1] étude de la perte de charge dans des éléments de tuyauterie avec des changements de direction de tuyau et des matériaux différents
[2] éléments de tuyauterie tels qu'on les trouve dans le commerce pour le génie thermique ou le génie sanitaire
[3] tableau avec disposition claire, fixé sur un cadre stable et mobile
[4] sélection facile des sections de mesure au moyen de flexibles de raccordement à accouplement rapide
[5] débit ajustable par des soupapes
[6] mesure du débit au moyen d'un rotamètre
[7] mesure de pression différentielle par un appareil de mesure de pression différentielle avec écran

Caractéristiques techniques

Sections de mesure: 2300mm
- section de tuyau 1: acier, diamètre: 1/2", angle de tuyau à 90°
- section de tuyau 2: acier, diamètre: 1/2", coude de tuyau à 90°
- section de tuyau 3: cuivre, diamètre: 18x1mm, angle de tuyau à 90°
- section de tuyau 4: cuivre, diamètre: 18x1mm, coude de tuyau à 90°

Appareil de mesure de pression différentielle

Plages de mesure
- débit: 150...1600L/h
- pression différentielle: -350mbar...350mbar

Dimensions et poids

Lxlxh: 1650x700x1850mm
Poids: env. 100kg

Nécessaire pour le fonctionnement

Raccord d'eau 1500L/h, drain

Liste de livraison

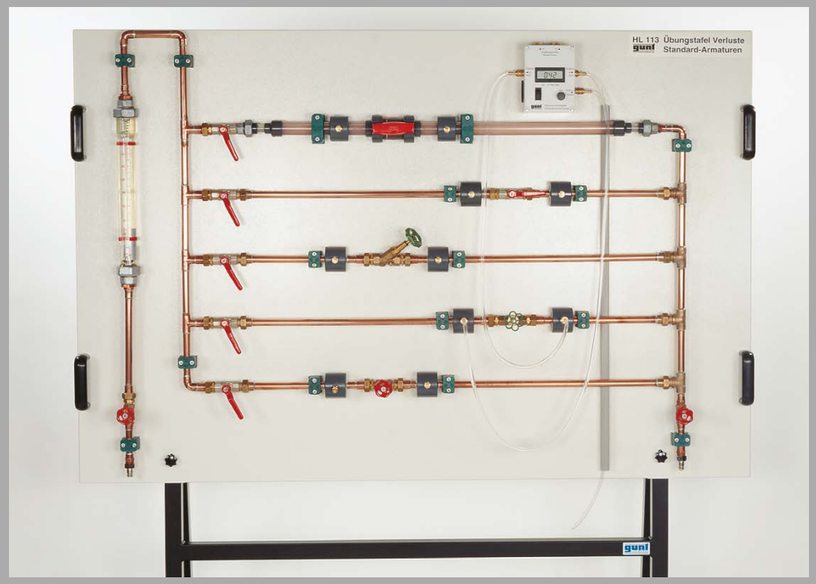
1 banc d'essai
1 appareil de mesure de pression différentielle
1 jeu de flexibles de raccordement
1 documentation didactique

Références de commande

065.10300	HL 103	Génie des installations: Pertes dans des coudes de tuyau

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 113 Génie des installations: Pertes dans des robinetteries



*** Banc d'essai pour génie thermique ou génie sanitaire**

*** Pertes de charge dans les robinetteries standards traversées par un écoulement**

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Description

Des pertes de charge se produisent dans les systèmes de tuyauterie suite au frottement et aux turbulences. Dans la pratique, des pertes de charge ont lieu suite à l'utilisation de robinetteries d'arrêt dont il faut donc tenir compte lors du dimensionnement des réseaux de tuyauterie.

Avec le HL 113, on étudie les pertes de charge de différentes robinetteries d'arrêt. Les éléments de tuyauterie utilisés sont similaires à ceux que l'on trouve dans le commerce pour le génie thermique ou le génie sanitaire. Le tableau sur lequel les éléments sont clairement disposés est fixé sur un cadre stable et mobile.

Le banc d'essai comprend cinq sections de tuyau dans lesquelles sont montées différentes robinetteries d'arrêt. Les sections de tuyau peuvent être sélectionnées individuellement au moyen de robinets à tournant sphérique.

Afin de pouvoir observer les conditions d'écoulement avant et après une robinetterie d'arrêt, une des sections de tuyau est transparente, et elle est pourvue d'un robinet à tournant sphérique lui aussi transparent. Le débit est ajusté sur des soupapes au départ et au retour, et lu sur un rotamètre.

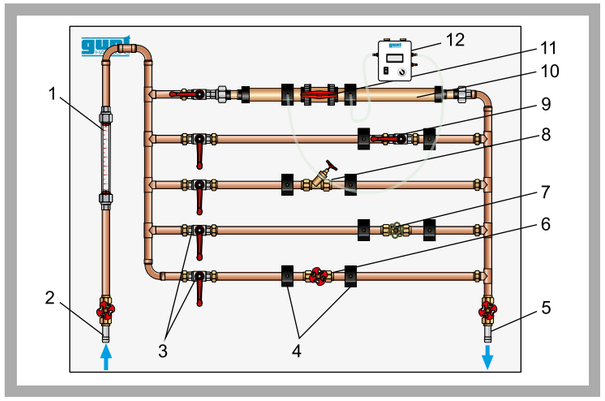
Les points de mesure de la pression dans le système de tuyauterie ont la forme de chambres annulaires et se trouvent juste avant et après les robinetteries. Ce qui permet d'assurer la précision des mesures de pression. Les capteurs de mesure sont reliés par paires à un appareil de mesure de pression différentielle sur l'écran duquel on peut lire le différentiel de pression respectif.

Contenu didactique / Essais

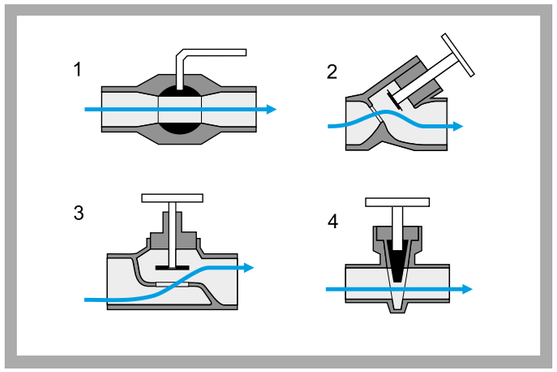
- pertes de charge dans les robinetteries
- mesure de la pression différentielle
- influence de la forme de passage de la soupape sur la perte de charge
- influence de la vitesse d'écoulement
- détermination de coefficients de traînée
- comparaison entre l'expérience réalisée et le calcul

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

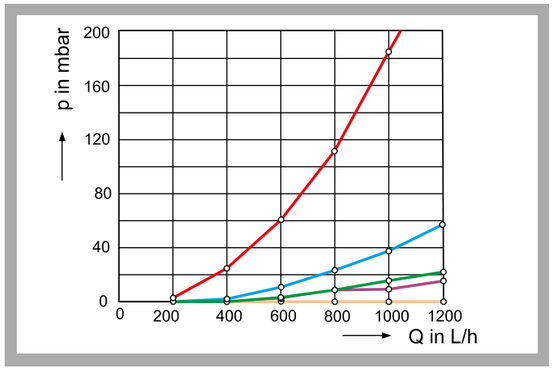
HL 113 Génie des installations: Pertes dans des robinetteries



1 débitmètre, 2 raccord d'eau, 3 robinets à tournant sphérique pour la sélection des sections de tuyau, 4 chambres annulaires, 5 drain, 6 robinet-vanne, 7 robinet à soupape, 8 soupape à tête inclinée, 9 robinet à tournant sphérique, 10 section de tuyau transparente, 11 robinet à tournant sphérique (en plastique transparent), 12 manomètre de pression différentielle



Représentation en coupe schématique de différentes soupapes et de leur fonction: 1 robinet à tournant sphérique, 2 soupape à tête inclinée, 3 robinet à soupape, 4 robinet-vanne



Perte de charge dans les robinetteries avec différents débits: en rouge: robinet à soupape, en bleu: soupape à tête inclinée, en vert: robinet-vanne, en violet: robinet à tournant sphérique DN15, en orange: robinet à tournant sphérique DN32; p pression, Q débit

Spécification

[1] étude des pertes de charge dans différentes robinetteries d'arrêt
[2] éléments de tuyauterie tels qu'on les trouve dans le commerce pour le génie thermique ou le génie sanitaire
[3] tableau avec disposition claire, fixé sur un cadre stable et mobile
[4] sections de tuyau sélectionnables individuellement par des robinets à tournant sphérique
[5] raccords d'eau avec accouplements rapides
[6] débit ajustable par des soupapes
[7] mesure du débit au moyen d'un rotamètre
[8] mesure de pression différentielle à l'aide d'un appareil de mesure de pression différentielle avec écran

Caractéristiques techniques

Robinet à tournant sphérique en plastique, transparent, diamètre: DN32
Robinet à tournant sphérique, acier, diamètre: DN15
Soupape à tête inclinée, diamètre: DN15
Robinet à soupape, diamètre: DN15
Robinet-vanne, diamétre: DN15
Appareil de mesure de pression différentielle

Plages de mesure
- débit: 150...1600L/h
- pression: -350...350mbar

Dimensions et poids

Lxlxh: 1650x700x1850mm
Poids: env. 92kg

Nécessaire pour le fonctionnement

Raccord d'eau: 1500L/h, drain

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 appareil de mesure de pression différentielle
1 jeu de flexibles de raccordement
1 documentation didactique

Références de commande

065.11300 HL 113 Génie des installations: Pertes dans des robinetteries

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 210 Génie des installations: Pertes dans le système de tuyauterie

Description

Lors de l'écoulement d'eau au travers d'un système de tuyauterie, des résistances apparaissent sous l'effet de changements de direction, de robinetteries et du frottement du tuyau. Les conditions d'écoulement dépendent directement de la géométrie des éléments de robinetterie ainsi que du nombre et du type des obstacles. En plus, la vitesse d'écoulement joue un rôle décisif sur l'apparition de pertes de charge.

Le HL 210 permet d'étudier et de visualiser la distribution de la pression dans un système de tuyauterie. Le banc d'essai permet de vérifier de manière expérimentale l'influence de différents facteurs sur les pertes de charge dans des systèmes de tuyauterie réels. Le rapport entre la caractéristique de la pompe et celle de l'installation est examiné au cours de l'essai. Les éléments de tuyauterie utilisés sont similaires à ceux que l'on trouve dans le commerce pour le génie thermique ou le génie sanitaire. Le tableau sur lequel les éléments sont clairement disposés est fixé sur un cadre stable et mobile.

Le banc d'essai fonctionne indépendamment du réseau d'alimentation en eau et est équipé d'une pompe et d'un réservoir d'eau. Des éléments de tuyauterie ayant différents rayons et des tuyaux droits avec des diamètres différents se trouvent dans un circuit d'eau fermé. On y trouve en outre différentes soupapes standards du génie thermique. Des points de mesure de la pression se trouvent entre les différents éléments, qui permettent de déterminer les pertes de charge de chaque élément de tuyauterie.

Les différentes pressions peuvent être lues en se servant de la hauteur de la colonne de liquide via le manomètre à tubes. Le débit est enregistré et lu au moyen d'un rotamètre.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

*** Visualisation des pertes de charge**

*** Comparaison des pertes de différents éléments de tuyauterie**

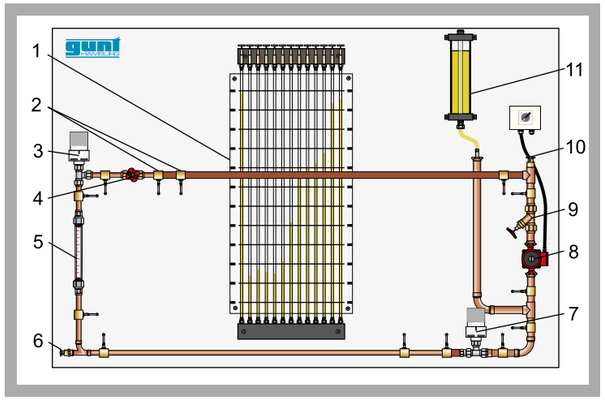
*** Circuit d'eau fermé avec pompe de circulation**

Contenu didactique / Essais

- évolution de la pression dans un système de tuyauterie fermé avec pompe de circulation
- influence du diamètre de tuyau, de la vitesse d'écoulement, des modifications de section et des obstacles installés dans le tuyau sur les pertes de charge
- détermination des caractéristiques de pompe, d'installation, et du point de fonctionnement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 210 Génie des installations: Pertes dans le système de tuyauterie



1 manomètre à tubes, 2 point de mesure de la pression, 3 soupape d'équerre de chauffage, 4 robinet-vanne, 5 débitmètre, 6 vidange d'eau, 7 soupape de chauffage, 8 pompe, 9 soupape à tête inclinée, 10 soupape de purge dans le circuit d'eau, 11 réservoir de compensation

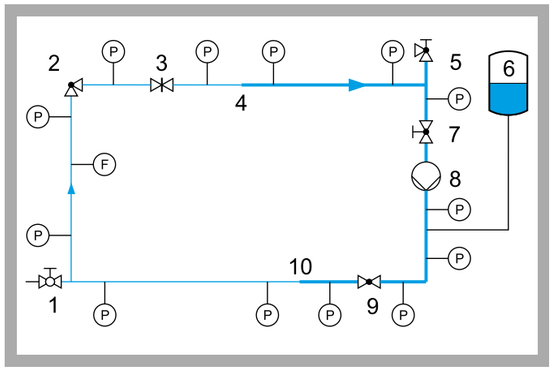
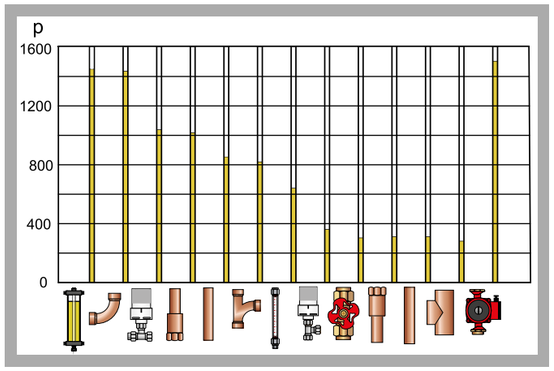


Schéma de processus avec position des points de mesure: 1 vidange d'eau, 2 soupape d'équerre de chauffage, 3 robinet-vanne, 4 élargissement, 5 soupape de purge, 6 réservoir de compensation, 7 soupape à tête inclinée, 8 pompe, 9 soupape de chauffage, 10 rétrécissement; P pression, F débit



Représentation schématique des pertes de charge dans le système de tuyauterie: p pression en mmCE

Spécification

[1] études des pertes de charge dans des rétrécissements, angles de tuyau, coudes de tuyau, robinetteries et éléments de tuyauterie de diamètres différents
[2] éléments de tuyauterie tels qu'on les trouve dans le commerce pour le génie thermique ou le génie sanitaire
[3] tableau avec disposition claire, fixé sur un cadre stable et mobile
[4] circuit d'eau fermé avec pompe et réservoir
[5] soupapes de purge intégrées sur le manomètre et dans la section de tuyau
[6] mesure du débit au moyen d'un rotamètre
[7] mesure de la distribution de la pression sur 13 points de mesure de la pression, affichage avec un manomètre à 13 tubes

Caractéristiques techniques

Pompe
- 3 étages
- débit de refoulement max.: 4,5m³/h
- hauteur de refoulement max.: 6m

Réservoir: env. 5L

Plage de mesure
- débit: 100...1000L/h
- pression: 1600mmCE

Dimensions et poids

Lxlxh: 1900x700x2020mm
Poids: env. 140kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50Hz, 1 phase

Liste de livraison

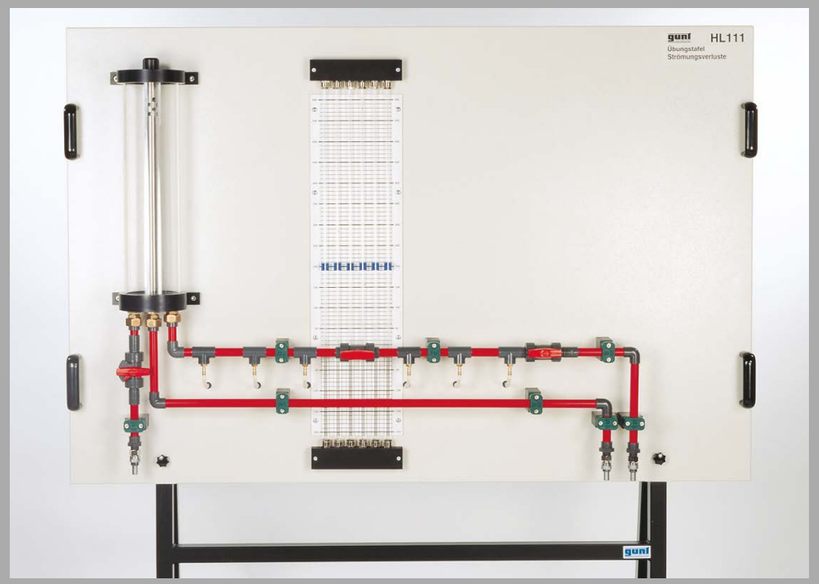
1 banc d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

065.21000	HL 210	Génie des installations: Pertes dans le système de tuyauterie

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 111 Génie des installations: Pertes dans des tuyaux droits



*** Pertes de charge dans un tuyau droit**

*** Visualisation de la pression hydrostatique et de la pression d'écoulement**

Contenu didactique / Essais

- pression hydrostatique
- pression d'écoulement
- perte de charge
- représentation d'évolutions de pression

Description

Les évolutions de la pression des fluides en écoulement ou au repos dans des conduites sont fondamentalement différentes l'une de l'autre. À pression d'alimentation égale, des pertes apparaissent dans les fluides en écoulement suite au frottement du tuyau, pertes qui se manifestent par des pertes de charge; dans les fluides au repos au contraire, la pression statique dans les éléments de tuyauterie horizontaux reste constante.

Avec le HL 111, on visualise l'évolution de la pression des fluides incompressibles en écoulement et au repos dans des conduites. Le banc d'essai permet d'expliquer des concepts tels que celui de la pression hydrostatique dans des liquides au repos ou en mouvement. Le tableau sur lequel les éléments sont clairement disposés est fixé sur un cadre stable et mobile.

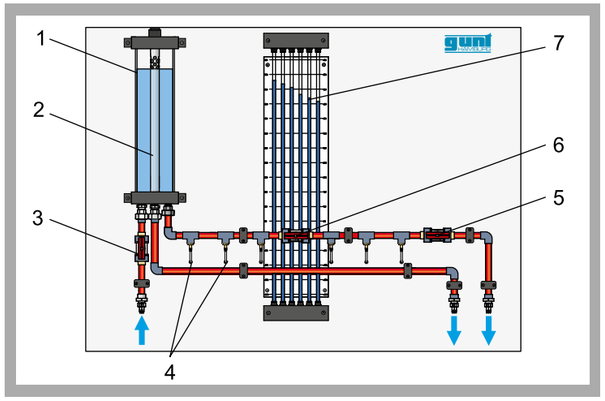
La pression d'alimentation est produite par un réservoir élevé. Afin d'assurer une pression d'alimentation constante, le réservoir est équipé d'un dispositif de réalimentation et d'un trop-plein. Une section de mesure se trouve au niveau de l'évacuation du réservoir. Le débit et donc la vitesse d'écoulement sont ajustables à deux points différents.

Six points de mesure de la pression sont disposés le long de la section de mesure. Les différentes pressions peuvent être lues en se servant de la hauteur de la colonne de liquide via le manomètre à tubes.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 111 Génie des installations: Pertes dans des tuyaux droits



1 réservoir élevé, 2 trop-plein, 3 robinet à tournant sphérique pour l'alimentation, 4 points de mesure de la pression avec chambres annulaires, 5 robinet à tournant sphérique pour drain, 6 résistance ajustable, 7 tableau de manomètre à tubes

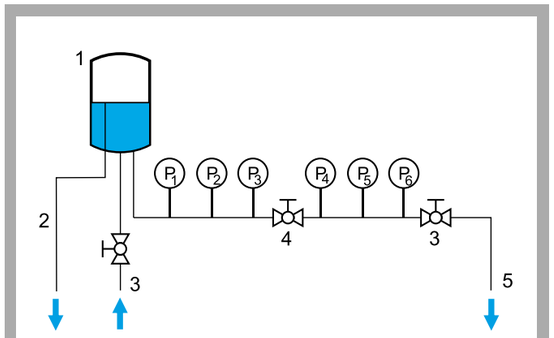
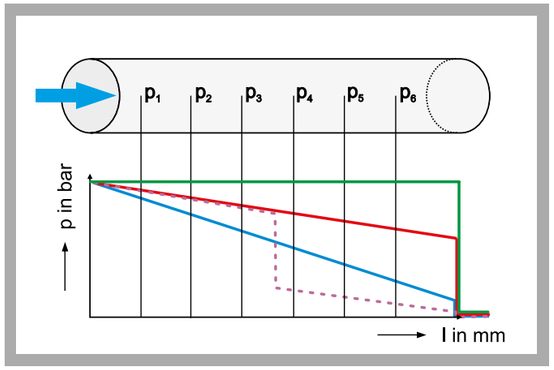


Schéma de processus: 1 réservoir, 2 trop-plein, 3 ajustage alimentation/évacuation, 4 résistance ajustable, 5 évacuation d'eau



Chute de pression linéaire dans un élément de tuyauterie traversé par un écoulement: points de mesure de la pression p_1 à p_6; en vert: sans débit, en rouge: à vitesse d'écoulement moyenne, en bleu: à vitesse d'écoulement rapide, en pointillés violets: à vitesse d'écoulement moyenne et résistance ajustée par le robinet à tournant sphérique du milieu

Spécification

[1] pertes de charge dans le système de tuyauterie ouvert
[2] tableau avec disposition claire, fixé sur un cadre stable et mobile
[3] réservoir élevé transparent avec trop-plein pour l'alimentation de section de tuyau
[4] pression d'alimentation statique constante
[5] débit ajustable par des robinets à tournant sphérique
[6] section de mesure avec 6 points de mesure
[7] affichage de la pression avec le manomètre à 6 tubes

Caractéristiques techniques

Réservoir: env. 8L
Manomètre à 6 tubes

Plage de mesure
- pression: -200...600mmCE

Dimensions et poids

Lxlxh: 1650x200x1100mm
Poids (total): env.90kg

Nécessaire pour le fonctionnement

Raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

065.11100	HL 111	Génie des installations: Pertes dans des tuyaux droits

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

RT 390 Banc d’essai pour vannes de régulation

L’illustration montre le RT 390 avec l’accessoire RT 390.01.

*** Montage et mode de fonctionnement des vannes de régulation**

*** Détermination des valeurs Kv et des valeurs Kvs**

*** Logiciel d’acquisition de données pour l’enregistrement des courbes caractéristiques de la vanne et des réponses à un échelon**

Description

Les vannes de régulation constituent un élément essentiel des installations en génie des procédés. En tant qu’actionneurs, elles établissent la liaison entre le régulateur et l’installation. En général, les vannes de régulation servent à réguler les écoulements de gaz ou de liquide. Afin de pouvoir créer une boucle de régulation de manière optimale, il faut connaître le comportement des vannes de régulation en plus de celui du système réglé.

Le banc d’essai mobile permet d’étudier et de vérifier les vannes de régulation de type différents. Pour ce faire, on dispose d’un circuit d’eau avec une pompe et un réservoir. Les raccords permettent de loger la vanne à étudier dans le circuit d’eau. Le débit est ajusté à l’aide d’une vanne d'arrêt à guillotine et mesuré à l’aide d’un capteur de débit électromagnétique. Deux capteurs de pression mesurent la pression avant et après la vanne de régulation.

La pression d’alimentation pour les vannes électropneumatiques peut être ajustée à l’aide d’un régulateur de pression au niveau du coffret de commande. La grandeur réglante peut être ajustée sous la forme d’un signal électrique (courant) par des potentiomètres. Le signal de retour de position de la vanne est sous la forme d’un signal électrique (courant). La commande des vannes électromotrices s’effectue par le biais de boutons. Un transmetteur à résistance variable mesure la course de la vanne.

Un logiciel d’acquisition de données installé sur un PC permet d’enregistrer et d’évaluer facilement les courbes caractéristiques de la vanne et les réponses à un échelon.

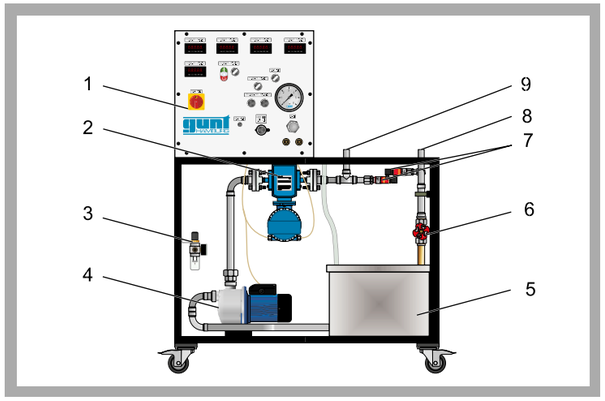
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l’étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

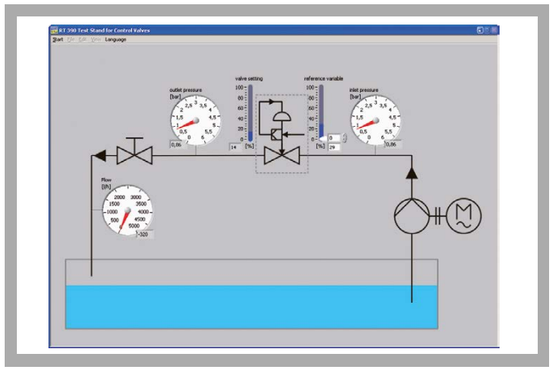
en combinaison avec les vannes de régulation RT 390.01 à RT 390.06
- démonstration et vérification du fonctionnement des vannes de régulation
- détermination des valeurs Kv et des valeurs Kvs
- enregistrement des courbes caractéristiques de la vanne
- comportement dynamique des vannes de régulation
  * enregistrement des réponses à un échelon
- influence de la pression d’alimentation dans le cas des vannes actionnées pneumatiquement
- entretien et réglages

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

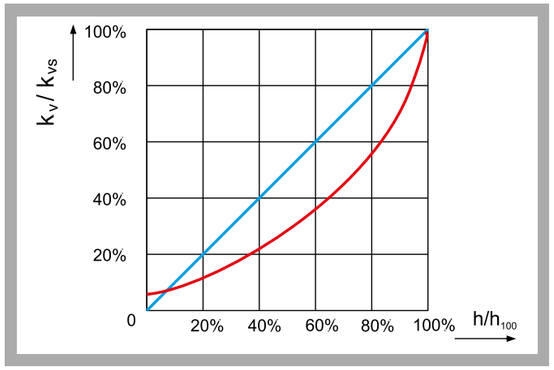
RT 390 Banc d’essai pour vannes de régulation



1 coffret de commande avec éléments de commande, 2 capteur de débit, 3 soupape de réduction de pression d’entrée, 4 pompe, 5 réservoir, 6 ajustage du débit, 7 capteur de pression, 8 sortie d'eau vanne de régulation, 9 entrée d'eau vanne de régulation



Capture d’écran du logiciel



Courbes théoriques d’une courbe caractéristique linéaire de la vanne (bleu) et d’une courbe caractéristique à pourcentage égal de la vanne (rouge):
K_v coefficient de débit, K_{vs} coefficient de débit lorsque la vanne est complètement ouverte, h course de la vanne

Spécification

[1] étude et vérification des vannes de régulation
[2] circuit d’eau avec réservoir, pompe et raccords pour les vannes de régulation
[3] capteur de débit électromagnétique
[4] 2 capteurs de pression pour mesurer la chute de pression via la vanne de régulation
[5] vanne d'arrêt à guillotine pour ajuster le débit
[6] potentiomètre pour commander les vannes électropneumatiques avec un signal de courant
[7] boutons de commande des vannes électromotrices
[8] manomètre et régulateur de pression servant à ajuster la pression d'alimentation pour les vannes électropneumatiques
[9] signal de retour de position sous forme électrique (vannes électropneumatiques) ou sous forme de transmetteur à résistance variable (vannes électromotrices)
[10] logiciel GUNT pour l’acquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Réservoir: env. 90L
Pompe centrifuge à deux étages
- hauteur de refoulement max.: 20m
- débit de refoulement max.: 4m³/h

Signaux
- courant continu: 4...20mA
- résistance: 0...1000 Ohm

Energie auxiliaire
- courant alternatif: 24V
- pression d’alimentation: 0...6bar

Plages de mesure
- débit: 0...5000L/h
- pression (eau): 2x 0...6bar
- pression (air comprimé): 0...6bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 1250x750x1500mm
Poids: env. 150kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50Hz, 1 phase
Raccord d’air comprimé requis

Liste de livraison

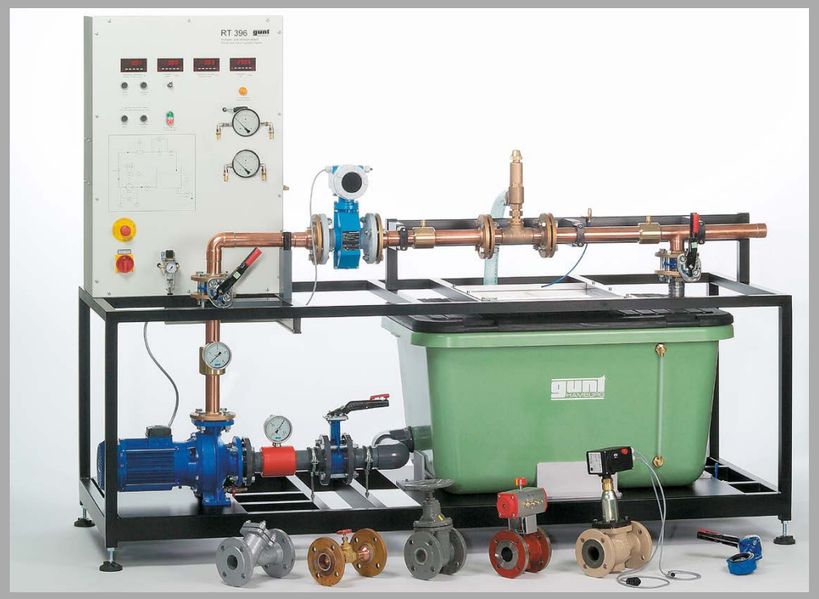
1 banc d’essai
1 jeu de tuyaux flexibles
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

080.39000	RT 390	Banc d’essai pour vannes de régulation

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

RT 396 Banc d'essai pour pompes et robinetteries



*** Enregistrement de caractéristiques de robinetteries industrielles**

*** Comparaison de différentes robinetteries**

*** Caractéristiques de fonctionnement d'une pompe centrifuge**

Description

Le banc d'essai RT 396 permet la comparaison de différentes robinetteries du point de vue de leurs caractéristiques. Les quatre catégories typiques de robinetteries, robinet, robinet-vanne, clapet et soupape sont représentées par un robinet à tournant sphérique, un clapet, deux robinet-vannes et une vanne de régulation. On examine en outre une soupape de sécurité et un collecteur d'impureté. Toutes les robinetteries sont à brides et peuvent être montées dans une section de tuyau de longueur variable. La section de tuyau fait partie du circuit d'eau fermé. Des points de mesure de pression en amont et en aval de la robinetterie à étudier sont reliés à un manomètre de pression différentielle. Ce manomètre est pourvu d'un manostat qui active une lampe d'avertissement en cas de différence de pression trop importante, p. ex. pour un filtre bouché. Un capteur de débit électromagnétique permet une mesure précise des débits.

Le circuit d'eau fermé contient trois clapets pour l'isolation de la pompe et l'ajustage de la pression en amont et en aval de la robinetterie à tester. Les différences de pression à la pompe et à la robinetterie à tester, la puissance absorbée et la vitesse de rotation de la pompe, le débit et le degré d'ouverture de la vanne de régulation sont mesurés et affichés. A l'aide des données de mesure, on peut également enregistrer des caractéristiques de pompe.

Un établi séparé comporte un étau pour les travaux de maintenance et de montage. L'établi contient également l'outillage nécessaire et les flexibles de raccord.

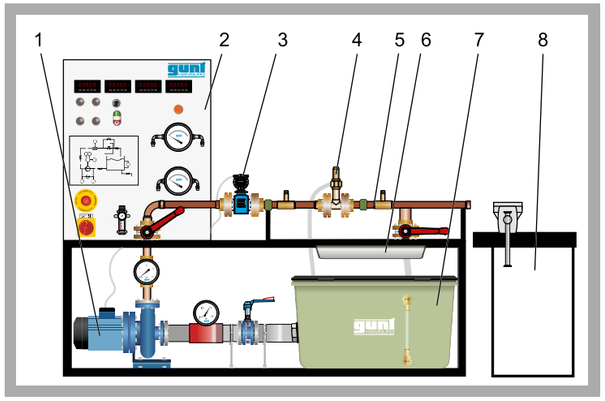
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

- caractéristiques de fonctionnement d'une pompe centrifuge
- comportement en fonctionnement et fonction de
  * robinet à tournant sphérique
  * clapet
  * robinet-vanne
  * robinet-vanne à coins
  * vanne de régulation
  * soupape de sécurité
  * collecteur d'impuretés
- caractéristiques de vannes
- détermination de la valeur Kvs de la vanne de régulation
- pertes de charge dans le collecteur d'impureté en fonction du filtre et de sa charge
- planification, exécution et évaluation de travaux de maintenance et de réparation
- lecture et compréhension des dessins techniques et des notices d'empoi

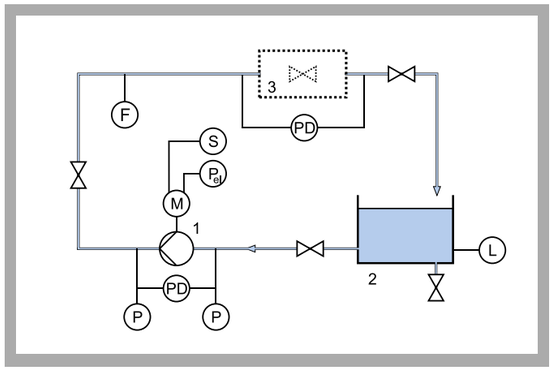
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

RT 396 Banc d'essai pour pompes et robinetteries



1 pompe, 2 armoire de commande avec éléments d'affichage et de commande, 3 capteur de débit, 4 robinetterie à tester, 5 section de tuyau, 6 bac de collecte, 7 réservoir d'alimentation, 8 établi

Robinetteries fournis: 1 collecteur d'impuretés, 2 robinet à tournant sphérique, 3 soupape de sécurité, 4 clapet, 5 robinet-vanne, 6 robinet-vanne à coins, 7 vanne de régulation électrique



1 pompe, 2 réservoir, 3 robinetteries à tester; capteurs: E puissance, F débit, L niveau, P pression, PD pression différentielle, S vitesse de rotation

Spécification

[1] banc d'essai pour différentes robinetteries
[2] montage de la robinetterie à tester dans une section de tuyau de longueur variable
[3] pompe centrifuge à de vitesse de rotation variable via convertisseur de fréquence
[4] un régulateur de pression sensible ajuste l'alimentation en air comprimé
[5] bac de collecte en dessous de la robinetterie à tester
[6] réservoir d'alimentation avec indicateur de niveau
[7] manomètre dans la tuyauterie d'aspiration et de refoulement de la pompe centrifuge
[8] points de mesure de pression en amont et en aval de la robinetterie à tester pour les manomètres de pression différentielle avec manostat
[9] afficheurs numériques pour le débit, la puissance, la vitesse de rotation, la position de la vanne de régulation

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge, 2 pôles
- puissance absorbée: 4kW; débit de refoulement max.: 84m³/h; hauteur de refoulement max.: 24m; vitesse de rotation: 1450...2900min^{-1}

Réservoir avec couvercle: volume: 400L, plastique
Robinetteries à tester:
- soupape de sécurité 1", 1,5bar
- robinet-vannes1" / PN20
- robinet à tournant sphérique avec entraînement pneumatique DN50
- clapet DN50 / PN16
- robinet-vanne à coins DN50 / PN16
- vanne de régulation électrique DN50 / PN16
- collecteur d'impureté DN50 / PN16 avec 2 filtres

Plages de mesure
- manomètre de pression différentielle: 0...2,5bar / 0...4bar; manomètre: 0...4bar / -1...0,6bar; débit: 0...2000L/min; degré d'ouverture de la vanne de régulation: 0...100%; puissance: 0...4kW; vitesse de rotation: 0...2900min^{-1}

Dimensions et poids

Lxlxh: 2500x900x1700mm (banc d'essai)
Lxlxh: 1230x760x1010mm (établi)
Poids: env. 400kg (total)

Nécessaire pour le fonctionnement

400V, 50/60Hz, 3 phases
Alimentation en air comprimé 8bar

Liste de livraison

1 banc d'essai avec pompe centrifuge
1 soupape de régulation, 1 collecteur d'impureté,
1 soupape de sécurité, 1 robinet-vanne, 1 robinet à tournant sphérique, 1 clapet, 1 robinet-vanne à coins
1 établi avec outils et flexibles
1 documentation didactique

Références de commande

080.39600	RT 396	Banc d'essai pour pompes et robinetteries

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 500 + ACCESSOIRES METHODES DE MESURE DU DÉBIT

Propriétés et domaines d'application des différents débitmètres

La palette très complète d'accessoires pour le banc d'essai HM 500 offre la possibilité de se familiariser au fonctionnement de nombreux types de débitmètres. Ils peuvent être intégrés facilement au banc d'essai HM 500.

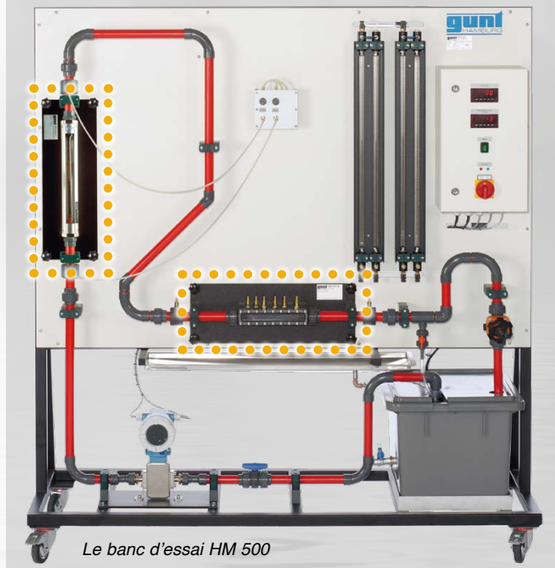
Les apprenants se familiarisent avec les domaines d'application des différents appareils de mesure. Dans la pratique, le fluide de travail, l'exigence de précision et les aspects économiques jouent un rôle important. Pour l'utilisation, il est également nécessaire de connaître les pertes de charge des différents appareils de mesure. C'est pourquoi chaque appareil de mesure du banc d'essai HM 500 est équipé de raccords permettant la mesure de la perte de charge. Les appareils de mesure sont reliés au banc d'essai par des flexibles. Les pertes de charge y sont affichées en conséquence.

Le principe de fonctionnement de chaque débitmètre ainsi que les principes théoriques de base sont détaillés dans le matériel d'accompagnement didactique très complet. Ce qui permet aux apprenants de se familiariser avec la précision de mesure et les différences des principes de mesure. L'essai pratique permet ensuite de mettre en application et vérifier les connaissances acquises.

En cas de besoin, l'alimentation en énergie des appareils de mesure du banc d'essai est mise à disposition.

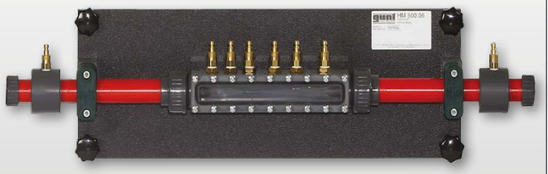
HM 500.01 *Rotamètre*

N° d'article 070.50001



Le banc d'essai HM 500

HM 500.06 *Tube de Venturi*

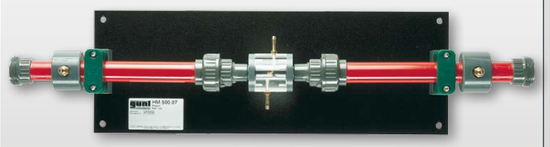


N° d'article 070.50006

HM 500.05 *Débitmètre à ultrason*

N° d'article 070.50005

HM 500.07 *Tube de Pitot*

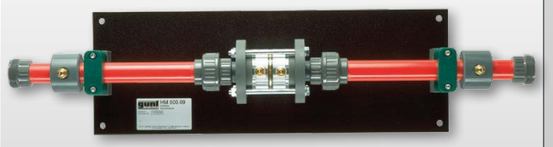


N° d'article 070.50007

HM 500.08 *Orifice de mesure*

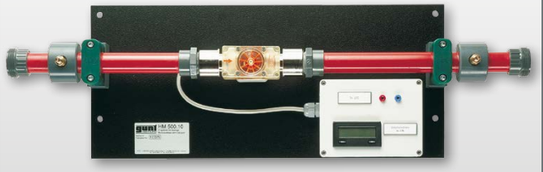
N° d'article 070.50008

HM 500.09 *Tuyère de mesure*



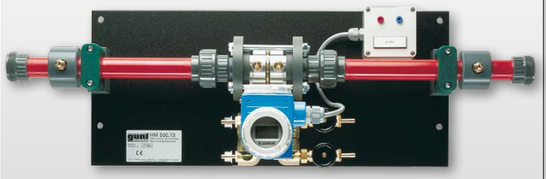
N° d'article 070.50009

HM 500.10 *Débitmètre à roue-hélice*



N° d'article 070.50010

HM 500.13 *Orifice de mesure avec transducteur*

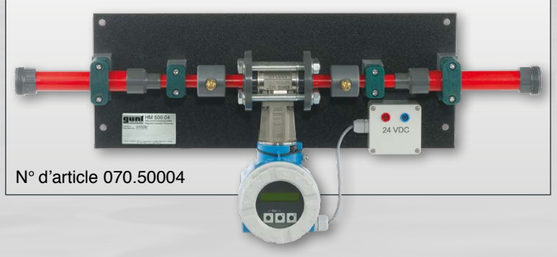


N° d'article 070.50013

HM 500.16 *Débitmètre à palette*

N° d'article 070.50016

HM 500.04 *Débitmètre électromagnétique*



N° d'article 070.50004

HM 500.11 *Débitmètre à vortex*

N° d'article 070.50011

EGALEMENT DISPONIBLES:

HM 500.03 *Rotamètre avec transducteur*
N° d'article 070.50003

HM 500.14 *Débitmètre à turbine*
N° d'article 070.50014

HM 500.15 *Débitmètre en dérivation*
N° d'article 070.50015

HM 500 *Banc d'essai pour débitmètres*

*** Comparaison et étalonnage de différents débitmètres**

*** Enregistrement des courbes de perte de charge**

*** Nombreux débitmètres disponibles comme accessoires**

Description

L'enregistrement des débits joue un rôle central dans de nombreuses installations de génie des procédés. On utilise pour cela différents débitmètres en fonction du milieu et de l'application.

Le banc d'essai HM 500 permet d'étudier différents principes de fonctionnement des débitmètres. Les débitmètres sont disponibles en tant qu'accessoires (HM 500.01-HM 500.16). La comparaison des courbes de perte de charge et des précisions permet de déterminer si les débitmètres sont adaptés à une utilisation dans les différents domaines d'utilisation.

Dans un circuit d'eau fermé, on peut utiliser un débitmètre qui est positionné à l'horizontale ou un débitmètre qui est positionné à la verticale. Une soupape est utilisée pour ajuster le débit. Un capteur de débit électromagnétique de haute précision est disponible et sert de référence pour l'étalonnage des débitmètres.

Afin de pouvoir déterminer les pertes de charge des différents débitmètres, le banc d'essai est équipé de deux manomètre à double tubes et d'un capteur de pression différentielle. En cas de besoin, une source de tension continue assure l'alimentation en énergie des appareils de mesure.

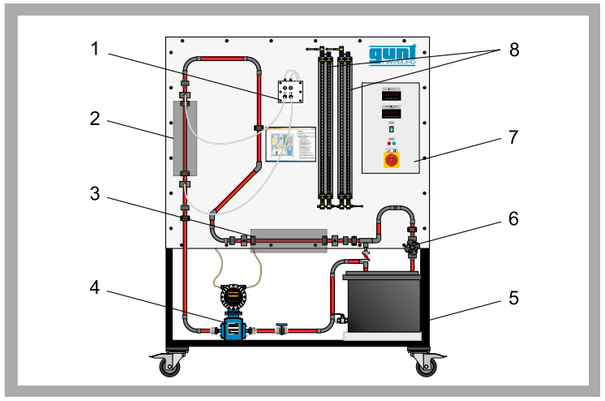
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

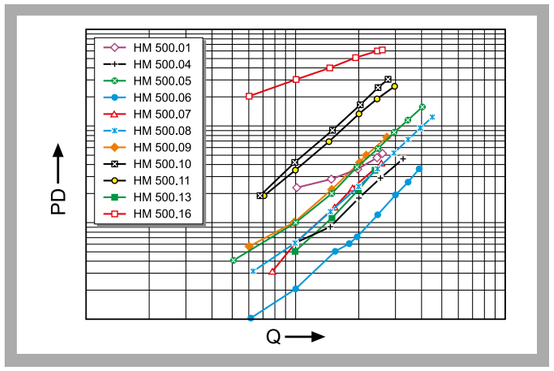
avec différents débitmètres comme accessoires
- différents débitmètres et leurs principes de fonctionnement
- étalonnage des différents débitmètres
- influence de la position des débitmètres
- enregistrement et comparaison des courbes de perte de charge

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

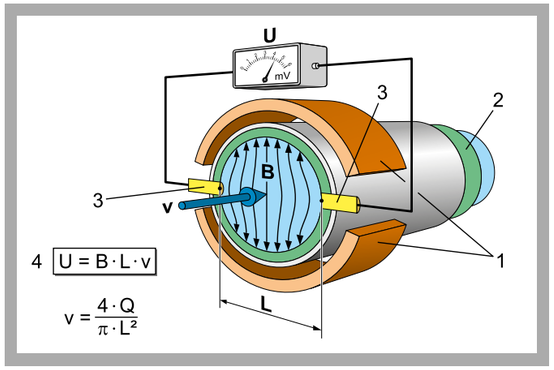
HM 500 *Banc d'essai pour débitmètres*



1 capteur de pression différentielle, 2 section de mesure vertical, 3 section de mesure horizontal, 4 capteur de débit électromagnétique, 5 réservoir avec pompe, 6 vanne d'ajustage du débit, 7 armoire de commande, 8 manomètre à double tubes



Perte de charge (PD) en fonction du débit (Q) pour les débitmètres disponibles comme accessoires



Principe de mesure du capteur de débit électromagnétique:
1 aimant, 2 isolation, 3 électrode, 4 loi d'induction de Faraday;
B densité de flux magnétique, L écart entre les électrodes, Q débit,
U tension induite, v vitesse d'écoulement du fluide (bleu)

Spécification

[1] comparaison et étalonnage de différents débitmètres
[2] circuit d'eau avec réservoir, pompe et vanne pour ajuster le débit
[3] 2 points de mesure pour le montage vertical ou horizontal des débitmètres à étudier
[4] capteur de débit électromagnétique pour la mesure de référence
[5] 1 capteur de pression différentielle et 2 manomètres à double tubes pour mesurer les pertes de charge
[6] source de tension continue pour alimenter les débitmètres en énergie auxiliaire
[7] débitmètres disponibles comme accessoires

Caractéristiques techniques

Réservoir: env. 55L
Pompe
- débit de refoulement max.: env. 225L/min
- hauteur de refoulement max.: env. 11m

Source de tension continue
- tension: 24VCC
- courant: 2,0A

Précision du capteur de débit électromagnétique
- 0,5% de la valeur finale

Plages de mesure
- débit (référence): 0...4760L/h
- capteur de pression différentielle: 0...2bar
- manomètre à double tubes: 0...680mmCE

Dimensions et poids

Lxlxh: 1770x670x1880mm
Poids: env. 110kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 jeu de flexibles
1 jeu de câbles
1 documentation didactique

Références de commande

070.50000	HM 500 Banc d'essai pour débitmètres

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

CONNAISSANCES DE BASE

CAVITATION DANS DES POMPES

Quand la cavitation se forme-t-elle?

Sous l'effet des processus d'écoulement, des pressions locales peuvent apparaître dans l'écoulement des liquides. Ces pressions sont inférieures à la pression de vapeur correspondante du liquide. Le liquide s'évapore alors et des bulles de vapeur se forment. L'augmentation du volume des bulles lors de l'évaporation transforme les formes d'écoulement par rapport à l'écoulement non perturbé. Sur les pompes, les bulles de vapeur peuvent augmenter tellement que la section d'écoulement restante est fortement réduite, ce qui a un effet négatif sur la performance de la pompe. Le processus est souvent instable, étant donné que la vitesse d'écoulement augmente suite à la réduction de la section d'écoulement, et la cavitation est ainsi favorisée par une nouvelle baisse de la pression.

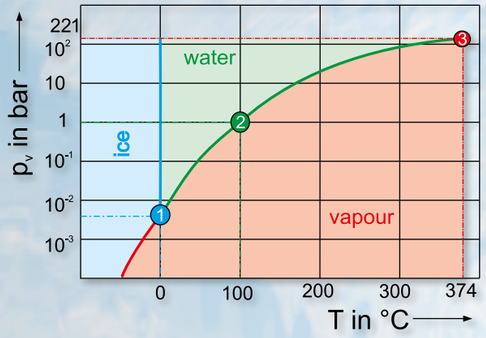


Diagramme de température-pression de l'eau:

1 *point triple*
2 *point d'ébullition*
3 *point critique*

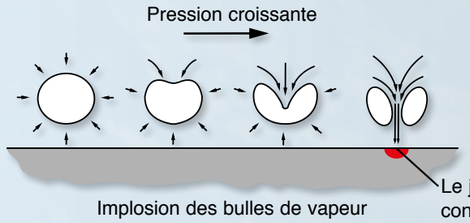
- *courbe de sublimation*
- *courbe du point d'ébullition*
- *courbe du point de fusion*

Formation de bulles de vapeur sous l'effet de la cavitation sur une roue de pompe (HM 380)

Avarie des machines sous l'effet de la cavitation

Des dégâts particulièrement importants se produisent suite à l'érosion du matériau sous l'effet de la cavitation. Une nouvelle augmentation de la pression entraîne l'implosion des bulles de vapeur. Lors de l'implosion, un jet très rapide de liquide se forme dans la bulle de vapeur, qui produit des pressions pouvant atteindre 1000 bar au moment de l'impact avec un matériau solide. Le matériau des hélices, têtes de soupape et roues est donc attaqué. C'est pourquoi les machines susceptibles de subir une cavitation doivent être fabriquées dans des matériaux particulièrement durs et résistants.

La cavitation a souvent un effet corrosif. Les couches de protection sont dégradées et leur surface devenue rugueuse et poreuse offre un terrain particulièrement favorable à la corrosion.

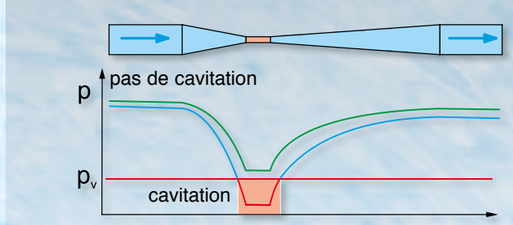


Roue de pompe détruite par l'érosion de cavitation

Hélice de bateau détruite par l'érosion de cavitation

Production de la cavitation de manière artificielle

L'apparition de la cavitation peut être visualisée de manière très parlante dans un tube de Venturi comme le ST 250 de GUNT. L'écoulement est accéléré dans la partie convergente, ce qui abaisse la pression. Lorsque cette dernière passe en dessous de la pression de vapeur p_v, des bulles de vapeur se forment dans la section la plus étroite. Selon l'intensité, ces dernières disparaissent à nouveau dans la partie divergente, ou se maintiennent sur une section plus longue.



Cavitation dans un tube de Venturi

Critères d'apparition de la cavitation

Les critères d'apparition de la cavitation sont principalement le nombre de cavitation et la hauteur d'aspiration nette requise.

Le **nombre de cavitation** σ est le rapport entre l'écart séparant la pression de la pression d'évaporation, et le carré de la vitesse ***v*** dans la section d'aspiration.

$$\sigma = \frac{p - p_t}{\frac{\rho}{2} \cdot v^2}$$

Comment éviter la cavitation

Pour éviter l'apparition de la cavitation, il faut maintenir le **nombre de cavitation** σ aussi élevé que possible. En plus, un nombre de cavitation bas induit une consommation importante d'énergie et de faibles dimensions de la turbomachine.

Les mesures suivantes réduisent la tendance à la cavitation:

- éviter les pressions basses
- éviter les températures proches du point d'ébullition du fluide
- utiliser des profils d'aube minces
- choisir de petits angles d'ajustage des aubes
- éviter tout changement de direction brusque de l'écoulement
- arrondir le bord d'attaque

La hauteur d'aspiration possible de la pompe, ou valeur NPSH (Net Positive Suction Head) constitue un autre critère. La valeur NPSH correspond à l'énergie (de pression) d'une colonne de liquide dans les conditions de fonctionnement présentes au niveau de la bride de raccordement. La valeur est toujours positive.

On distingue deux types de valeurs NPSH:

NPSHA (Net Positive Suction Head Available): il s'agit de la pression présente dans l'installation dans les conditions de fonctionnement, sous forme de différentiel de hauteur.

NPSHR (Net Positive Suction Head Required): il s'agit de la pression requise pour que la pompe fonctionne, sous forme de différentiel de hauteur.

La **valeur NPSHA de l'installation** doit toujours être supérieure à la **valeur NPSHR** requise **de la pompe**.

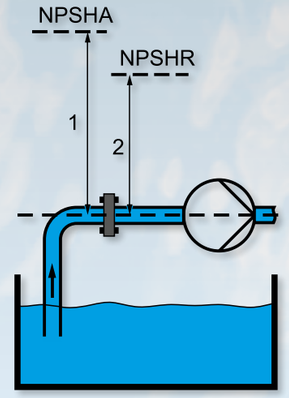
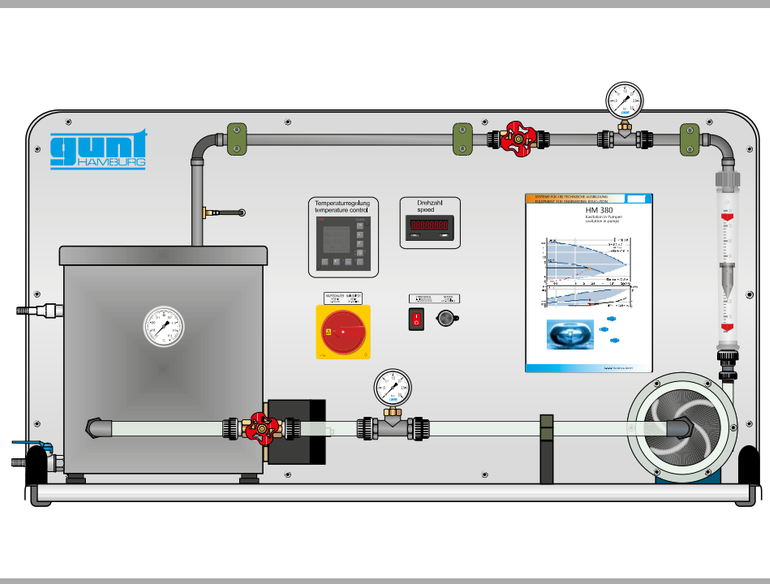


Diagramme de température-pression de l'eau:

1 *énergie de pression mise à disposition par l'installation,* ***2*** *énergie de pression requise par la pompe*

HM 380 Cavitation dans des pompes



*** Visualisation de phénomènes de cavitation dans une pompe transparente**

*** Circuit d'eau fermé**

*** Vitesse de rotation de la pompe ajustable en continu**

Description

Les objets en mouvement rapide dans l'eau comme les roues d'une pompe centrifuge constituent l'une des causes les plus fréquentes des phénomènes de cavitation. En cas de cavitation sur la roue, la contrainte mécanique élevée entraîne un décollement ou une déformation partielle des particules de la surface. Outre la géométrie de la roue, la pression d'aspiration et la température jouent également un rôle dans l'apparition de la cavitation.

Le HM 380 permet de démontrer les phénomènes de cavitation sur des roues de pompes centrifuges. Un boîtier de pompe et une conduite d'aspiration en plastique transparents ont été conçus pour permettre l'observation des processus de cavitation. Il est possible de réaliser des photos particulièrement réussies des bulles de vapeur en réglant l'appareil (flash) sur un temps de pose court.

Afin de jouer sur la vitesse d'écoulement sur les aubes de la roue, la vitesse de rotation peut être largement modifiée par l'intermédiaire d'un convertisseur de fréquence. Le débit de refoulement et le niveau de pression peuvent être ajustés en conséquence au moyen de soupapes situées dans les conduites d'aspiration et de refoulement.

Des manomètres dans la conduite d'aspiration et la conduite de refoulement indiquent les pressions. La température de l'eau dans le réservoir, le débit et la vitesse de rotation de la pompe sont également affichés. La température de l'eau est ajustable et le réservoir est équipé d'un dispositif de chauffage. Le refroidissement de l'eau est réalisé par l'alimentation en eau.

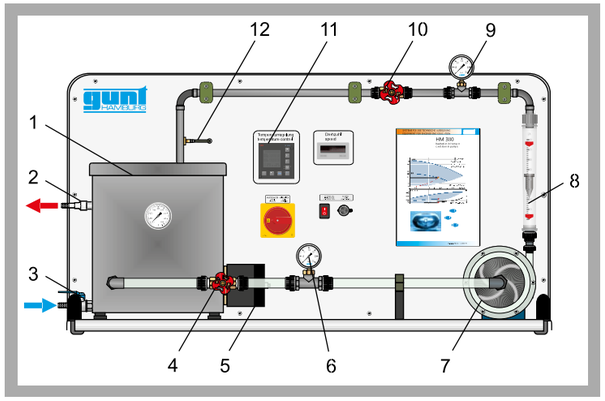
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

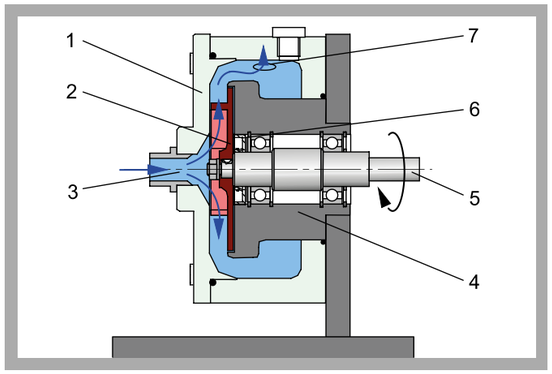
- se familiariser avec la la formation de cavitation
- observer le phénomène de la cavitation
- influence de la vitesse de rotation, de la pression d'aspiration, du débit de refoulement et de la température sur la cavitation

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

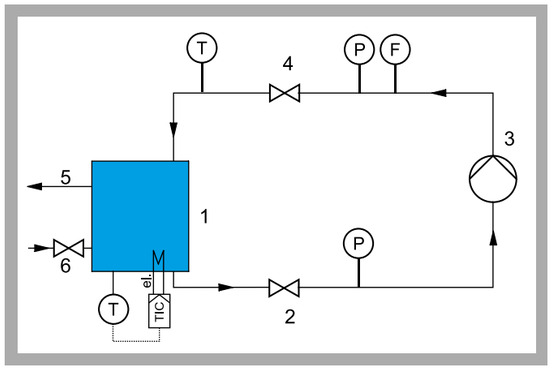
HM 380 Cavitation dans des pompes



1 réservoir, 2 refroidissement, sortie, 3 refroidissement, entrée, 4 soupape, pression d'aspiration, 5 dispositif de chauffage électrique, 6 manomètre, pression d'aspiration, 7 pompe transparente, 8 débitmètre, 9 manomètre, pression de refoulement, 10 soupape, pression de refoulement, 11 régulateur de température, 12 capteur de température



Section transversale de la pompe: 1 boîtier transparent avec couvercle amovible, 2 roue ouverte, 3 entrée, 4 palier, 5 arbre d'entraînement, 6 garniture étanche de l'arbre, 7 sortie



1 réservoir d'eau avec dispositif de chauffage, 2 soupape, entrée, 3 pompe, 4 soupape, pression de refoulement, 5 refroidissement, sortie, 6 refroidissement, entrée; P pression, F débit, T température, TIC régulateur de température

Spécification

[1] visualisation de la cavitation dans des pompes centrifuges
[2] boîtier de pompe et conduite d'aspiration transparents
[3] roue ouverte pour l'observation des aubes pendant le fonctionnement
[4] vitesse de rotation de la pompe ajustable en continu par un convertisseur de fréquence
[5] régulation de la température au moyen d'un dispositif de chauffage et refroidissement externe via l'alimentation d'eau
[6] mesure du débit au moyen d'un rotamètre
[7] affichage des pressions côté aspiration et côté de refoulement au moyen du manomètre
[8] affichage numérique de la vitesse de rotation et de la température de l'eau dans le retour
[9] circuit d'eau fermé avec réservoir et affichage de la température

Caractéristiques techniques

Pompe
- puissance: 0,37kW
- vitesse: 500...3000min^{-1}
- débit de refoulement max.: 40L/min
- hauteur de refoulement max.: 10m

Réservoir: 20L

Plages de mesure
- pression (côté d'aspiration): -1...1bar
- pression (côté de refoulement): 0...5bar
- température: 0...100°C
- débit: 150...1600L/h

Dimensions et poids

Lxlxh: 1000x630x550mm
Poids: env. 50kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50Hz, 1 phase, raccord d'eau: env. 100L/h

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.38000	HM 380 Cavitation dans des pompes

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

ST 250 Cavitation

*** Étude des processus de cavitation**

*** Visualisation de la formation de bulles de vapeur dans un tube de Venturi**

Description

On appelle cavitation le phénomène de formation de bulles de vapeur dans des liquides en écoulement suite à de fortes dépressions. Lorsque la vitesse d'écoulement augmente, la pression statique du fluide baisse jusqu'à atteindre la pression de vapeur; des bulles de vapeur se forment alors. Les bulles sont entraînées par l'écoulement et elles implosent lorsque, au moment où la vitesse baisse, la pression statique remonte au-dessus de la pression de vapeur du fluide.

Le ST 250 convient pour montrer les processus qui se sont mis en œuvre lors en utilisant l'exemple du tube de Venturi. Dans le tube de Venturi, de l'énergie de pression est transformée en énergie cinétique et inversement. Des bulles de vapeur se forment dans la section la plus étroite.

Afin de pouvoir visualiser les processus d'écoulement, l'appareil d'essai comprend un tube de Venturi en plastique transparent. Le tube de Venturi dispose de trois points de mesure de la pression: à l'entrée, à l'endroit le plus étroit et à la sortie. La pression à l'entrée est ajustable au moyen d'une soupape de réduction de pression. Le débit et le niveau de pression sont ajustés par deux robinets à tournant sphérique se trouvant à l'entrée et à la sortie du système de tuyauterie.

La distribution de la pression dans le tube de Venturi est indiquée sur trois manomètres. Le débit peut être lu sur un rotamètre. La température est mesurée juste avant le tube de Venturi et est affichée sur le thermomètre.

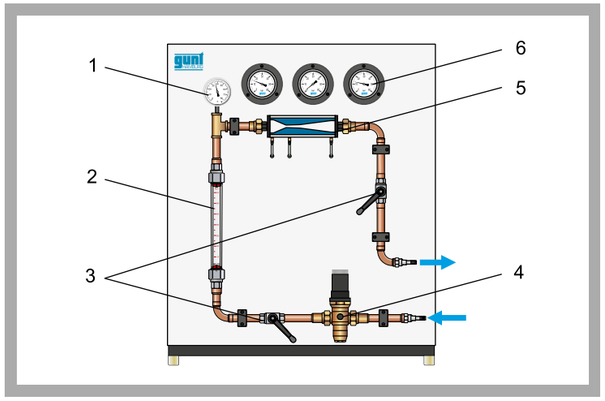
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

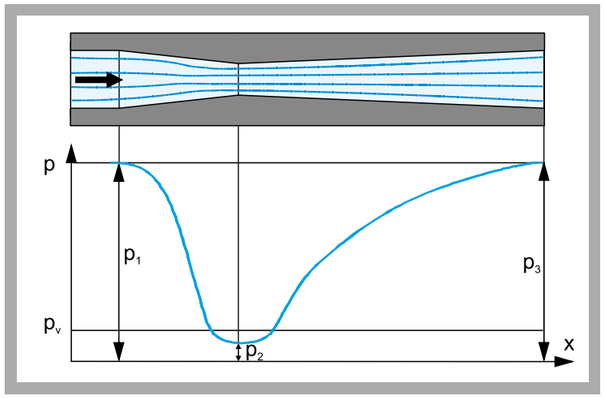
- fonction d'un tube de Venturi
- pression en fonction du débit
- processus de cavitation à différents débits et différentes pressions

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

ST 250 Cavitation



1 thermomètre, 2 rotamètre, 3 robinets à tournant sphérique pour l'ajustage du débit, 4 soupape de réduction de pression, 5 tube de Venturi, 6 manomètre



Représentation de l'évolution de la pression d'un fluide en écoulement par un tube de Venturi
p pression, x section, p_1 pression à l'entrée, p_2 pression sur la section la plus étroite, p_3 pression à la sortie, p_v pression de vapeur

Spécification

[1] étude de processus de cavitation dans un tube de Venturi
[2] tube de Venturi avec 3 points de mesure de la pression
[3] ajustage du débit par des robinets à tournant sphérique
[4] soupape de réduction de pression, ajustable
[5] thermomètre pour la mesure de la température
[6] mesure du débit au moyen d'un rotamètre
[7] manomètre pour l'affichage de l'évolution de la pression dans le tube de Venturi

Caractéristiques techniques

Soupape de réduction de pression: 0,5...2bar, jusqu'à 70°C
Tube de Venturi transparent
- section d'attaque: diamètre intérieur: 18mm rétrécissement: 10,5°
- section d'écoulement sortant: diamètre intérieur: 18mm élargissement: 4°
- section la plus étroite: diamètre intérieur: 3,5mm

Plages de mesure
- pression: -1...1,5bar
- température: 0...60°C
- débit: 0...1000L/h

Dimensions et poids

Lxlxh: 700x400x930mm
Poids: env. 30kg

Nécessaire pour le fonctionnement

Raccord d'eau: 2bar, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

066.25000	ST 250 Cavitation

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

3 ÉCOULEMENT AUTOUR DE CORPS

Aperçu	Écoulement autour de corps	188
Aperçu	Différentes méthodes de visualisation en 2D des lignes de courant	190
HM 152	Écoulement potentiel	192
HM 153	Visualisation de différents écoulements	194
HM 133	Visualisation des champs d'écoulement	196
Aperçu	HM 170: Soufflerie ouverte	198
Aperçu	HM 170: Sélection d'essais réalisés	200
Aperçu	HM 170: Accessoires pour soufflerie	202
HM 170	Soufflerie ouverte	206
HM 170.22	Distribution de la pression sur une aile NACA 0015	208
HM 170.24	Étude de la couche limite avec un tube de Pitot	210
HM 170.28	Mesure du sillage	212
HM 170.52	Générateur de brouillard	214
HM 170.60	Système d'acquisition des données	215
HM 226	Soufflerie pour la visualisation de lignes de courant	216
Aperçu	HM 225: Banc d'essai aérodynamique	218
Aperçu	HM 225: Écoulement autour de corps dans l'air: Banc d'essai aérodynamique	220
HM 225	Banc d'essai aérodynamique	222
HM 225.02	Couches limites	224
HM 225.04	Forces de traînée	226
HM 225.06	Effet de Coanda	228
HM 225.08	Visualisation des lignes de courant	230
CE 220	Formation d'un lit fluidisé	232
HM 136	Écoulement au travers de colonnes à garnissage	234

Consultez notre page d'accueil www.gunt.de

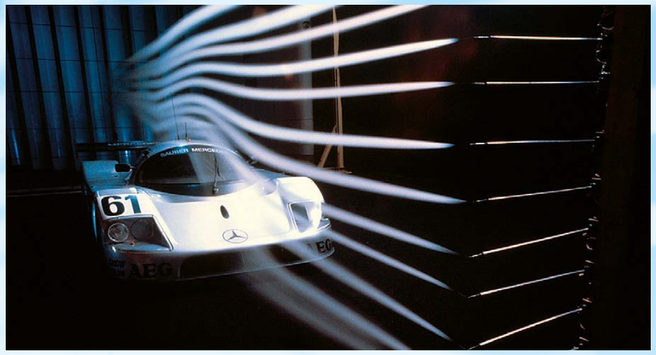
ÉCOULEMENT AUTOUR DE CORPS

«L'écoulement autour de corps» constitue un sujet important des programmes pédagogiques de la mécanique des fluides. En aérodynamique et en dynamique des fluides, il est très important de manière générale d'avoir une bonne compréhension des écoulements autour de corps.

Les simulations d'écoulements (CFD – Computational Fluid Dynamics) permettent désormais de calculer et de visualiser la grande diversité de configurations d'écoulements autour de corps et les résistances qui apparaissent par la résolution numérique d'équations différentielles complexes, puis des représenter graphiquement. Néanmoins, pour une connaissance approfondie, l'étude expérimentale sur le modèle du laboratoire demeure incontournable.

GUNT vous propose un large choix d'appareils de démonstration vous permettant de présenter ces thèmes de manière parlante et ciblée au travers d'essais de laboratoire.

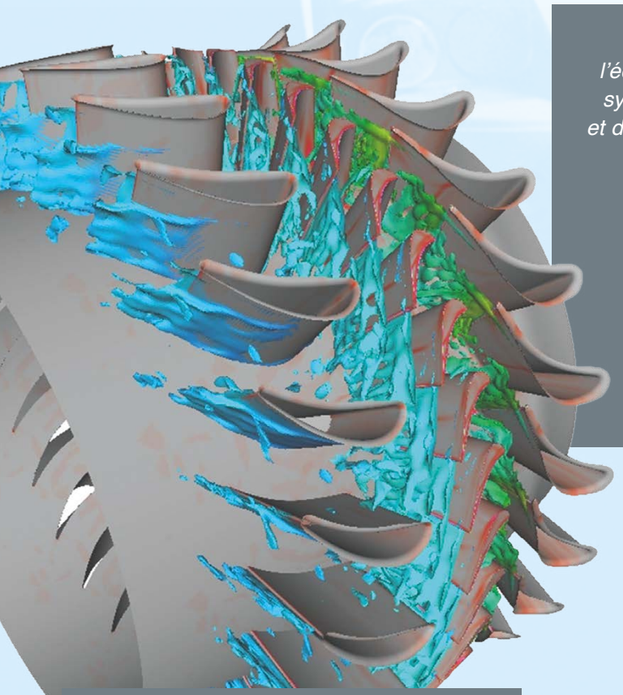
Pour nos appareils d'essai et de démonstration dans ce domaine, nous supposons que l'écoulement externe est incompressible et stationnaire.



Forces appliquées aux véhicules

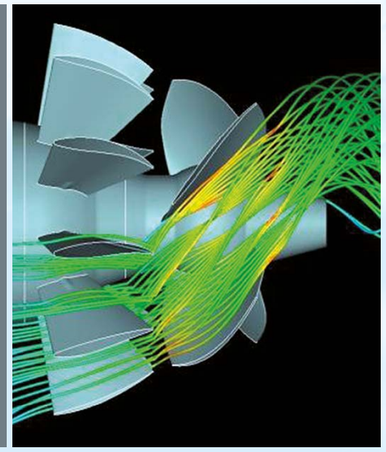
En plus, les aspects de la conception et de la marque, la réduction des résistances à l'avancement – générées par un écoulement autour de corps – joue un grand rôle en construction automobile. C'est pourquoi, les véhicules sont souvent testés dans une soufflerie. Les informations fournies par les essais sont prises en compte dans le développement et l'optimisation des véhicules.

Une optimisation des écoulements permet de réduire les bruits émis pendant la marche et d'influencer la consommation de carburant. C'est ainsi que de grands progrès sont réalisés dans le domaine de l'efficacité énergétique.



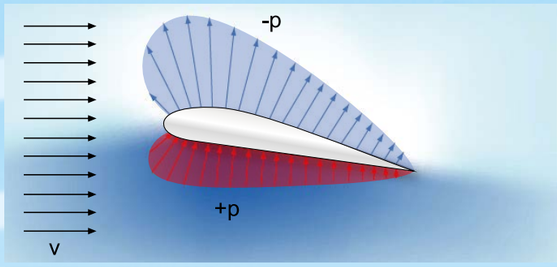
Évolution de l'écoulement dans une turbine

Évolution de l'écoulement dans le système de guidage et de roulement d'une turbine



Évolution de l'écoulement dans les systèmes de guidage et de roulement des turbomachines

Dans le domaine de la conception et de la construction, il est important d'avoir des notions élémentaires sur l'écoulement autour de corps. Les pales de rotor, les systèmes de guidage et de roulement, les entrées et les sorties de systèmes doivent être conçus de manière à réduire les bruits émis pendant la marche et la sensibilité aux vibrations, tout en obtenant une efficacité énergétique maximum.

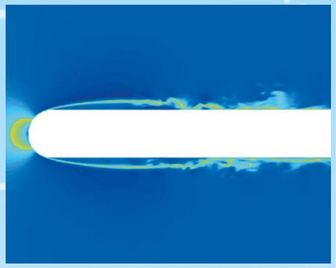


*Répartition de la pression sur les ailes porteuses **v** écoulement incident, **surface bleue** dépression sur la partie supérieure (succion), **surface rouge** surpression sur la partie inférieure*

Force et évolution de la pression sur des ailes

Les connaissances de base sur les ailes peuvent être acquises de manière parlante à l'aide d'un essai avec une soufflerie. En plus de la mesure des forces de traînée et de la portance, un essai très impressionnant sur le plan didactique est proposé, et qui consiste à mesurer l'évolution de la pression autour d'un profil d'aile.

Au cours de cet essai, il est possible de modifier l'angle d'attaque du profil d'aile et la vitesse moyenne d'écoulement.



Couche limite et décollement d'écoulement sur une plaque

Couche limite et décollement d'écoulement sur une aile avec lignes de courant

Couches limites de corps soumis à un écoulement autour de corps

La compréhension de la structure et de l'influence des couches limites des surfaces de corps soumis à un écoulement autour de corps fait partie des questions de mécanique des fluides que les apprenants peuvent particulièrement bien comprendre à partir d'essais adaptés et claires et explicites.

Le tableau montre un extrait du programme pédagogique classique en école d'ingénieur. Les appareils GUNT couvrent dans une très large mesure ces contenus didactiques.

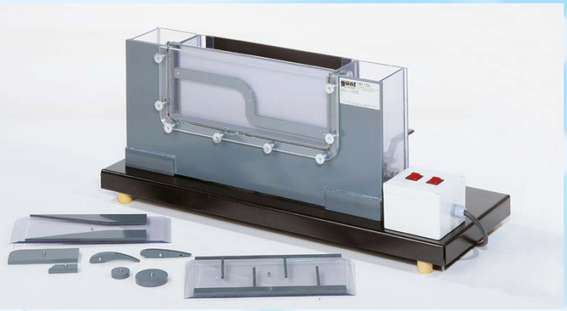
CONTENUS DIDACTIQUES DE L'ÉCOULEMENT AUTOUR DE CORPS	PRODUITS GUNT
Lignes de courant, champ d'écoulement	**HM 133, HM 152, HM 153**
Profils de pression et vitesse des corps soumis à un écoulement autour de corps	**HM 170, HM 225.02, HM 225.04**
Couches limites: formation d'un écoulement laminaire et à turbulences, zone d'eau morte	**HM 170.24, HM 225, HM 225.02**
Dynamique des véhicules, forces aérodynamiques appliquées aux véhicules	
Forces exercées sur les corps soumis à un écoulement autour de corps: traînée de pression et de frottement	**HM 170, HM 225.04**
Forces appliquées aux structures soumises à un écoulement de corps: incidence du vent sur les bâtiments, effet de l'écoulement autour de corps de l'eau sur les fondations et les supports	
Ailes porteuses: formes, types, rapport entre les portances et les résistances et l'angle d'incidence et la vitesse du vent	**HM 170, HM 225.04**
Écoulement traversant dans les séries et les faisceaux de tubes des échangeurs thermiques	**HM 226, Appareils d'essai Catalogue 3: WL 310, WL 314**

DIFFÉRENTES MÉTHODES DE VISUALISATION EN 2D DES LIGNES DE COURANT AVEC LES APPAREILS GUNT

À L'AIDE DE PRODUIT DE CONTRASTE

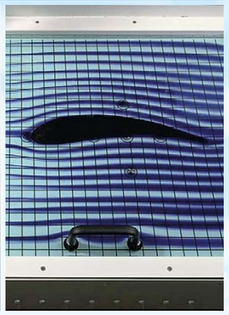
HM 153 VISUALISATION DE DIFFÉRENTS ÉCOULEMENTS

- vue optimale grâce à une zone d'essai éclairée et transparente
- nombreux modèles interchangeables qui peuvent être soumis à un écoulement autour de corps, traversés par un écoulement ou soumis à un écoulement incident
- alimentation en eau au choix par le circuit d'eau fermé ou par raccordement au réseau du laboratoire



HM 152 ÉCOULEMENT POTENTIEL

- cellule de Hele-Shaw tramée sur la plaque en verre inférieure pour une observation optimale des lignes de courant
- écoulement potentiel bi-dimensionnel, sans frottement
- influences des sources et puits sur les lignes de courant
- différents modèles: corps de résistance et modifications de section



À L'AIDE DE BULLES D'HYDROGÈNE GÉNÉRÉES PAR HYDROLYSE

HM 133 VISUALISATION DES CHAMPS D'ÉCOULEMENT

- section d'essai éclairée pour une observation optimale des conditions d'écoulement
- essais avec vitesse d'écoulement faible pour une meilleure observation des processus d'écoulement
- visualisation des tourbillons de Karman

À L'AIDE DE BROUILLARD

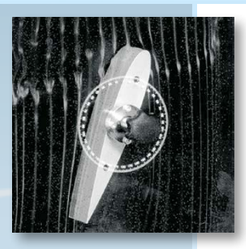
HM 226 SOUFFLERIE POUR LA VISUALISATION DE LIGNES DE COURANT

- fenêtre, éclairée pour optimiser l'observation des lignes de courant
- le champ d'écoulement est généré par injection de brouillard, grâce à plusieurs buses
- le générateur de brouillard est compris dans la livraison
- différents modèles: corps de résistance et changements de coupe transversale

HM 225 BANC D'ESSAI AÉRODYNAMIQUE

- visualisation des lignes de courant avec l'accessoire HM 225.08
- écoulement homogène par redresseur d'écoulement et contour de buse aux formes spéciales
- différents modèles: corps de résistance et changement de coupe transversale

Vous trouverez une représentation détaillée du banc d'essai à la page 218



HM 170 SOUFFLERIE OUVERTE

- section d'essai visible de tous les côtés
- le générateur de brouillard HM 170.52 produit un brouillard extrêmement dense, qui est injecté par une lance dans la soufflerie
- grand choix de corps de résistance disponible en option

Vous trouverez une présentation détaillée du banc d'essai à la page 198.

Pour représenter les phénomènes bi-dimensionnels liés à l'ecoulement d'ultrasons, GUNT propose la soufflerie pour ultrasons HM 172.

GUNT VOUS PROPOSE LES APPAREILS SUIVANTS POUR ABORDER D'AUTRES QUESTIONS SUR LA THÉMATIQUE DE L'ÉCOULEMENT AUTOUR DE CORPS: HM 150.10, HM 150.21, HM 220, HM 240

VOUS TROUVEREZ DES APPAREILS SUR LE THÈME DE L'ÉCOULEMENT TRAVERSANT DANS LES SÉRIES ET LES FAISCEAUX DE TUBES DES ÉCHANGEURS THERMIQUES DANS NOTRE CATALOGUE 3: WL 310, WL 314

HM 152 *Écoulement potentiel*

- *** Écoulement potentiel bi-dimensionnel, sans frottement**
- *** Visualisation des lignes de courant**
- *** Écoulement autour de différents modèles: corps de résistance et modifications de section**
- *** Modélisation de l'écoulement autour de corps par superposition de l'écoulement parallèle avec des sources ou des puits**
- *** Sources et puits seuls ou en association**

Description

L'écoulement laminaire bidimensionnel de HM 152 donne une bonne approche de l'écoulement de fluides idéaux, ce que l'on appelle l'écoulement potentiel. Tous les systèmes physiques décrits à l'aide de la formule de Laplace peuvent être démontrés avec l'écoulement potentiel. Comme par exemple les flux de courant et flux thermiques ainsi que le flux magnétique.

L'élément central du banc d'essai HM 152 est une cellule de Hele-Shaw conventionnelle, munie de raccords d'eau supplémentaires pour les sources et les puits. L'écoulement laminaire bidimensionnel est réalisé en faisant circuler de l'eau à faible vitesse dans une fente étroite, située entre deux plaques en verre parallèles. L'écoulement ainsi obtenu est exempt de tourbillons et peut être considéré comme un écoulement potentiel. Les sources et les puits sont générés par le biais de huit raccords d'eau situés dans la plaque en verre inférieure. L'injection de produit de contraste (encre) rend bien visibles les lignes de courant sur la plaque en verre tramée.

Dans le cadre d'essais, on démontre l'écoulement autour de corps à l'aide de modèles placés dans l'écoulement parallèle. Des modèles interchangeables tels qu'un cylindre, un profil d'aube directrice ou un contour de buse sont compris dans la liste de livraison.

Pour une modélisation de l'écoulement autour de corps sans modèles, il est possible de superposer au choix un écoulement parallèle, des sources, des puits et des dipôles. Il est possible de cette manière de représenter la formation de demi-corps de Rankine.

Le débit d'eau et la quantité de produit de contraste injectée sont ajustés à l'aide de soupapes. Les raccords d'eau sont également activés par des soupapes et peuvent être associés de la manière souhaitée.

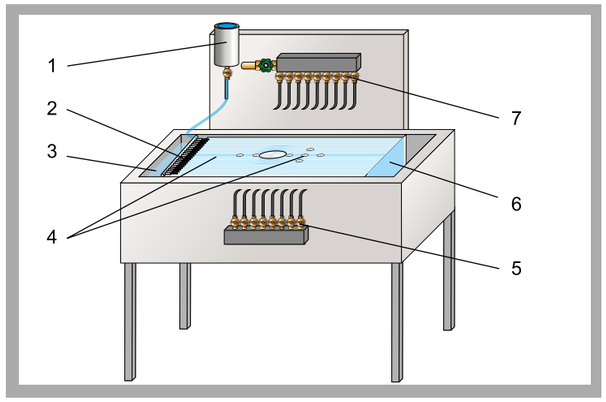
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

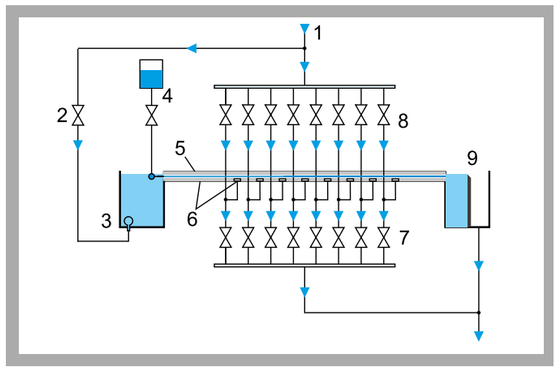
- visualisation des lignes de courant dans différents cas
  - * écoulement autour de corps de résistance: cylindres, profil d'aube fixe, carré, rectangle
  - * écoulement traversant des modèles: contour de la buse, rétrécissement / élargissement discontinu
  - * décollement d'écoulement, écoulement dévié à 90°
- modélisation de l'écoulement autour de corps par superposition de l'écoulement parallèle avec des sources ou des puits:
  - * formation de demi-corps de Rankine
  - * démonstration d'un dipôle
- analogie entre l'écoulement potentiel et les autres systèmes physiques décrits à l'aide de la formule de Laplace

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

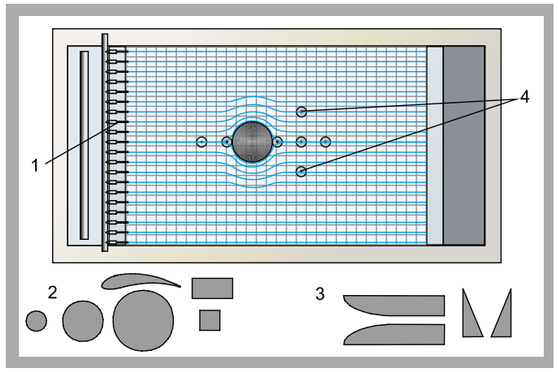
HM 152 *Écoulement potentiel*



1 produit de contraste, 2 buses d'injection en produit de contraste, 3 alimentation en eau, 4 cellule de Hele-Shaw avec sources et puits, 5 soupapes pour puits, 6 évacuation de l'eau, 7 soupapes pour sources



1 arrivée d'eau, 2 soupape, ajustage de la vitesse d'écoulement, 3 réservoir, 4 produit de contraste, 5 plaque en verre supérieure située au-dessus, 6 plaque en verre inférieure située en bas avec raccords d'eau (sources et puits), 7 soupapes pour puits, 8 soupapes pour sources, 9 écoulement de l'eau



Écoulement autour d'un cylindre: 1 injection du produit de contraste, 2 corps de résistance, 3 modèles de changement de coupe transversale, 4 sources et puits croisés

Spécification

[1] démonstration de l'écoulement potentiel dans une cellule de Hele-Shaw et visualisation des lignes de courant
[2] écoulement autour des modèles fournis: cylindre, carré, rectangle, profil d'aube directrice, différents modèles pour les modifications de section
[3] modélisation de l'écoulement autour des contours sans modèles par superposition de l'écoulement parallèle avec des sources ou des puits
[4] eau comme fluide qui s'écoule et encre comme produit de contraste
[5] cellule de Hele-Shaw formé de deux plaques en verre arrangés parallèlement avec un fente étroite
[6] la plaque en verre supérieure peut être ouverte pour remplacer les modèles
[7] la plaque en verre inférieure, munie de raccords d'eau en forme de croix, permet de générer les sources et ou les puits. Diverses combinaisons sont possibles.
[8] la plaque en verre inférieure est tramée pour la visualisation optimale des lignes de courant
[9] la vitesse d'écoulement, l'arrivée et l'évacuation d'eau dans les sources et puits ainsi que le dosage du produit de contraste sont ajustés par des soupapes

Caractéristiques techniques

2 plaques en verre: Lxl: 910x585mm
- écart entre les plaques: 5mm
- plaque en verre en bas munie de 8 raccords d'eau pour les sources/puits

Modèles
- 6 corps de résistance
- 2 changements de coupe transversale
- matériau: caoutchouc
- épaisseur 5mm

Injection du produit de contraste (encre)
- 19 buses

Capacité du récipient du produit de contraste: 200mL

Dimensions et poids

Lxlxh: 1350x700x1380mm
Poids: env. 119kg

Nécessaire pour le fonctionnement

Raccord d'eau 300L/h, drain

Liste de livraison

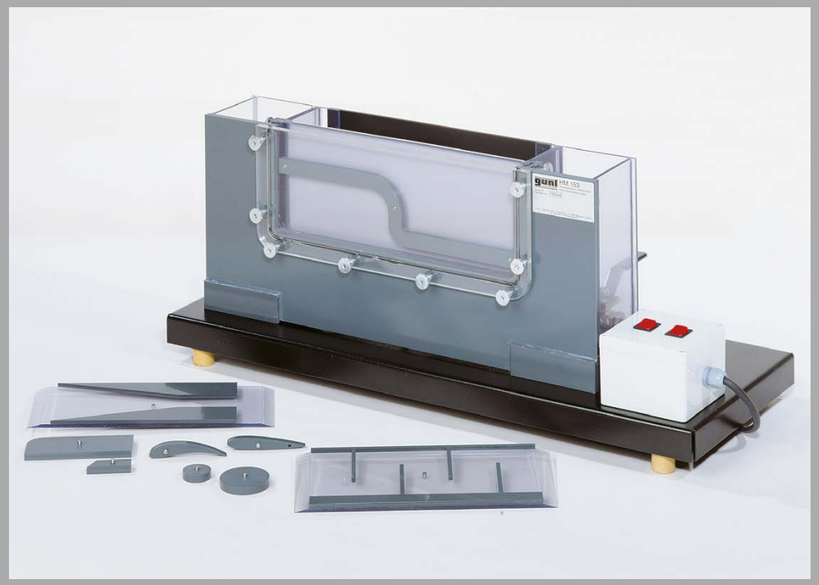
1 banc d'essai
1 jeu de modèles (corps de résistance, changements de coupe transversale)
encre, 1L
1 documentation didactique

Références de commande

070.15200	HM 152 Écoulement potentiel

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 153 *Visualisation de différents écoulements*



L'illustration montre un appareil similaire.

*** Visualisation des lignes de courant**
*** Écoulement par des déversoirs**
*** Section d'écoulement éclairée**
*** Différents modèles: corps de résistance, déversoirs et changements de coupe transversale**

Description

Dans le domaine de la recherche et de l'enseignement, les processus d'écoulement sont souvent présentés sur des modèles simplifiés, par exemple des écoulements tubulaires, écoulements dans des canaux ouverts ou écoulements incidents sur des bâtiments.

Le banc d'essai HM 153 permet de visualiser les écoulements autour de corps, les écoulements tubulaires et les phénomènes d'écoulement apparaissant dans les canaux ouverts. Différents modèles sont fixés dans la section d'écoulement. Un produit de contraste, de l'encre, sert à représenter les lignes de courant en couleur. L'arrière de la section d'écoulement est éclairé. Elle est munie d'une plaque avant transparente.

L'écoulement dans des canaux ouverts est réalisé à l'aide de deux déversoirs. La profondeur de l'eau d'aval est ajustée par un déversoir à paroi mince ou par une vanne. L'écoulement traversant est présenté sur deux modèles intervertibles avec changement de coupe transversale et sur le modèle "faisceau tubulaire". Les lignes de courant formées par l'écoulement autour de corps sont présentées sur quatre corps de résistance.

Un redresseur d'écoulement assure l'homogénéité de l'écoulement et empêche la formation de tourbillons. Le banc d'essai HM 153 contient un circuit d'eau fermé. Alternativement, l'appareil d'essai peut aussi être opéré par le réseau du laboratoire.

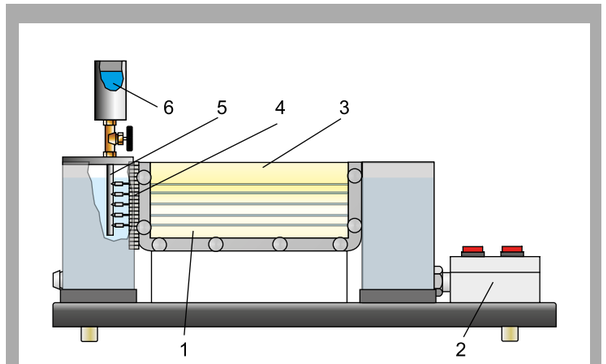
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

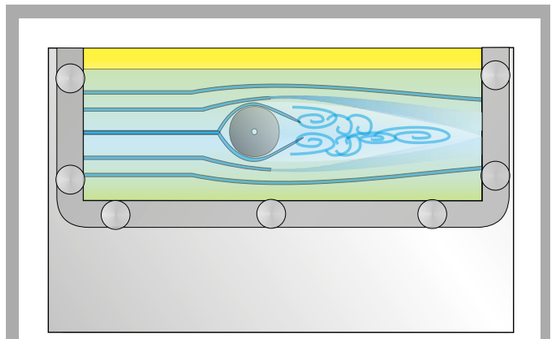
- lignes de courant formées lors de l'écoulement autour de corps appliqué à différents corps de résistance solides
- lignes de courant formées lors de l'écoulement traversant observé sur différentes formes de modèles
- écoulement par des différents déversoirs

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

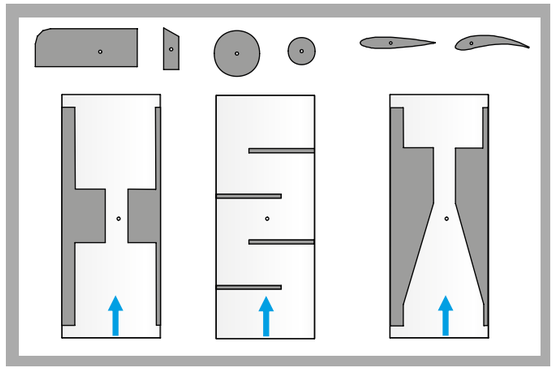
HM 153 *Visualisation de différents écoulements*



1 section d'écoulement, 2 appareil de commande de la pompe et éclairage, 3 plaque avant transparente, 4 buses, 5 distributeur d'encre, 6 réservoir d'encre



Visualisation des lignes de courant apparaissant sur un cylindre et formation de tourbillons



Accessoires joints à la livraison: 1 jeu de déversoirs, corps de résistance et modèles de diverses formes

Spécification

[1] appareil d'essai permettant de visualiser les différents processus d'écoulement
[2] section d'écoulement éclairée avec plaque avant transparente
[3] écoulement dans des canaux ouverts présenté sur 2 déversoirs
[4] écoulement traversant présenté avec 3 modèles de différente forme
[5] écoulement autour de corps solides et présenté sur 4 corps de résistance
[6] produit de contraste: encre
[7] le système peut être opéré par le réseau du laboratoire ou comme circuit d'eau fermé

Caractéristiques techniques

Section d'écoulement: env. 5L
Produit de contraste: encre
Injection du produit de contraste
- 5 buses

Pompe
- débit de refoulement: 10L/min
- hauteur de refoulement: 5,7m

Déversoir
- déversoir à seuil épais
- déversoir à paroi mince

Corps de résistance
- 2 coupes transversales cylindriques
- profil d'ail, symétrique
- profil d'ail, asymétrique

Modèles (différentes formes)
- rétrécissement continu / élargissement brusque
- rétrécissement / élargissement brusque
- faisceau tubulaire

Dimensions et poids

Lxlxh: 1000x310x680mm
Poids: env. 25kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase
Raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu de déversoirs, corps de résistance et modèles de différente forme
Encre
1 documentation didactique

Références de commande

070.15300	HM 153	Visualisation de différents écoulements

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 133 *Visualisation des champs d'écoulement*

*** Visualisation des champs d'écoulement et des lignes de courant à l'aide de bulles d'hydrogène générées par électrolyse**

*** Section d'essai illuminée**

*** Différents modèles: corps de résistance et changements de coupe transversale**

*** Examens réalisés sur un écoulement laminaire et un écoulement turbulent**

Description

Les petites bulles de gaz sont idéales pour présenter les champs d'écoulement. Selon l'analogie de Reynolds, de nombreux processus d'écoulement qui ont lieu dans l'air, peuvent être démontrés par des essais réalisés dans l'eau.

L'appareil d'essai HM 133 permet de visualiser des écoulements laminaires et turbulents dans un canal d'eau. Les bulles d'hydrogène sont générées par électrolyse, sur une cathode constituée d'un fil mince de platine. L'anode est une tôle en acier inoxydable. En raison de leur taille, les petites bulles qui se détachent du fil en platine sont particulièrement bien transportées par l'écoulement.

Un modèle interchangeable est placé dans le canal d'eau peu profond. Il est alors soumis à un écoulement autour de corps ou à un écoulement traversant. De l'illumination DEL blanche a été mise en place sur les parois du canal d'eau, le long de la section d'essai. L'illumination indirect permet d'obtenir une image bien contrastée.

Les essais sont réalisés avec une faible vitesse d'écoulement. Le décollement d'écoulement et la formation de tourbillons sont bien visibles. Différents corps de résistance ou changements de coupe transversale servent de modèle, par exemple un cylindre, profil d'aile et carrés. L'homogénéité de l'écoulement et le peu de turbulences sont obtenus par un redresseur d'écoulement et une couche de perles en verre. L'écoulement nécessaire à l'électrolyse, la longueur d'impulsion et de pause, ainsi que la vitesse d'écoulement du canal d'eau sont ajustables.

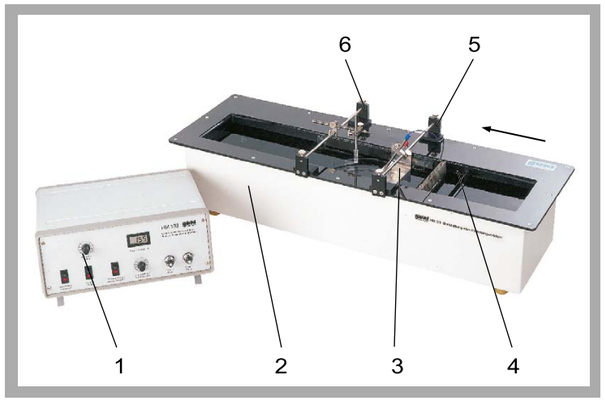
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

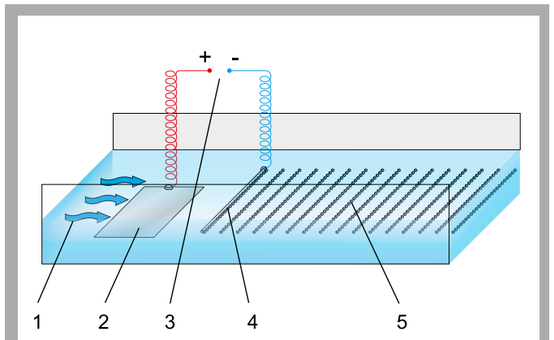
- visualisation d'écoulements bi-dimensionnels
- évolution des lignes de courant lors de l'écoulement autour de corps ou d'écoulement traversant des modèles
- décollement d'écoulement
- formation de tourbillons, démonstration des tourbillons de Karman
- observation qualitative de la répartition de la vitesse sur les écoulements laminaires et turbulents
- analogie à l'écoulement d'air

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

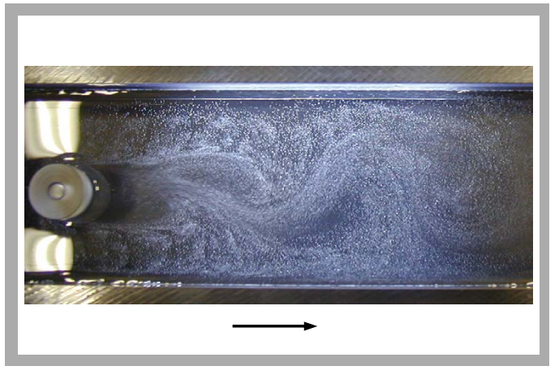
HM 133 *Visualisation des champs d'écoulement*



1 appareil d'affichage et de commande, 2 canal d'eau avec illumination DEL, mises en place le long de la section d'essai, 3 anode, 4 redresseur d'écoulement, 5 fixation de la cathode, 6 fixation du modèle; le sens d'écoulement est indiqué par une flèche



Principe de la génération de bulles d'hydrogène par électrolyse
1 arrivée d'eau, 2 anode, 3 source d'écoulement, 4 cathode, 5 propagation des bulles frontales (pulsée)



En soumettant un cylindre à un écoulement autour de corps, on assiste à la formation d'un tourbillon de Karman derrière le modèle ; la flèche indique le sens d'écoulement

Spécification

[1] visualisation de champs d'écoulement grâce à des bulles d'hydrogène générées par électrolyse
[2] l'électrolyse est réalisée à l'aide d'un fil de platine (la cathode) et d'une tôle en acier inoxydable (l'anode)
[3] canal d'eau peu profond équipé d'illumination DEL indirecte le long de la section d'essai
[4] différents modèles sont fournis avec l'appareil: profil d'aile, carré, plaque droite, plaque concave, cylindres (différentes tailles), différents modèles pour les changements de coupe transversale
[5] un redresseur d'écoulement et des perles en verre assurent l'homogénéité de l'écoulement et réduisent la formation de tourbillons
[6] différentes vitesses d'écoulement sont ajustées à l'aide d'une pompe de circulation
[7] ajustage d'écoulement (avec affichage), de la longueur d'impulsion et pause d'écoulement et de la vitesse d'écoulement dans le canal d'eau

Caractéristiques techniques

Pompe à vitesse de rotation ajustable
- débit de refoulement max.: 20L/min
Générateur pour la génération de bulles
- courant: 0...200mA
- pause: 8,4...1800ms
- impulsion: 8,4...1800ms
3 cathodes à fil de platine
- diamètre: 0,2mm
- longueur: 30, 50, 75mm
Anode, tôle d'acier inoxydable, en forme de L
Canal d'eau: env. 6L
Section d'essai: Lxlxh: 550x150x50mm
Illumination: DEL blanches placées sur le mur de grand côté du canal d'eau

Dimensions et poids

Lxlxh: 900x300x220mm (banc d'essai)
Lxlxh: 410x400x170mm (appareil de commande et d'affichage)
Poids: env. 24kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 appareil de commande et d'affichage
3 cathodes
1 jeu de modèles (corps de résistance, changements de coupe transversale)
1 documentation didactique

Références de commande

070.13300	HM 133	Visualisation des champs d'écoulement

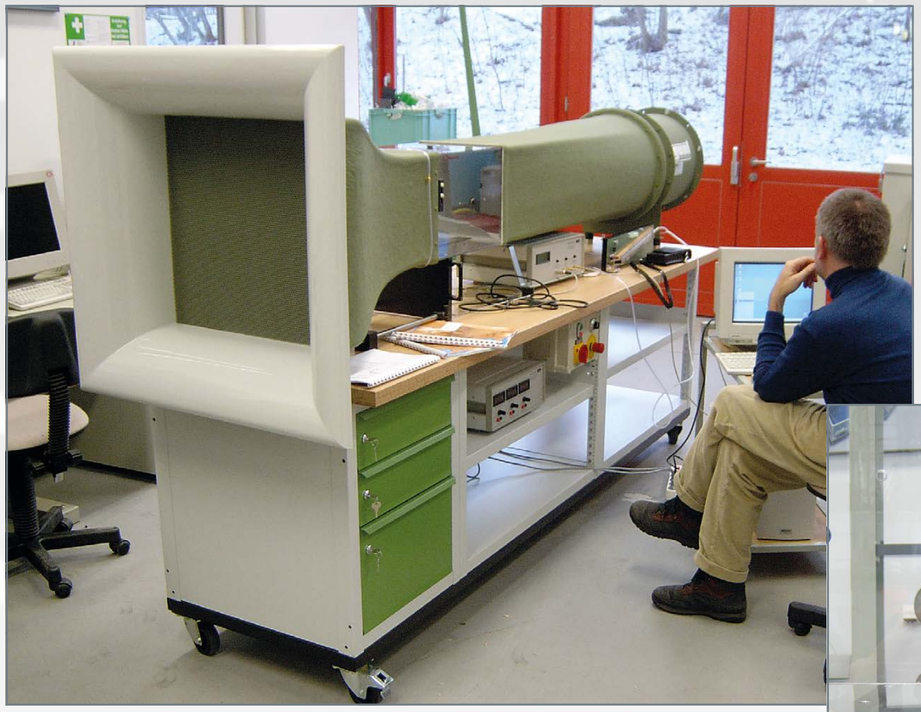
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 170 SOUFFLERIE OUVERTE

Dans le domaine de l'écoulement autour de corps, GUNT propose un équipement classique, la soufflerie de type «Eiffel».

Le fluide, ici de l'air, est amené à la vitesse désirée par un ventilateur pour soumettre le modèle donné à un écoulement autour de corps sur une section de mesure. Des essais supplémentaires, comme par exemple l'étude de la couche limite ou la répartition de la pression sur les corps de résistance soumis à un écoulement autour de corps sont disponibles en option.

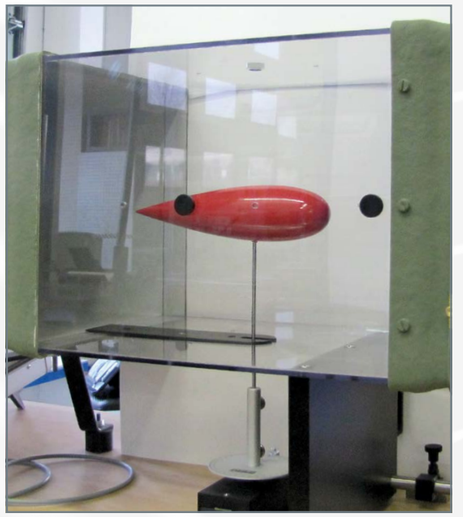
Le nouveau design de la soufflerie ouverte HM 170



Soufflerie ouverte HM 170, dans les locaux de l'école technique supérieure TH Wildau, laboratoire de technique aéronautique

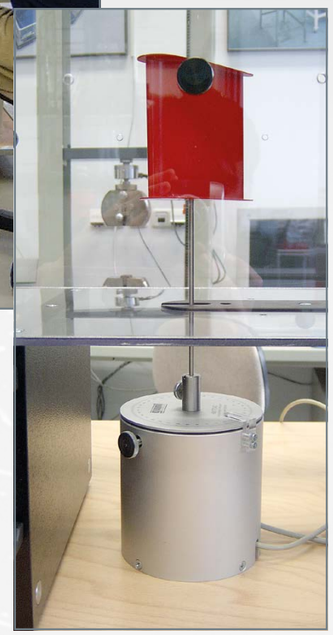
Formation sur la soufflerie ouverte HM 170 dans les bâtiments de l'école spécialisée en technique aéronautique de Hambourg

Mesure de la portance et des résistances basée sur l'angle d'incidence d'une aile avec becs de bord d'attaque et volet d'intrados



Mesure de la portance et de la force de résistance sur le corps de lignes de courant avec le capteur de force à 2 composants

Répartition de la pression sur une aile soumise à un écoulement autour de corps

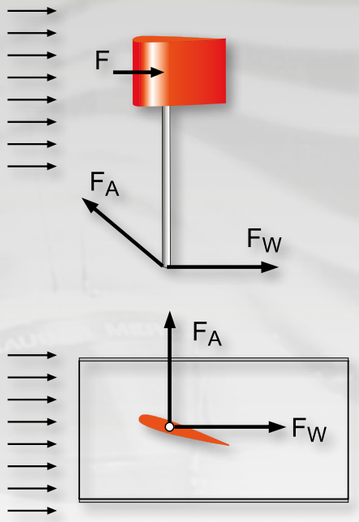


Mesure de la portance et de la force de résistance, mesure du moment basé sur le corps de résistance, une aile, avec le capteur de force à 3 composants

HM 170 SÉLECTION D'ESSAIS RÉALISÉS

ÉCOULEMENT AUTOUR DE CORPS APPLIQUÉ À DIFFÉRENTS CORPS DE RÉSISTANCE HM 170.01 – HM 170.11

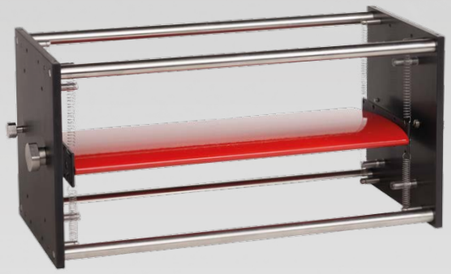
- détermination des coefficients de résistance de l'air et de la portance
- capteur de force à 2 composants pour la mesure des forces de résistance et de la portance compris dans HM 170
- visualisation des lignes de courant à l'aide de brume



Mesure de la force appliquée au corps de résistance

F_A *portance,*
F_W *force de résistance*

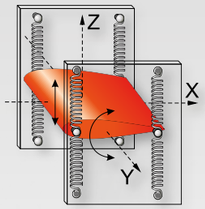
PRÉSENTATION DES VIBRATIONS FLOTTANTES

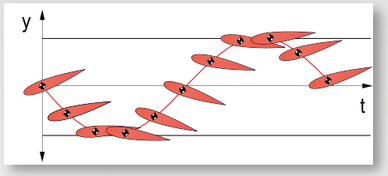


HM 170.20 Modèle à aile, monté sur un ressort

- présenter les vibrations flottantes (vibrations propres)
- les vibrations propres peuvent être influencées en modifiant la position du ressort

Un système élastique, soumis à l'écoulement incident de l'air, peut être mis en vibration par des forces de l'écoulement guidées par le mouvement, caractérisée par de fortes amplitudes. Ce phénomène d'instabilité est appelé vibration flottante. Les vibrations flottantes sont particulièrement importantes lors de la conception des avions, des ponts, des cheminées ou des câbles à haute tension. Ce modèle permet de démontrer l'excitation aérodynamique des vibrations et l'instabilité. Les vibrations propres de l'aile sont observées à l'aide d'un stroboscope.



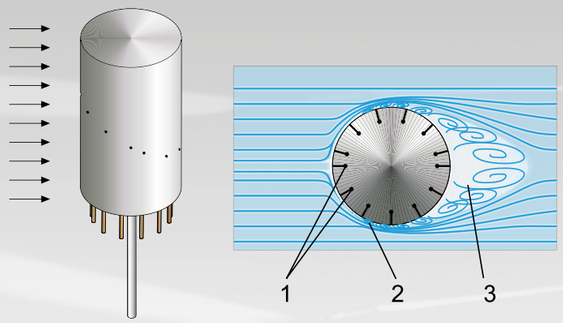


Vibrations flottantes représentées sur évoulution temporelle

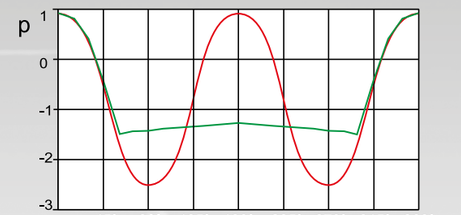
DISTRIBUTION DE LA PRESSION SUR LA CIRCONFÉRENCE D'UN CYLINDRE SOUMIS À UN ÉCOULEMENT AUTOUR DE CORPS

HM 170.23 Distribution de la pression sur le cylindre

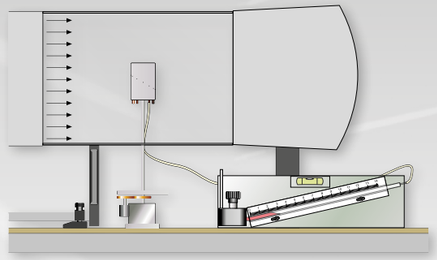
- enregistrement de la distribution de la pression sur la circonférence du cylindre
- mesure de la pression statique
- chaque point de mesure de la pression est muni d'un raccord pour tuyau



1 *point de mesure,*
2 *décollement d'écoulement,*
3 *tourbillon*

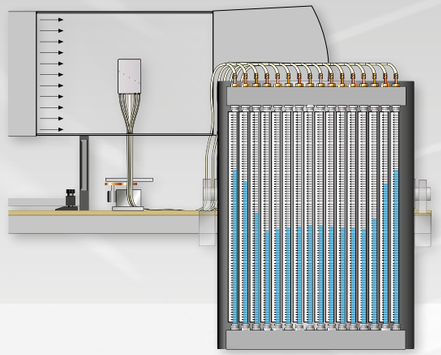


Comparaison entre la distribution de la pression mesurée et théorique sur un cylindre soumis à un écoulement autour de corps
en rouge *distribution théorique de la pression,*
en vert *distribution de la pression mesurée*



Avec le manomètre à tube incliné:

Enregistrement de la distribution de la pression par une mesure effectuée aux points de mesure de la pression du cylindre



Avec le manomètre à tube HM 170.50:
Enregistrement de la distribution de la pression

Représentation précise de la distribution de la pression par une mesure réalisée simultanément sur tous les points de mesure de la pression, avec le manomètre à tube HM 170.50

HM 170 ACCESSOIRES POUR LA SOUFFLERIE

HM 170.01
Corps de résistance sphère
diamètre: 80 mm
N° d'article 070.17001

HM 170.02
Corps de résistance coupelle hémisphérique
diamètre: 80 mm
N° d'article 070.17002

HM 170.03
Corps de résistance disque circulaire
diamètre: 80 mm
N° d'article 070.17003

HM 170.04 Corps de résistance anneau de cercle
diamètre extérieur: 113 mm
diamètre intérieur: 56,5 mm
N° d'article 070.17004

HM 170.05
Corps de résistance carré percé
longueur x largeur: 71 x 71 mm
N° d'article 070.17005

HM 170.06
Corps de résistance drapeau
longueur x largeur: 100 x 50 mm
N° d'article 070.17006

HM 170.07
Corps de résistance cylindre
diamètre x hauteur: 50 x 100 mm
N° d'article 070.17007

HM 170.08
Corps de résistance corps de ligne de courant
longueur: 240 mm
diamètre: 50 mm
N° d'article 070.17008

HM 170.09 Corps de résistance aile NACA 0015
longueur x largeur x hauteur:
100 x 100 x 15 mm
N° d'article 070.17009

HM 170.10
Corps de résistance paraboloïde
diamètre: 80 mm
longueur: 90 mm
N° d'article 070.17010

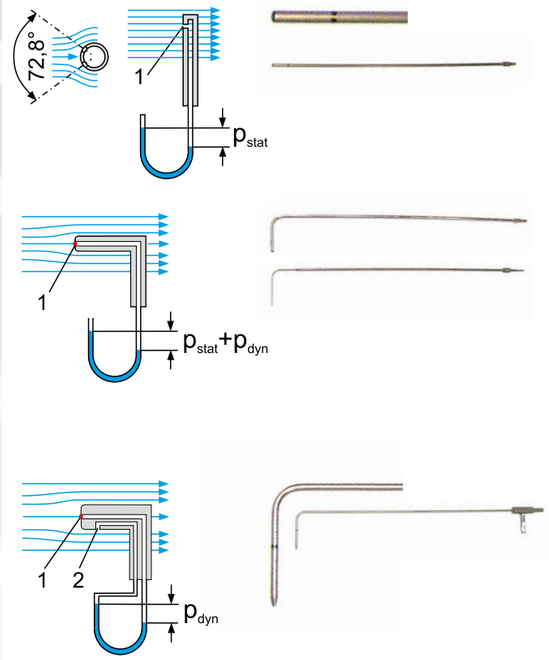
HM 170.11 Corps de résistance forme concave
diamètre x longueur:
80 x 68,65 mm
N° d'article 070.17011

HM 170.21 Aile avec bec mobile et volet d'intrados
Profil d'aile NACA 0015
longueur x largeur x hauteur:
100 x 100 x 15 mm
N° d'article 070.17021

HM 170.22 Distribution de la pression sur une aile NACA 0015
longueur x largeur x hauteur:
100 x 60 x 15 mm
N° d'article 070.17022
- enregistrement de l'évolution de la pression
- mesure de la portance

autres profils de voilure disponibles:
HM 170.26 NACA 54118, longueur x largeur x hauteur: 100 x 60 x 19,65 mm, N° d'article 070.17026
HM 170.27 NACA 4415, longueur x largeur x hauteur: 100 x 60 x 15,5 mm, N° d'article 070.17027

HM 170.23
Distribution de la pression sur le cylindre
diamètre x hauteur: 50 x 75,5 mm
N° d'article 070.17023



HM 170.34 Sonde pour pression statique
diamètre x longueur: 4 x 360 mm,
2 trous de diamètre intérieur: 0,8 mm
N° d'article 070.17034

Détermination de la pression statique
***1** point de mesure de la pression statique*

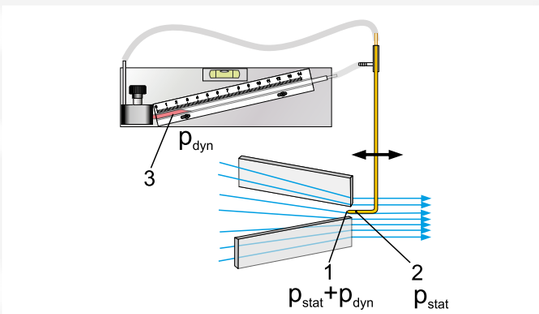
HM 170.31 Tube de Pitot
diamètre extérieur: 4 mm, N° d'article 070.17031

HM 170.32 Tube de Pitot, petit
diamètre extérieur: 2 mm, N° d'article 070.17032

*Détermination de la pression totale **1** point de stagnation*
La pression mesurée au point de stagnation correspond à la pression totale

HM 170.33 Tube de Prandtl
diamètre extérieur: 3 mm, N° d'article 070.17033

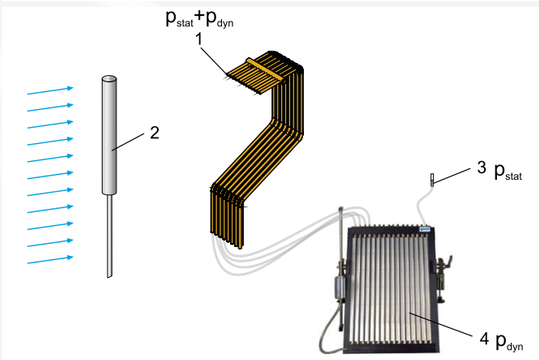
Détermination de la pression dynamique
***1** point de stagnation,*
***2** point de mesure de la pression statique*
La pression dynamique est la différence entre la pression totale et la pression statique



HM 170.25 Modèle «Bernoulli»
entrée de l'air: 292 mm, sortie de l'air: 146 mm, angle d'ouverture: 52°, tube de Prandtl: diamètre extérieur: 4 mm
N° d'article 070.17025

- tube de Prandtl réglable à l'horizontale
- la section de mesure est formée par des inserts coniques dont la coupe transversale se rétrécit de manière continue

Mesure des pressions
***1** point de stagnation sur le tube de Prandtl (pression totale), **2** point de mesure de la pression statique,*
***3** le manomètre à tube incliné mis en place sur HM 170, indique la pression dynamique*

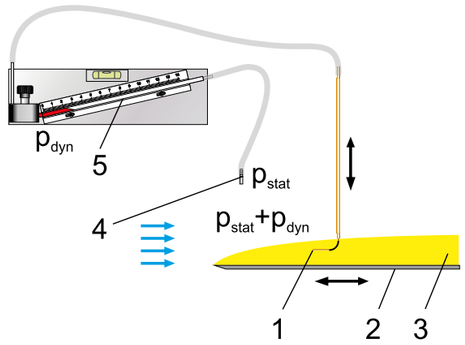


HM 170.28 Mesure du sillage
cylindre: diamètre x hauteur: 20 x 100 mm
le râteau de sillage est constitué de 15 tubes de Pitot diamètre extérieur: 2 mm, Écart entre les tubes de Pitot: 3 mm, N° d'article 070.17028

- les valeurs mesurées peuvent être représentées sur PC à l'aide de la mesure électronique de la pression HM 170.55

Mesure des pressions
***1** point de stagnation sur le tube de Pitot (pression totale), **2** cylindre, **3** point de mesure de la pression statique, **4** le manomètre à tube HM 170.50 affiche les pressions dynamiques*

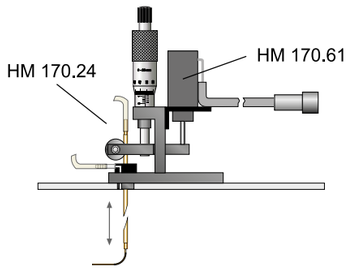
HM 170 ACCESSOIRES POUR LA SOUFFLERIE



HM 170.24
Étude de couche limite avec un tube de Pitot
2 plaques rugueuse et lisses, LxlxH=279x250x3mm
N° d'article. 070.17024

- le tube de Pitot réglable en hauteur mesure les pressions à divers écarts de la surface de la plaque
- plaque réglable à l'horizontale destinée à l'enregistrement des pressions mesurées le long d'écoulement
- représentation sur PC des valeurs mesurées à l'aide du logiciel d'acquisition des données HM 170.60 et de la mesure électronique du déplacement HM 170.61

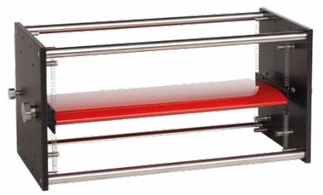
Mesure des pressions
***1** point de stagnation sur le tube de Pitot (pression totale), **2** plaque de surface plane, **3** couche limite, **4** point de mesure de la pression statique, **5** le manomètre à tube incliné monté sur HM 170 affiche la pression dynamique*



HM 170.61 Mesure électronique du déplacement
N° d'article. 070.17061

- accessoire fourni en option pour HM 170.24 étude de la couche limite avec tube de Pito
- les valeurs mesurées peuvent être représentées sur PC à l'aide du système d'acquisition des données HM 170.60

Plage de mesure:
Déplacement: 0…10mm



HM 170.20 Modèle à aile, monté sur un ressort
Profil d'aile NACA 0015
LxlxH: 200x100x15mm
N° d'article 070.17020

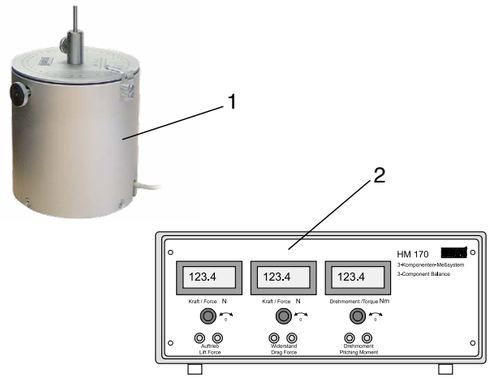
- rigidité transversale: 216N/m
- rigidité en torsion: 0,07...0,28Nm/rad

HM 170.50 Manomètre à 16 tubes, 600mm
LxlxH: 670x215x745mm
N° d'article 070.17050

- peut pivoter, niveaux d'inclinaison: 1:1, 2:1, 5:1, 10:1
- max. 600mm colonne d'eau
- manomètre réglable en hauteur
- possibilité de réglage individuel du point zéro

Le manomètre à tube fonctionne d'après le principe des vases communicants

HM 170.52 Générateur de brouillard
LxlxH: 370x315x160mm (unité d'alimentation)
puissance absorbée: 500W
N° d'article 070.17052



HM 170.40 Capteur de force à 3 composants
LxlxH: 370x315x160mm (amplification de la mesure)
diamètre x longueur: 115x150mm (capteur de force)
N° d'article 070.17040

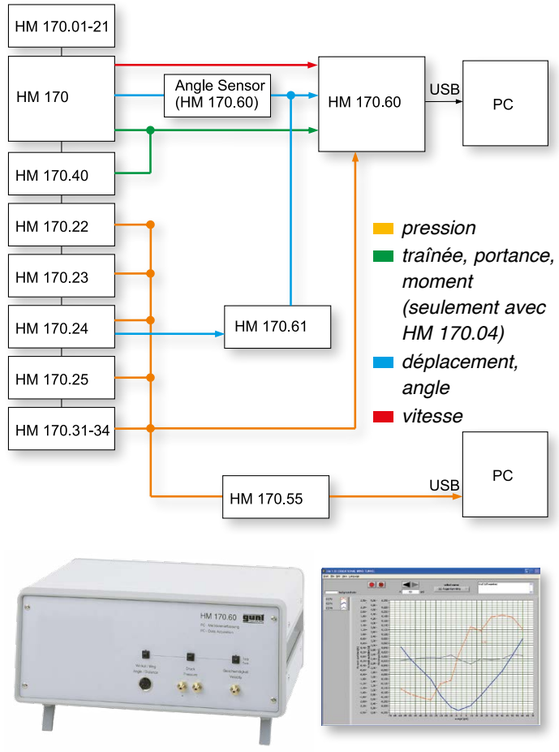
- amplificateurs de mesure avec raccords pour les forces et moment
- peut être connecté à HM 170.60
- affichage de la résistance, de la portance et du moment

Plages de mesure
- *résistance -4…+4N*
- *portance -4…+4N*
- *couple: -0,5…+0,5Nm*

***1** capteur de force, **2** amplification de la mesure*

HM 170.55 Mesure électronique de la pression, 18x 0…500Pa
LxlxH: 370x315x160mm, N° d'article 070.17055

- 18 entrées, 0…500Pa
- le CD avec le logiciel GUNT est compris dans le matériel fourni
- acquisition des données par liaison USB sous Windows Vista ou Windows 7



HM 170.60 Système d'acquisition des données
LxlxH: 370x315x160mm (module d'interface)
N° d'article 070.17060

- le CD avec le logiciel GUNT est compris dans le matériel fourni
- acquisition des données par liaison USB sous Windows Vista ou Windows 7
- capteur d'angle

Plages de mesure
- *déplacement: 0…10mm*
- *angle: 0…360°*
- *pression: 0...10mbar*
- *vitesse: 0...48m/s*
- *force*
  résistance: -5…+5N
  portance: -5…+5N
  moment: -0,5…+0,5Nm (uniquement pour le capteur de force à 3 composants HM 170.40)

HM 170 *Soufflerie ouverte*

*** Soufflerie ouverte pour divers essais aérodynamiques**

*** Écoulement homogène par un redresseur d'écoulement et contour de buses spécial**

*** Section de mesure transparente**

Description

La soufflerie ouverte est l'appareil classique utilisé pour les essais réalisés sur les écoulements aérodynamiques. Le modèle à analyser reste au repos. Le fluide est mis en mouvement pour générer l'écoulement autour de corps désiré.

Le HM 170 est une soufflerie ouverte de type "Eiffel". Il permet de présenter et de mesurer les propriétés aérodynamiques de différents modèles. Pour ce faire, l'air environnant est aspiré et accéléré. Sur une section de mesure, l'air produit un écoulement autour du corps du modèle, par ex. une aile. Ensuite, l'air est décéléré dans un diffuseur, puis libéré dans l'environnement par un ventilateur.

Le contour de la buse spécialement mis au point et un redresseur d'écoulement assurent une distribution uniforme de la vitesse, avec de faibles turbulences dans la section de mesure fermée. La coupe transversale d'écoulement générée dans la section de mesure est carrée. Le ventilateur axial intégré au système, avec redresseur et entraînement à vitesse variable, dispose d'une haute efficacité énergétique, alliée à un rendement élevé. Dans cette soufflerie ouverte, l'air peut atteindre des vitesses allant jusqu'à 28m/s. La soufflerie ouverte est équipée d'un capteur électronique de force à 2 composants électronique. Il enregistre la portance et la résistance qui sont affichées numériquement. La vitesse de l'air atteinte dans la section de mesure est affichée sur le manomètre à tube incliné. Pour mesurer les évolutions de pression sur les profils de corps, nous recommandons le manomètre à tubes HM 170.50.

À l'aide du système d'acquisition des données HM 170.60, les mesures de la pression, le déplacement, l'angle, la vitesse et la force sont transmises à un PC pour y être analysées par le logiciel.

Divers accessoires permettent de réaliser de nombreux essais, comme par exemple: mesures de la portance, répartitions de la pression, analyse de la couche limite ou visualisation des lignes de courant.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

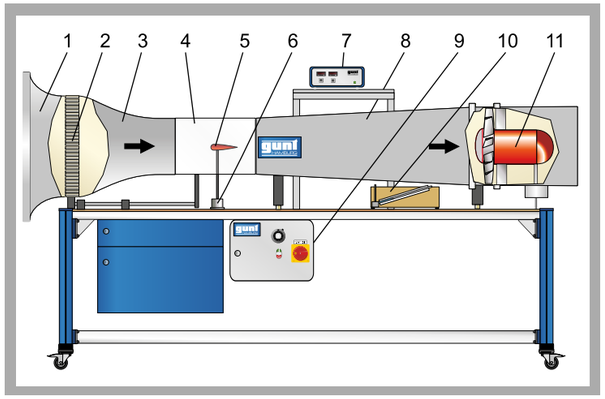
Contenu didactique / Essais

essais avec accessoires
- détermination des coefficients de traînée de l'air et de portance sur différents modèles
- répartition de la pression sur les profils de corps soumis à un écoulement autour de corps
- analyse de la couche limite
- analyse des vibrations flottantes
- mesure de sillage

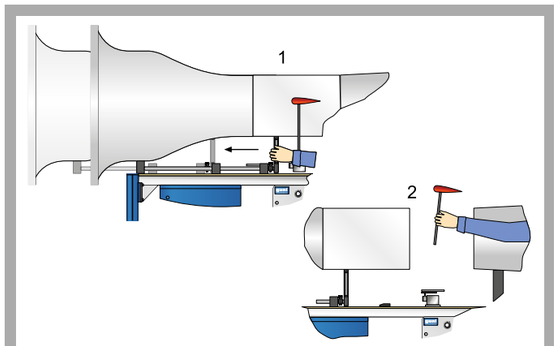
avec le générateur de brouillard HM 170.52
- visualisation des lignes de courant

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

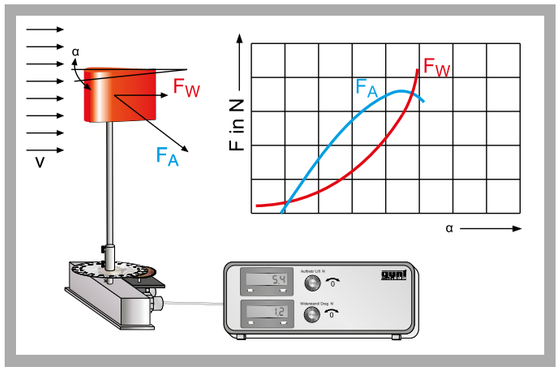
HM 170 *Soufflerie ouverte*



1 contour d'arrivée, 2 redresseur d'écoulement, 3 buse, 4 section de mesure, 5 corps de résistance, 6 capteur de force, 7 appareil d'affichage et de commande, 8 diffuseur, 9 coffret de distribution, 10 manomètre à tube incliné, 11 ventilateur axial



Les modèles sont facilement remplacés: 1ère étape: enlever le verrouillage et ouvrir la section de mesure en poussant, 2ème étape: retirer le corps de résistance



Mesure de la portance et de la résistance d'une aile d'après la valeur de l'angle l'incidence en bleu: portance F_A, en rouge: force de traînée F_W, α angle d'incidence

Spécification

[1] réalisation d'essais en aérodynamique et en mécanique des fluides avec une soufflerie ouverte de type "Eiffel"
[2] divers accessoires fournis en option
[3] section de mesure transparente, fermée
[4] contour d'arrivée, buse et diffuseur en matière plastique renforcée de fibres de verre
[5] moteur de ventilateur à vitesse ajustable, caractérisé par une efficacité énergétique élevée
[6] redresseur d'écoulement destiné à réduire les turbulences
[7] capteur électronique de forces à 2 composants destiné à mesurer les forces d'écoulement
[8] manomètre à tube incliné chargé d'afficher la vitesse de l'air
[9] affichage numérique de la résistance et de la portance
[10] affichage des valeurs de la pression, du déplacement de l'angle, de la vitesse et de la force par le système d'acquisition des données HM 170.60

Caractéristiques techniques

Section de mesure
- coupe transversale d'écoulement lxH: 292x292mm
- longueur: 420mm
- vitesse du vent: 3,1...28m/s

Ventilateur axial
- puissance absorbée: 2,55kW

Plages de mesure
- force: 2x -5...5N
- pression: 0...5mbar

Dimensions et poids

Lxlxh: 2870x890x1540mm
Poids: env. 250kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 230V, 60Hz/CSA, 3 phases

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.17000	HM 170 Soufflerie ouverte

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 170.22 *Distribution de la pression sur une aile NACA 0015*

*** Distribution de la pression sur une aile soumise à un écoulement autour de corps**

*** Mesure de la portance**

*** Essais réalisés avec différentes angles d'incidences du profil d'aile**

*** Profil d'aile NACA 0015**

Description

La mesure de la distribution de la pression sur un profil d'aile soumis à un écoulement autour de corps délivre aux étudiants les notions de base sur la génération de la portance effective d'une aile. Pour générer la portance d'un corps soumis à un écoulement autour de corps, on doit avoir une surpression sur la partie sous-jacente de ce corps et une sous-pression sur le dessus. Cet essai permet de visualiser la distribution de la pression sur un corps soumis à un écoulement autour de corps.

Le HM 170.22 avec profil d'aile NACA 0015 permet - en liaison avec la soufflerie HM 170 - d'enregistrer la distribution de la pression et de mesurer la portance. D'autre profilés d'aile sont disponibles en option. Ce sont NACA 54118 (HM 170.26) et NACA 4415 (HM 170.27).

L'aile est reliée au capteur de force à 2 composants de la soufflerie. L'angle d'incidence est modifiée en tournant la fixation. La surface de l'aile est munie de trous destinés à la mesure et placés de manière à pratiquement exclure toute influence mutuelle. Chaque point de mesure est équipé d'un raccord pour tuyau. Pour éliminer les écoulements secondaires, l'aile est protégée par deux éléments latéraux.

Les pressions statiques sont affichées sur le manomètre à tubes HM 170.50 ou par l'appareil de mesure électronique de la pression HM 170.55. La portance est enregistrée pour diverses angles d'incidences par le capteur de force à 2 composants.

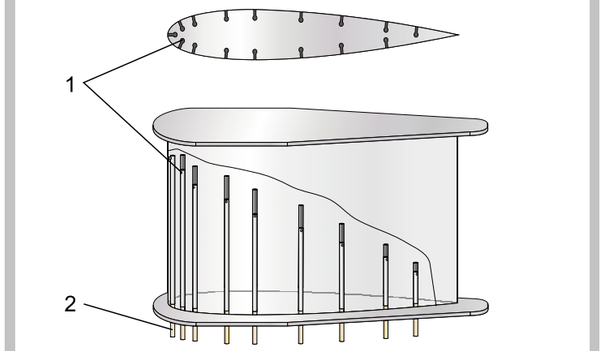
À l'aide du système d'acquisition des données HM 170.60, les mesures de la portance sont transmises à un PC pour y être analysées par le logiciel.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

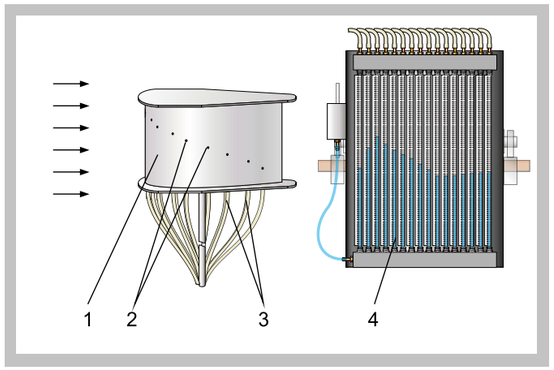
Contenu didactique / Essais

- distribution de la pression sur une aile soumise à un écoulement autour de corps
- mesure de la portance
- portance et décollement d'écoulement en fonction de l'angle d'incidence

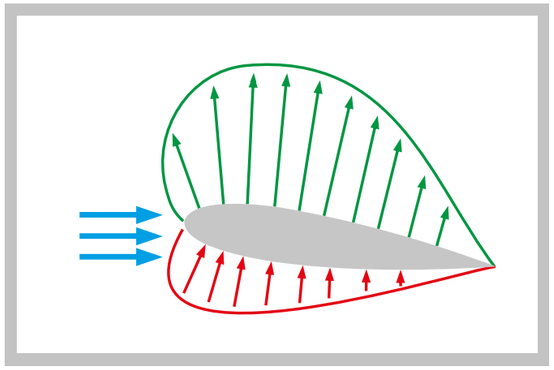
HM 170.22 *Distribution de la pression sur une aile NACA 0015*



1 point de mesure, 2 raccord pour tuyau



Structure de l'essai avec manomètre à tube: 1 aile, 2 point de mesure, 3 tuyau de mesure, 4 manomètre à tube HM 170.50



Distribution de la pression sur l'aile soumise à un écoulement autour de corps; en vert: sous-pression, en rouge: surpression, en bleu: écoulement incident

Spécification

[1] détermination de la distribution de la pression sur une aile soumise à un écoulement autour de corps
[2] accessoires pour le banc d'essai HM 170
[3] profil d'aile NACA 0015
[4] 16 points de mesure avec raccords pour tuyau
[5] affichage des pressions statiques sur le manomètre à tubes HM 170.50 ou avec l'appareil de la mesure électronique de la pression HM 170.55
[6] mesure de la portance avec le capteur de force à 2 composants monté sur HM 170
[7] analyse de la portance mesurée sur PC avec HM 170.60
[8] autres profils d'aile disponibles:
HM 170.26, NACA 54118, Lxlxh: 100x60x19,65mm
et HM 170.27, NACA 4415, Lxlxh: 100x60x15,5mm

Caractéristiques techniques

Aile
- profil: NACA 0015
- type de profil: symétrique
- Lxlxh: 100x60x15mm

Tuyau de mesure
- matériau: PVC
- diamètre extérieur: 3,8mm
- diamètre intérieur: 1,8mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 115x30x270mm
Poids: env. 0,6kg

Liste de livraison

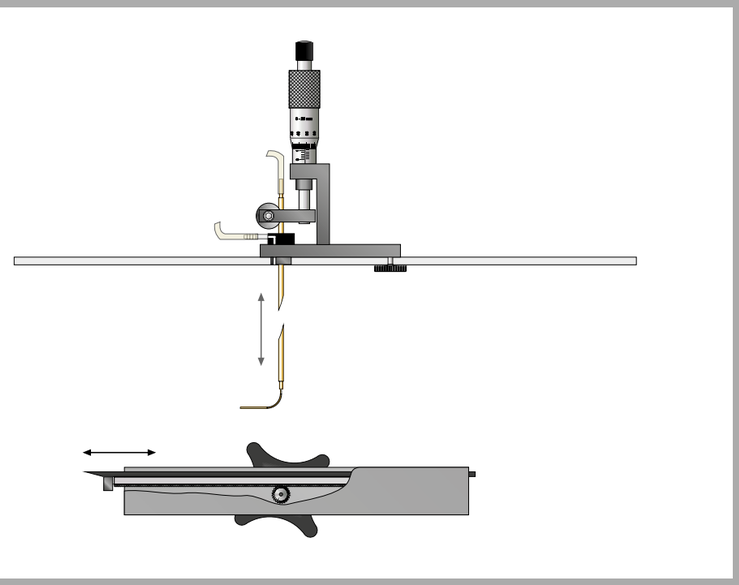
1 aile
1 tuyau de mesure
1 documentation didactique

Références de commande

070.17022	HM 170.22	Distribution de la pression sur une aile NACA 0015

2E a division of G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, t +49 40 67 08 54-0, f +49 40 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable. **Visit our Websites: www.gunt.de | www.gunt2e.de**

HM 170.24 *Étude de la couche limite avec un tube de Pitot*



*** Étude de la couche limite le long d'une plaque plane**

*** 2 plaques munies de surfaces différentes**

*** Tube de Pitot destiné à mesurer la pression totale**

Description

Lorsque des corps sont soumis à un écoulement incident, les fluides comme par exemple l'air "adhèrent" à la surface du corps et forment une couche dite limite. Le type d'écoulement généré dans la couche limite - laminaire ou à turbulences - a une grande influence sur la résistance. Les données fournies par l'examen de la couche limite sont prises en compte dans la construction des ailes porteuses (aéronautique), des pales de turbine (construction de turbines) ainsi que de la coque des bateaux, du gourvernail et des ailes d'hélice (construction maritime).

L'appareil d'essai HM 170.24 permet - en liaison avec la soufflerie HM 170 - d'analyser la couche limite d'une plaque de surface plane. La plaque est alors déposée dans la section de mesure de la soufflerie. L'air s'écoule alors le long de la plaque. Pour présenter l'influence de la structure superficielle sur la couche limite, deux plaques de rugosité différente sont mises à disposition.

Un tube de Pitot ajustable en hauteur à l'aide d'une vis micrométrique, mesure les pressions totales à différents écarts de la surface de la plaque. La plaque est ajustable horizontalement de manière à pouvoir enregistrer les pressions totales, dans le sens de l'écoulement. Un point de mesure supplémentaire permet d'enregistrer la pression statique. Les deux points de mesure sont raccordés au manomètre à tube incliné, implanté sur HM 170. La vitesse est calculée à partir de la pression dynamique affichée. Les valeurs de la pression sont représentées graphiquement à l'aide du système d'acquisition des données HM 170.60 et de l'appareil de mesure électronique du déplacement HM 170.61.

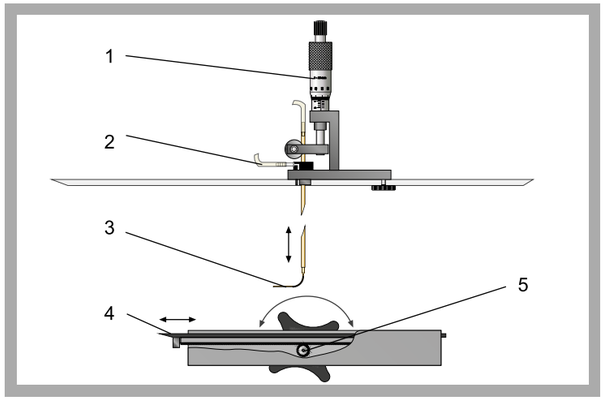
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

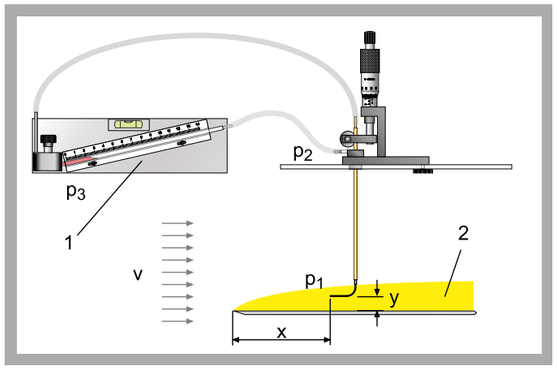
- mesure de la pression totale avec tube de Pitot
- mesure de la pression statique
- détermination de la vitesse à l'aide de la pression dynamique
- étude du profil de vitesse vertical au point de mesure
- étude de l'épaisseur de la couche limite
- influence de la rugosité de la surface sur la couche limite

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

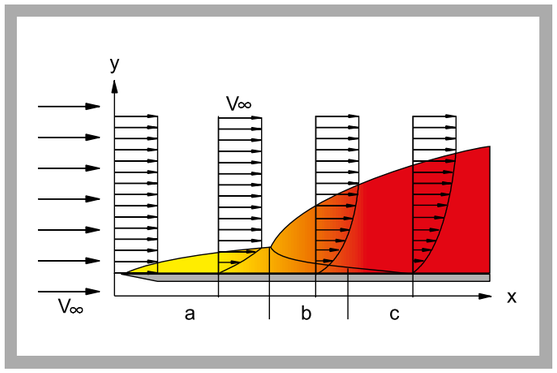
HM 170.24 *Étude de la couche limite avec un tube de Pitot*



1 vis micrométrique pour l'ajustage vertical du tube de Pitot, 2 point de mesure de la pression statique, 3 tube de Pitot, 4 plaque, 5 crémaillère avec roue à main pour l'ajustage horizontal de la plaque



Mesure de la pression dynamique: 1 manomètre à tube incliné (monté sur le HM 170), 2 couche limite; p_1 pression totale, p_2 pression statique, p_3 pression dynamique; x écart horizontal entre l'arête avant de la plaque et le tube de Pitot, y écart vertical entre la plaque et le tube de Pitot, v écoulement



Formation d'une couche limite sur une plaque de structure plane: y épaisseur de la couche limite, a écoulement laminaire, b transformation en écoulement à turbulences, c écoulement à turbulences; v vitesse d'écoulement

Spécification

[1] étude de la couche limite sur une plaque plane le long d'une plaque plane
[2] accessoires pour la soufflerie HM 170
[3] deux plaques de différente rugosité
[4] tube de Pitot destiné à mesurer la pression totale de la plaque
[5] point de mesure supplémentaire pour mesurer la pression statique
[6] ajustage horizontal de la plaque par crémaillère
[7] ajustage vertical du tube Pitot par vis micrométrique
[8] affichage de la pression dynamique sur le manomètre à tube incliné, implanté dans HM 170
[9] affichage des valeurs mesurées sur PC à l'aide du logiciel HM 170.60 et de la mesure électronique du déplacement HM 170.61

Caractéristiques techniques

2 plaques graduées
- aluminium, noir, anodisé
- Lxl: 250x279mm, épaisseur: 3mm
- biseau: 15°
- surface lisse: 25µm
- surface rugueuse: 400µm
- ajustage horizontal: 180mm

Tube de Pitot
- diamètre intérieur: 0,7mm
- ajustage vertical: 25mm

Vis micrométrique
- résolution: 0,01mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 290x250x215mm
Poids: env. 1,8kg

Liste de livraison

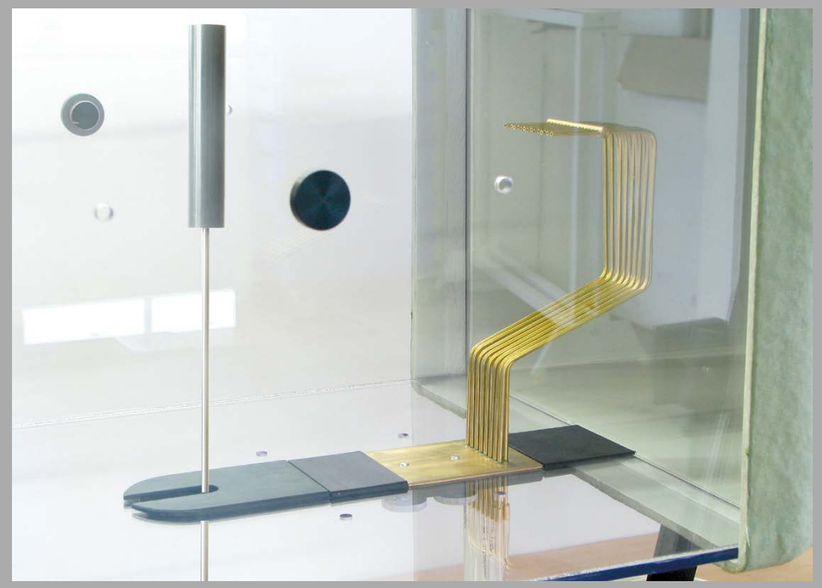
1 appareil d'essai
2 plaques
1 documentation didactique

Références de commande

070.17024	HM 170.24	Étude de la couche limite avec un tube de Pitot

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 170.28 *Mesure du sillage*



*** Étude du sillage sur le cylindre soumis à un écoulement autour de corps**

*** Calcul du sillage avec 15 tubes de Pitot**

*** Détermination du coefficient de résistance du cylindre**

Description

Lorsque des profils de corps sont soumis à un écoulement autour de corps, on assiste à la formation d'écoulements sur la couche limite. Dans le sillage du corps soumis à cet écoulement autour de corps, ces écoulement de la couche limite entrent en collision et forment des tourbillons causant une réduction de la vitesse dans cette zone. La réduction de la vitesse fait diminuer la pression dynamique.

L'appareil d'essai HM 170.28 permet - en liaison avec la soufflerie HM 170 - de mesurer le sillage d'un cylindre soumis à un écoulement autour de corps. Pour enregistrer les pressions totales, l'appareil d'essai est équipé d'un râteau de sillage, constitué de 15 tubes de Pitot. Chaque tube de Pitot possède un raccord pour tuyau. Le râteau de sillage peut être monté sur deux positions par rapport au cylindre.

Les pressions totales sont affichées sur le manomètre à tubes HM 170.50 ou grâce au système de mesure électronique de la pression HM 170.55. L'évolution de pression qui y est représentée indique nettement la dépression dans le sillage. À partir des pressions, il est possible de calculer le coefficient de traînée du corps soumis à l'écoulement autour de corps, un paramètre important. Par ailleurs, le coefficient de résistance peut aussi être déterminé en mesurant la force de traînée.

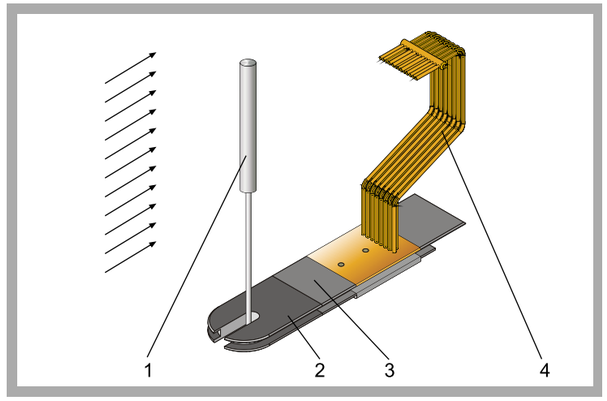
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

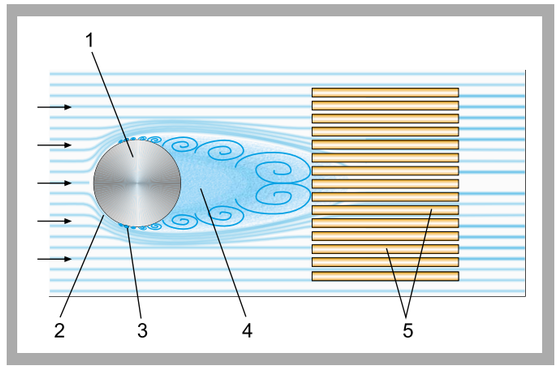
- détermination de la distribution de la pression par un râteau de sillage
- présentation de la dépression dans le sillage
- détermination du coefficient de traînée basée sur la distribution de la pression dans le sillage du cylindre
- détermination du nombre de Reynolds
- mesure de la force de traînée avec le capteur de force à 2 composants monté sur HM 170
- détermination du coefficient de traînée à partir de la force de traînée
- comparaison des deux méthodes de détermination le coefficient de traînée

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

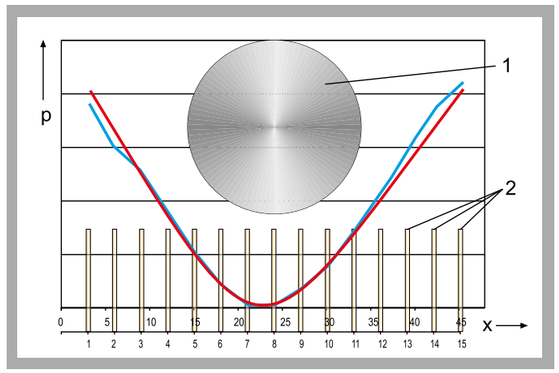
HM 170.28 *Mesure du sillage*



1 cylindre, 2 fixation, 3 plaque d'écartement, 4 râteau de sillage



Structure de l'essai: 1 cylindre soumis à un écoulement autour de corps, 2 lignes de courant adjacentes, 3 décollement d'écoulement, 4 tourbillon (zone d'eau morte), 5 râteau de sillage



La distribution de la pression montre la dépression dans le sillage apparaissant derrière le cylindre soumis à un écoulement autour de corps
en bleu: distribution de la pression mesurée, en rouge: répartition théorique de la pression, 1 cylindre, 2 tubes de Pitot de râteau de sillage; x largeur de râteau de sillage en mm, p pression

Spécification

[1] étude du sillage sur un cylindre soumis à un écoulement autour de corps
[2] accessoires pour la soufflerie HM 170
[3] cylindre remplissant la fonction de corps de résistance
[4] le râteau de sillage avec 15 tubes de Pitot saisit les pressions totales
[5] mesure de la force de traînée avec le capteur de force à 2 composants implanté dans HM 170
[6] la plaque d'écartement démontable permet de placer le râteau de sillage dans deux positions différentes pour la mesure
[7] affichage des pressions sur le manomètre à tubes HM 170.50 à l'aide du système de mesure électronique de la pression HM 170.55

Caractéristiques techniques

Cylindre
- diamètre extérieur: 20mm
- hauteur: 100mm
- hauteur avec tige de fixation: 290mm

Râteau de sillage
- 15 tubes de Pitot
- diamètre intérieur: 1,1mm
- diamètre extérieur: 2mm
- écart entre les tubes de Pitot: 3mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 237x52x175mm
Poids: env. 3kg

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 râteau de sillage
1 cylindre
1 tuyau de mesure
1 documentation didactique

Références de commande

070.17028	HM 170.28 Mesure du sillage

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 170.52 *Générateur de brouillard*

*** Appareil de visualisation d'écoulement**

*** Deux buses intervertibles pour différentes vitesses d'écoulement**

Description

Pour visualiser l'écoulement, le générateur de brouillard HM 170.52 produit un brouillard particulièrement dense en évaporant un mélange de glycol liquide. A l'aide d'une lance, le brouillard est introduite dans la soufflerie sous forme de jet. Pour ce faire, la lance est dirigée dans les trous spécialement aménagés de la soufflerie. Pour adapter la vitesse de sortie du jet à la vitesse d'écoulement d'air qui se forme dans la soufflerie, deux buses interchangeables sont mises à disposition.

Le générateur de brouillard peut être également utilisé pour visualiser les écoulements des ventilateurs, aux entrées et aux sorties.

Liste de livraison

1 générateur de brouillard
1 lance
2 buses
mélange de glycol, 5L
1 notice

Spécification

[1] génération de brouillard pour les présentations réalisées en mécanique des fluides
[2] lance avec deux buses interchangeables permettant de réaliser des écoulements de différentes vitesses
[3] mélange de glycol pour génération du brouillard, non nocif, non corrosif et sans odeur
[4] fonctionnement sans interruption >1h

Caractéristiques techniques

Evaporateur
- lance: DxL: 13x180mm
- buses interchangeables, inclinées
  2x 0,25mm
  3x 0,5mm
- thermostat: 270°C

Module d'alimentation
- contenu: 750mL
- puissance absorbée: 500W

Dimensions et poids

Lxlxh: 350x500x300mm
Poids: env. 10kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Références de commande

070.17052	HM 170.52	Générateur de brouillard

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 170.60 *Système d'acquisition des données*

*** Représentation des caractéristiques**

*** Impression et enregistrement des valeurs mesurées**

Description

Le système d'acquisition des données a été spécialement mis au point pour simplifier l'analyse des essais réalisés avec la soufflerie HM 170. Le HM 170.60 est constitué d'un module d'interface avec enregistrement de la pression et convertisseur A/D, d'un capteur d'angle et d'un logiciel.

Le système supporte par ex. les essais comme la mesure de la portance et de la résistance des profils de corps, la répartition de la pression sur une aile ou un cylindre ou l'analyse de la couche limite d'une plaque. Suivant les essais, le capteur de pression, le capteur d'angle ou la mesure électronique du déplacement HM 170.61, le manomètre à tube incliné implanté dans HM 170 et le capteur de force à 2 componsants mise en place sur HM 170 ou le capteur de force à 3 composants, HM 170.40, sont raccordés au module d'interface.

La vitesse, la pression, l'angle d'incidence ou le déplacement, ainsi que la portance et les résistances sont transmises directement à un PC par liaison USB pour y être analysées par le logiciel.

Liste de livraison

1 module d'interface
1 capteur d'angle
1 jeu de câbles, tuyau
1 CD avec le logiciel GUNT + câble USB
1 notice

Spécification

[1] système d'acquisition des données pour HM 170
[2] module d'interfaces avec raccords pour capteur d'angle ou mesure électronique du déplacement, mesure de la pression, manomètre à tube incliné, capteur de force à 2 ou 3 composants
[3] la force et l'angle sont fournies sous forme de tension électrique
[4] la vitesse, la pression, l'angle/déplacement ainsi que la portance/les résistances sont exploitées sur PC
[5] logiciel GUNT pour l'acquisition de données par liaison USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Module d'interfaces, 8 entrées, résolution: 12bit
Plages de mesure
- vitesse: 0...48m/s
- pression: 0...10mbar
- angle/déplacement: 0°/0mm...360°/10mm
- portance/résistance: -5...5N
- moment: -0,5...0,5Nm

Dimensions et poids

Lxlxh: 365x315x160mm (module d'interfaces)
Poids: env. 6kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Références de commande

070.17060	HM 170.60	Système d'acquisition des données

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 226 *Soufflerie pour la visualisation de lignes de courant*

*** Soufflerie avec générateur de brouillard**
*** Différents modèles sont compris dans la fourniture**
*** Zone d'essai éclairée avec fenêtre**
*** Écoulement à faibles turbulences**

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

- visualisation des lignes de courant
- écoulement autour de corps, de traversant appliqué à différents modèles
- décollement d'écoulement et turbulences
- décrochage en fonction de l'incidence

Description

Les lignes de courant de l'écoulement stationnaire sont visualisées dans la soufflerie à l'aide de brouillard, de fumée ou de fils. Ceci permet d'obtenir une impression visuelle d'un champ d'écoulement momentané et de présenter les zones d'écoulement difficiles, comme par exemple le décrochage.

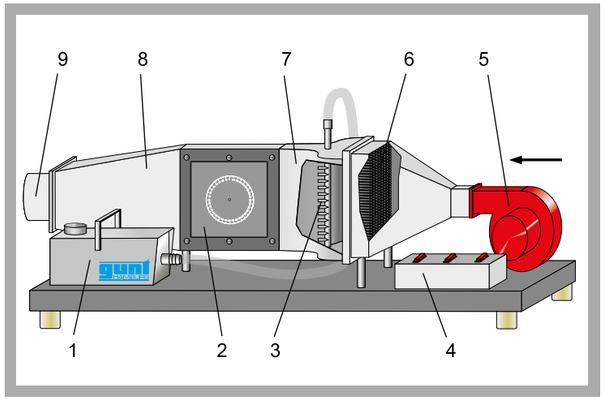
L'appareil d'essai HM 226 est une soufflerie ouverte, destiné à visualiser les lignes de courant, les décollements d'écoulemet et les turbulences à l'aide de brouillard. Le fluide vaporisé n'est pas nocif. Il est soluble à l'eau et n'a aucun effet sur les matériaux conventionnels. Les traces de fluide sont éliminées facilement à l'aide d'un chiffon.

L'écoulement d'air est généré par un ventilateur. Pour obtenir un écoulement à faibles turbulences, l'air est dirigé dans une chambre de stabilisation avec redresseur d'écoulement. Du brouillard est amenée dans l'air en circulation par plusieurs buses. Ensuite, un modèle déposé dans la section d'essai est soumis à un écoulement autour de corps ou à un écoulement traversant, faisant apparaître le champ de lignes de courant. La section d'essai est munie d'un arrière-plan noir et d'une vitre; Les lignes de courant sont bien visibles grâce à un éclairage supplémentaire.

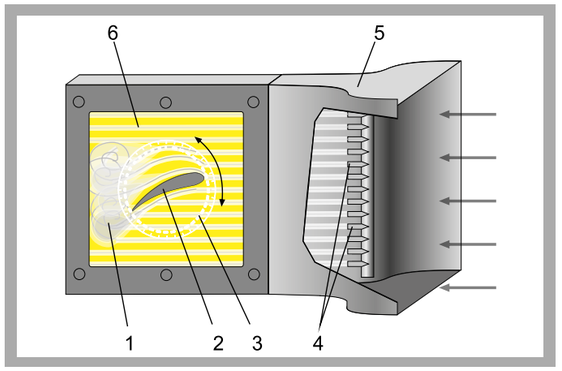
Quatre modèles interchangeables (cylindre, plaque d'orifice, aile et aube fixe) sont compris dans la fourniture. L'angle d'incidence de l'aile porteuse est ajustable. Le brouillard est générée en évaporant un mélange de glycol dans le générateur de brouillard.

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

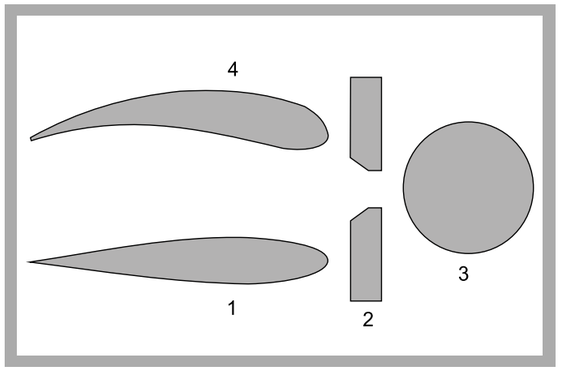
HM 226 *Soufflerie pour la visualisation de lignes de courant*



1 générateur de brouillard, 2 section d'essai avec hublot, 3 distributeur de brouillard avec buses, 4 coffret de distribution, 5 ventilateur radial, 6 chambre de stabilisation avec redresseur d'écoulement, 7 contour d'arrivée en forme de buse, 8 diffuseur, 9 sortie d'air



Afficher les détails de la section d'essai
1 tourbillon, 2 modèle, 3 échelle d'ajustage de l'angle d'approche, 4 buses d'injection du brouillard, 5 contour d'arrivée en forme de buse, 6 section d'essai éclairée



1 aile, 2 plaque d'orifice, 3 cylindre, 4 aube fixe

Spécification

[1] visualisation des lignes de courant en soumettant différents modèles à un écoulement autour de corps ou à un écoulement traversant
[2] soufflerie ouverte avec ventilateur radial et générateur de brouillard
[3] fonctionnement avec fluide vaporisé non nocif et soluble à l'eau
[4] section d'essai éclairée avec fenêtre et arrière-plan noir
[5] écoulement à faibles turbulences grâce à la chambre de stabilisation munie d'un redresseur d'écoulement
[6] distributeur avec buses d'injection du brouillard
[7] 4 différents modèles, angle d'approche ajustable sur l'aile et l'aube fixe
[8] echelle d'affichage de l'angle d'approche

Caractéristiques techniques

Section d'essai
- zone transparente: 252x252mm
- coupe transversale: 252x42mm
- aile rabattable à 360°

Modèles
- cylindre: diamètre: 60mm, hauteur: 24,5mm
- aile: 15x24,5x100mm
- aube fixe: 20x24,5x100mm
- plaque d'orifice: 2x 25x24,5x10mm

Ventilateur radial
- débit volumétrique d'air max.: 480m³/h
- pression max.: 300Pa

Générateur de brouillard
- puissance absorbée: 700W

Dimensions et poids

Lxlxh: 1400x500x490mm
Poids: env. 50kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230 V, 50/60Hz, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 générateur de brouillard
1 tuyau d'évacuation de l'air
5L de fluide vaporisé
4 modèles
1 jeu d'outils
1 documentation didactique

Références de commande

070.22600	HM 226	Soufflerie pour la visualisation de lignes de courant

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 225 BANC D'ESSAI AÉRODYNAMIQUE: ACCESSOIRES INTERCHANGEABLES PERMETTANT DE PROPOSER UN GRAND PROGRAMME D'ESSAIS

ESSAIS RÉALISÉS SUR L'ÉCOULEMENT STATIONNAIRE, CHAPITRE 2

HM 225.03 Théorème de Bernoulli

HM 225.05 Écoulement dans un raccord coudé

HM 225.07 Jet libre

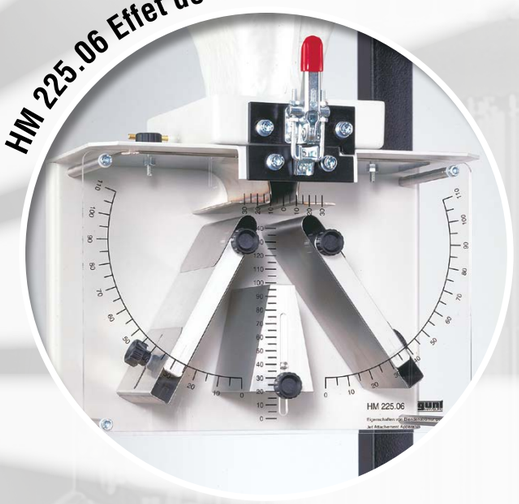
HM 225 Banc d'essai aérodynamique avec accessoire HM 225.02 Couches limites

ESSAIS RÉALISÉS SUR L'ÉCOULEMENT AUTOUR DES CORPS, CHAPITRE 3

HM 225.02 Couches limites

HM 225.04 Forces de traînée

HM 225.06 Effet de Coanda



HM 225.08 Visualisation des lignes de courant

HM 225 ÉCOULEMENT AUTOUR DE CORPS DANS L'AIR: BANC D'ESSAI AÈRODYNAMIQUE

LE BANC D'ESSAI

Les essais réalisés en mécanique des fluides dans le cadre de la formation des ingénieurs à l'aide d'un fluide gazeux – en général de l'air – sont aussi importants que les essais entrepris avec un fluide liquide. Les analogies, résultant des comparaisons effectuées avec les écoulements de fluides liquides, permettent à l'étudiant(e) de mieux comprendre les rapports de cause à effet et les principes.

Le banc d'essai aérodynamique et ses differents accessoires permet de réaliser une série de tests du domaine de l'écoulement autour de corps dans l'air. Les essais expérimentaux sont consacrés aux thèmes classiques comme la couche limite, les résistances ou la visualisation des lignes de courant.

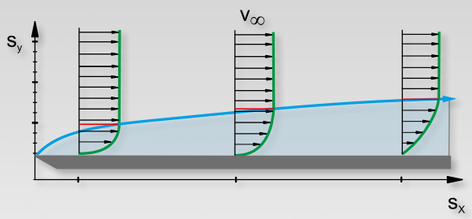
Le banc d'essai HM 225 avec l'accessoire HM 225.02 Couches limites. Les pressions sont enregistrées à l'aide du tube de Pitot et affichées sur le manomètre à 16 tubes.

LES THÈMES

ÉTUDE DE LA COUCHE LIMITE LE LONG D'UNE PLAQUE PLANE

HM 225.02 Couches limites

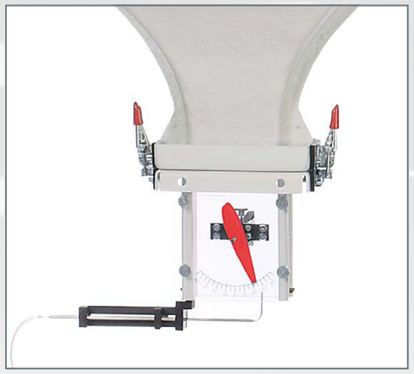
- étude de la couche limite sur deux surfaces différentes (rugueuse et lisse)
- corps latéraux démontables pour examiner les superpositions de la couche limite avec profil d'impression dégressif et progressif



***vert** répartition de la vitesse*

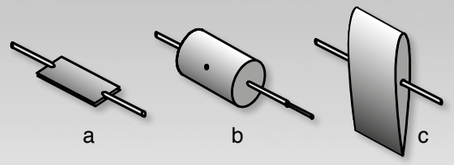
***rouge** épaisseur de la couche limite sur la surface lisse*

DÉTERMINATION DES RÉSISTANCES DE DIFFÉRENTS CORPS



HM 225.04 Forces de traînée

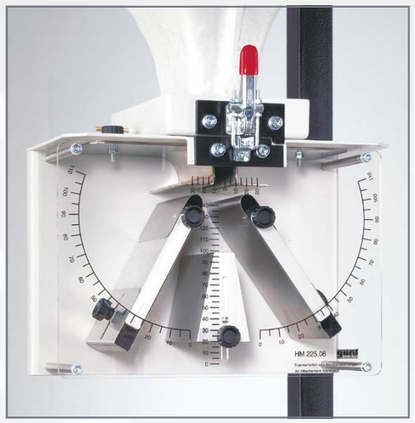
- mesure directe des résistances réalisée à l'aide du balance à fléau
- détermination des coefficients de résistance de différents corps



Différents corps de résistance :

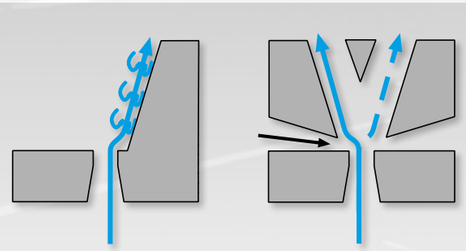
***a** plaque*
***b** cylindre*
***c** aile*

PRÉSENTATION DE L'EFFET COANDA



HM 225.06 Effet de Coanda

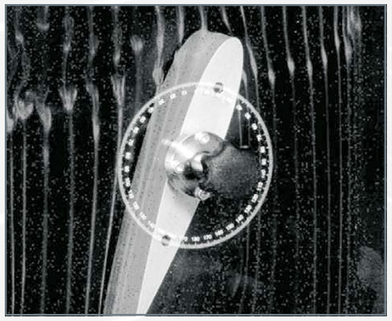
- étude de l'écoulement dirigé sur une cloison
- effet d'amplification sur les éléments pneumatiques



***à gauche,** adhérence du jet par une différence de pression*

***à droite,** un jet de commande (flèche noire) permet de dévier le jet d'air*

REPRÉSENTATION DES LIGNES DE COURANT À L'AIDE DE BRUME



Décollement d'écoulement sur le côté droit en modifiant l'angle d'approche

HM 225.08 Visualisation des lignes de courant

- générer des illustrations du courant sur les corps soumis à un écoulement autour de corps
- représenter les phénomènes de décrochage

HM 225 *Banc d'essai aérodynamique*

L'illustration montre le HM 225 avec le HM 225.02.

*** L'écoulement peut atteindre des vitesses allant jusqu'à 40m/s**

*** Écoulement homogène obtenu grâce à un redresseur d'écoulement et un contour de buses spécial**

*** Les divers accessoires permettent de réaliser différents essais**

Description

L'aérodynamique décrit le comportement des corps lorsqu'ils sont soumis à l'écoulement autour de corps ou à un écoulement traversant généré avec un fluide compressible. Les connaissances des essais réalisés en aérodynamique sont essentielles à la conception des moyens de transport (véhicules automobiles, bateaux, avions) et en architecture (tours et ponts).

HM 225, utilisé en liaison avec les accessoires, permet de réaliser les essais type du domaine de l'écoulement autour de corps, d'écoulement incident et d'écoulement traversant appliqués à des modèles, ainsi que d'autres essais spécifiques à l'écoulement stationnaire, incompressible.

Le banc d'essai contient un ventilateur radial, permettant de générer des écoulements d'une vitesse allant jusqu'à 40m/s. La vitesse est ajustable en continu grâce à un convertisseur de fréquence. Une chambre de stabilisation avec redresseur d'écoulement assure l'homogénéité et la reproductibilité de l'écoulement sur la section de mesure, avec peu de turbulences. Une buse de forme spéciale répartit l'écoulement d'air à une vitesse pratiquement homogène. L'accessoire est fixé avec des raccords rapides. Il peut être changé rapidement, et simplement.

Les points de mesure placés le long de la section de mesure permettent de mesurer la vitesse et la pression. Pour obtenir une représentation visuelle des pressions, on utilise le manomètre à tubes.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

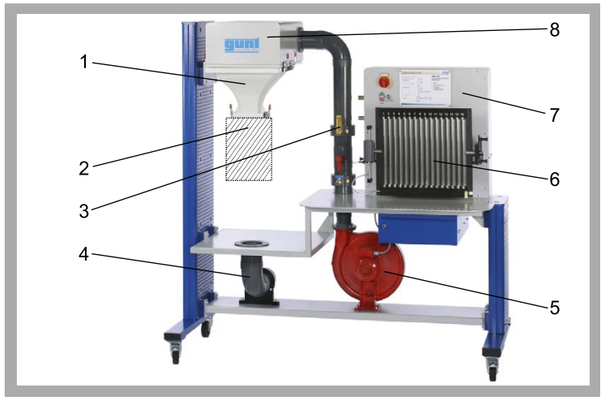
Contenu didactique / Essais

avec les accessoires adéquats: essais sur corps soumis à un écoulement autour de corps
- mesure de la vitesse des écoulements avec un tube de Pitot
- examen de la couche limite sur une plaque soumise à un écoulement incident longitudinal
- résistances à l'écoulement des corps
- présentation de l'effet Coanda
- visualisation des lignes de courant

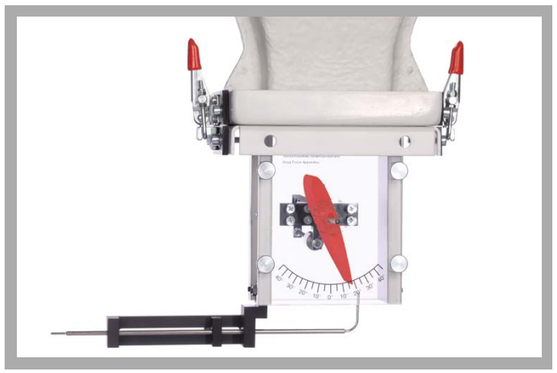
avec les accessoires adéquats: essais dans le domaine de l'écoulement stationnaire incompressible
- mesure de la vitesse des écoulements avec un tube de Pitot et un tube de Prandtl
- jets libres
- écoulement dans un raccord coudé
- démonstration du théorème de Bernoulli

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

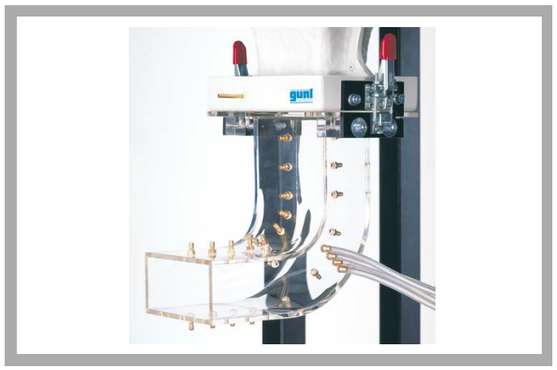
HM 225 *Banc d'essai aérodynamique*



1 buse, 2 section de mesure à monter, 3 thermomètre, 4 évacuation de l'air avec collecteur, 5 ventilateur radial, 6 manomètre à tubes, 7 coffret de distribution avec ajustage de la vitesse, 8 chambre de stabilisation avec redresseur d'écoulement



Détermination des résistances sur différents profils de corps, avec l'accessoire HM 225.04



Étude de l'écoulement dans un raccord coudé à l'aide de l'accessoire HM 225.05

Spécification

[1] essais aérodynamiques sur des modèles soumis à un écoulement autour de corps, un écoulement incident et traversant et autres essais dans le domaine de l'écoulement stationnaire incompressible
[2] section de mesure verticale avec redresseur d'écoulement et buse
[3] ventilateur radial ajustable en continu grâce à un convertisseur de fréquence
[4] thermomètre de mesure de la température de l'air
[5] accessoire fixé proprement au HM 225 à l'aide de raccords rapides
[6] manomètre à 16 tubes pour obtenir une représentation visuelle des pressions
[7] accessoires pour l'écoulement autour de corps:
couches limites (HM 225.02)
forces de traînée (HM 225.04)
effet de Coanda (HM 225.06)
visualisation des lignes de courant (HM 225.08)
[8] accessoire pour l'écoulement stationnaire incompressible
théorème der Bernoulli (HM 225.03)
écoulement mesuré dans un raccord coudé (HM 225.05)
jet libre (HM 225.07)

Caractéristiques techniques

Ventilateur radial
- puissance absorbée: 0,37kW
- débit de refoulement max.: 15m³/min
- coupe transversale à la sortie de la buse: 50x100mm
- vitesse max. de l'écoulement à la sortie de la buse: 40m/s

Dimensions et poids

Lxlxh: 1880x800x1900mm
Poids: env. 220kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.22500	HM 225 Banc d'essai aérodynamique

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 225.02 *Couches limites*

*** Étude de la couche limite sur deux différentes surfaces rugueuses**

*** Superposition de la couche limite avec profil de pression**

*** Accessoire pour banc d'essai aérodynamique HM 225**

Description

Lorsque des corps sont soumis à un écoulement incident, les fluides comme par exemple l'air "adhèrent" à la surface du corps et forment une couche dite limite. Le type d'écoulement généré dans la couche limite - laminaire ou à turbulences - a une grande influence sur la résistance. Les données fournies par l'analyse de la couche limite sont prises en compte dans la construction des aviones, des bateaux et des turbo machines.

L'appareil d'essai HM 225.02 permet - en liaison avec le banc d'essai aérodynamique HM 225 - d'analyser la couche limite d'une plaque de surface plane. Pour ce faire, l'air s'écoule le long de la plaque. Pour analyser l'influence de la rugosité sur la couche limite, on a recourt à une plaque munie de deux surfaces différentes. Des corps latéraux sont mis en place sur la section de mesure. Ceci permet de superposer les phénomènes propres aux couches limite par une évolution de pression dégressive ou progressive et de compenser par exemple la perte de frottement d'écoulement.

Un tube de Pitot ajustable horizontalement à l'aide d'une vis micrométrique, mesure les pressions totales à différents écarts de la surface de la plaque. La plaque est ajustable en hauteur de manière à pouvoir enregistrer les pressions totales dans le sens d'écoulement. La vitesse est déterminée à partir des pressions indiquées sur le manomètre à tubes inclus dans le HM 225.

A l'aide de raccords rapides, l'appareil d'essai est fixé de manière exacte sur la sortie d'air du banc d'essai HM 225.

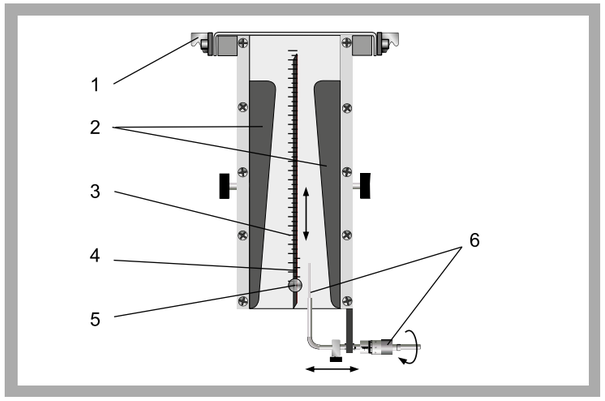
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

- frottement intérieur des gaz
- étude de la couche limite sur la plaque de surface plane
- influence de la rugosité d'une surface sur la formation d'une couche limite
- superposition de la couche limite par une évolution de pression dégressive et progressive

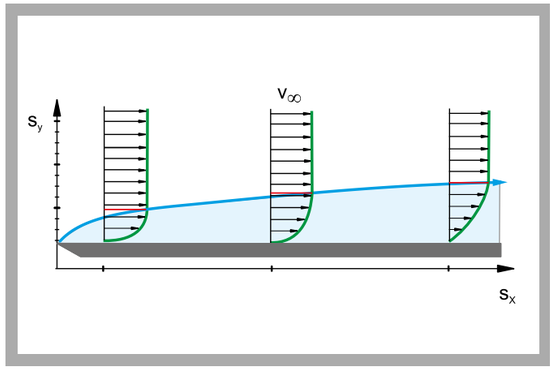
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 225.02 *Couches limites*



1 raccord rapide pour connexion sur HM 225, 2 corps latéraux démontables, 3 échelle graduée, 4 plaque avec différentes surfaces, 5 ajustage vertical de la plaque, 6 tube de Pitot avec vis micrométrique pour l'ajustage horizontal

Structure de l'essai: 1 HM 225, 2 HM 225.02, 3 manomètre à tubes (HM 225) utilisé en liaison avec HM 225.02



Répartition de la vitesse et épaisseur de la couche limite d'une plaque de surface plane, soumise à un écoulement incident longitudinal; écart S_y par rapport à la surface, écart S_x par rapport à l'arête avant, en vert: répartition de la vitesse, en bleu: épaisseur de la couche limte

Spécification

[1] étude des couches limite sur une plaque plane, soumise à un écoulement incident longitudinal
[2] accessoire pour le banc d'essai aérodynamique HM 225
[3] plaque caractérisée par 2 différentes surfaces rugueuses
[4] plaque mobile, le long de la direction d'écoulement
[5] tube de Pitot destiné à mesurer la pression totale sur la plaque
[6] ajustage horizontal du tube de Pitot à plaque par vis micrométrique
[7] corps latéraux démontables destinés à superposer la couche limite, avec profil de pression dégressif ou progressif
[8] manomètre à 16 tubes de HM 225 pour l'affichage des pressions dynamiques

Caractéristiques techniques

Tube de Pitot
- diamètre: 0,7mm
- ajustable: 0,35...50mm

Plaque, ajustable: 0...250mm
- Lxl: 260x55mm, épaisseur: 5mm
- biseau: 30°
- surface lisse: 25µm
- surface rugueuse: 400µm

2 corps latéraux, démontables
- inclinaison: 1:12,5

Dimensions et poids

Lxlxh: 200x350x100mm
Poids: env. 4kg

Liste de livraison

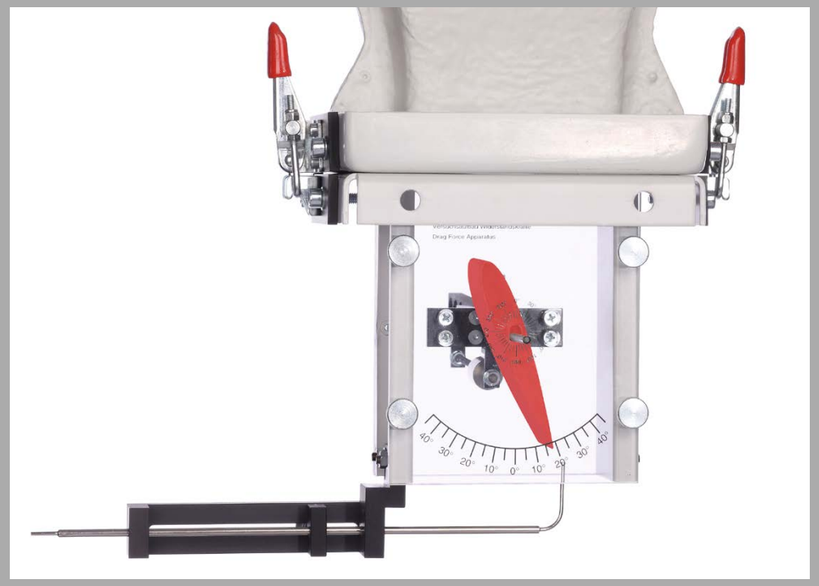
1 appareil d'essai
1 plaque
2 corps latéraux
1 documentation didactique

Références de commande

070.22502	HM 225.02 Couches limites

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 225.04 *Forces de traînée*



*** Détermination des forces de traînée sur les modèles soumis à un écoulement autour de corps**

*** Accessoire pour banc d'essai aérodynamique HM 225**

Description

Tout corps soumis à un écoulement autour de corps est influencé par une force déterminée par l'écoulement (qui s'ajoute à la portance hydrostatique). Cette force dépend avant tout de la vitesse de l'écoulement, de la dimension du corps et de sa forme. La forme du corps est représentée par le nombre caractéristique non dimensionnel, le coefficient de traînée Cw.

L'objectif des examens scientifiques et de l'application pratique (par exemple dans la construction automobile) est d'optimiser la forme d'un corps pour réduire au maximum les résistances. Le coefficient de traînée d'un corps quelconque ne peut être déterminé avec fiabilité que de manière expérimentale.

L'appareil d'essai HM 225.04 - utilisé en liaison avec le banc d'essai aérodynamique HM 225 - permet de mesurer les résistances de différents modèles afin de déterminer les différents coefficients de traînée. Un modèle (plaque, cylindre et modèle d'aile) est placé dans la section de mesure et servira de corps de résistance. Les forces apparaissant dans l'écoulement d'air sont mesurées à l'aide d'une balance à fléau, avec poids variable. Lors de l'essai réalisé avec un cylindre, il est possible d'enregistrer une répartition de la pression spécifique à l'écoulement autour de corps en recourant à un tube de Pitot.

Par ailleurs, la force de traînée peut être indiquée indirectement par le théorème des quantités de mouvement. Le tube de Pitot ajusté perpendiculairement au sens d'écoulement permet d'enregistrer les pressions afin de déterminer le profil de vitesse derrière le cylindre et donc de mesurer la dépression dans le sillage du dit corps.

À l'aide de raccords rapides, l'appareil d'essai est fixé de manière exacte sur la sortie d'air du banc d'essai HM 225.

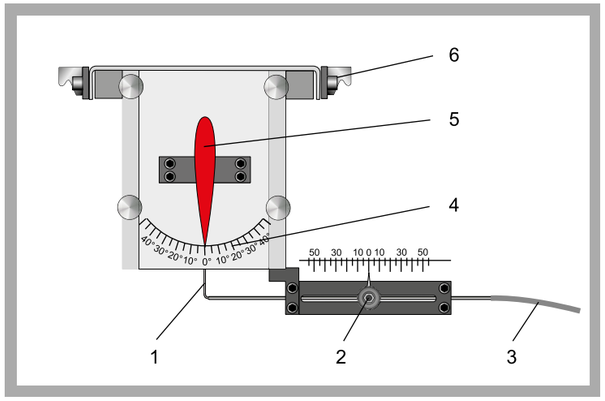
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

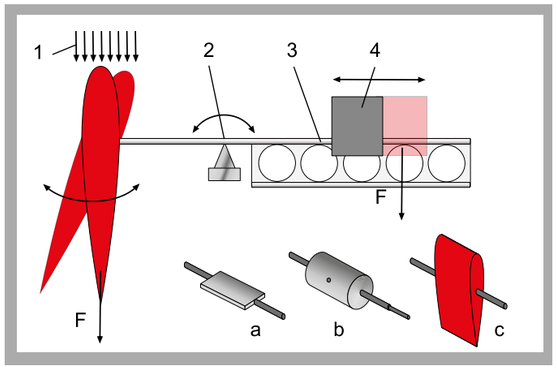
- mesure des résistances sur les modèles soumis à un écoulement autour de corps
- détermination des coefficients de traînée
- application du théorème des quantités de mouvement
- enregistrement de la répartition de la pression sur le cylindre soumis à un écoulement autour de corps
- enregistrement de la dépression dans le sillage formée derrière le cylindre soumis à l'écoulement autour de corps

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

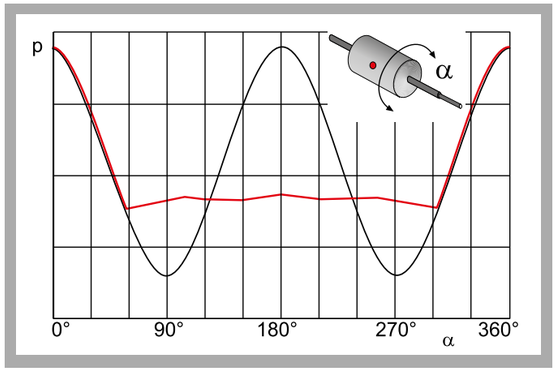
HM 225.04 *Forces de traînée*



Enregistrement de la répartition de la pression à l'aide du tube de Pitot: 1 tube de Pitot, 2 ajustage horizontal du tube de Pitot, 3 raccord du manomètre à tube (HM 225), 4 échelle d'ajustage de l'angle d'approche, 5 modèle d'aile, 6 raccord rapide pour connexion sur HM 225



Mesure des résistances sur les modèles soumis à un écoulement autour de corps: 1 écoulement d'air, 2 centre de rotation pour calcul de l'équilibre du moment, 3 balance à fléau, 4 poids décalable; corps de résistance: a plaque, b cylindre, c modèle d'aile



Répartition de la pression sur le cylindre soumis à un écoulement autour de corps; p pression (relative), angle α entre le perçage de mesure de la pression et le sens de l'écoulement; en rouge: valeurs mesurées, en noir: courbe théorique (écoulement potentiel)

Spécification

[1] détermination des résistances sur les modèles soumis à un écoulement autour de corps
[2] enregistrement de la répartition de la pression sur un cylindre soumis à un écoulement autour de corps
[3] enregistrement du profil de vitesse pour mesurer la dépression dans le sillage apparaissant derrière le cylindre soumis à un écoulement autour de corps
[4] accessoire pour le banc d'essai aérodynamique HM 225
[5] modèles: plaque, cylindre et modèle d'aile qui serviront de corps de résistance
[6] cylindre avec point de mesure de la pression supplémentaire
[7] tube de Pitot avec ajustage horizontal, destiné à mesurer les pressions totales

Caractéristiques techniques

Tube de Pitot
- diamètre: 1,1mm
- ajustage horizontal: 50...0...50mm
Section de mesure: coupe transversale 50x100mm
Plage d'inclinaison graduée: -40...40°
Poids: 1x10g, 1x40g
Corps de résistance
- plaque: Lxl: 45x15mm, épaisseur: 1mm
- cylindre: DxH: 15x45mm
- modèle d'aile: Lxlxh: 100x15x45mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 320x250x200mm
Poids: env. 2kg

Liste de livraison

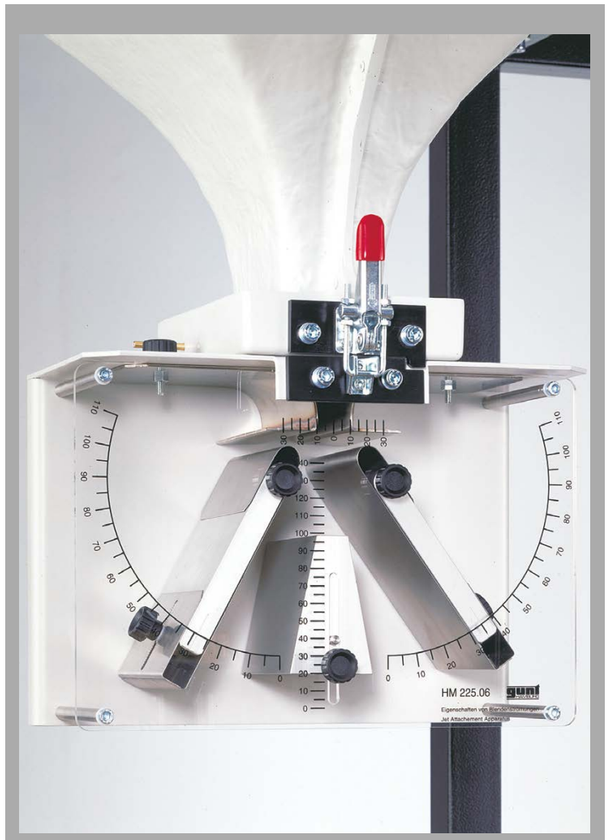
1 appareil d'essai
3 corps de résistance
1 documentation didactique

Références de commande

070.22504	HM 225.04 Forces de traînée

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 225.06 *Effet de Coanda*



*** Présentation de l'effet Coanda sur un élément logique, pneumatique**

*** Accessoire pour banc d'essai aérodynamique HM 225**

Description

L'effet Coanda est le résultat de l'attraction d'un jet de fluide par une paroi convexe voisine, suivie d'une modification de la direction d'écoulement originale. Cet effet est utilisé aujourd'hui dans différents domaines techniques, par exemple pour augmenter la portance en aéronautique, contrôler l'écoulement d'air en technique climatique ou comme élément logique pneumatique dans les commandes industrielles. Les éléments logiques pneumatiques ont l'avantage de ne pas s'user, de fonctionner de manière fiable et d'être insensibles à la chaleur, au rayonnement ionisant et aux vibrations. Le sens de l'écoulement appliqué aux éléments logiques pneumatiques est modifié à l'aide d'un jet libre à turbulences (jet de commande), propulsé par exemple par une buse, qui entraîne le fluide proche (couche de bordure). Comme le jet de commande est généralement moins intense que le jet à dévier, on parle d'effet d'amplification.

L'appareil d'essai HM 225.06 permet - en liaison avec le banc d'essai aérodynamique HM 225 - de de mettre en évidence l'effet Coanda sur un élément logique pneumatique.

L'air circule dans un tunnel à deux sorties en forme de Y. En dirigeant l'air latéralement dans le tunnel (jet de commande), l'écoulement d'air peut être commuté entre les deux sorties.

Pour analyser la fonction de commutation, le contour du tunnel est modifié par des éléments pivotants et ajustables. Des échelles graduées permettent d'ajuster les éléments avec un maximum de précision.

A l'aide de raccords rapides, l'appareil d'essai est fixé de manière exacte sur la sortie d'air du banc d'essai HM 225.

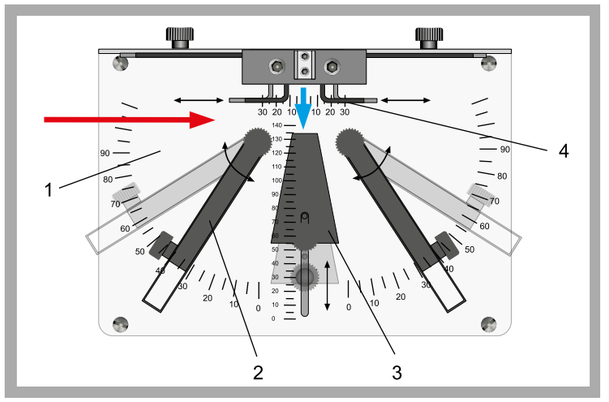
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

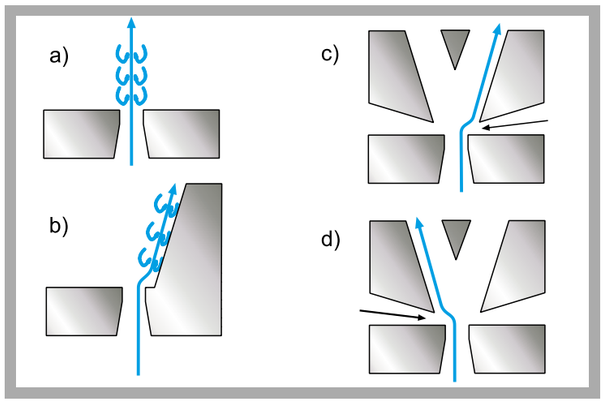
- étude de l'écoulement d'air dirigé sur la cloison (Effet Coanda)
- présentation du principe des éléments logiques pneumatiques
- étude de l'effet d'amplification sur les éléments pneumatiques

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 225.06 *Effet de Coanda*



1 plaque transparente munie de différentes échelles graduées, 2 éléments latéraux pivotants et ajustables, 3 taquet ajustable, 4 buse ajustable;
flèche bleue: entrée d'air, flèche rouge: jet de commande



Guidage précis de l'écoulement d'air dans les cloisons
a: jet d'air non dirigé
b: guidage de l'écoulement d'air le long d'une cloison
c, d: déviation de l'écoulement d'air par un jet de commande
en bleu: écoulement d'air, en noir: jet de commande

Spécification

[1] présentation de l'effet Coanda sur les éléments logiques pneumatiques
[2] plaque transparente avec échelles graduées verticales, horizontales et radiales pour l'ajustage reproductible des éléments
[3] tunnel en Y avec éléments pivotants, ajustables et taquet ajustable en hauteur pour l'ajustage de différents contours
[4] contours ajustables destinés à modifier le sens de circulation de l'air
[5] accessoire pour le banc d'essai aérodynamique HM 225

Caractéristiques techniques

Ouverture de la buse
- largeur: 0...50mm
- longueur: 100mm
Éléments pivorants et ajustables: 0...90°
Taquet, rajustable: 0...140mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 300x200x220mm
Poids: env. 5kg

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.22506	HM 225.06 Effet de Coanda

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 225.08 *Visualisation des lignes de courant*

*** Visualisation des lignes de courant sur des modèles soumis à un écoulement autour de corps ou à un écoulement traversant**

*** Le générateur de brouillard est compris dans la livraison**

*** Accessoire pour banc d'essai aérodynamique HM 225**

Description

Les lignes de courant de l'écoulement stationnaire sont visualisées dans la soufflerie à l'aide de brume, de fumée ou de fils. Ceci permet d'obtenir une impression visuelle d'un champ d'écoulement momentané et de présenter les zones d'écoulement difficiles, comme par exemple les décrochages.

L'appareil d'essai HM 225.08 permet - en liaison avec le banc d'essai aérodynamique HM 225 - de visualiser les lignes de courant à l'aide de brouillard. Un fluide est évaporé dans le générateur de brouillard joint à la livraison pour être ensuite injectée dans la soufflerie par un tube fendu. Sur la section de mesure, on a déposé un modèle (aile, cylindre, plaque d'orifice) qui est soumis à un écoulement autour de corps ou à en écoulement traversant par la brouillard. L'appareil permet de visualiser l'évolution de l'écoulement déterminée par l'écoulement autour de corps ou l'écoulement traversant, tout comme le décollement d'écoulement.

La section de mesure est munie d'un arrière-plan noir et d'une plaque avant transparente afin de mieux observer les lignes de courant. L'angle d'approche du modèle à aile est ajustable. Le fluide vaporisé n'est pas nocif. Il est soluble à l'eau et n'a aucun effet sur les matériaux conventionnels. Les traces de fluide sont éliminées facilement à l'aide d'un chiffon.

A l'aide de raccords rapides, l'appareil d'essai est fixé de manière exacte sur la sortie d'air du banc d'essai HM 225.

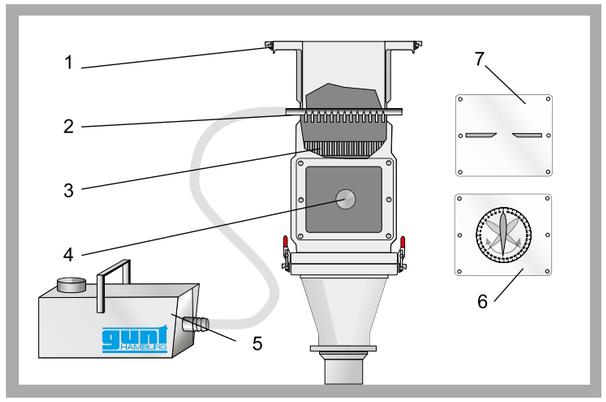
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

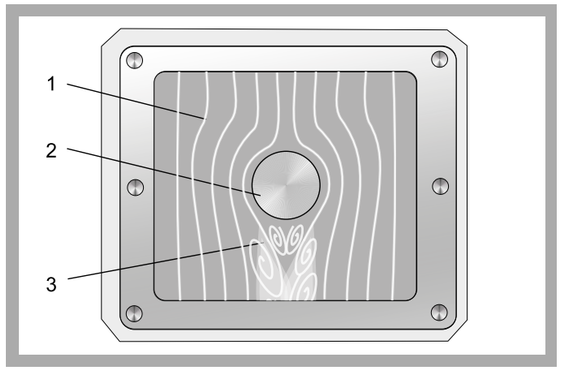
- présentation visuelle sans enregistrement ou analyse des valeurs mesurées
- illustration d'écoulements appliqués aux fluides réels sur des modèles soumis à un écoulement autour de corps ou à un écoulement traversant
  - * aile à angle d'approche ajustable
  - * cylindre
  - * plaque d'orifice destiné à modifier la coupe tranversale
- décollement d'écoulement et décrochage

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

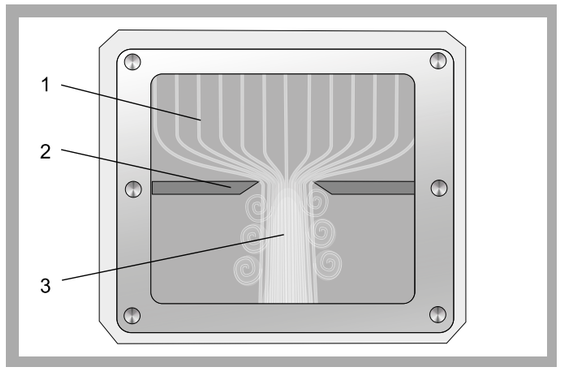
HM 225.08 *Visualisation des lignes de courant*



1 raccord rapide de connexion à HM 225, 2 distributeur de brouillard avec buses, 3 redresseur d'écoulement, 4 corps de résistance, cylindre, 5 générateur de brouillard, 6 corps de résistance, aile rotative, 7 modèle avec plaque d'orifice



Évolution d'écoulement d'un cylindre soumis à un écoulement autour de corps: 1 lignes de courant, 2 corps de résistance, 3 décollement de l'écoulement avec tourbillons



Évolution d'écoulement traversant une plaque d'orifice: 1 lignes de courant, 2 plaque d'orifice, 3 écoulement rétréci au milieu, tourbillons en bordure

Spécification

[1] visualisation des lignes de courant à l'aide de brouillard
[2] accessoire pour le banc d'essai aérodynamique HM 225
[3] section de mesure verticale avec plaque avant transparente et arrière-plan noir
[4] générateur de brouillard, fonctionnement avec fluide vaporisé non nocif et soluble à l'eau
[5] 3 modèles spécifiés pour le tunnel aérodynamique
[6] aile à angle d'incidence ajustable
[7] echelle d'affichage de l'angle d'approche

Caractéristiques techniques

Section de mesure
- coupe transversale dans la zone visible: 252x42mm

Modèles
- aile, angle d'approche ajustable
- plaque d'orifice
- cylindre

Dimensions et poids

Lxlxh: 480x380x1060mm (tunnel aérodynamique)
Lxlxh: 420x240x220mm (générateur de brouillard)
Poids total: env. 23kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase (générateur de brouillard)

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu de modèles
5L de fluide vaporisé
1 documentation didactique

Références de commande

070.22508	HM 225.08	Visualisation des lignes de courant

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

CE 220 *Formation d'un lit fluidisé*

*** Étude expérimentale du processus de fluidisation**

*** Comparaison de la formation d'un lit fluidisé dans les gaz et les liquides**

*** Pertes de charge dans le lit fixe et le lit fluidisé**

*** Observation optimale des processus à l'aide de réservoirs transparents**

Description

En étant traversées par des liquides ou des gaz en mouvement, les couches de particules solides peuvent passer du stade de lit fixe au stade de lit fluidisé. Les domaines d'application des lits fluidisés sont le séchage de matières solides, divers processus chimiques, etc.

Le CE 220 comporte deux réservoirs d'essai transparents pour la formation d'un lit fluidisé dans l'eau et dans l'air. Une pompe à membrane amène l'eau d'un réservoir dans la partie inférieure du réservoir d'essai de gauche. L'eau remonte au travers d'une plaque frittée poreuse. La plaque frittée supporte une couche de particules solides. Si la vitesse de l'eau est inférieure à la vitesse de fluidisation, la couche est simplement traversée. Si la vitesse est supérieure, la couche se fluidise et des particules solides se mettent en suspension. Si la vitesse augmente encore, des particules sont extraites du lit fluidisé (transport). Un filtre situé à l'extrémité supérieure du réservoir d'essai retient ces particules. L'eau retourne au réservoir.

Le réservoir d'essai de droite présente une structure similaire à celui de gauche. Il est traversé par un écoulement d'air produit par un compresseur.

Les deux réservoirs d'essai sont munis d'un manomètre pour mesurer les pertes de charge. Les débits volumétriques sont ajustés à l'aide de vannes et peuvent être lus sur des débitmètres. Les réservoirs d'essai sont amovibles, ce qui permet de remplacer facilement la couche de particules solides.

Les particules solides utilisées sont des billes de verre de différentes tailles.

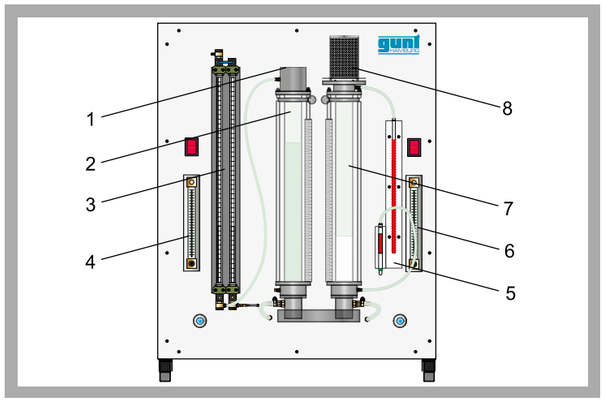
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

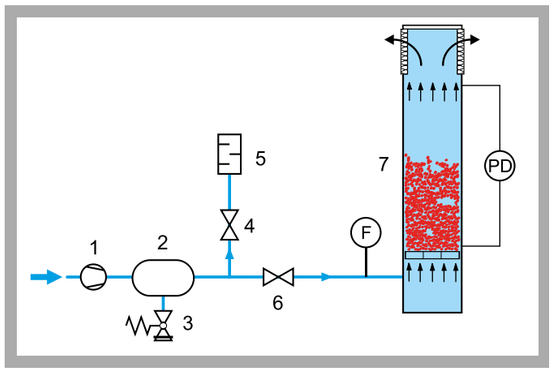
- principes de base de la fluidisation des couches de particules solides
- observation et comparaison de la fluidisation dans l'eau et dans l'air
- pertes de charge en fonction de la vitesse d'écoulement
- pertes de charge en fonction du type et de la taille des particules de la couche de particules solides
- détermination de la vitesse de fluidisation et comparaison aux valeurs théoriques calculées (équation d'Ergun)
- relation entre la hauteur du lit fluidisé et la vitesse d'écoulement
- vérification de l'équation de Carman-Kozeny

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

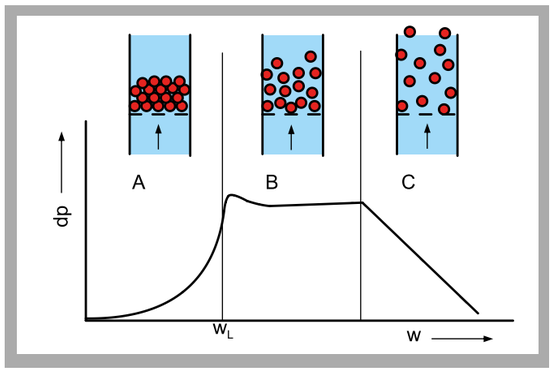
CE 220 *Formation d'un lit fluidisé*



1 trop-plein d'eau, 2 réservoir d'essai pour l'eau, 3 manomètre bi-tube, 4 débitmètre pour l'eau, 5 manomètre à tube en U, 6 débitmètre pour l'air, 7 réservoir d'essai pour l'air, 8 filtre



Alimentation en air comprimé: 1 compresseur, 2 accumulateur d'air comprimé, 3 soupape de sécurité, 4 vanne de dérivation, 5 silencieux, 6 soupape à pointeau, 7 réservoir d'essai (air); F débit, PD pression différentielle



Courbe de perte de charge d'un lit fluidisé homogène: dp perte de charge, w vitesse d'écoulement, w_L vitesse de fluidisation;
A lit fixe, B lit fluidisé, C transport

Spécification

[1] étude de la formation d'un lit fluidisé de matières solides dans l'air et dans l'eau
[2] 2 réservoirs d'essai transparents pour l'observation de la formation du lit fluidisé dans l'air et dans l'eau
[3] 1 manomètre pour la mesure des pertes de charge dans les réservoirs d'essai
[4] 1 règle métallique pour la mesure de la variation de hauteur des lits fluidisés
[5] récipients d'essai amovibles pour le remplissage
[6] réservoir avec pompe à membrane pour l'alimentation en eau
[7] compresseur à membrane avec accumulateur d'air comprimé pour l'alimentation en air comprimé
[8] ajustage du débit volumétrique des deux fluides par des vannes et des débitmètres

Caractéristiques techniques

2 réservoirs d'essai
- longueur: 550mm
- diamètre intérieur: 44mm
- graduation échelle: 1mm
- composition: PMMA

Pompe à membrane (eau)
- débit de refoulement max.: 1,7L/min
- hauteur de refoulement max.: 70m

Compresseur à membrane (air)
- débit de refoulement max.: 39L/min
- pression de refoulement max.: 2bar

Réservoirs
- réservoir d'eau: env. 4L
- accumulateur d'air comprimé: 2L

Plages de mesure
- pression (eau): 0...500mmCE
- pression (air): 0...200mmCE
- débit (eau): 0,2...2,2L/min
- débit (air): 4...32L/min

Dimensions et poids

Lxlxh: 750x610x1010mm
Poids: env. 80kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

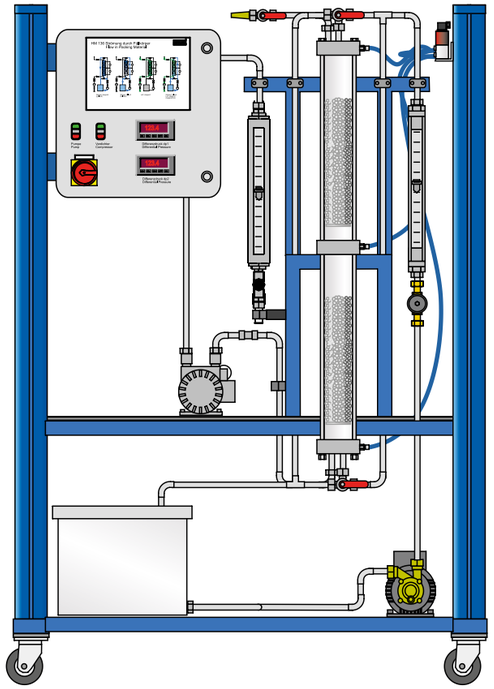
1 appareil d'essai
1kg billes de verre (180...300µm)
1kg billes de verre (420...590µm)
1 documentation didactique

Références de commande

083.22000	CE 220 Formation d'un lit fluidisé

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 136 *Écoulement au travers de colonnes à garnissage*



*** Modèle transparent d'une colonne de à garnissage**

*** Écoulement constitué d'eau ou d'air**

*** Fonctionnement à courant parallèle ou à contre-courant**

Description

Les colonnes à garnissage sont utilisées en génie des procédés, pour le traitement des eaux usagées et de l'air et dans les installations biotechnologiques. Dans une colonne d'adsorption par exemple, les deux matériaux sont soumis à un contact intensif, réalisé à l'aide de corps de remplissage. Lorsqu'ils remplissent la fonction de réacteur à lit fixe, les corps de remplissage portent le catalyseur nécessaire à la réaction. Il existe plusieurs formes et matériaux de remplissage.

Pour obtenir un fonctionnement optimal, il est important de respecter les conditions d'écoulement désirées. Le mouillage, le temps de contact et la résistance d'écoulement jouent un rôle important. Le banc d'essai HM 136 permet d'analyser les propriétés d'une colonne à garnissage et de présenter les phénomènes importants comme par ex. l'effet de paroi ou le point d'engorgement.

L'élément central du banc d'essai est la colonne à garnissage transparente. Les pressions de la colonne sont mesurées en haut, en bas et au milieu de manière à pouvoir déterminer les pertes de charge apparaissant dans le remplissage de la colonne. La colonne peut être utilisée avec de l'air ou de l'eau. Lors des applications réalisées avec de l'eau, le sens d'écoulement peut être modifié pour analyser une colonne entièrement remplie d'eau, comme dans le cas du réacteur sur lit fixe. Le fait de pouvoir utiliser la colonne avec de l'eau et de l'air à contre-courant simule le principe de la colonne d'adsorption. Le remplissage de la colonne peut être réalisé avec différents garnissages.

L'appareil d'essai est muni d'une alimentation en air et en eau interne. Le cicuit d'eau fermé est constitué du réservoir de stockage, de la pompe, du débitmètre et de la soupape. Le module d'alimentation en air est équipé d'un compresseur avec débitmètre et soupape.

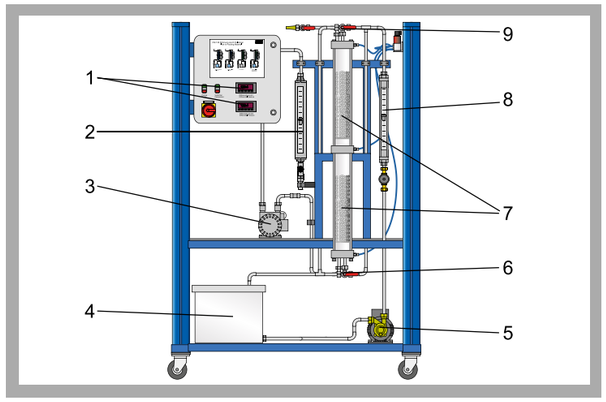
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

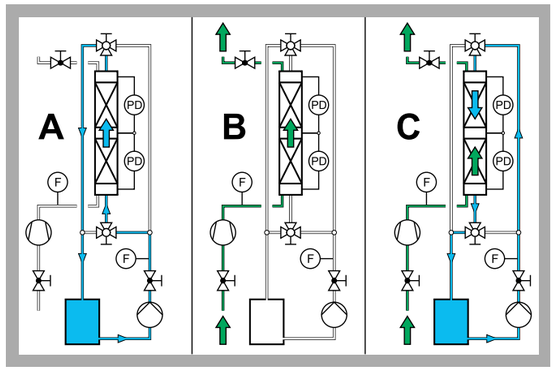
- fonction d'une colonne à garnissage
- enregistrement de la courbe caractéristique des pertes de charge
- comparaison des modes de fonctionnement
  * à l'eau
  * à l'air
  * fonctionnement à contre-courant à l'eau/à l'air
- démonstration des phénomènes suivants:
  * effet de paroi
  * formation de cours d'eau
  * point de charge
  * point d'engorgement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

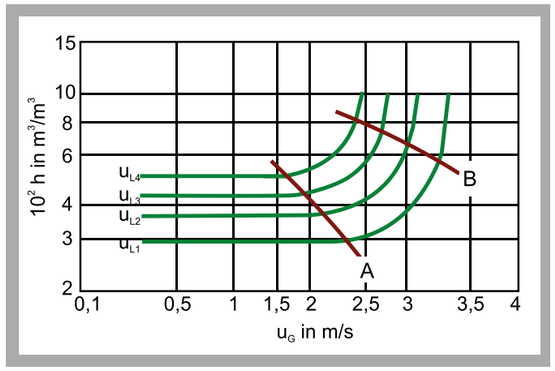
HM 136 *Écoulement au travers de colonnes à garnissage*



1 affichages des pertes de charge, 2 débitmètre d'air, 3 compresseur d'air, 4 réservoir de stockage, 5 pompe à eau, 6 robinet inverseur inférieur ascendant/descendant, 7 colonne à garnissage à deux parties, 8 débitmètre d'eau, 9 robinet inverseur supérieur ascendant/descendant



Différents modes de fonctionnement: A ascendant à l'eau, B ascendant à l'air, C descendant à l'eau, ascendant à l'air (contre-courant);
F débit, PD pression différentielle



Contenu liquide de la colonne à différentes vitesses de liquide et de gaz:
A point de charge, B point d'engorgement, h contenu de liquide spécifique, u_G vitesse de gaz, $u_{L1...4}$ charge de liquide spécifique

Spécification

[1] banc d'essai destiné à l'étude de l'écoulement mesuré dans les couches du garnissage
[2] colonne à garnissage transparente en verre DURAN avec la possibilité de changer le garnissage
[3] fonctionnement à l'eau et/ou à l'air
[4] fonctionnement eau-air à courant parallèle ou à contre-courant
[5] possibilité d'inversion du sens d'écoulement de l'eau
[6] circuit d'eau fermé avec pompe et réservoir de stockage
[7] compresseur pour l'alimentation en air
[8] mesure du débit volumétrique et des pertes de charge

Caractéristiques techniques

Pompe
- débit de refoulement max.: 17,5L/min
- hauteur de refoulement max.: 47m

Compresseur
- débit de refoulement max.: 8m³/h
- pression de refoulement max.: 1bar

Colonne à garnissage
- diamètre intérieur: 80mm
- longueur: 2x 500mm

Réservoir de stockage: 35L

Plages de mesure
- débit (air): 0,5...5m³/h
- débit (eau): 50...600L/h
- pression différentielle: 2x 0...600mbar

Dimensions et poids

Lxlxh: 1350x800x1900mm
Poids: env. 200kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50Hz, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 jeu d'outils
1 jeu de corps de remplissage (anneaux Raschig)
1 documentation didactique

Références de commande

070.13600	HM 136	Écoulement au travers colonnes à garnissage

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

4 EXEMPLES D'ÉCOULEMENT NON STA TIONNAIRE

Aperçu	Écoulement non stationnaire dans les tuyauteries et les cheminées d'équilibre	238
Aperçu	Appareils d'essai dans le domaine d'écoulement non stationnaire	240
HM 155	Coups de bélier dans les tuyauteries	242
HM 156	Coups de bélier et cheminée d'équilibre	244
HM 143	Processus d'écoulement non stationnaires dans les réservoirs	246
HM 150.15	Bélier hydraulique – Refoulement réalisé à l'aide de coups de bélier	248
HM 150	Module de base pour essais de mécanique des fluides	250

Consultez notre page d'accueil www.gunt.de

ÉCOULEMENT NON STATIONNAIRE DANS LES TUYAUTERIES ET LES CHEMINÉES D'ÉQUILIBRE

Écoulement non stationnaire

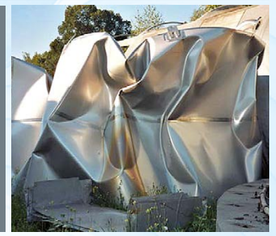
Les écoulements caractérisés par une variation temporelle de l'état en un point défini sont désignés comme étant non stationnaires. Seules les variations causées par des turbulences font exception à la règle. Sur les écoulements à surface libre, l'écoulement non stationnaire se présente sous la forme de variation temporelle du niveau d'eau.

Les écoulements non stationnaires apparaissent sur tous les processus de démarrage et d'arrêt des turbomachines, dans les appareils et les tuyauteries, ainsi que dans les processus d'écoulement hors de réservoirs caractérisés par un niveau de liquide variable, sans oublier les vibrations du liquide (cheminées d'équilibre), les coups de bélier observés dans les tuyauteries et les canaux ouverts (houle et onde négative).

En pratique, la compréhension des écoulements non stationnaires est nécessaire à la conception économique des tuyauteries (réserve en cas de risque de coup de bélier) dans les systèmes de distribution de l'eau, les installations technologiques et les centrales hydro-électriques.

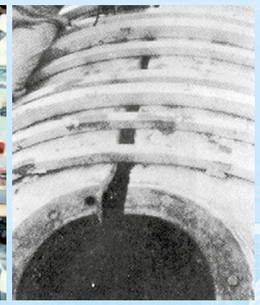
GUNT vous propose des appareils d'essai bien conçus pour examiner les écoulements non stationnaires des tuyauteries, représenter les coups de bélier et le principe du fonctionnement des cheminées d'équilibre, utilisées comme éléments de sécurité dans les centrales hydro-électriques.

Nous présentons l'effet profitable du coup de bélier dans le refoulement de l'eau en expliquant le principe du bélier hydraulique.



Écroulement du réservoir suite à un coup de bélier

Tuyauterie et fixations détruites après un coup de bélier



Destruction d'une tuyauterie causée par un coup de bélier

Coups de bélier dans les tuyauteries

L'apparition de coups de bélier dans les tuyauteries est un phénomène fréquent observé sur les écoulements non stationnaires. Les variations de la pression et du débit peuvent entraîner une nette augmentation ou diminution de la pression définie dans des tuyaux donnés.

Les coups de bélier sont causés par la:
- fermeture ou ouverture d'organes d'obturation dans un tuyau
- mise en marche et arrêt de pompes ou de turbines
- remise en marche d'installations
- modification du niveau d'arrivée d'eau

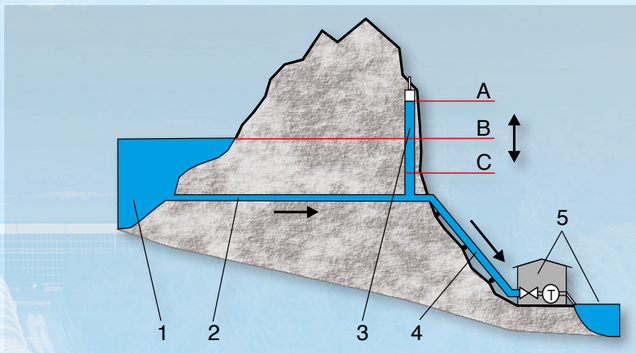
Effet des coups de bélier

Les coups de bélier causent des dommages sur l'installation concernée. Les tuyaux peuvent éclater, les fixations risquent d'être endommagées. Par ailleurs, les robinetteries, les pompes, les fondations ou tout autre élément des tuyauteries (par ex. échangeurs thermiques) sont également en danger. Dans les conduites d'eau potable, un coup de bélier peut entraîner l'aspiration d'eau sale en provenance de l'extérieur. Comme un endommagement des tuyauterie n'est pas toujours immédiatement décelé (par ex. détérioration de la bride), il est nécessaire de calculer l'apparition éventuelle des coups de bélier dès la conception des tuyauteries.

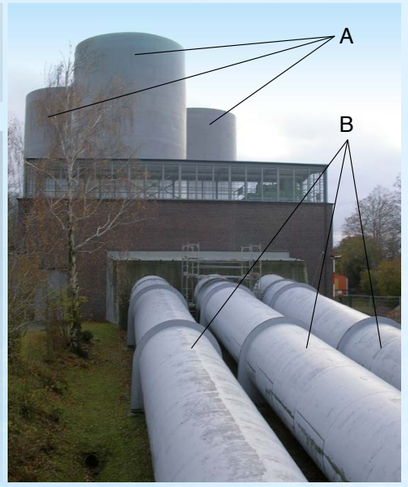
Réduction des coups de bélier

Sur les petites sections nominales, la mise en place d'un réservoir compensateur ou le choix de la robinetterie peut influencer l'apparition des coups de bélier. En raison des temps de fermeture plus longs, les vannes et les vannes à obturateur sont moins concernées que les vannes ou les robinets d'arrêt. Il est possible de protéger les tuyauteries des coups de bélier en montant des soupapes de sûreté.

Dans les tuyauteries à grande section ou à grande hauteur de refoulement, l'effet des coups de bélier peut être réduit ou éliminé en commandant lentement la vanne à obturateur ou en installant des cheminées d'équilibre à l'entrée des conduites forcées (comparable aux bassins de compensation).



Centrale hydro-électrique avec cheminée d'équilibre, exploitante les conditions géologiques naturelles
***1** retenue d'eau, **2** conduites forcées,*
***3** cheminée d'équilibre avec niveau d'eau variable, **4** conduite forcée,*
***5** bâtiment à turbine avec écoulement d'eau*
***A** arrêt de la turbine, **B** position immobile, **C** démarrage de la turbine*



*Aménagement hydraulique à accumulation par pompage Nieder-wartha, Dresde (Allemagne). À l'entrée des trois conduites forcées, on a trois cheminées d'équilibre qui se présentent sous forme de réservoirs ouverts. **A** cheminées d'équilibre, **B** conduites forcées*

Principe de la cheminée d'équilibre

Pour réduire les variations de la pression dans les centrales hydro-hydrauliques, on recourt à des cheminées d'équilibre. L'eau qui circule dans la conduite forcée, est déviée dans la cheminée d'équilibre à la fermeture des robinetteries. Le niveau d'eau peut augmenter ou diminuer jusqu'à ce qu'il se stabilise à nouveau. L'énergie cinétique de l'eau en circulation dans la conduite forcée est ainsi transformée en énergie potentielle du niveau d'eau supérieur dans la cheminées d'équilibre et non en énergie de pression destructive.

Le tableau montre un extrait du programme pédagogique classique en école d'ingénieur. Les appareils GUNT couvrent dans une très large mesure ces contenus didactiques.

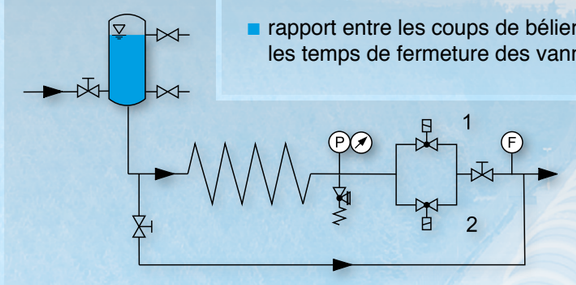
CONTENUS DIDACTIQUES DE L'ÉCOULEMENT NON STATIONNAIRE	PRODUITS GUNT
Écoulement des réservoirs à niveau d'eau variable: vitesse d'écoulement	**HM 150.09, HM 150.12**
Coups de pression: étude des coups de bélier et des ondes de pression dans les tuyauteries, représentation des variations du coup de bélier, détermination de la vitesse du son dans l'eau, détermination du temps de réflexion, détermination du coup de bélier (le coup de bélier de Joukowsky), influence du débit / la vitesse de fermeture des robinetteries sur le coup de bélier	**HM 155, HM 156, HM 143**
Bélier hydraulique: exploitation des coups de bélier pour le refoulement de l'eau	**HM 150.15**
Vibration d'une cheminée d'équilibre: principe du fonctionnement d'une cheminée d'équilibre, Fréquence propre des vibrations	**HM 143, HM 156**
Houle et onde négative: écoulement non stationnaire, par ex. dans les canaux ouverts	**HM 160 to HM 163**
Processus d'écoulement non stationnaires: écoulement, processus d'écoulement différés (rétention)	**HM 143**
Onde de crue	
Processus d'écoulements non stationnaires dans les turbomachines hydrauliques: cavitation	**HM 380**

APPAREILS D'ESSAI DANS LE DOMAINE D'ÉCOULEMENT NON STATIONNAIRE

ÉCOULEMENT NON STATIONNAIRE DANS LES TUYAUX

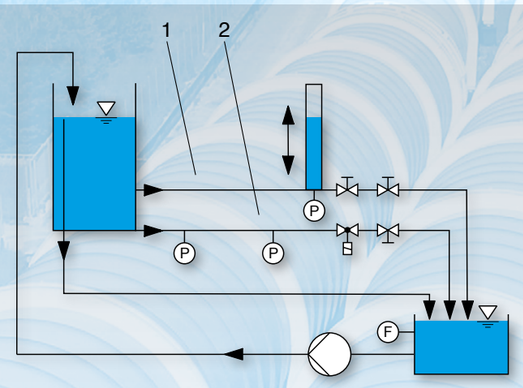
PRÉSENTATION DES COUPS DE BÉLIER ET DES ONDES DE PRESSION DANS LES TUYAUX: HM 155 COUPS DE BÉLIER DANS LES TUYAUTERIES

- grande section de tuyau pour obtenir des temps de réflexion élevés
- rapport entre les coups de bélier et les temps de fermeture des vannes

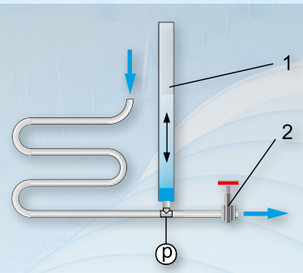


1 *section de mesure avec électrovanne ajustable,*
2 *section de mesure avec électrovanne constante,*
p *pression,* ***F*** *débit*

ATTÉNUATION DES COUPS DE BÉLIER À L'AIDE DE CHEMINÉES D'ÉQUILIBRE: HM 156 COUPS DE BÉLIER ET CHEMINÉE D'ÉQUILIBRE



1 *section de tuyau muni d'un robinet à tournat spherique et d'une cheminée d'équilibre pour visualiser les vibrations*
2 *section de tuyau avec électrovanne pour mesurer les coups de bélier*



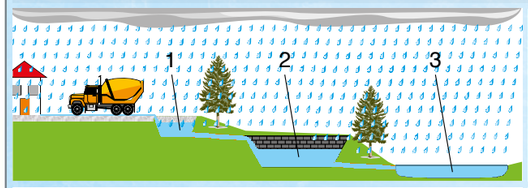
Fonction d'une cheminée d'équilibre (HM 143)
1 *cheminée d'équilibre,* ***2*** *robinet-vanne,*
p *pression*

- fonction d'une cheminée d'équilibre
- visualisation des coups de bélier dans les cheminées d'équilibre transparentes
- détermination de la fréquence propre des vibrations dans la cheminée d'équilibre

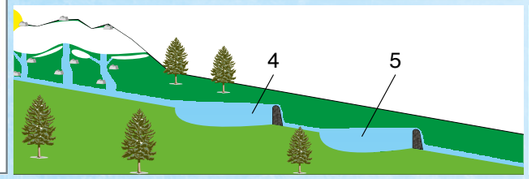
SIMULATION DES PROCESSUS D'ÉCOULEMENT NON STATIONNAIRES ENTRE LES RÉSERVOIRS

HM 143 PROCESSUS D'ÉCOULEMENT NON STATIONNAIRES DANS LES RÉSERVOIRS

- principe du bassin de retenue
- montage en série de deux réservoirs
- représentation temporelle d'évolution de l'écoulement



Bassin de retenue des eaux de pluie
1 *canal d'écoulement*
2 *bassin de retenue des eaux de pluie*
3 *eaux ou canalisation*



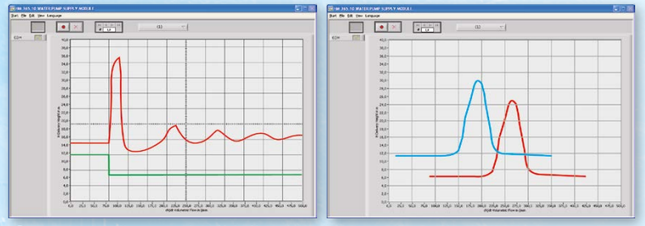
Barrage comme protection contre les inondations
4 *réservoir 1*
5 *réservoir 2*

LOGICIEL D'ACQUISITION DES DONNÉES POUR HM 155, HM 156 ET HM 143

Logiciel GUNT utilisé comme complément optimal du processus d'apprentissage

Représentation graphique des éléments suivants:

- temps de réflexion et coup de bélier (HM 155)
- comportement en vibration (HM 156)
- évolutions de l'écoulement (HM 143)



Captures d'image logicielles

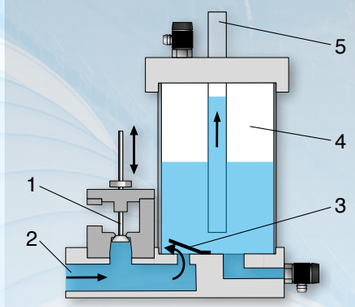
EXPLOITATION TECHNIQUE DES COUPS DE BÉLIER

PRÉSENTATION DU FONCTIONNEMENT D'UN BÉLIER HYDRAULIQUE HM 150.15 BÉLIER HYDRAULIQUE – REFOULEMENT RÉALISÉ À L'AIDE DE COUPS DE BÉLIER

- exploitation des coups de bélier pour le refoulement de l'eau
- fonction d'un réservoir d'air
- observation optimale des fonctions grâce aux éléments transparents

Refoulement de l'eau

1 *vanne d'impulsion*
2 *entrée d'eau*
3 *clapet de retenue*
4 *réservoir d'air*
5 *conduite montante*



HM 155 Coups de bélier dans les tuyauteries

- *** Étude des coups de bélier et des ondes de pression dans les tuyaux**
- *** Longueur de section de tuyau, 60m**
- *** Mesure de la vitesse du son dans l'eau**
- *** Électrovanne avec temps de fermeture ajustable**
- *** Logiciel GUNT de représentation de l'évolution de pression**

Description

Les coups de bélier dans les tuyauteries posent de sérieux problèmes à tout système technique, car ils peuvent causer des dommages importants sur les tuyauteries, les robinetteries et les composants d'une installation. Les coups de bélier sont générés par la force d'inertie du fluide en mouvement, suite à des variations brusques de la vitesse, par ex. à la fermeture rapide d'une soupape. C'est pourquoi, les coups de bélier et leur origine sont un aspect important de la conception des tuyauteries.

Le banc d'essai HM 155 permet d'examiner les coups de bélier et les ondes de pression apparaissant dans les tuyaux longs. Les coups de bélier sont générés par la fermeture d'une soupape, à la fin de la section de tuyau. Ces coups de bélier sont alors réfléchis au début du tuyau, sous forme d'ondes inversées. Un réservoir sous pression avec coussin d'air placé au début de la section de tuyau, simule le début du tuyau ouvert de manière à avoir une réflexion exacte de l'onde. Pour obtenir des temps de réflexion suffisamment élevés, on a installé une section de tuyau de 60m de long, en forme de serpentin pour limiter l'encombrement.

Les essais sont consacrés au rapport entre les coups de bélier et les temps de fermeture des soupapes. C'est pourquoi, le banc d'essai est équipé de deux électrovannes, dont l'une a un temps de fermeture constant et l'autre, un temps de fermeture ajustable. Les oscillations de la pression qui apparaissent, sont enregistrées par un capteur de pression. L'évolution de pression est alors représentée à l'aide du logiciel GUNT.

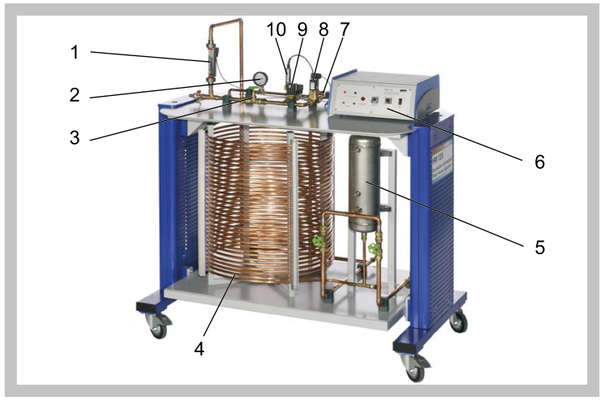
Le débit est ajusté par une soupape. La pression du système et le débit sont affichés. Une soupape de sûreté protège le système des hautes pressions.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

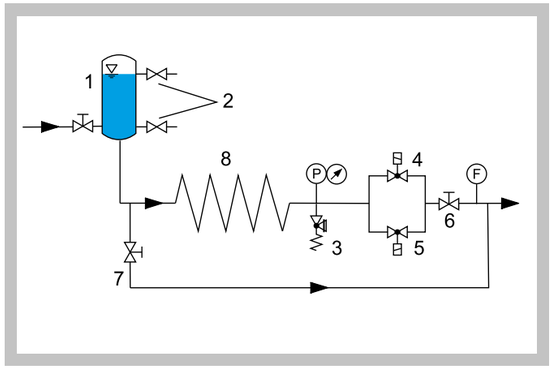
Contenu didactique / Essais

- rapport entre les coups de bélier et le débit
- rapport entre les coups de bélier et le temps de fermeture de la soupape
- représentation de l'évolution de pression
- détermination du temps de réflexion
- calcul de la vitesse du son dans l'eau

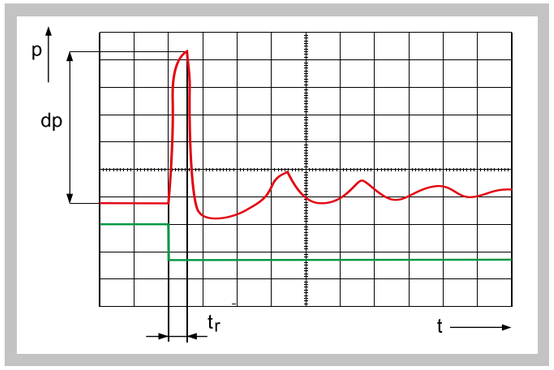
HM 155 Coups de bélier dans les tuyauteries



1 débitmètre, 2 manomètre, 3 soupape d'ajustage du débit, 4 section de tuyau, 5 réservoir sous pression, 6 appareil de commande, 7 soupape de sûreté, 8 électrovanne ajustable, 9 électrovanne constante, 10 capteur de pression



1 réservoir sous pression avec coussin d'air, 2 soupapes d'ajustage du niveau, 3 soupape de sûreté, 4 électrovanne ajustable, 5 électrovanne constante, 6 soupape d'ajustage du débit, 7 soupape pour évacuer le réservoir sous pression, 8 section de tuyau; P pression, F débit



Évolution temporelle de la pression sur une électrovanne à temps de fermeture constant; en rouge: évolution de pression, en vert: signal déclencheur; p pression, t temps, t_r temps de réflexion, dp: coup de bélier

Spécification

[1] étude des coups de bélier et des ondes de pression dans les tuyaux
[2] section de tuyau en forme de serpentin, pour limiter l'encombrement
[3] génération des coups de bélier via une électrovanne avec un temps de fermeture constant
[4] génération des coups de bélier via une électrovanne avec un temps de fermeture ajustable
[5] réservoir sous pression avec un coussin d'air qui réfléchit l'onde
[6] la soupape de sûreté protège le système des hautes pressions
[7] instrumentation: capteur de pression, rotamètre, manomètre
[8] représentation des évolutions de pression avec le logiciel GUNT
[9] logiciel GUNT pour l'acquisition de données par liaison USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Électrovanne, temps de fermeture constant
- temps de fermeture: 20...30ms
- pression de service: 0...10bar

Électrovanne, temps de fermeture ajustable
- temps de fermeture: 1...4s
- pression de service: 0,2...12bar

Soupape de sûreté: 16bar
Section de tuyau, cuivre
- longueur: 60m
- diamètre extérieur: 10mm

Réservoir sous pression: 5L

Plages de mesure
- pression: 0...10bar
- débit: 30...320L/h

Dimensions et poids

Lxlxh: 1310x790x1500mm
Poids: env. 155kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase
Raccord d'eau 300L/h, drain

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 CD avec logiciel GUNT
1 jeu de flexibles
1 documentation didactique

Références de commande

070.15500	HM 155	Coups de bélier dans les tuyauteries

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 156 Coups de bélier et cheminée d'équilibre

*** Visualisation des coups de bélier**
*** Fonction d'une cheminée d'équilibre**
*** Détermination de la vitesse du son dans l'eau**
*** Logiciel GUNT de représentation des coups de bélier et des oscillations**

Description

Dans les installations industrielles de type centrales hydro-électriques ou dans les systèmes d'alimentation en eau, les variations du débit entraînent des variations de la pression. On remarque ce phénomène par exemple à la mise en marche et à l'arrêt des machines hydrauliques, ou à l'ouverture et à la fermeture des éléments de barrage. On fait la différence entre les variations rapides de la pression qui se propagent à la vitesse du son (coups de bélier) et les variations lentes de la pression causées par des oscillations de masse. Pour amortir les coups de bélier et les oscillations de masse, des amortisseurs à air ou des cheminées d'équilibre sont mis en place dans les tuyauteries.

HM 156 permet de générer et de visualiser les coups de bélier dans les tuyauteries et d'expliquer le fonctionnement d'une cheminée d'équilibre. Le banc d'essai est équipé d'une section de tuyau munie d'un robinet à tournant sphérique et d'une cheminée d'équilibre, et d'une deuxième section de tuyau avec électrovanne.

Le premier essai est consacré à la génération d'un coup de bélier en fermant rapidement le robinet à tournant sphérique. Lors du freinage brusque de la masse d'eau, l'énergie cinétique est libérée et transformée dans la cheminée d'équilibre en énergie potentielle. Les oscillations dues à pression qui apparaissent, sont enregistrées par un capteur de pression placé derrière la cheminée d'équilibre, puis représentées par le logiciel comme évolution de pression. Le mouvement du niveau de l'eau se présente sous la forme d'un mouvement oscillatoire dans la cheminée d'équilibre.

Dans le deuxième essai, la fermeture rapide de l'électrovanne génère un coup de bélier élevé dans la deuxième section de tuyau. L'énergie cinétique de l'eau est transformée en énergie de pression. Le coup de bélier et les variations qui s'en suivent, sont enregistrés par deux capteurs de pression placés dans la section de tuyau et représentés dans le logiciel sous forme de évolution de pression.

L'alimentation en eau et la mesure du débit sont réalisées par le module d'alimentation.

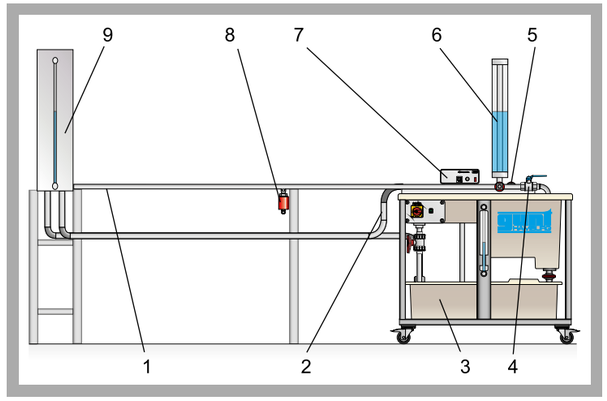
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

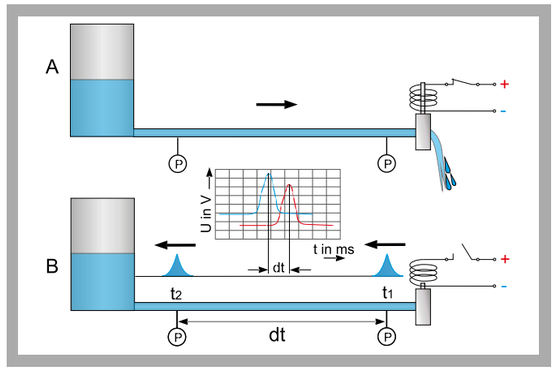
Compréhension des processus d'écoulement non stationnaires dans les tuyauteries par les essais
- présentation des coups de bélier dans les tuyauteries
- détermination de la vitesse du son dans l'eau
- compréhension du fonctionnement d'une cheminée d'équilibre
- fréquence propre de la cheminée d'équilibre

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

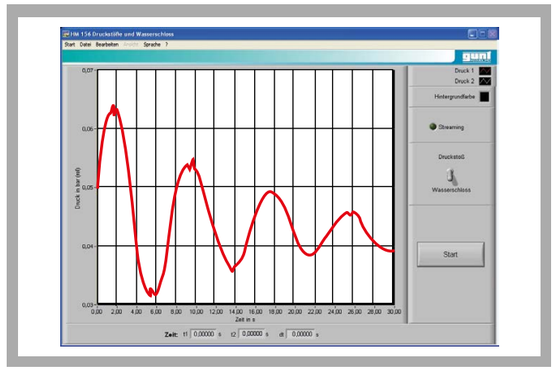
HM 156 Coups de bélier et cheminée d'équilibre



1 deux sections de tuyau parallèles, 2 alimentation en eau, 3 écoulement de l'eau, 4 robinet à tournant sphérique et électrovanne, 5 capteur de pression cheminée d'équilibre, 6 cheminée d'équilibre, 7 appareil de commande, 8 capteur de pression section de mesure pour coup de bélier, 9 réservoir



Génération d'un coup de bélier;
A: électrovanne ouverte, B: électrovanne fermée; P pression, t temps, U tension



Capture d'écran du logiciel

Spécification

[1] fonctionnement d'une cheminée d'équilibre
[2] section de tuyau avec robinet à tournant sphérique et cheminée d'équilibre
[3] cheminée d'équilibre sous forme de réservoir PMMA transparent
[4] capteur de pression placé derrière la cheminée d'équilibre, destiné à la mesure de l'onde de pression
[5] section de tuyau avec électrovanne et 2 capteurs de pression, destinés à mesurer les coups de bélier
[6] mesure du débit volumétrique à l'aide du module d'alimentation
[7] représentation des évolutions de pression avec le logiciel GUNT
[8] logiciel GUNT pour l'acquisition de données par liaison USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Section de tuyau pour oscillations de la pression
- cuivre
- longueur: 5875mm, diamètre intérieur: 26mm
- robinet à tournant sphérique
- cheminée d'équilibre, PMMA
  hauteur: 825mm
  diamètre intérieur: 50mm

Section de tuyau pour coups de bélier
- cuivre
- longueur: 5875mm, diamètre intérieur: 26mm
- écart entre les capteurs: 3000mm
- électrovanne, temps de fermeture: 20...30ms

Réservoir: 50L

Module d'alimentation
Pompe
- puissance absorbée: 550W
- débit de refoulement max.: 230L/min
- hauteur de refoulement max.: 11m

Réservoir: 1x 180L, 1x 40L

Plages de mesure
- pression (section de tuyau): 2x 0...16bar abs.
- pression (cheminée d'équilibre): 0...0,3bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 6800x800x2050mm (total)
Poids: env. 155kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai avec module d'alimentation
1 CD avec logiciel GUNT
1 documentation didactique

Références de commande

070.15600	HM 156	Coups de bélier et cheminée d'équilibre

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 143 *Processus d'écoulement non stationnaires dans les réservoirs*

*** Étude des processus d'écoulement non stationnaires dans les réservoirs**

*** Simulation des bassins de retenue des eaux de pluie et des lacs artificiels**

*** Cheminée d'équilibre transparente en vue de l'observation des oscillations après un coup de bélier**

*** Logiciel GUNT de représentation des niveaux d'eau**

Description

Les processus d'écoulement non stationnaires sont pris en compte lors du dimensionnement des réservoirs d'eau. Ces processus apparaissent par exemple dans les bassins de retenue des eaux de pluie et dans les lacs artificiels.

Le principal objectif du bassin de retenue des eaux de pluie est de différer le processus d'écoulement en procédant à un stockage intermédiaire temporaire. Les lacs artificiels servent de réservoir permanent pour l'alimentation en eau et le transfert énergétique ou dans le cadre de la protection contre les inondations. Le niveau d'eau monte avant d'être dirigé via un trop-plein.

Les processus d'écoulement des réservoirs s'effectuent par des tuyauteries ou des galeries. Une cheminée d'équilibre doit empêcher les coups de bélier dans les tuyauteries et les robinetteries causés par les variations du débit rapides.

Le HM 143 permet de présenter les processus d'écoulement non stationnaires dans les réservoirs, ainsi que le fonctionnement d'une cheminée d'équilibre. Le banc d'essai contient un bassin avec déversoir ajustable et un deuxième bassin, plus profond avec trop-plein et conduite d'écoulement. La conduite d'écoulement est munie d'une cheminée d'équilibre.

L'essai "bassin de retenue des eaux de pluie", le bassin A et le bassin B simulent un bassin de retenue. L'écoulement est ajusté par des soupapes placées dans la conduite d'écoulement. Ceci permet de présenter les processus d'écoulement différés type.

Dans l'essai "lacs artificiels" est consacré aux processus d'écoulement non stationnaires avec deux réservoirs à long terme. Dans cet essai, le déversoir est utilisé comme déversoir dénoyé.

Dans l'essai "cheminée d'équilibre", un coup de bélier est généré par la fermeture rapide d'un robinet-vanne placé dans la conduite d'écoulement. L'oscillation se présente sous forme d'un mouvement oscillatoire du niveau d'eau dans la cheminée d'équilibre.

Les niveaux d'eau dans le bassin et la cheminée d'équilibre sont enregistrées par des capteurs de pression et représentées à l'aide du logiciel GUNT.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

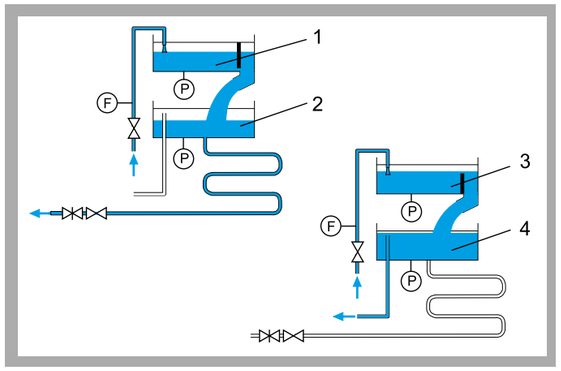
Contenu didactique / Essais

- présentation de processus d'écoulement non stationnaires dans deux bassins de retenue des eaux de pluie placés l'un derrière l'autre
- présentation des processus d'écoulement non stationnaires sur deux réservoirs placés l'un derrière l'autre
- enregistrement des oscillations du niveau de l'eau dans la cheminée d'équilibre après un coup de bélier
- enregistrement et représentation des variations de les niveaux d'eau

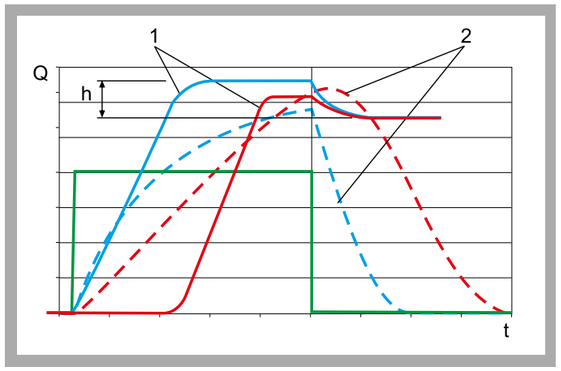
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 143 *Processus d'écoulement non stationnaires dans les réservoirs*

1 bassin A avec déversoir ajustable, 2 cheminée d'équilibre, 3 soupape dans la conduite d'écoulement, 4 robinet-vanne pour générer des coups de bélier, 5 raccord d'eau, 6 conduite de débordement, 7 bassin B avec trop-plein, 8 débitmètre



En haut: "bassin de retenue des eaux de pluie": 1 bassin A comme canal d'écoulement avec vanne, 2 bassin B comme bassin de retenue des eaux de pluie; en bas: "lacs artificiels"; 3 bassin A comme réservoir avec déversoir dénoyé, 4 bassin B comme réservoir avec trop-plein; F débit, P pression



Processus d'écoulemt. non stationnaires, en bleu: bassin A, en rouge: bassin B; Q écoulement, t temps, en vert: arrivée d'eau; 1 "lacs artificiels", h charge sur le déversoir; 2 "bassin de retenue des eaux de pluie" avec processus d'écoulement différé

Spécification

[1] processus d'écoulement non stationnaires observés dans les réservoirs
[2] fonctionnement d'une cheminée d'équilibre
[3] essai "bassin de retenue des eaux de pluie": le bassins A et B servent comme réservoirs à court terme. Le déversoir rectangulaire sert de vanne.
[4] essai "lacs artificiels": les bassins A et B servent comme réservoirs à long terme. Le déversoir rectangulaire joue le rôle de déversoir dénoyé.
[5] essai "cheminée d'équilibre": le tuyau transparent est la cheminée d'équilibre de la conduite d'écoulement reliée au bassin B
[6] robinet-vanne placé dans la conduite d'écoulement et destiné à générer des coups de bélier
[7] les capteurs de pression placés sur les deux bassins et la cheminée d'équilibre enregistrent les variations du niveau d'eau
[8] représentation des évolutions des niveaux d'eau par logiciel GUNT
[9] logiciel GUNT pour l'acquisition de données par liaison USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Bassin A: Lxlxh: 900x900x300mm
- matériau: acier inoxydable
- déversoir rectangulaire de type Rehbock, ajustable
  servant de vanne, ouverture de vanne: 0...200mm
  servant de déversoir dénoyé, hauteur: 0...200mm,
  largeur dénoyée: 60mm

Bassin B: Lxlxh: 900x900x300mm
- matériau: acier inoxydable
- trop-plein: 200mm

Cheminée d'équilibre
- matériau: PMMA
- diamètre intérieur: 62mm
- hauteur: 1800mm

Plages de mesure
- pression: 2x 0...100mbar, 1x 0...200mbar
- débit: 300...3300L/h

Dimensions et poids

Lxlxh: 1040x1220x2100mm
Poids: env. 165kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase
Raccord d'eau et drain: 3000L/h

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 CD avec logiciel GUNT
1 documentation didactique

Références de commande

070.14300	HM 143	Processus d'écoulement non stationnaires dans les réservoirs

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150.15 *Bélier hydraulique - Refoulement réalisé à l'aide de coups de bélier*

*** Cause et effet des coups de bélier**

*** Principe du bélier hydraulique**

*** Réservoirs transparents et clapet de retenue visible afin de bien observer le fonctionnement**

Description

L'interruption brusque d'écoulement d'eau peut causer des coups de bélier dans les tuyaux. Ce phénomène généralement indésirable, est utilisé dans les appareils spéciaux (béliers hydrauliques) pour rehausser le niveau de l'eau. Contrairement aux pompes conventionnelles, il n'est pas nécessaire de recourir ici à un entraînement mécanique supplémentaire.

Le HM 150.15 permet de présenter le principe des coups de bélier et d'examiner le fonctionnement d'un bélier hydraulique. L'eau est dirigée dans le bélier hydraulique grâce à un long tuyau incliné.

Dès que l'eau atteint une vitesse donnée, la vanne d'impulsion du bélier hydraulique se referme automatiquement sous l'effet des forces d'écoulement. Ceci a lieu brusquement de manière à transformer l'énergie cinétique de l'eau contenue dans le tuyau en énergie de pression potentielle. La pression ouvre un clapet de retenue. L'eau est dirigée dans un réservoir d'air. Le coussin d'air placé dans le réservoir d'air freine le coup de bélier et permet d'obtenir un écoulement homogène dans le réservoir élevé. Lorsque le coup de bélier a disparu, la vanne d'impulsion s'ouvre sous l'effet du poids propre, l'eau contenue dans le tuyau recommence à circuler et le processus se répète.

L'essai est consacré au rapport entre la vanne d'impulsion, le poids, la levée de la soupape et le débit. Il montre également l'influence du volume de l'air contenu dans le réservoir d'air sur le refoulement.

Le débit est ajusté par des soupapes. Des réservoirs transparents, un clapet de retenue visible dans le réservoir d'air et le mouvement également visible de la vanne d'impulsion permettent de bien observer tout le processus. Tous les éléments sont agencés clairement sur une plaque avant.

L'alimentation en eau et la mesure du débit sont prises en compte par le module de base des essais réalisés en mécanique des fluides HM 150. Alternativement, l'appareil d'essai peut aussi être opéré par le réseau du laboratoire.

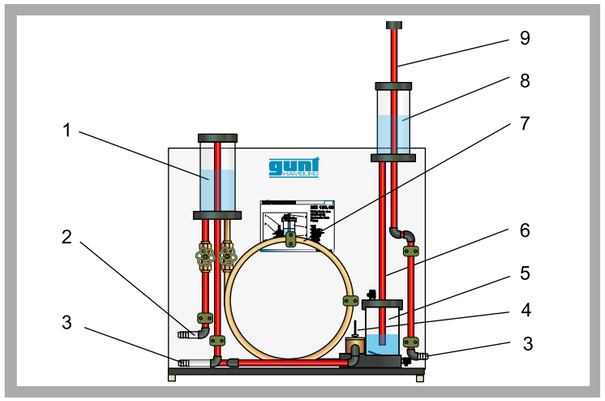
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

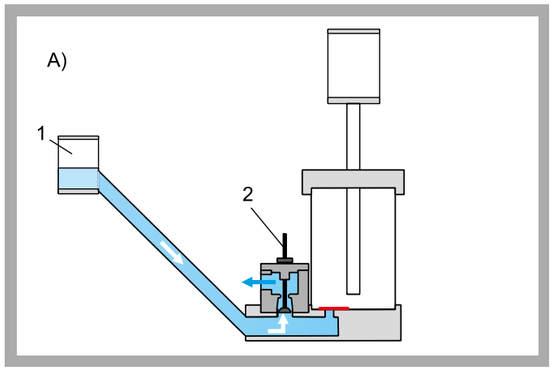
- présentation du phénomène de cause à effet des coups de bélier
- principe du bélier hydraulique
- fonction d'un réservoir d'air
- conséquences du volume d'air contenu dans le réservoir d'air et de la vitesse d'écoulement pour le refoulement
- détermination de l'efficacité

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

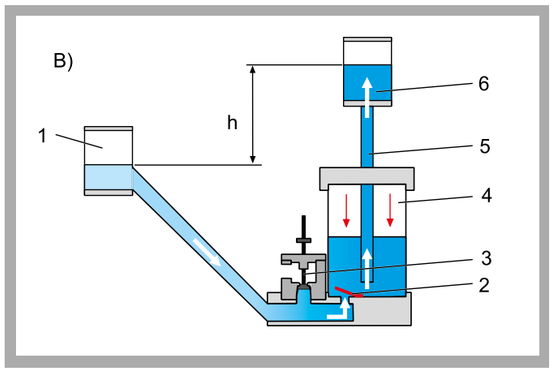
HM 150.15 *Bélier hydraulique - Refoulement réalisé à l'aide de coups de bélier*



1 réservoir d'alimentation avec trop-plein fixe, 2 raccord d'eau, 3 évacuation de l'eau, 4 vanne d'impulsion avec levée, 5 réservoir d'air avec clapet de retenue, 6 conduite montante, 7 tuyau, 8 réservoir élevé, 9 trop-plein ajustable



Principe de fonctionnement d'un bélier hydraulique: A) vanne d'impulsion ouverte, clapet de retenue fermée, écoulement d'eau par la vanne d'impulsion; 1 réservoir d'alimentation, 2 vanne d'impulsion



B) vanne d'impulsion fermée, clapet de retenue ouverte, entrée de l'eau dans réservoir d'air et réservoir élevé; 1 réservoir d'alimentation, 2 clapet de retenue, 3 vanne d'impulsion, 4 réservoir d'air, 5 conduite montante, 6 réservoir élevé; h hauteur de refoulement

Spécification

[1] cause et effet des coups de bélier
[2] refoulement réalisé à l'aide de coups de bélier
[3] le réservoir avec trop-plein fixe sert de source d'eau, par exemple fleuve, étang
[4] réservoir élevé avec hauteur de refoulement ajustable
[5] vanne d'impulsion à levée ajustable, fermeture cyclique causée par la force d'écoulement d'eau
[6] réservoir d'air avec clapet de retenue et volume d'air
[7] le volume d'air du réservoir d'air est modifié par la soupape de purge
[8] mesure du débit à l'aide du module de base HM 150
[9] alimentation en eau fermée, réalisée à l'aide du module de base HM 150 ou sur le réseau du laboratoire

Caractéristiques techniques

Bélier hydraulique
- hauteur de refoulement max.: 0,27m
- débit: 90L/h

Dimensions et poids

Lxlxh: 1100x640x1400mm
Poids: env. 57kg

Nécessaire pour le fonctionnement

HM 150 (circuit d'eau fermé) ou raccord d'eau, drain

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 jeu de flexibles
1 jeu de poids
1 documentation didactique

Références de commande

070.15015	HM 150.15	Bélier hydraulique - Refoulement réalisé à l'aide de coups de bélier

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150 *Module de base pour essais de mécanique des fluides*

*** Alimentation en eau des appareils d'essai utilisés en mécanique des fluides**

*** Mesure du débit volumétrique pour de grands et petits débits**

*** Les nombreux accessoires permettent de réaliser un cours de formation élémentaire complet en mécanique des fluides**

Description

La série d'appareils HM 150 délivre un grand aperçu des essais expérimentaux élémentaires pouvant être réalisés en mécanique des fluides. Pour les besoins individuels, le module de base HM 150 fournit l'essentiel: l'alimentation en eau dans un circuit fermé; la détermination du débit volumétrique, ainsi que le positionnement de l'appareil sur le plan de travail du module de base et la collecte de l'eau d'égouttement.

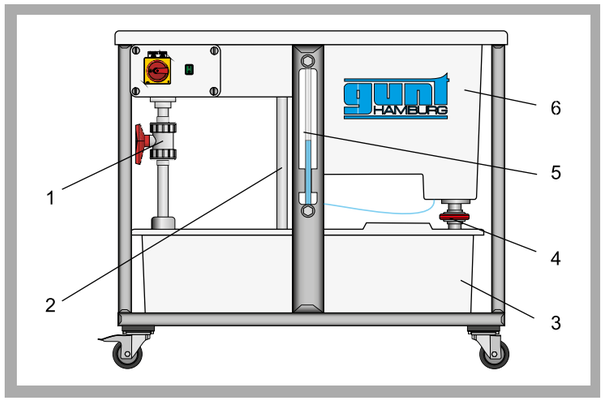
Le circuit d'eau fermé est constitué d'un réservoir de stockage sous-jacent équipé d'une pompe submersible puissante et d'un réservoir de mesure placé au-dessus et destiné à collecter l'eau en sortie.

Le réservoir de mesure a plusieurs niveaux, adaptés aux petits et grands débits volumétriques. Pour les très petits débits volumétriques, on utilise un bécher de mesure. Les débits volumétriques sont déterminés à l'aide d'un chronographe.

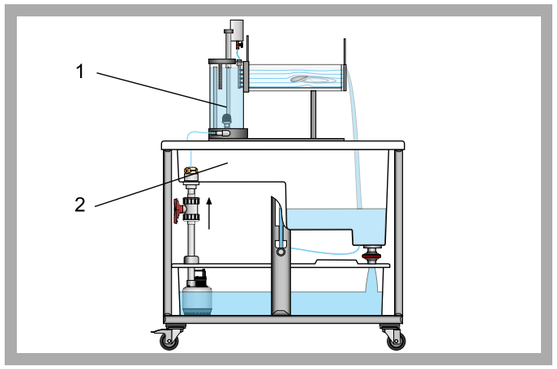
Le plan de travail placé en haut permet de bien positionner les différents appareils. Un canal d'essais est intégré au plan de travail. Il est prévu pour les essais réalisés avec des déversoirs (HM 150.03).

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 150 *Module de base pour essais de mécanique des fluides*



1 soupape d'étranglement, 2 trop-plein, 3 réservoir de stockage avec pompe submersible, 4 robinet-vanne pour vider le réservoir de mesure, 5 indicateur de niveau, 6 réservoir de mesure



HM 150.21 (1) mis en place sur le module de base HM 150 (2)

Module de base pour les essais réalisés en mécanique des fluides avec déversoir à paroi mince HM 150.03

Spécification

[1] module de base servant à alimenter les appareils utilisés en mécanique des fluides
[2] circuit d'eau fermé avec pompe submersible, réservoir de stockage et réservoir de mesure
[3] réservoir de mesure à deux composants, pour les mesures volumétriques
[4] bécher de mesure gradué pour les très petits débits volumétriques
[5] mesure des débits volumétriques réalisée à l'aide d'un chronographe
[6] plan de travail avec canal d'essais intégré pour les essais réalisés avec des déversoirs
[7] plan de travail avec arête intérieure pour la mise en place des accessoires et la collecte de l'eau d'égouttement
[8] réservoir de stockage, réservoir de mesure et plan de travail en matière plastique renforcée de fibres de verre

Caractéristiques techniques

Pompe
- puissance absorbée: 250W
- débit de refoulement max.: 150L/min
- hauteur de refoulement max.: 7,6m

Réservoir de stockage, contenu: 180L
Réservoir de mesure
- pour grands débits volumétriques: 40L
- pour petits débits volumétriques: 10L

Canal
- Lxlxh: 530x150x180mm

Bécher de mesure gradué pour les très petits débits volumétriques
- contenu: 2L

Chronographe
- plage de mesure: 0...9h 59min 59sec

Dimensions et poids

Lxlxh: 1230x770x1070mm
Poids: env. 82kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 module de base
1 chronographe
1 bécher de mesure
1 flexible
1 notice

Références de commande

070.15000	HM 150	Module de base pour essais de mécanique des fluides

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

5 MACHINES À FLUIDE HYDRAU LIQUES

INTRODUCTION

Aperçu	Connaissances de base: Machines utilisant ou fonctionnant a l'aide des fluides	254
Aperçu	Cours GUNT-Labline complet sur les machines à fluide	258
Aperçu	Concept didactique de la gamme GUNT-Labline	260

TURBINES HYDRAULIQUES

Aperçu	Turbines hydrauliques	264
HM 287	Essais sur une turbine axiale	266
HM 288	Essais sur une turbine à réaction	268
HM 289	Essais sur une turbine Pelton	270
HM 291	Essais sur une turbine à action	272
HM 290	Unité d'alimentation pour turbines	274
Aperçu	HM 450C: Grandeurs caractéristiques des turbomachines hydrauliques	276
HM 450C	Grandeurs caractéristiques des turbomachines hydrauliques	278
HM 450.01	Turbine Pelton	280
HM 450.02	Turbine Francis	282
Aperçu	HM 405: Installation d'essai de turbomachines axiales	284
HM 405	Installation d'essai de turbomachines axiales	286

ÉOLIENNES

ET 220	Conversion de l'énergie dans une centrale éolienne	288
ET 220.01	Éolienne	290

MACHINES RÉCEPTRICES

Aperçu	HM 299: Comparaison entre machines volumtriques et turbomachines réceptrices	292
HM 299	Comparaison entre machines volumétriques et turbomachines réceptrices	294

POMPES CENTRIFUGES

Aperçu	Connaissances de base: Pompes centrifuges	296
HM 283	Essais sur une pompe centrifuge	298
HM 284	Montage en série et en parallèle de pompes	300
HM 300	Circuit d'eau hydraulique avec une pompe centrifuge	302
HM 332	Caractéristiques de pompes montées en parallèle et en série	304

POMPES VOLUMÉTRIQUES

Aperçu	Connaissances de base: Pompes volumétriques	306
HM 285	Essais sur une pompe à piston	308
HM 286	Essais sur une pompe à engrenages	310

VENTILATEURS

Aperçu	Connaissances de base: Ventilatuers	312
HM 280	Essais sur un ventilateur radiale	314
HM 210	Grandeurs caractéristiques d'un ventilateur radiale	316
HM 292	Essais sur un compresseur radial	318
HM 282	Essais sur un ventilateur axiale	320

Consultez notre page d'accueil www.gunt.de

CONNAISSANCES DE BASE

MACHINES UTILISANT OU FONCTIONNANT À L'AIDE DES FLUIDES (MACHINES À FLUIDE)

Les machine utilisant ou fonctionnant à l'aides des fluides appelées aussi machines à fluides représentent le principal domaine d'application de la mécanique des fluides et de la thermodynamique. Elles forment donc le groupe de machines le plus utilisé, le plus rencontré. On les retrouve partout au quotidien.

Sous la forme de pompes, de compresseurs et de souffflantes, elles permettent le transport de milieux liquides et gazeux. Comme turbines hydrauliques et éoliennes, elles permettent la production des énergies dites propres. Sous la forme de turbines à vapeur, à gaz ou de moteurs, elles transforment l'énergie chimique ou thermique en énergie mécanique ou électrique et assurent ainsi notre alimentation en énergie. Les hélices de bateau ou d'avion ainsi que les convertisseurs de couple dans les voitures ou les locomotives font également partie du groupe des machines à fluide.

C'est pourquoi la connaissance de la fonction, de la structure, des propriétés et du fonctionnement des machines à fluide constitue un élément important de la formation technique.

GUNT propose une grande variété de machines à fluide pour la formation:

- le catalogue 3 traite une partie des machines à fluide thermiques
- le catalogue 4 met l'accent sur les machines à fluide hydrauliques
- le catalogue 4a donne une vue d'ensemble de la gamme existante de machines à fluide

Les machines à fluide permettent un transfert de l'énergie mécanique sur le fluide et inversement. Ce sont des convertisseurs d'énergie dont on distingue différents types:

Machines hydrauliques
Le fluide est incompressible ou est traité comme un fluide incompressible. Il s'agit d'un liquide ou d'un gaz avec des différences de pression faibles. Le fluide est mis sous pression et transporté au moyen d'un apport d'énergie mécanique. Ou bien, l'énergie de pression et l'énergie d'écoulement du fluide sont transformées en énergie mécanique.

Machines thermiques
Le fluide est gazeux et compressible. Il peut modifier sa pression, son volume ou sa température lorsqu'on lui apporte de l'énergie mécanique. Ce qui permet de transformer de l'énergie mécanique en énergie thermique et inversement. Ce procédé est appliqué dans les machines motrices telles que les turbines à vapeur ou les compresseurs des installations frigorifiques.

Avec les **turbomachines,** le transfert d'énergie vers le fluide se fait par le biais des forces d'écoulement.

Avec les **machines à piston** appartenant au groupe des machines volumétriques, le transfert d'énergie se fait par le refoulement du fluide.

Systématique des machines à fluide

MACHINES À FLUIDE:
MACHINES UTILISANT OU FONCTIONNANT A L'AIDE DES FLUIDES

TURBOMACHINES

MACHINES HYDRAULIQUES
Fluides incompressibles

MACHINES MOTRICES
Turbines hydrauliques
Éoliennes

MACHINES RÉCEPTRICES
Pompes centrifuges
Hélices
Ventilateurs

MACHINES THERMIQUES
Fluides compressibles

MACHINES MOTRICES
Turbines à vapeur
Turbines à gaz

MACHINES RÉCEPTRICES
Turbocompresseurs

MACHINES VOLUMÉTRIQUES

MACHINES HYDRAULIQUES
Fluides incompressibles

MACHINES MOTRICES
Hydromoteurs

MACHINES RÉCEPTRICES
Pompes à piston
Pompes à membrane
Pompes volumétriques rotatives

MACHINES THERMIQUES
Fluides compressibles

MACHINES MOTRICES
Moteurs à combustion
Moteurs Stirling

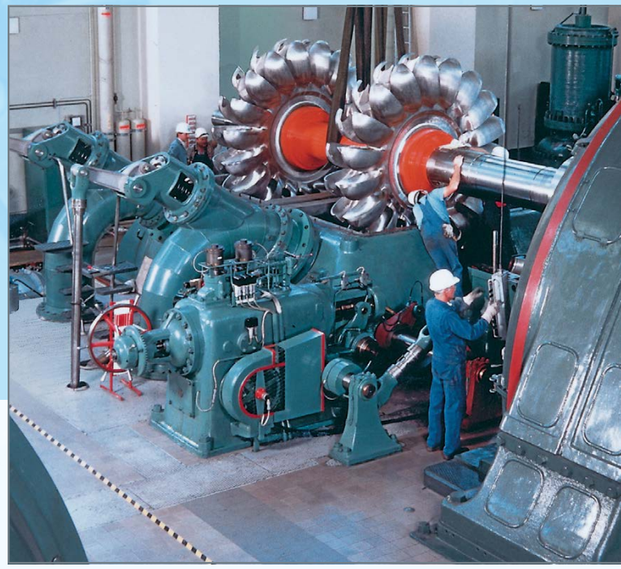
MACHINES RÉCEPTRICES
Compresseurs à piston
Compresseurs à vis
Compresseurs à palettes

Définitions
Machine à fluide: *un fluide (à l'état liquide ou gazeux) sert de substance active.*
Turbomachine: *le transfert d'énergie en direction du fluide en écoulement se fait par l'intermédiaire d'un échange d'impulsions avec un rotor.*
Machine volumétrique: *le transfert d'énergie en direction du fluide a lieu grâce à une modification du volume. Le volume est modifié au moyen d'un refouleur.*
Machine réceptrice: *de l'énergie mécanique est apportée dans le fluide*
Machine motrice: *de l'énergie mécanique est retirée du fluide*
Fluides incompressibles: *liquides ou gaz avec faibles différences de pression*
Fluides compressibles: *fluides gazeux, on peut y modifier la pression, le volume ou la température lorsqu'on leur apporte de l'énergie mécanique*

Applications réelles

Montage d'une turbine à vapeur

Pompe d'alimentation de chaudière d'une centrale électrique



Utilisation d'une turbine Pelton dans une centrale électrique

CONNAISSANCES DE BASE

MACHINES UTILISANT OU FONCTIONNANT À L'AIDE DES FLUIDES (MACHINES À FLUIDE)

Le tableau montre un extrait du programme pédagogique classique en école d'ingénieur. Les appareils GUNT couvrent dans une très large mesure ces contenus didactiques.

CONTENU DIDACTIQUE DU DOMAINE DES MACHINES À FLUIDE HYDRAULIQUES

Principes de base	
Mécanique des fluides	appareils des chapitres 1 et 2
Thermodynamique	appareils du catalogue 3
Fluide de travail (incompressible, compressible)	HM 299, Labline
Types de dispositifs (turbomachines, machines volumétriques)	HM 299, Labline
Transfert d'énergie	HM 405, HM 450C, Labline
Vitesse	HM 405, HM 215
Débit volumétrique	HM 405
Puissance	HM 405, Labline, HM 450C
Rendement	HM 405, Labline, HM 450C
Vitesse de rotation	HM 405, Labline, HM 450C
Turbomachines: turbomachines hydrauliques	
Conversion de l'énergie dans la roue	HM 405
Écoulement traversant axial ou radial	appareils du catalogue 4a
Similitude et nombres caractéristiques	HM 405, Labline
Machines motrices: turbomachines motrices hydrauliques	
Turbines hydrauliques (Pelton, Francis, Kaplan, à eau)	HM 287 HM 288 HM 289 HM 291 HM 450.01 HM 450.02 HM 450C
Éoliennes (hydrauliques)	ET 220 y ET 220.01
Machines réceptrices: turbomachines hydrauliques réceptrices	
Pompes centrifuges (axiales ou radiales, à un ou plusieurs étages)	HM 283 HM 284 HM 300 HM 332
Turbocompresseurs (soufflante ou compresseur, axial ou radial)	HM 280 HM 282 HM 292 HM 210
Machines volumétriques: machines volumétriques hydrauliques réceptrices	
Pompes à piston	HM 285, HM 299
Pompes à engrenages	HM 286

APPLICATION RÉELLE DE MACHINES À FLUIDE HYDRAULIQUES

Les turbines hydrauliques et les éoliennes font partie des turbomachines motrices hydrauliques. Accouplée à un générateur, l'énergie de rotation mécanique de la turbine est convertie en énergie électrique.

On trouve des applications réelles des turbines dans les centrales électriques: dans les centrales hydroélectriques, on utilise des turbines Kaplan, des turbines Francis ou des turbines à jet libre telles que la turbine de Pelton. On trouve des éoliennes dans les aérogénérateurs.

L'inversion du principe de la turbine consiste en une transformation de l'énergie de rotation en énergie d'écoulement et est appliquée dans le fonctionnement du compresseur ou de la pompe.

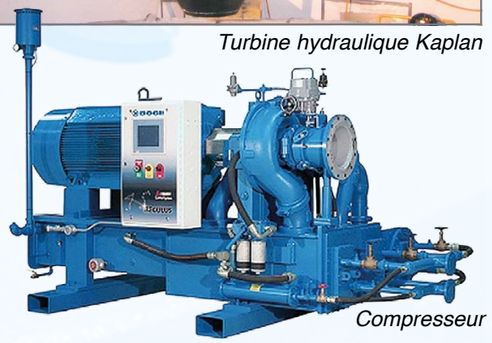
Dans les applications réelles, ces appareils sont très grands et très puissants: à l'échelle réelle, le diamètre d'une turbine Pelton peut atteindre plusieurs mètres.

La plupart du temps, l'appareil – en fonction là où il est monté dans l'installation – n'est pas identifiable en tant que tel. Pour permettre malgré tout aux apprenants de mettre en application leurs connaissances théoriques dans le domaine des machines à fluide, GUNT a développé une palette d'appareils sur cette thématique à l'échelle du laboratoire:

Les appareils GUNT présentent l'avantage d'être compacts. Les appareils mobiles peuvent aussi bien faire l'objet d'une présentation et d'une démonstration en amphi qu'être utilisés dans le cadre d'essais pratiques en laboratoire. Seuls une connexion électrique, et éventuellement un raccord d'eau sont requis pour le fonctionnement. Malgré leur forme compacte, les appareils offrent dans une très large mesure les mêmes fonctions qu'un appareil réel de grand taille, avec les limitations correspondantes en termes de puissance et de conversion.

Turbine hydraulique Kaplan

Turbine Pelton



Compresseur radial

Pompe centrifuge, à plusieurs étages

GUNT-LABLINE COURS GUNT-LABLINE COMPLET SUR LES MACHINES À FLUIDE

Les nouvelles machines à fluide GUNT-Labline permettent une entrée en matière facile dans domaine complexe. Les appareils d'essai proposent des essais de base permettant de se familiariser avec le fonctionnement, le comportement en service et les principales grandeurs caractéristiques des machines volumétriques et des turbomachines. Des boîtiers transparents permettent l'observation de l'espace de travail pendant le fonctionnement. La gamme GUNT-Labline dispose de techniques de mesure utilisant des microprocesseurs et d'un logiciel GUNT spécifique pour chaque appareil permettant la commande et l'acquisition des données grâce à une interface USB.

- **Avantages de la conception des appareils:**
- la forme compacte permet une utilisation mobile des appareils d'essai
- le transport est facile grâce à des poignées sur les appareils de table et des roulettes en dessous de l'appareil d'essai sur châssis
- un seul et même appareil peut donc être aussi bien utilisé en amphi que dans une salle de classe à des fins de démonstration, que pour la réalisation d'essais en laboratoire
- sur le lieu d'utilisation, seule une connexion électrique est requise pour le fonctionnement
- aucun raccord d'eau externe n'est nécessaire grâce à la présence de circuits d'eau fermés
- malgré des techniques de mesure complexes et un système d'évaluation logicielle, les appareils n'ont pas besoin de nombreux câbles une connexion USB à l'ordinateur suffit
- le boîtier transparent et l'agencement clair permettent de bien visualiser les fonctions des composants et les processus lors du fonctionnement des appareils
- les appareils sont construits de manière à exclure pratiquement tout dommage suite à une erreur de manipulation.
- la taille compacte des appareils d'essai et leur prix modique permettent de placer un plus grand nombre de postes d'essai dans une salle de classe ou un laboratoire

Idées de conception didactique:

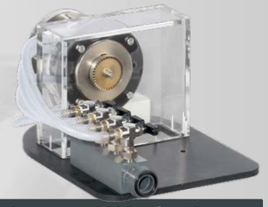
- un cours complet sur le thème des machines à fluide
- les contenus didactiques offerts par les appareils d'essai se complètent de manière judicieuse
- chaque appareil d'essai constitue à lui seul une unité d'apprentissage cohérente en soi
- apprentissage efficace en petit groupe (2-3 personnes)
- la proximité immédiate avec l'appareil d'essai éveille la curiosité et l'intérêt pour la technique
- travail sur les propriétés caractéristiques de différents types de machines
- comparaison et évaluation de différents types de machines

On peut en plus mettre en pratique les principes de base des techniques d'essai comme:

- la sélection des axes de diagramme
- sélection de l'incrément pour la variation de paramètres - attendre l'état stationnaire
- calcul de la moyenne dans le temps en cas de valeurs de mesure fluctuantes etc.

ESSAIS POUR DIFFÉRENTES TURBINES À EAU

HM 289 *Essais sur une turbine Pelton*



HM 291 *Essais sur une turbine à action*

HM 290 *Unité d'alimentation pour turbines*
HM 288 *Essais sur une turbine à réaction*

HM 287 *Essais sur une turbine axiale*

ESSAIS POUR POMPES CENTRIFUGES ET POMPES VOLUMÉTRIQUES

HM 283 *Essais sur une pompe centrifuge*

HM 285 *Essais sur une pompe à piston*

HM 284 *Montage en série et en parallèle de pompes*

HM 286 *Essais sur une pompe à engrenages*

ESSAIS POUR DIFFÉRENTES SOUFFLANTES ET UN COMPRESSEUR RADIAL

HM 280 *Essais sur un ventilateur radial*

HM 282 *Essais sur un ventilateur axial*

HM 292 *Essais sur un compresseur radial*

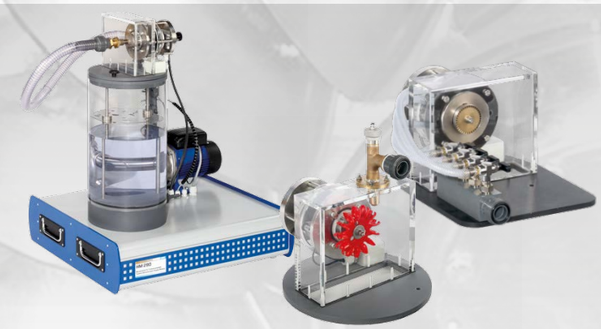
CONCEPT DIDACTIQUE DE LA GAMME GUNT LABLINE

AVANTAGES DU CONCEPT DIDACTIQUE UTILISÉ

Afin de permettre un enseignement optimal du domaine spécifique et complexe des machines à fluide, nous avons développé un concept didactique qui associe de manière idéale les différents avantages offerts par le modèle mécanique, le logiciel spécifique pour chaque appareil et le matériel d'accompagnement didactique.

Des modèles mécaniques simples et clairs des machines sont connectés à un PC. Commande, mesure, affichage et évaluation des données de mesure se font sur le PC. En plus, les composants électroniques de saisie des données et de commande sont entièrement intégrés dans les modèles. Le raccordement au PC se fait facilement par l'intermédiaire d'un câble USB. Le PC est donc ici un élément constitutif du système. C'est ce qu'on appelle l'intégration matériel-logiciel, en abrégé HSI (Hardware-Software-Integration).

Les appareils d'essai pris individuellement constituent des unités d'apprentissage cohérentes. Cependant, les contenus didactiques des appareils d'essai d'une sous-section sont complémentaires. Pendant les essais, l'accent est mis sur le développement de propriétés caractéristiques des différents types de machines. Ce qui permet à l'apprenant de réaliser une comparaison à partir de calculs entre les types de machines, et d'assimiler des critères qui lui serviront plus tard dans la pratique. Les avantages et inconvénients des différents types de machines peuvent être montrés et faire l'objet d'une discussion.



Modèle mécanique

Le boîtier, les conduites et le réservoir sont transparents, ce qui permet d'observer les principaux composants et les processus d'écoulement (tourbillons, bulles d'air, cavitation) pendant le fonctionnement. Les bruits de fonctionnement et d'écoulement ainsi que les vibrations produisent un effet de réel.

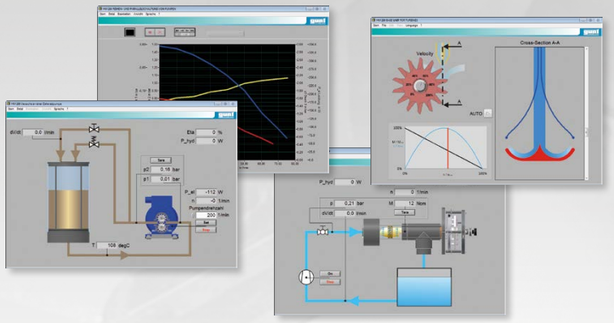
Tout cela rend le fonctionnement et les processus de la machine vivants et compréhensibles et garantit une assimilation durable des connaissances.

Jet d'eau sur la turbine à réaction HM 288

Matériel d'accompagnement didactique sous forme papier

Une partie sur les principes de base comprenant la théorie correspondante et les instructions d'essai pour chaque modèle permettent de se préparer de manière intensive à la réalisation de l'essai. Des résultats d'essai, donnés à titre d'exemple permettent une évaluation fondée de ses propres résultats.

Notre matériel d'accompagnement didactique vous offre une très bonne assistance pour la préparation de votre cours, la réalisation de l'essai et l'approfondissement qui a lieu ensuite.



Logiciel GUNT spécifique pour chaque appareil

Le logiciel lance un pont entre le modèle mécanique et le matériel didactique sous forme papier.

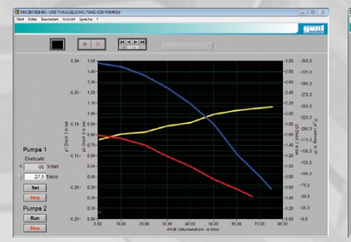
Le logiciel reflète le comportement de la machine par le biais de valeurs de mesure concrètes. Le comportement de la machine peut ainsi être étudié et faire l'objet de discussions en s'appuyant sur ses caractéristiques. Par la biais de simulations, le logiciel offre la possibilité de visualiser des processus d'écoulement invisibles et des montrer au ralenti.

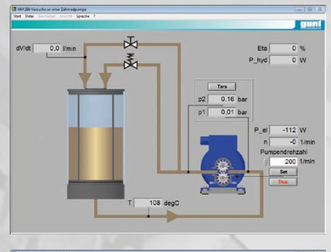
Ce qui aide à bien comprendre comment se fait la conversion de l'énergie entre le composant mécanique et le fluide dans une machine à fluide.

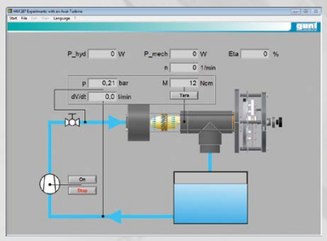
CONCEPT DIDACTIQUE DE LA GAMME GUNT LABLINE

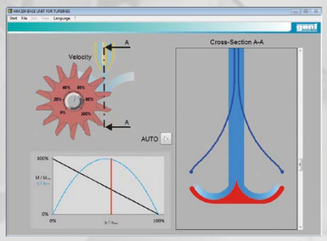
CONCEPTION DIDACTIQUE

L'association du logiciel GUNT propre à chaque appareil et du microprocesseur permet la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur









- enregistrement de caractéristiques typiques
- mesure de la puissance mécanique, électrique et hydraulique ainsi que de la puissance absorbée
- détermination du rendement
- influence de la vitesse de rotation sur la pression et le débit
- avantages et inconvénients des différentes machines à fluide
- influence de la forme de la roue sur la caractéristique et sur le rendement
- formation de cavitation
- fonction d'un réservoir d'air

APERÇU DES THÉMATIQUES

SOUFFLANTE, COMPRESSEUR

- dépendance typique de la pression par rapport à la vitesse de rotation
- dépendance typique du débit volumétrique par rapport à la vitesse de rotation
- puissance hydraulique fournie et rendement

HM 280 Essais sur la soufflante radiale

- caractéristique d'une soufflante radiale
- influence de la forme de la roue

HM 282 Essais sur la soufflante axiale

- caractéristique d'une soufflante axiale
- décrochage

HM 292 Essais sur le compresseur radial

- caractéristique d'un compresseur radial à deux étages
- rapport de pression par étage
- augmentation de la température

POMPES

- puissances et rendement

HM 283 Essais sur une pompe centrifuge

- dépendance typique de la pression et du débit de refoulement par rapport à la vitesse de rotation
- caractéristique d'une pompe centrifuge
- influence du sens de rotation
- cavitation

HM 284 Montage en série et en parallèle de pompes

- caractéristique individuelle et caractéristique totale
- avantages et inconvénients du montage en série et en parallèle
- considérations relatives à l'efficacité et domaines d'application

HM 285 Essais sur une pompe à piston

- caractéristique typique d'une pompe volumétrique
- processus de pompage cyclique en fonction du temps
- diagramme p,V et puissance interne
- pulsations et réservoir d'air
- puissance d'entraînement mécanique

HM 286 Essais sur une pompe à engrenages

- dépendance typique de la pression et du débit de refoulement par rapport à la vitesse de rotation
- limitation de la pression
- caractéristique d'une pompe volumétrique

TURBINES

- caractéristique couple-vitesse de rotation
- puissance d'entrée hydraulique, puissance mécanique utile
- rendement

HM 287 Essais sur une turbine axiale

- régulation de la puissance

HM 288 Essais sur une turbine à réaction

- comportement à charge partielle

HM 289 Essais sur une turbine Pelton

- comportement à charge partielle avec régulation par l'aiguille en comparaison avec une régulation par étranglement

HM 291 Essais sur une turbine à action

- comportement à charge partielle avec régulation par le nombre de buses en comparaison avec une régulation par étranglement

CONNAISSANCES DE BASE

TURBINES HYDRAULIQUES

Principe de base des turbines hydrauliques

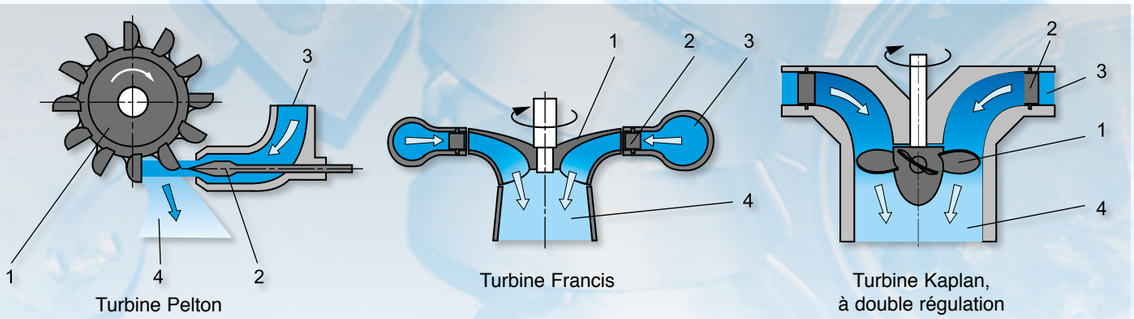
Les turbines hydrauliques sont avant tout utilisées dans les centrales électriques pour la production d'énergie électrique. On utilise à cet effet l'énergie potentielle gravitationnelle de l'eau retenue dans les biefs de retenue de fleuves ou dans les barrages, appelée également énergie de pression ou énergie potentielle. Parmi les applications spécifiques on peut citer, l'utilisation de centrales hydrauliques à accumulation par pompage. Lorsque la demande en électricité est faible, un réservoir en hauteur est rempli à l'aide de pompes à entraînement électrique. Lorsque la demande en électricité est élevée, le réservoir est vidé et un surplus d'électricité est produit au moyen de turbines hydrauliques.

Les turbines hydrauliques font partie des turbomachines. Elles convertissent l'énergie potentielle de l'eau en énergie mécanique. Pour ce faire, l'énergie potentielle gravitationnelle est tout d'abord convertie en énergie cinétique. L'eau en écoulement est accélérée à une vitesse la plus élevée possible à l'intérieur d'un distributeur ou d'une buse. L'impulsion du fluide est rendue exploitable comme force périphérique en le déviant dans une roue.

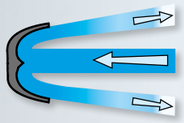
Selon l'endroit où a lieu la transformation énergétique, on distingue:

Turbine à pression constante: l'énergie potentielle totale est transformée en vitesse dans le distributeur fixe. Il n'y a pas de chute de pression entre l'entrée et la sortie de la roue. L'écoulement est uniquement dévié dans le rotor. Exemple: turbine Pelton

Turbine à réaction: l'énergie potentielle est convertie en partie dans le distributeur, et en partie dans le rotor. Dans le rotor, une différence de pression existe entre l'entrée et la sortie. L'écoulement est dévié et accéléré dans le rotor. *Exemples: turbines Francis, Kaplan*

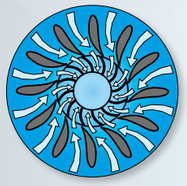


***1** rotor, **2** distributeur, **3** entrée d'eau, **4** sortie d'eau*



Turbine à pression constante (Pelton):

déviation du jet d'eau sans modification de la vitesse dans l'aube mobile



Turbine à réaction (Francis):

les sections d'écoulement changent. Accélération du jet d'eau dans l'aube directrice et l'aube mobile.

Les différents types de turbines ont différents domaines d'application

- turbine Pelton: hauteur de chute très élevée, de 130 m à 2000 m, barrages, réservoirs de haute montagne
- turbine Francis: hauteur de chute moyenne, 40 m à 730 m, barrages, centrales au fil de l'eau
- turbine Kaplan: hauteur de chute faible, de 5 m à 80 m, barrages, centrales au fil de l'eau

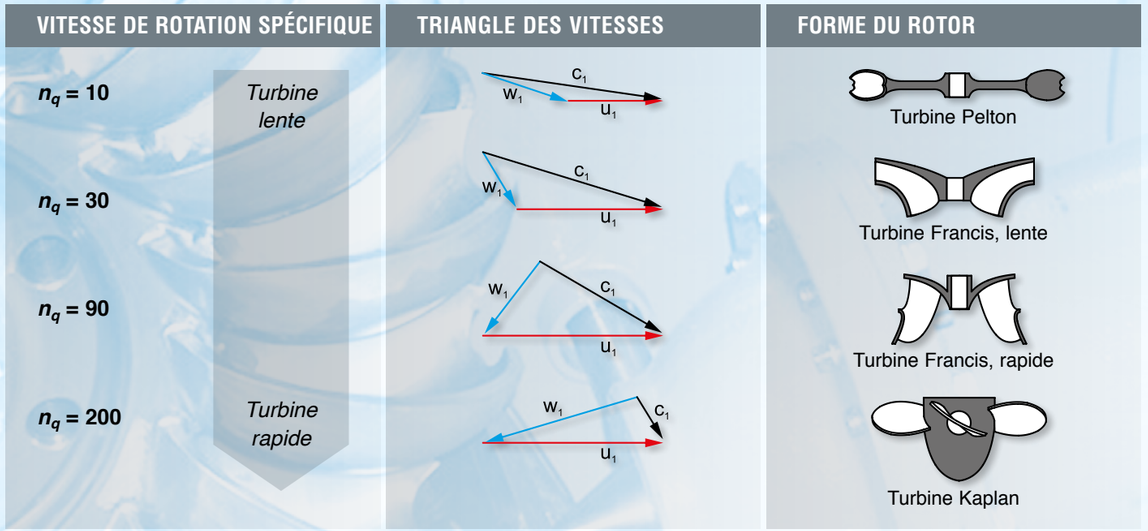
Les hauteurs de chute citées sont valables pour des puissances élevées. Pour les faibles puissances, les hauteurs de chute peuvent être beaucoup plus petites. Les centrales au fil de l'eau sont des centrales hydroélectriques n'ayant pas de capacité de stockage de l'eau motrice.

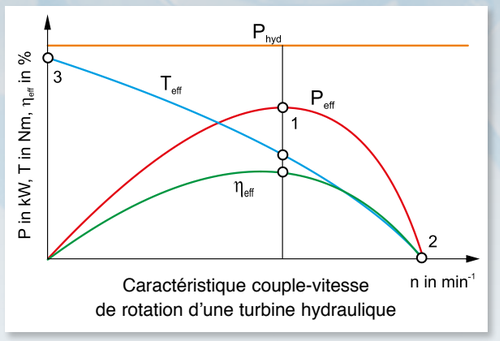
Nombre caractéristique des turbines hydrauliques

Comme pour les pompes, la vitesse de rotation spécifique n_q est le principal nombre caractéristique des turbines hydrauliques. Elle mesure le rapport entre la vitesse de l'eau et la vitesse de rotation. On distingue les turbines lentes, pour lesquelles la vitesse de l'eau est nettement supérieure à la vitesse périphérique, et les turbines rapides, pour lesquelles c'est le contraire.

$$n_q = n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Ici, n est la vitesse de rotation, Q le débit volumétrique et H la hauteur de chute de la turbine hydraulique. Les rapports sont clairement reconnaissables dans le triangle des vitesses. Dans la figure ci-dessous, les triangles des vitesses sont enregistrés du côté de l'entrée du rotor. c_1 est la vitesse absolue, w_1 la vitesse relative de l'eau et u_1 la vitesse périphérique du rotor.





***P_{hyd}** puissance hydraulique à l'entrée de la turbine*
***P_{eff}** puissance mécanique produite dans le rotor*
***T_{eff}** couple de rotation sur le rotor*
*η_{eff} rendement de la turbine, **n** vitesse de rotation*

Comportement en service et points de travail d'une turbine hydraulique

La caractéristique montre le comportement typique d'une turbine hydraulique.

On fait fonctionner de préférence la turbine hydraulique au point de fonctionnement (1). C'est là qu'elle atteint le rendement le plus élevé. Pour une turbine Pelton, le couple de rotation correspond à environ la moitié du couple à l'arrêt (3). Lorsqu'elle n'est plus chargée, la turbine accélère jusqu'à la vitesse d'emballement (2). Cette survitesse peut atteindre le double de la vitesse de dimensionnement et entraîner la détérioration complète de la turbine. Un régulateur de vitesse de rotation empêche cela en fermant le distributeur, ce qui a pour effet d'étrangler l'alimentation en eau.

HM 287 Essais sur une turbine axiale

*** Modèle illustratif d'une turbine à action**

*** Boîtier de la turbine transparent**

*** Frein à courants de Foucault ajustable, sans usure, pour la charge de la turbine**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**

*** Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

Description

La turbine axiale travaille comme une turbine à action, comme on en trouve dans la construction de turbines au gaz et à vapeur. L'eau traverse tout d'abord un distributeur où elle est déviée et accélérée. L'eau entre ensuite en contact avec les aubes du rotor, y libère de l'énergie cinétique et de l'énergie de pression et met cette dernière en mouvement. La pression de l'eau diminue constamment de l'entrée jusqu'à la sortie.

L'appareil d'essai permet de réaliser des essais de base afin de prendre connaissance du comportement en service et des principales grandeurs caractéristiques des turbines axiales.

HM 287 dispose d'un circuit d'eau fermé avec une turbine axiale, une pompe centrifuge et un réservoir d'eau. Le stator avec distributeur ainsi que le rotor sont intégrés dans un boîtier transparent et peuvent être observés pendant le fonctionnement. Un dispositif de charge se trouve en dehors du boîtier. Spécialement développé par GUNT, le frein à courants de Foucault finement ajustable et sans usure assure une charge bien définie. Le débit est ajusté par une vanne.

Le banc d'essai est équipé d'un capteur de mesure de la pression (côté de refoulement). Le couple fourni par la turbine est déterminé par un capteur de charge électronique. La vitesse de rotation est mesurée par un capteur de vitesse de rotation optique. Le débit est déterminé au moyen d'un orifice de mesure avec mesure de la pression différentielle.

La technique de mesure basée sur un microprocesseur est bien protégée à l'intérieur du coffret de commande. L'association du logiciel GUNT et du microprocesseur présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur. Le raccordement au PC se fait par l'intermédiaire d'un câble USB.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

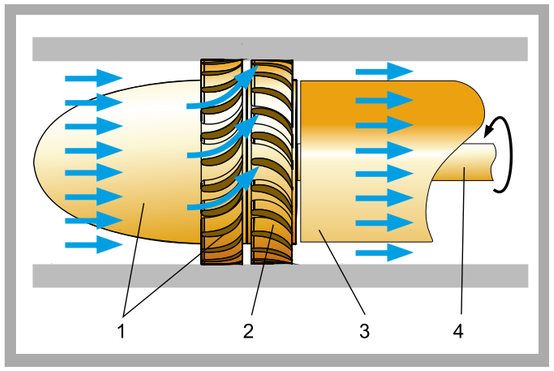
Contenu didactique / Essais

- principe de fonctionnement d'une turbine axiale
- détermination de la puissance
- détermination du rendement
- enregistrement de la caractéristique
- comparaison entre l'essai et le calcul

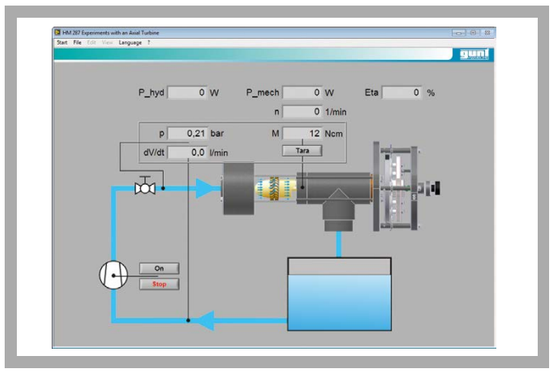
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 287 Essais sur une turbine axiale

1 soupape pour l'ajustage du débit, 2 coffret de commande, 3 débitmètre avec orifice de mesure et capteur de pression différentielle, 4 pompe, 5 réservoir, 6 frein à courants de Foucault, 7 turbine axiale



Principe de fonctionnement d'une turbine axiale
1 stator avec distributeur, 2 rotor, 3 boîtier, 4 arbre



Surface utilisateur du logiciel puissant

Spécification

[1] fonction et comportement en service d'une turbine axiale
[2] le circuit d'eau fermé comprend une turbine axiale, une pompe et un réservoir d'eau
[3] boîtier transparent permettant d'observer le distributeur et le rotor
[4] charge de la turbine avec le frein à courants de Foucault ajustable, sans usure
[5] vanne papillon pour l'ajustage du débit volumétrique
[6] détermination du couple sur l'arbre de la turbine au moyen d'un capteur de charge
[7] mesure de la vitesse de rotation de la turbine avec un capteur de vitesse de rotation optique
[8] mesure de la pression du côté de l'entrée
[9] détermination du débit avec régulation de débit et pression différentielle
[10] technique de mesure basée sur un microprocesseur
[11] logiciel GUNT spécifique à l'appareil pour l'acquisition de données et la commande par connexion USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Turbine axiale
- puissance: env. 130W à 3500min^{-1}
- diamètre extérieur du rotor: 50mm
- longueur des aubes: 5mm

Pompe
- puissance absorbée: 1,02kW

débit de refoulement max.: env. 375L/min
hauteur de refoulement max.: 13,7m

Orifice de mesure
- diamètre: 44mm
- capteur de pression différentielle: 0...0,1bar

Plages de mesure
- débit: 500L/min
- pression (côté de refoulement): 0...5bar
- couple: 0...2Nm

Dimensions et poids

Lxlxh: 1200x800x950mm
Poids: env. 135kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase or 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.28700	HM 287 Essais sur turbine axiale

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 288 Essais sur une turbine à réaction

L'illustration montre HM 288 sur le réservoir d'eau de HM 290.

- **Modèle illustratif d'une turbine à eau selon le principe de la propulsion par réaction**
- **Frein à courants de Foucault ajustable, sans usure, pour la charge de la turbine**
- **Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**
- **Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

Description

Les turbines à réaction et les turbines à action sont caractérisées par la transformation de l'énergie de pression en énergie cinétique dans la roue.

L'appareil d'essai est placé sur l'unité d'alimentation HM 290. En association avec l'unité d'alimentation, il est possible de réaliser des essais de base permettant d'étudier le comportement en service et de déterminer les grandeurs caractéristiques principales des turbines à réaction.

On peut observer en service le jet d'eau qui sort de la roue de la turbine et entraîne le rotor selon le principe de la propulsion par réaction. Ce qui permet de mieux comprendre le principe de fonctionnement et les lois générales qui le régissent (par exemple la quantité de mouvement).

Le HM 288 est composé de la roue de la turbine, intégrée dans un boîtier transparent. Un dispositif de charge se trouve en dehors du boîtier. Spécialement développé par GUNT, le frein à courants de Foucault finement ajustable et sans usure assure une charge bien définie.

Le couple fourni par la turbine est déterminé par un capteur de charge électronique. La vitesse est mesurée par un capteur de vitesse de rotation optique. Les valeurs de mesure sont transmises à l'unité d'alimentation HM 290.

L'alimentation en eau et la mesure du débit sont assurées par l'unité d'alimentation HM 290. Un régulateur de pression intégré au HM 290 permet d'enregistrer des caractéristiques à hauteur de chute constante.

Le logiciel GUNT du HM 290 présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur.

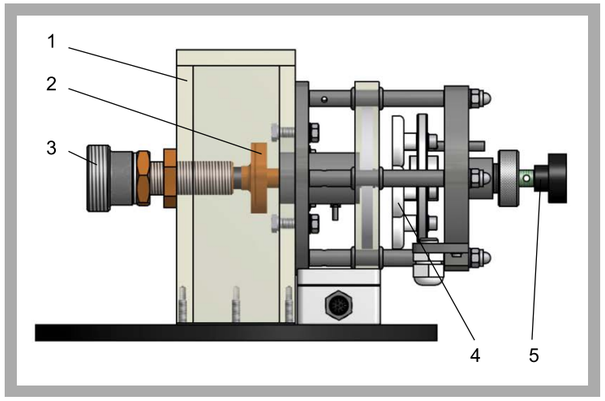
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

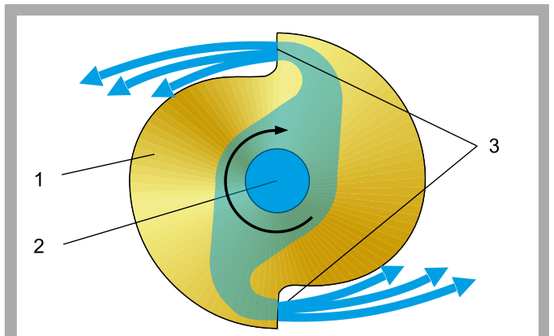
- principe de fonctionnement d'une pompe à réaction
- caractéristiques à une hauteur de chute constante:
  - * rapport entre le couple et la vitesse de rotation
  - * rendement en fonction de la vitesse de rotation
  - * débit en fonction de la vitesse de rotation
  - * puissance hydraulique et mécanique en fonction de la vitesse de rotation
- évaluation des valeurs de mesure et des caractéristiques en se basant sur la théorie

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

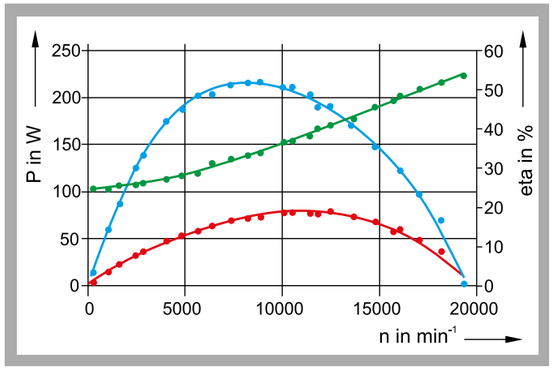
HM 288 Essais sur une turbine à réaction



1 boîtier transparent, 2 roue de la turbine, 3 alimentation en eau, 4 frein à courants de Foucault, 5 ajustage du frein à courants de Foucault



Principe de fonctionnement d'une turbine à réaction
1 roue de la turbine, 2 entrée d'eau par le moyeu, 3 sortie d'eau par les buses tangentiel



Caractéristiques de la turbine à réaction en fonction de la vitesse de rotation; rouge: puissance mécanique P_{mech}, bleu: rendement, vert: puissance hydraulique P_{hydr}; P puissance, eta rendement, n vitesse de rotation

Spécification

[1] turbine à placer sur l'unité d'alimentation HM 290
[2] fonction et comportement en service d'une pompe à réaction
[3] boîtier transparent permettant d'observer jet d'eau sortant
[4] la pré-pression constante de la turbine représente le différentiel de hauteur dans la pratique et est ajustée par le HM 290
[5] charge de la turbine avec le frein à courants de Foucault ajustable, sans usure
[6] détermination du couple sur l'arbre de la turbine au moyen d'un capteur de charge
[7] mesure de la vitesse de rotation de la turbine avec un capteur de vitesse de rotation optique
[8] alimentation en eau, mesure du débit ainsi que logiciel spécifique à l'appareil pour le traitement des données et la commande par le HM 290

Caractéristiques techniques

Turbine
- puissance: env. 60W à 8000min^{-1}
- diamètre du rotor: 50mm

Plages de mesure
- couple: 0...0,5Nm
- vitesse de rotation: 0...20000min^{-1}

Dimensions et poids

Lxlxh: 360x250x180mm
Poids: env. 5kg

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.28800	HM 288	Essais sur une turbine à réaction

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 289 Essais sur une turbine Pelton

L'illustration montre HM 289 sur le réservoir d'eau de HM 290.

*** Modèle illustratif d'une turbine à jet libre**

*** Frein à courants de Foucault ajustable, sans usure, pour la charge de la turbine**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**

*** Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

Description

Les turbines Pelton font partie des turbines à action. Elles sont entraînées par des buses à jet libre. L'eau est fortement accélérée dans les buses. C'est la pression atmosphérique qui règne à la sortie des buses.

L'appareil d'essai est placé sur l'unité d'alimentation HM 290. En association avec l'unité d'alimentation, il est possible de réaliser des essais de base permettant d'étudier le comportement en service et de déterminer les grandeurs caractéristiques principales des turbines Pelton.

Le jet d'eau est accéléré dans une buse et atteint tangentiellement le rotor. Le jet d'eau est dévié à pratiquement 180° dans les aubes situées à la périphérie du rotor. L'impulsion du jet d'eau est transmise à le rotor Pelton.

HM 289 est composé d'un rotor Pelton et d'une tuyère à aiguille, intégrées dans un boîtier transparent. L'ajustage de la tuyère à aiguille peut être modifié en service. Un dispositif de charge se trouve en dehors du boîtier. Spécialement développé par GUNT, le frein à courants de Foucault finement ajustable et sans usure assure une charge bien définie.

Le couple fourni par la turbine est déterminé par un capteur de charge électronique. La vitesse de rotation est mesurée par un capteur de vitesse de rotation optique. Les valeurs de mesure sont transmises à l'unité d'alimentation HM 290.

L'alimentation en eau et la mesure du débit sont assurées par l'unité d'alimentation HM 290. Un régulateur de pression intégré au HM 290 permet d'enregistrer des caractéristiques de hauteur de chute constante.

Le logiciel GUNT du HM 290 présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur.

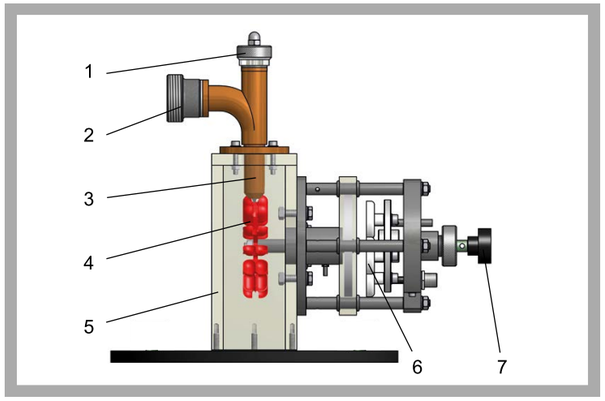
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

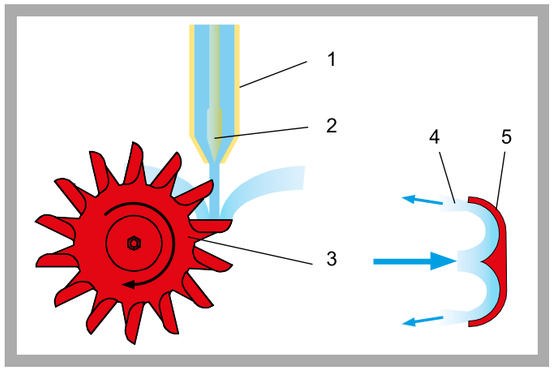
- principe de fonctionnement d'une turbine Pelton
- caractéristique à une hauteur de chute constante
  - * rapport entre le couple et la vitesse de rotation
  - * rendement en fonction de la vitesse de rotation
  - * débit en fonction de la vitesse de rotation
  - * puissance hydraulique et mécanique en fonction de la vitesse de rotation
- évaluation des valeurs de mesure et des caractéristiques en se basant sur la théorie
- comportement en charge partielle avec régulation par l'aiguille en comparaison avec une régulation par étranglement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

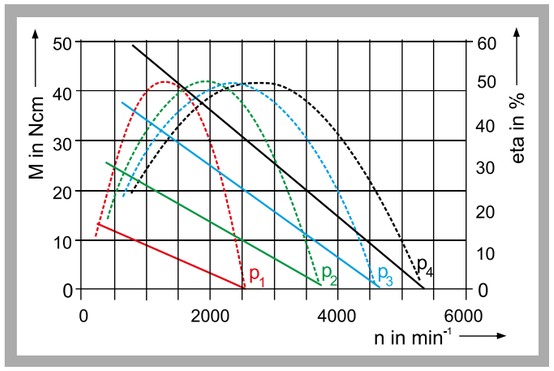
HM 289 Essais sur une turbine Pelton



1 ajustage de la tuyère à aiguille, 2 alimentation en eau, 3 tuyère à aiguille, 4 rotor Pelton, 5 boîtier transparent, 6 frein à courants de Foucault, 7 ajustage du frein à courants de Foucault



Principe de fonctionnement d'une turbine Pelton
1 tuyère à aiguille, 2 aiguille ajustable de la tuyère, 3 rotor Pelton, 4 jet d'eau dévié, 5 profil des aubes



Caractéristiques de la turbine Pelton à des pressions différentes (p_1...p_4)
Couple (lignes continues) et rendement (lignes en pointillés) en fonction de la vitesse de rotation; M couple, n vitesse de rotation, eta rendement

Spécification

[1] turbine à placer sur l'unité d'alimentation HM 290
[2] fonction et comportement en service d'une turbine Pelton
[3] boîtier transparent permettant d'observer le rotor Pelton et la tuyère à aiguille
[4] différentes sections de buse grâce à l'aiguille ajustable de la tuyère
[5] la pré-pression constante de la turbine représente le différentiel de hauteur dans la pratique et est ajustée par le HM 290
[6] charge de la turbine avec le frein à courants de Foucault ajustable, sans usure
[7] détermination du couple sur l'arbre de la turbine au moyen d'un capteur de charge
[8] mesure de la vitesse de rotation de la turbine avec un capteur de vitesse de rotation optique
[9] alimentation en eau, mesure du débit ainsi que logiciel spécifique à l'appareil pour le traitement des données et la commande par le HM 290

Caractéristiques techniques

Turbine
- puissance: env. 17W à 2700min^{-1}
- diamètre du rotor: 70mm

Plages de mesure
- couple: 0...0,5Nm
- vitesse de rotation: 0...9000min^{-1}

Dimensions et poids

Lxlxh: 350x250x300mm
Poids: env. 5kg

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.28900	HM 289 Essais sur une turbine Pelton

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 291 Essais sur une turbine à action

L'illustration montre HM 291 sur le réservoir d'eau de HM 290.

*** Modèle illustratif d'une turbine axiale à action**

*** Frein à courants de Foucault ajustable, sans usure, pour la charge de la turbine**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**

*** Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

Description

Les turbines à action travaillent selon le principe d'égalité de pression. Les pressions statiques à l'entrée et à la sortie du rotor sont égales.

L'appareil d'essai est placé sur l'unité d'alimentation HM 290. En association avec l'unité d'alimentation, il est possible de réaliser des essais de base permettant d'étudier le comportement en service et de déterminer les grandeurs caractéristiques principales des turbines à action.

Les jets d'eau qui sortent à vitesse élevée des quatre buses du distributeur, sont déviés dans le rotor de la turbine et mettent cette dernière en mouvement. On peut observer l'eau qui sort axialement du rotor de la turbine.

Le HM 291 est composé d'un rotor de turbine, intégrée dans un boîtier transparent, d'un distributeur avec quatre buses et d'un dispositif de charge en dehors du boîtier. Le nombre de buses actives peut être ajusté par le biais des soupapes. Spécialement développé par GUNT, le frein à courants de Foucault finement ajustable et sans usure assure une charge bien définie.

Le couple fourni par la turbine est déterminé par un capteur de charge électronique. La vitesse de rotation est mesurée par un capteur de vitesse de rotation optique. Les valeurs de mesure sont transmises à l'unité d'alimentation HM 290.

L'alimentation en eau et la mesure du débit sont assurées par l'unité d'alimentation HM 290. Un régulateur de pression intégré au HM 290 permet d'enregistrer les caractéristiques à hauteur de chute constante.

Le logiciel GUNT du HM 290 présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur.

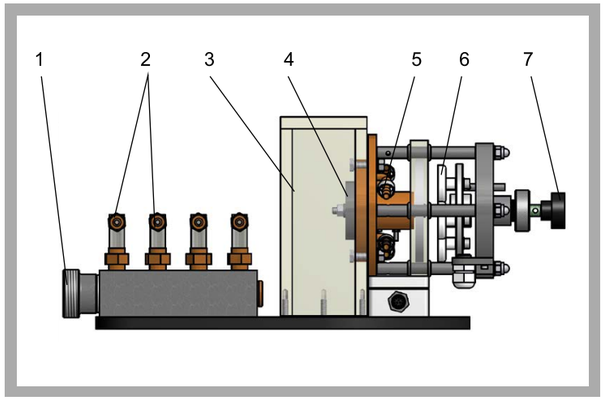
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

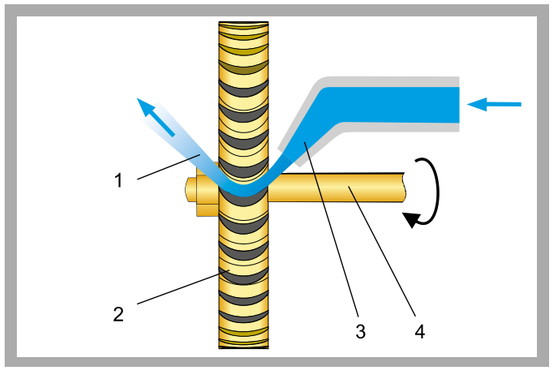
- principe de fonctionnement d'une pompe à action
- caractéristique à une hauteur de chute constante
  - * rapport entre le couple et la vitesse de rotation
  - * rendement en fonction de la vitesse de rotation
  - * débit en fonction de la vitesse de rotation
  - * puissance hydraulique et mécanique en fonction de la vitesse de rotation
- évaluation des valeurs de mesure et des caractéristiques en se basant sur la théorie
- comportement en charge partielle avec régulation par le nombre de buses en comparaison avec une régulation par étranglement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

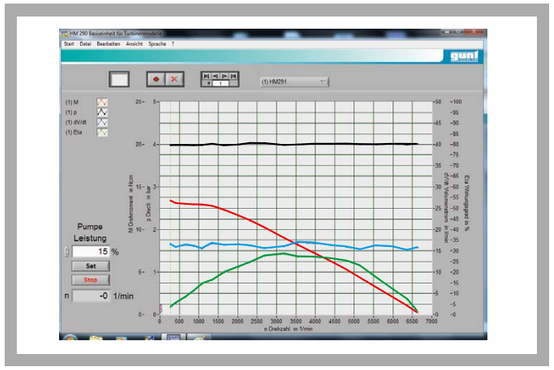
HM 291 Essais sur une turbine à action



1 alimentation en eau, 2 soupapes de buses, 3 boîtier transparent, 4 rotor de la turbine, 5 distributeur avec quatre buses, 6 frein à courants de Foucault, 7 ajustage du frein à courants de Foucault



Principe de fonctionnement d'une pompe à action: 1 sortie d'eau, 2 rotor de la turbine, 3 entrée d'eau par quatre buses, 4 arbre de la turbine



Caractéristiques de la turbine à action en fonction de la vitesse de rotation

Spécification

[1] turbine à placer sur l'unité d'alimentation HM 290
[2] fonction et comportement en service d'une pompe à action
[3] boîtier transparent permettant d'observer le rotor de la turbine
[4] distributeur avec 4 buses, ajustement des buses actives par le biais de soupapes
[5] la pré-pression constante de la turbine représente le différentiel de hauteur dans la pratique et est ajustée par le HM 290
[6] charge de la turbine avec le frein à courants de Foucault ajustable, sans usure
[7] détermination du couple sur l'arbre de la turbine au moyen d'un capteur de charge
[8] mesure de la vitesse de rotation de la turbine avec un capteur de vitesse de rotation optique
[9] alimentation en eau, mesure du débit ainsi que logiciel spécifique à l'appareil pour le traitement des données et la commande par le HM 290

Caractéristiques techniques

Turbine
- puissance: env. 28W à 3600min^{-1}
- diamètre du rotor: 50mm

Plages de mesure
- couple: 0...0,5Nm
- vitesse de rotation: 0...9000min^{-1}

Dimensions et poids

Lxlxh: 420x320x180mm
Poids: env. 7kg

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.29100	HM 291	Essais sur une turbine à action

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 290 Unité d'alimentation pour turbines

*** Circuit d'eau fermé pour l'alimentation de turbines**
*** Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**
*** Essais simples sur des pompes centrifuges**
*** Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

Description

L'unité d'alimentation HM 290 est requise pour l'alimentation de diverses turbines. En plus, l'unité d'alimentation permet de réaliser des essais de base sur une pompe centrifuge.

Le HM 290 dispose d'un circuit d'eau fermé avec un réservoir d'eau et une pompe centrifuge à vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence. La turbine à analyser (HM 288, HM 289, HM 291) est placée sur le couvercle du réservoir et reliée à l'unité d'alimentation par un tuyau. Le débit et la pression au niveau de la turbine sont ajustés par le biais de la vitesse de rotation de la pompe. La hauteur de chute et la pression avant la turbine peuvent être maintenues constantes en utilisant un régulateur de pression. Une plaque d'amortissement dans le réservoir minimise l'entrée d'air dans l'eau de circulation. La soupape d'étranglement inclue dans le contenu de livraison permet de réaliser des essais simples sur la pompe. La soupape d'étranglement est placée sur le couvercle du réservoir à la place de la turbine.

L'unité d'alimentation est équipée de capteurs de mesure de la pression et de débit. La technique de mesure basée sur un microprocesseur est bien protégée à l'intérieur du boîtier. L'association du logiciel GUNT et du microprocesseur présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur. Le raccordement au PC se fait par l'intermédiaire d'un câble USB.

Les turbines disponibles sont une turbine à réaction (HM 288), une turbine Pelton (HM 289) et une turbine à action (HM 291).

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

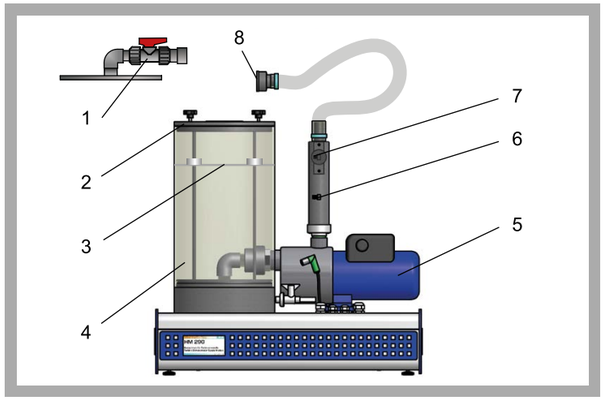
Contenu didactique / Essais

- essais de base sur une pompe centrifuge

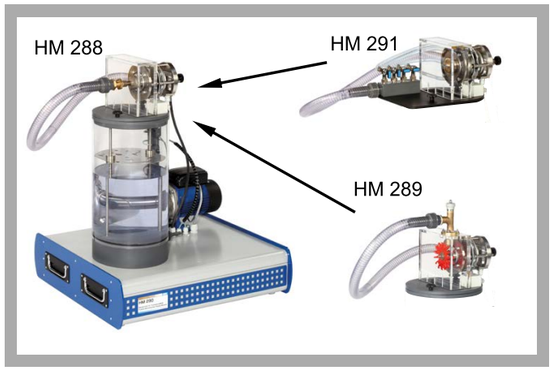
avec les turbines HM 288, HM 289 ou HM 291
- détermination des caractéristiques typiques des turbines
- courbes de puissance pour différentes vitesses de rotation des turbines
- détermination des rendements

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

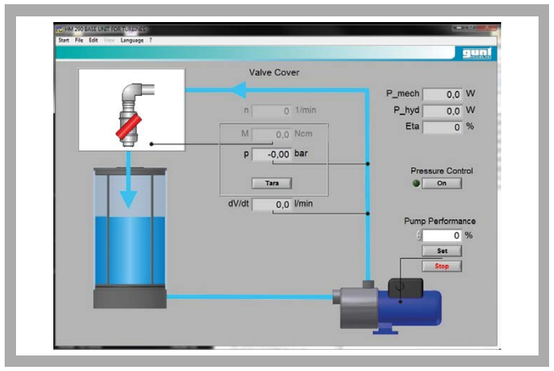
HM 290 Unité d'alimentation pour turbines



1 soupape d'étranglement pour essais avec des pompes, 2 couvercle du réservoir, 3 plaque d'amortissement, 4 réservoir d'eau, 5 pompe avec moteur, 6 capteur de pression, 7 capteur de débit, 8 raccord d'eau



L'illustration montre l'unité d'alimentation HM 290 avec la turbine à réaction HM 288. En la remplaçant simplement par la turbine HM 289 ou HM 291, il est possible d'étudier également ces dernières.



Surface utilisateur du logiciel puissant: essai sur une pompe

Spécification

[1] alimentation des turbines HM 288, HM 289 ou HM 291 avec de l'eau sous pression
[2] essais simples sur des pompes centrifuges
[3] avec les turbines: analyse du comportement en service et enregistrement de caractéristiques typiques des turbines
[4] comprend une pompe et un réservoir d'eau
[5] plaque d'amortissement dans le réservoir pour une faible pénétration d'air dans l'eau de circulation
[6] vitesse de rotation variable de la pompe via un convertisseur de fréquence
[7] capteurs de débit et de pression
[8] technique de mesure basée sur un microprocesseur
[9] logiciel GUNT spécifique à l'appareil pour l'acquisition de données et la commande par connexion USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Pompe
- puissance absorbée: 670W
- débit de refoulement max.: 70L/min
- hauteur de refoulement max.: 35,4m

Réservoir d'eau: env. 15L

Plages de mesure
- débit: 3,9...50L/min
- pression: -1...5bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 670x600x630mm
Poids: env. 37kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.29000	HM 290	Unité d'alimentation pour turbines

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

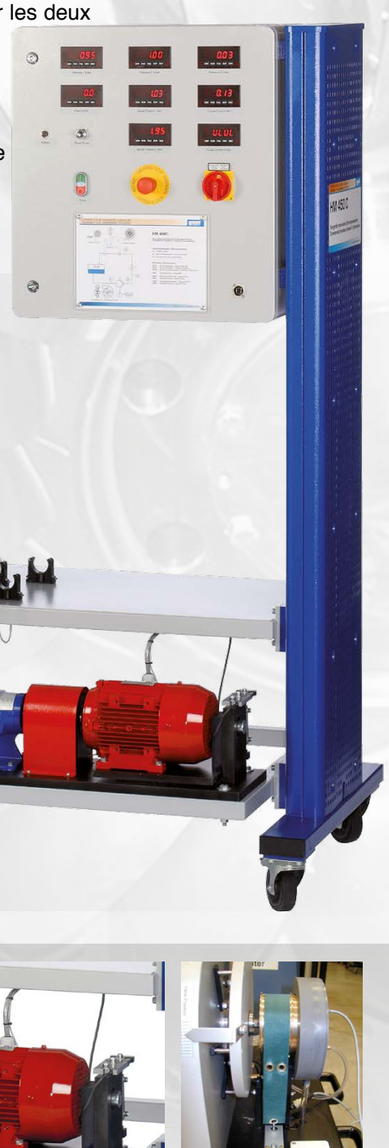
HM 450C GRANDEURS CARACTÉRISTIQUES DES TURBOMACHINES HYDRAULIQUES

Les turbomachines hydrauliques font partie des machines à fluide. Elles travaillent de manière continue et présentent une différence de pression stationnaire entre l'entrée et la sortie. Avec HM 450C, on a réalisé un banc d'essai modulaire pour les essais de base du domaine des turbomachines hydrauliques. HM 450C en constitue l'unité de base. La liste de livraison comprend une pompe centrifuge avec laquelle il est possible de réaliser des essais sur le thème des machines réceptrices. La présence d'un circuit d'eau fermé permet d'utiliser le banc d'essai où on le souhaite.

Afin d'obtenir des résultats probants, le banc d'essai a été équipé de tous les capteurs importants pour la saisie des données. Durant les essais, les valeurs de mesure importantes s'affichent sur l'écran du banc d'essai et sur le PC.

Les évaluations de valeurs de mesure telles que les nombres caractéristiques sans dimension peuvent être affichées et enregistrées sur un PC à l'aide du logiciel GUNT.

Une particularité de ce banc d'essai est de pouvoir faire fonctionner la pompe et une des deux turbines en même temps. Les valeurs de mesure peuvent être enregistrées en même temps sur les deux turbomachines. De cette manière, le banc d'essai peut être utilisé comme centrale hydraulique à accumulation par pompage.



HM 450C comme simple banc d'essai de pompes (sans les turbines)

Les turbines Pelton HM 450.01 et Francis HM 450.02 permettent d'étendre les possibilités d'essais sur le thème des machines motrices. Les deux turbines sont faciles à monter sur le banc d'essai. Quelques gestes suffisent pour les installer du côté refoulement de la pompe centrifuge. Le raccordement des capteurs se fait par une prise située sur le coffret de commande du banc d'essai.

HM 450.01 Turbine Pelton

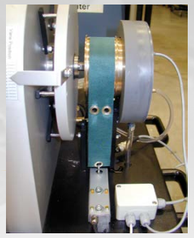
HM 450.02 Turbine Francis

Banc d'essai HM 450C avec turbines hydrauliques

Modification du réglage des aubes directrices sur une turbine Francis

Mesure du débit avec un capteur de débit électromagnétique

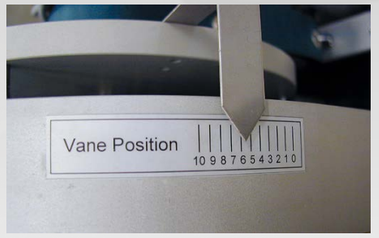
Pompe centrifuge avec mesure du couple d'entraînement



Frein à ruban sur la turbine

Tuyère à aiguille et rotor de la turbine Pelton

Poignée d'ajustage de la tuyère à aiguille



Position des aubes directrices sur la turbine Francis

Aubes directrices et rotor de la turbine Francis

HM 450C Grandeurs caractéristiques des turbomachines hydrauliques

L'illustration montre le HM 450C avec les deux turbines HM 450.01 (à gauche) et HM 450.02 (à droite).

*** Grandeurs caractéristiques des turbines à eau et des pompes centrifuges**

*** La turbine Pelton HM 450.01 et la turbine Francis HM 450.02 élargissent la gamme des essais**

*** Logiciel GUNT l'acquisition de données**

Description

Les turbomachines, telles que les pompes et les turbines, font partie des convertisseurs d'énergie. Les turbines convertissent l'énergie d'écoulement en énergie mécanique et les pompes convertissent l'énergie mécanique en énergie d'écoulement.

Le HM 450C permet d'étudier une pompe centrifuge. Des essais peuvent être effectuées sur deux types principaux de turbines à eau: la turbine Pelton et turbine Francis disponibles comme accessoires HM 450.01 et HM 450.02.

Le circuit d'eau fermé se compose d'un réservoir, d'une pompe centrifuge normalisée à vitesse de rotation variable et d'une soupape d'étranglement qui sert à ajuster la contre-pression.

La vitesse de rotation est mesurée sans contact physique à l'aide d'un capteur de déplacement inductif sur l'arbre du moteur. Le moteur d'entraînement est à suspension pendulaire afin de pouvoir mesurer le couple d'entraînement grâce à un capteur de force et donc de déterminer la puissance d'entraînement mécanique.

Les pressions du côté d'aspiration et du côté de refoulement sont mésurées par des capteurs. Le débit de refoulement est mesuré à l'aide d'un débitmètre électromagnétique. Les valeurs mesurées s'affichent au format numérique et sont traitées sur un PC. Les données de puissance de la turbomachine étudiée y sont calculées et représentées par des courbes caractéristiques.

Une de deux turbines HM 450.01 ou HM 450.02 peut être placée aussi sur le reservoir de stockage. L'alimentation en eau de la turbine se fait par la pompe centrifuge. Les signaux de mesure de la turbine sont transmises au HM 450C par des câbles.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

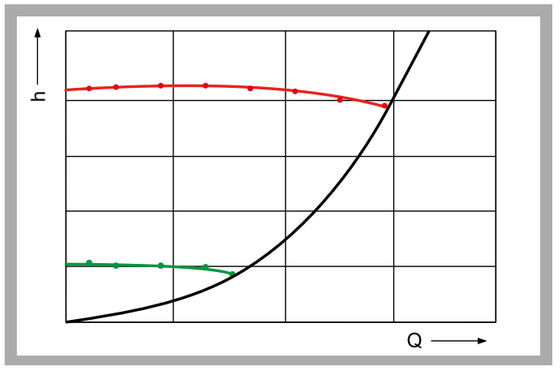
Pompe centrifuge
- mesure de la pression d'aspiration et de refoulement
- détermination de la hauteur de refoulement
- détermination de la puissance hydraulique
- détermination de la puissance mécanique
- courbes caractéristiques de la pompe à des vitesses de rotation différentes
- détermination du rendement

avec les accessoires turbine Pelton HM 450.01 et la turbine Francis HM 450.02
- mesure du couple et de la vitesse de rotation
- détermination du rendement de la turbine
- enregistrement des courbes caractéristiques

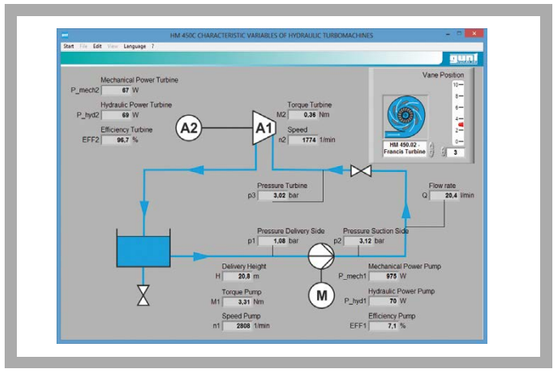
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 450C Grandeurs caractéristiques des turbomachines hydrauliques

1 capteur de débit électromagnétique, 2 soupape d'étranglement, 3 réservoir de stockage, 4 capteur de pression côté aspiration de la pompe, 5 pompe centrifuge, 6 moteur d'entraînement avec mesure du couple, 7 capteur de pression côté refoulement de la pompe, 8 coffret de commande avec éléments d'affichage et de commande



Courbes caractéristiques de la pompe: h hauteur de refoulement, Q débit de refoulement; rouge: courbe caractéristique à n=2900min^{-1}, vert: courbe caractéristique à n=1450min^{-1}, noir: caractéristique de l'installation



Capture d'écran du logiciel: schéma de processus de la turbine Francis

Spécification

[1] détermination des grandeurs caractéristiques d'une pompe centrifuge
[2] détermination de grandeurs caractéristiques de turbines à eau avec accessoires turbine Pelton HM 450.01 et turbine Francis HM 450.02
[3] essais de pompe dans le circuit d'eau fermé avec réservoir de stockage et soupape d'étranglement pour ajuster la contre-pression
[4] essais de tubine: circuit d'eau fermé pour l'alimentation des turbines
[5] tuyauteries et raccords à vis en PVC
[6] moteur triphasé pour la pompe à vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence
[7] mesure sans contact physique de la vitesse de rotation de l'arbre de la turbine et capteur de force au frein pour mesurer le couple
[8] affichage numérique des valeurs de pression, débit, vitesse de rotation et couple
[9] logiciel GUNT pour l'acquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge normalisée
- hauteur de refoulement max.: 23,9m
- débit de refoulement max.: 31m³/h

Moteur d'entraînement à vitesse de rotation variable
- puissance: 2,2kW
- plage de vitesse de rotation: 0...3000min^{-1}

Réservoir de stockage: 250L

Plages de mesure
- pression: 2x 0...4bar abs.
- débit: 0...40m³/h
- couple: 0...20Nm
- vitesse de rotation: 2x 0...4000min^{-1}

Dimensions et poids

Lxlxh: 1900x790x1900mm
Poids: env. 243kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 230V, 60Hz/CSA, 3 phases

Liste de livraison

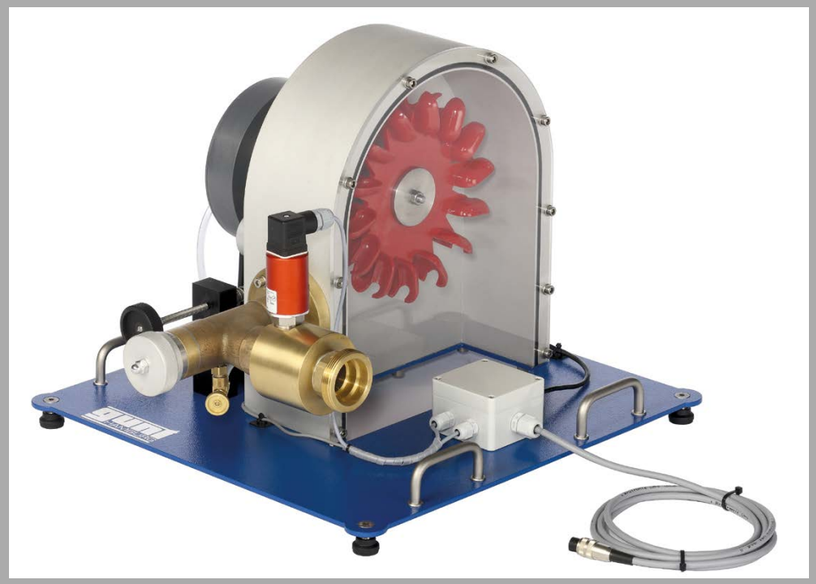
1 banc d'essai
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.450.C0	HM 450C Grandeurs caractéristiques des turbomachines hydrauliques

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 450.01 *Turbine Pelton*



*** Turbine Pelton avec zone de travail visible**

*** Circuit d'eau fermé et logiciel pour le traitement des données en utilisation avec le banc d'essai HM 450C**

Description

La turbine Pelton fait partie des turbines à jet libre qui transforment l'énergie de pression de l'eau en énergie cinétique entièrement au sein du distributeur. Les turbines Pelton sont utilisées à des hauteurs de chute élevées et des débits d'eau relativement faibles. La puissance de la turbine est ajustée par la section transversale de la tuyère. En pratique, les turbines Pelton sont utilisées pour entraîner les alternateurs synchrones où elles fonctionnent à des vitesses de rotations constantes.

La turbine Pelton HM 450.01 fait partie des accessoires du banc d'essai HM 450C. L'appareil d'essai se compose du rotor Pelton, de la tuyère à aiguille utilisée comme distributeur, d'un frein à bande pour solliciter la turbine et d'un carter avec paroi frontale transparente. Ainsi, on peut observer l'écoulement d'eau, le rotor et la tuyère pendant le fonctionnement. En ajustant l'aiguille de la tuyère, on modifie la section transversale de la tuyère et ainsi le débit.

La pression à l'entrée de la turbine est mesurée au moyen d'un capteur de pression. Un capteur de pression et un capteur de vitesse de rotation se trouvent au niveau du frein à bande. Ainsi, il est possible de déterminer la puissance mécanique rendue par la turbine. La vitesse de rotation, le couple et la pression sont affichés sur le coffret de commande de HM 450C et traités ultérieurement par le logiciel. L'alimentation en eau et la mesure du débit sont réalisées par HM 450C.

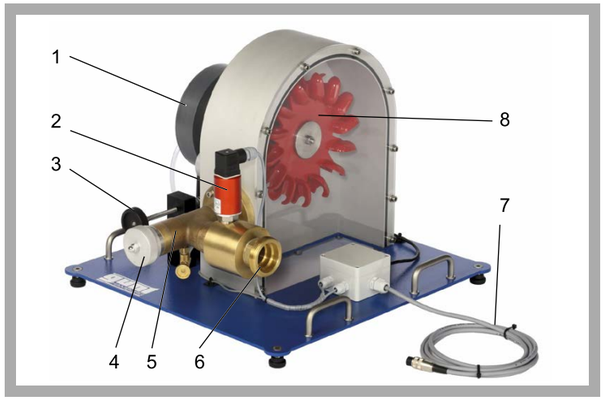
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

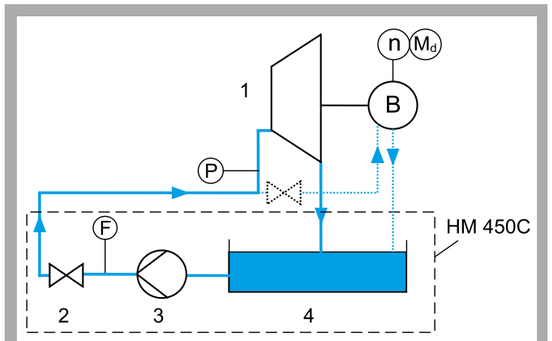
- détermination de la puissance mécanique
- détermination du rendement
- enregistrement des courbes caractéristiques
- étude de l'influence de la section transversale de la tuyère sur la puissance

2E a division of G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, t +49 40 67 08 54-0, f +49 40 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

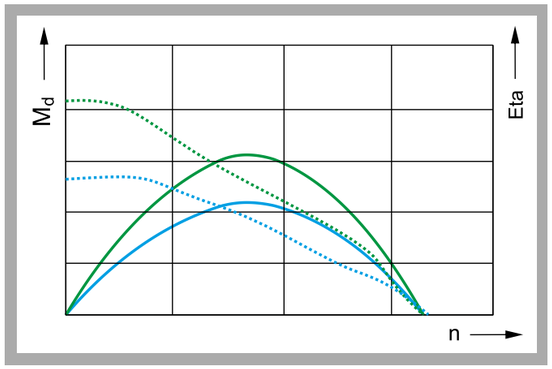
HM 450.01 *Turbine Pelton*



1 frein à bande, 2 capteur de pression, 3 volant à main pour ajuster le frein, 4 volant à main pour ajuster la section transversale de la tuyère, 5 tuyère à aiguille, 6 arrivée d'eau, 7 câble de raccordement à HM 450C, 8 rotor Pelton



1 turbine Pelton, 2 soupape d'étranglement, 3 pompe, 4 réservoir; ligne interrompue bleue: eau de refroidissement; B frein; F débit, P pression, n vitesse de rotation, M_d couple



Rendement et couple (lignes interrompues) en fonction de la vitesse de rotation à des puissances différentes et avec tuyère complètement ouverte:
en vert: 100% puissance, en bleu: 65% puissance, Eta: rendement, n vitesse de rotation, M_d couple

Spécification

[1] enregistrement des courbes caractéristiques d'une turbine Pelton et étude de l'influence de la section transversale de la tuyère
[2] paroi frontale transparente pour observer la zone de travail
[3] sollicitation de la turbine par frein à bande refroidi par air
[4] aiguille de tuyère ajustable pour ajuster les sections transversales différentes de la tuyère
[5] mesure de la vitesse de rotation à l'arbre de la turbine et capteur de force au frein pour mesurer le couple
[6] capteur de pression à l'entrée de la turbine
[7] vitesse de rotation, couple et pression affichés au coffret de commande de HM 450C
[8] alimentation en eau, mesure du débit ainsi que logiciel pour le traitement des données via HM 450C

Caractéristiques techniques

Turbine
- puissance: env. 350W à 1000min^{-1}, 150L/min, H=20m
- vitesse de rotation max.: 1500min^{-1}
- rotor
  14 aubes
  diamètre moyen: 165mm

Plages de mesure
- couple: 0...9,81Nm
- pression: 0...4bar abs.
- vitesse de rotation: 0...4000min^{-1}

Dimensions et poids

Lxlxh: 600x490x410mm
Poids: env. 27kg

Liste de livraison

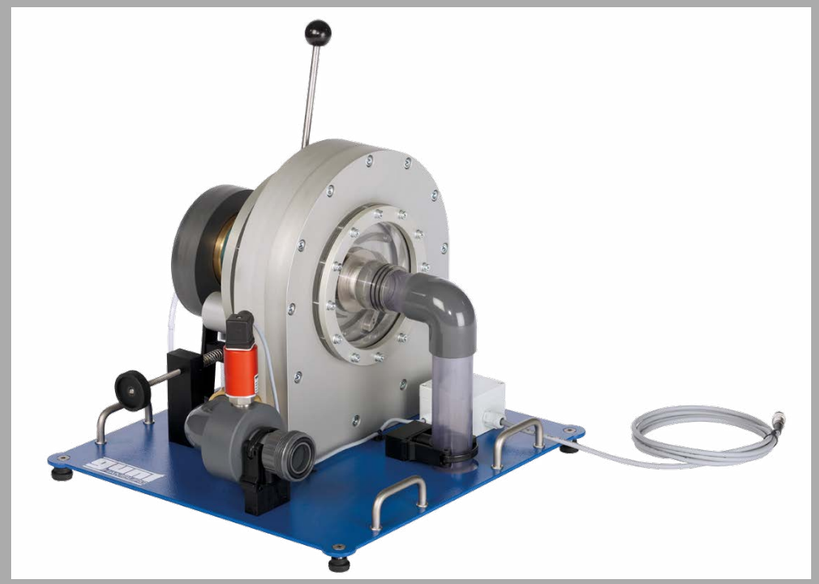
1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.45001	HM 450.01 Turbine Pelton

2E a division of G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, t +49 40 67 08 54-0, f +49 40 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable. **Visit our Websites: www.gunt.de | www.gunt2e.de**

HM 450.02 *Turbine Francis*



*** Turbine Francis avec zone de travail visible**

*** Circuit d'eau fermé et logiciel pour le traitement des données en utilisation avec le banc d'essai HM 450C**

Description

La turbine Francis fait partie des turbines à surpression qui transforment l'énergie de pression de l'eau en énergie cinétique dans le distributeur et dans le rotor. Les turbines Francis sont utilisées à des hauteurs de chute moyennes et des débits d'eau élevés. La puissance de la turbine est ajustée par l'ajustage des aubes dans le distributeur. En pratique, les turbines Francis sont utilisées dans des centrales hydroélectriques et des centrales à accumulation.

La turbine Francis HM 450.02 fait partie des accessoires du banc d'essai HM 450C. L'appareil d'essai se compose d'un rotor Francis, du distributeur avec aubes directrices, d'un frein à bande pour solliciter la turbine et du carter en spirale avec paroi frontale transparente. Ainsi, on peut observer l'écoulement d'eau, le rotor et les aubes directrices pendant le fonctionnement. En ajustant les aubes directrices, on ajuste l'angle d'écoulement et la section transversale du débit à la vitesse de rotation et au rendement de la turbine.

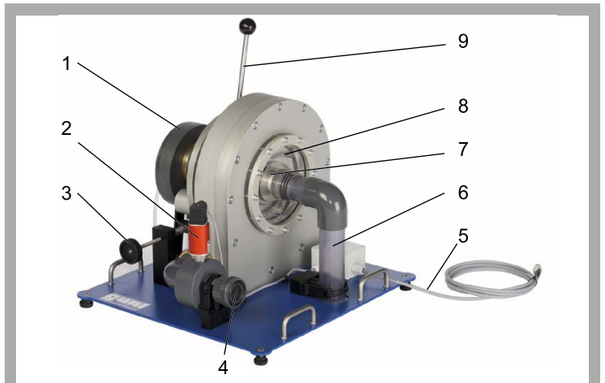
La pression à l'entrée de la turbine est mesurée au moyen d'un capteur de pression. Un capteur de pression et un capteur de vitesse de rotation sont placés au niveau du frein à bande. Ainsi, il est possible de déterminer la puissance mécanique rendue par la turbine. La vitesse de rotation, le couple et la pression sont affichés sur le coffret de commande de HM 450C et traités ultérieurement par le logiciel. L'alimentation en eau et la mesure du débit sont réalisées par HM 450C.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

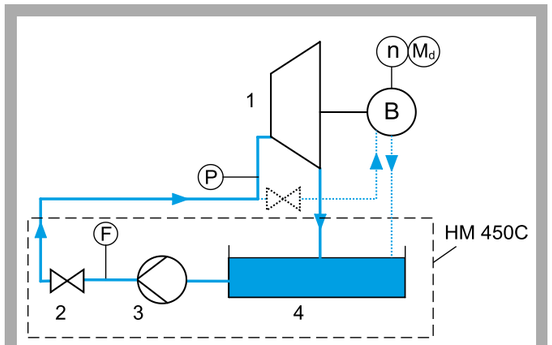
Contenu didactique / Essais

- détermination de la puissance mécanique
- détermination du rendement
- enregistrement des courbes caractéristiques
- étude de l'influence de la position des aubes directrices sur la puissance
- triangles de vitesse

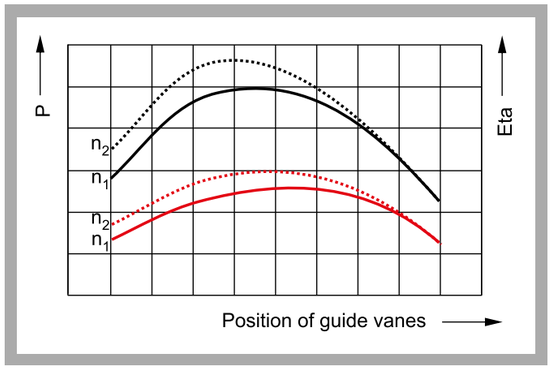
HM 450.02 *Turbine Francis*



1 frein à bande, 2 capteur de pression, 3 volant à main pour ajuster le frein, 4 arrivée d'eau, 5 câble de raccordement à HM 450C, 6 tubulure d'aspiration, 7 rotor Francis, 8 aubes directrices, 9 levier pour ajuster les aubes directrices



1 turbine Francis, 2 soupape d'étranglement, 3 pompe, 4 réservoir; ligne interrompue bleue: eau de refroidissement; B frein; F débit, P pression, n vitesse de rotation, M_d couple



Rendement et puissance mécanique en fonction de la position des aubes directrices à des vitesses de rotation différentes: en noir: puissance, en rouge: rendement, n vitesse de rotation, Eta: rendement, P puissance mécanique

Spécification

[1] enregistrement des courbes caractéristiques d'une turbine Francis et étude de l'influence de la position des aubes directrices
[2] paroi frontale transparente pour observer la zone de travail
[3] sollicitation de la turbine par frein à bande
[4] aubes directrices ajustables pour ajuster des angles d'écoulement différents
[5] mesure du couple par moyen du frein à bande et du capteur de force
[6] capteur de pression à l'entrée de la turbine
[7] vitesse de rotation, couple et pression affichés au coffret de commande de HM 450C
[8] alimentation en eau, mesure du débit ainsi que logiciel pour le traitement des données via HM 450C

Caractéristiques techniques

Turbine
- puissance: env. 350W à 1500min^{-1}, 270L/min, P=1,5bar
- vitesse de rotation max.: 3000min^{-1}
- rotor
  11 aubes
  diamètre moyen: 60mm
- distributeur
  7 aubes
  angle d'incidence: 0...20°

Plages de mesure
- vitesse de rotation: 0...4000min^{-1}
- couple: 0...9,81Nm
- pression: 0...4bar abs.

Dimensions et poids

Lxlxh: 510x490x410mm
Poids: env. 38kg

Liste de livraison

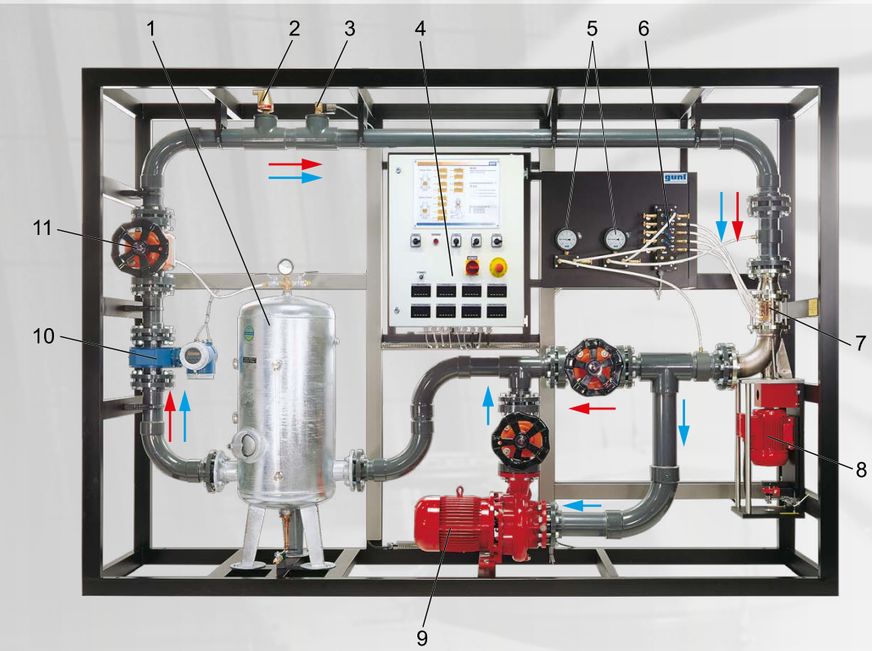
1 appareil d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.45002 HM 450.02 Turbine Francis

2E a division of G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, t +49 40 67 08 54-0, f +49 40 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable. **Visit our Websites: www.gunt.de | www.gunt2e.de**

HM 405 INSTALLATION D'ESSAI TURBOMACHINES AXIALES



1 réservoir d'eau avec coussin d'air
2 soupape de purge
3 électrovanne pour ventilation
4 coffret de commande avec éléments d'affichage et de commande
5 manomètre pour la pression d'entrée et de sortie
6 capteur de pression différentielle
7 turbomachine axiale
8 moteur/générateur avec mesure du couple de rotation
9 pompe centrifuge pour fonctionnement de la turbine
10 débitmètre électromagnétique
11 soupape d'ajustage du débit

Flèche rouge: *mode pompe,*
Flèche bleue: *mode turbine*

L'installation d'essai HM 405 permet de visualiser le principe de fonctionnement d'une turbine traversée par un écoulement axial avec des roues et des distributeurs interchangeables. En changeant l'aubage, vous pouvez faire fonctionner la turbomachine comme turbine ou comme pompe. Des roues à aubages différents sont à disposition, ce qui permet d'étudier leur influence sur la caractéristique de puissance.

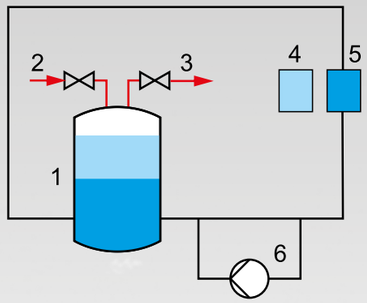
Le boîtier est entièrement transparent, afin de pouvoir observer les processus d'écoulement devant, entre et après les aubes.

Le moteur électrique fonctionne en mode turbine comme un générateur d'électricité, et en mode pompe comme système d'entraînement de la pompe. L'électricité produite par le générateur alimente le réseau électrique.

En fonction du mode, il est possible de mener des essais pratiques et des calculs sur les thèmes suivantes:

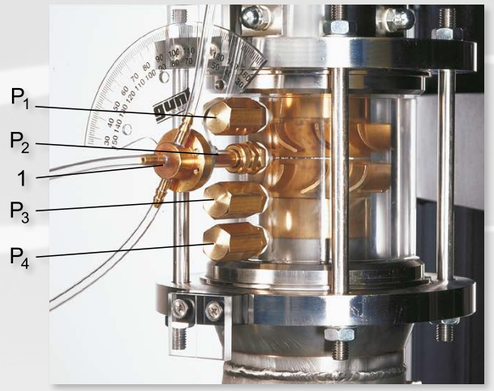
- enregistrement de caractéristiques
- détermination de nombres caractéristiques sans dimension
- triangles des vitesses et évolutions de la pression
- étude de la conversion de l'énergie à l'intérieur de la turbomachine
- influence de la forme d'aube sur la puissance et sur le rendement
- détermination du moment cinétique angulaire de sortie et de son influence sur la puissance
- phénomènes de cavitation

On peut mettre le système hors pression pour le montage des aubes directrices et aubes mobiles. La pompe est ainsi vidangée sans perte d'eau. L'eau retourne dans le réservoir. L'admission d'air comprimé dans le réservoir permet de remplir à nouveau le système. L'air comprimé permet d'ajuster également la prépression. Une soupape de purge automatique vide le résidu d'air du système de tuyauterie.



1 réservoir d'eau avec coussin d'air
2 air comprimé
3 purge d'air
4 turbomachine vide
5 turbomachine remplie
6 pompe centrifuge

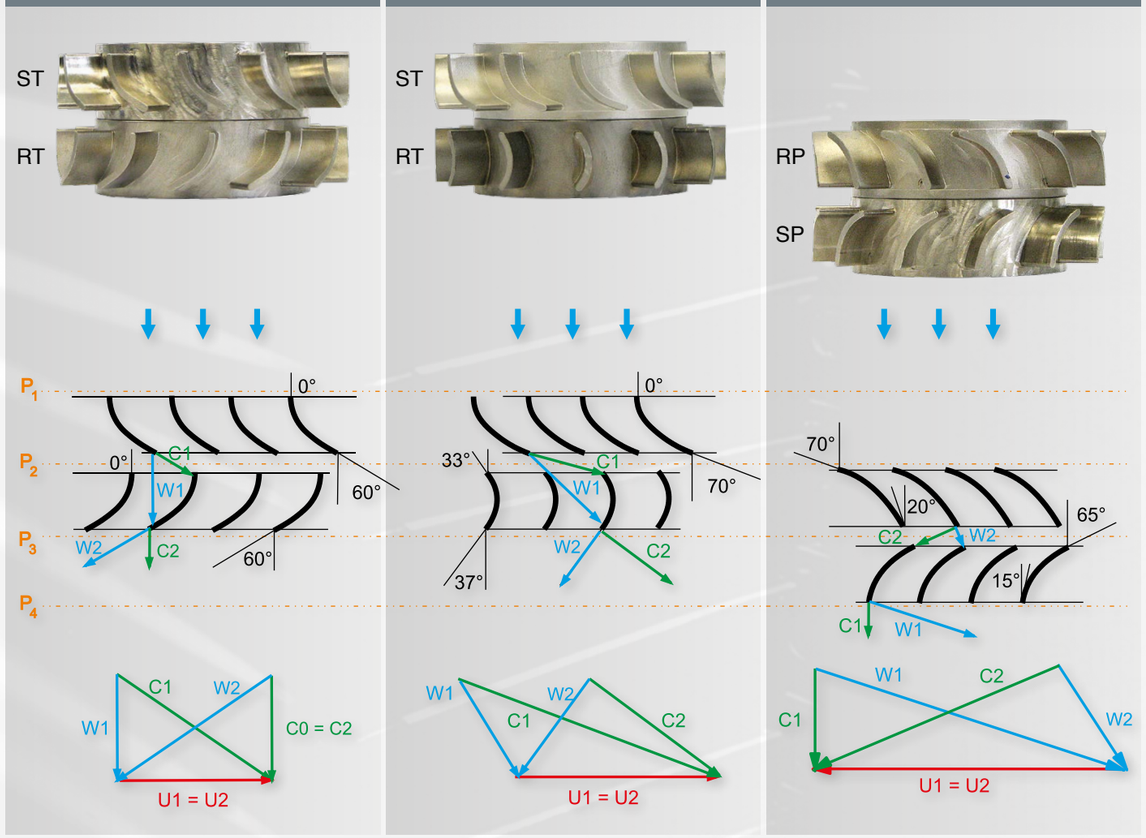
remplir du système
vider du système



Une sonde à 3 trous (1) permet de mesurer la direction et la vitesse dans le champ d'écoulement juste devant, entre et après les roues à aubes. Ces valeurs permettent d'enregistrer les triangles des vitesses pour les formes d'aubes.

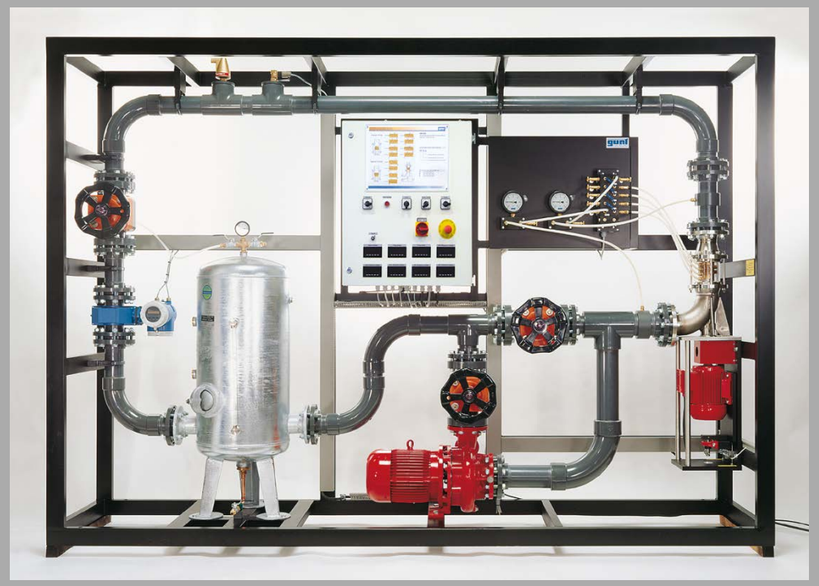
Le fait de pouvoir modifier la charge, la vitesse de rotation et le débit offre une large palette de possibilités pour les essais.

TRIANGLES DES VITESSES SUR DES TURBINES OU DES POMPES



ST *distributeur (turbine),* ***SP*** *distributeur (pompe),* ***RT*** *rotor (turbine),* ***RP*** *roue (pompe),* ***w*** *vitesse relative de l'eau,* ***c*** *vitesse absolue de l'eau,* ***u*** *vitesse périphérique des roues,* ***P_1...P_4*** *points de mesure de la pression*

HM 405 *Installation d'essai de turbomachines axiales*



*** Étude d'une turbomachine axiale à un étage**

*** Fonctionnement comme pompe ou comme turbine par remplacement des roues à aubes**

*** Zone de travail transparente**

Description

L'élément central de l'installation d'essai est la turbomachine axiale avec moteur/générateur accouplé. Elle peut être utilisée au choix comme pompe ou comme turbine. À cet effet, on peut y installer différents jeux des roues à aubes.

Le boîtier transparent permet d'avoir une vision exhaustive de l'aubage et des processus d'écoulement en cours. Un réservoir de compensation permet de remplir rapidement l'installation. Il est possible, pour l'étude de la cavitation, de faire fonctionner l'installation avec des niveaux de pression différents. La puissance de freinage réalimente le réseau.

Un réservoir d'eau permet de modifier la structure de la turbomachine sans perdre d'eau. En mode turbine, la turbomachine est entraînée à l'aide d'une pompe de forte puissance. La liste de livraison comprend des roues à aubes supplémentaires avec différents angles qui permettent de réaliser des essais complexes. Les rapports de vitesse à l'entrée et à la sortie d'eau ainsi qu'à l'intérieur de la turbomachine peuvent être représentés graphiquement à l'aide des triangles des vitesses.

La vitesse de rotation est mesurée sans contact à l'aide d'un capteur de déplacement inductif à l'arbre du moteur. Pour la détermination de la puissance d'entraînement, le moteur d'entraînement est monté en palier oscillant et est équipé d'un capteur de force pour la mesure du couple d'entraînement. La pression différentielle est mesurée radialement à différents niveaux d'aubes à l'aide d'une sonde à 3 trous.
Des manomètres mesurent les pressions à l'entrée et à la sortie. Le débit est mesuré à l'aide d'un débitmètre électromagnétique.Les valeurs de mesure sont lues sur des affichages numériques.

L'installation d'essai comprend un circuit d'eau fermé avec réservoir et pompe centrifuge.

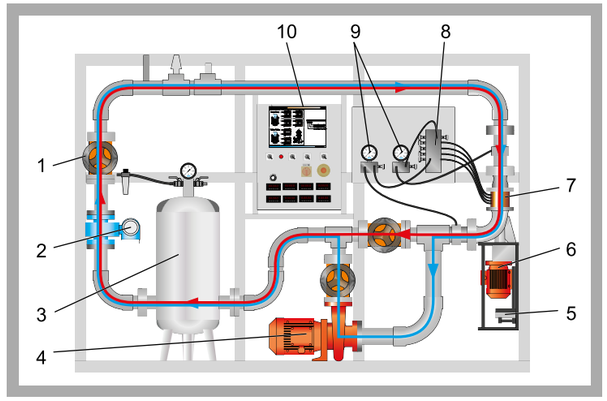
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

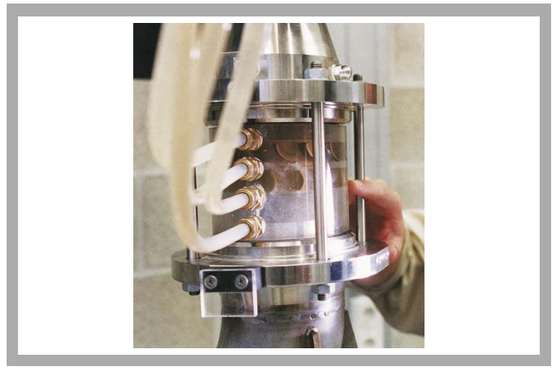
- enregistrement de caractéristiques
- détermination de nombres caractéristiques sans dimension
- triangles des vitesses et évolutions de la pression
- étude de la conversion de l'énergie à l'intérieur de la turbomachine
- influence de la forme d'aube sur la puissance et sur le rendement
- détermination du moment cinétique angulaire de sortie et de son influence sur la puissance
- phénomènes de cavitation

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

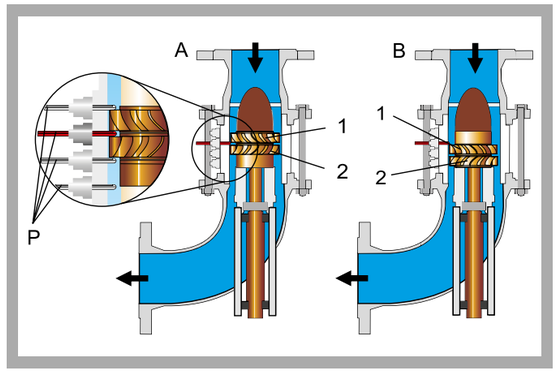
HM 405 *Installation d'essai de turbomachines axiales*



1 soupape d'ajustage du débit, 2 débitmètre, 3 réservoir d'eau avec coussin d'air, 4 pompe centrifuge pour fonctionnement en mode turbine, 5 capteur de force pour la mesure du couple de rotation, 6 moteur/générateur, 7 turbomachine axiale, 8 capteur de pression différentielle, 9 manomètre, 10 coffret de commande; en rouge: mode pompe, en bleu: mode turbine



L'illustration montre les phénomènes de cavitation dans la zone de travail de la turbomachine axiale



A: turbomachine axiale utilisée comme turbine, 1 distributeur, 2 rotor
B: turbomachine axiale utilisée comme pompe, 1 roue, 2 distributeur
P capteur de pression

Spécification

[1] études sur une turbomachine axiale
[2] circuit d'eau fermé avec réservoir et pompe centrifuge
[3] la turbomachine peut fonctionner en mode turbine ou pompe
[4] deux jeux des roues à aubes pour le mode pompe et deux jeux des roues à aubes pour le mode turbine avec différents angles d'entrée et de sortie
[5] moteur asynchrone/générateur avec mode 4 quadrants par convertisseur de fréquence
[6] réalimentation de l'énergie de freinage
[7] moteur monté en palier oscillant, mesure des couples par un bras de levier et un capteur de force
[8] capteur de vitesse de rotation inductif sur le moteur
[9] manomètres pour la mesure des pressions à l'entrée et à la sortie
[10] sonde de mesure et capteur de pression différentielle pour l'enregistrement de l'évolution de la pression dans la turbomachine
[11] débitmètre électromagnétique
[12] affichage de la puissance absorbée, du moment, de la vitesse de rotation, de la pression, de la pression différentielle et du débit

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge
- puissance: 5,5kW
- débit de refoulement max.: 150m³/h
- hauteur de refoulement max.: 10m

Moteur/générateur
- puissance: 1,5kW
- couple de rotation: 0...5Nm
- vitesse: 0...3000min^{-1}

Réservoir d'eau: 150L

Plages de mesure
- pression (manomètre): 2x -1...5bar
- pression différentielle: 5x 0...500mbar
- débit: 0...150m³/h
- vitesse: 0...9999min^{-1}
- moment: 0...5Nm

Dimensions et poids

Lxlxh: 3300x750x2300mm
Poids: env. 680kg

Nécessaire pour le fonctionnement

400V, 50Hz, 3 phases
Raccord d'air comprimé: 3...10bar

Liste de livraison

1 installation d'essai
4 roues/rotors
4 distributeurs
1 insert sans aubes
1 documentation didactique

Références de commande

070.40500	HM 405	Installation d'essai de turbomachines axiales

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

ET 220 Conversion de l'énergie dans une centrale éolienne

*** Conversion de l'énergie cinétique du vent en énergie électrique**

*** Essais adaptés pour l'expérimentation à l'échelle du laboratoire**

*** Logiciel pour l'acquisition de données via USB**

Description

Le ET 220 sert à étudier la conversion de l'énergie cinétique du vent en énergie électrique.

L'installation d'essai comporte une soufflerie et un appareil de commande. La soufflerie comprend une éolienne qui est à l'échelle du laboratoire et un ventilateur axial. Les éléments de base de l'éolienne sont, un rotor et un générateur. L'appareil de commande comprend les éléments de commande du ventilateur axial, les composants de stockage de l'énergie électrique et les récepteurs du courant électrique.

Le ventilateur axial produit l'écoulement d'air nécessaire pour faire tourner le rotor. Un stabilisateur d'écoulement permet d'obtenir un écoulement régulier et à faibles turbulences. Un générateur convertit l'énergie cinétique du rotor en énergie électrique. L'énergie électrique est absorbée par un système insulaire indépendant du réseau électrique. Le stockage de l'énergie électrique a lieu dans un accumulateur via un régulateur de charge. L'énergie électrique peut être consommée à l'aide de charges électriques. Deux lampes font office de récepteurs du courant électrique. Au choix, on peut également connecter un récepteur du courant électriqueexterne (par exemple une résistance chauffante). Il n'est pas prévu d'alimenter un réseau électrique public.

La vitesse du vent est ajustée en faisant varier la vitesse de rotation du ventilateur. On saisit les valeurs mesurées suivantes: vitesse du vent devant et derrière le rotor, vitesse de rotation du rotor, tension et intensité du courant. Les valeurs mesurées sont affichées sous forme numérique et peuvent simultanément être transmises sur un PC par port USB et y être analysées grâce au logiciel fourni.

Un schéma de câblage imprimé sur l'appareil de commande permet de disposer aisément tous les composants au niveau du réseau insulaire.

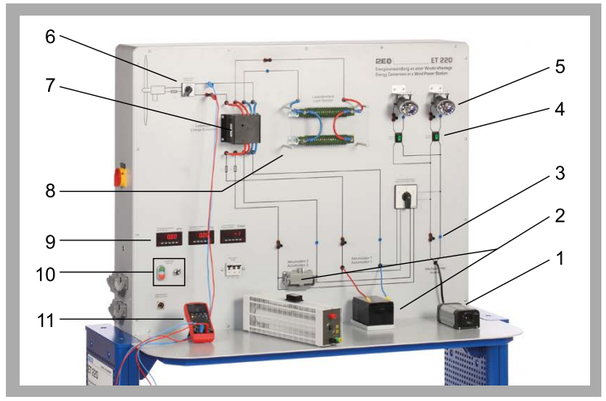
Pour effectuer les essais dans des conditions de vent réelles, il est également possible de raccorder une plus grand centrale éolienne (ET 220.01) à l'appareil de commande. Cette centrale éolienne est conçu pour être monté en extérieur.

Le matériel didactique bien structuré vous expose les bases et vous guide pas à pas à travers les essais.

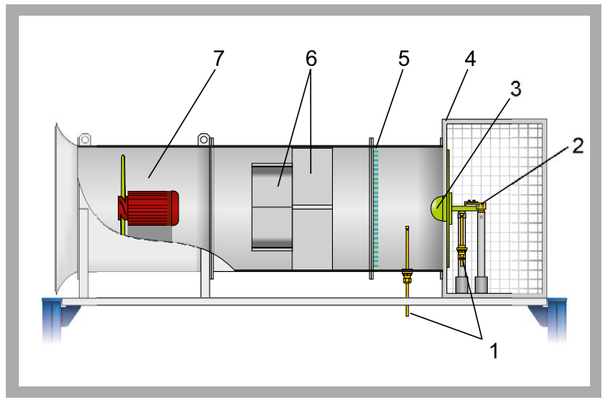
Contenu didactique / Essais

- conversion de l'énergie cinétique en énergie électrique
- fonctionnement et construction d'un système insulaire avec une éolienne
- détermination du coefficient de puissance de l'éolienne en fonction de la vitesse spécifique de la roue (tip-speed ratio (TSR) en anglais)
- bilan énergétique d'une centrale éolienne
- détermination du rendement d'une centrale éolienne

ET 220 Conversion de l'énergie dans une centrale éolienne



1 onduleur, 2 accumulateurs, 3 point de mesure pour tension et intensité, 4 commutateur pour charge électrique, 5 lampes utilisées comme récepteurs, 6 commutateur de frein de la centrale éolienne, 7 régulateur de charge, 8 résistances de charge, 9 affichage de la vitesse du vent et de la vitesse de rotation, 10 éléments de commande pour le ventilateur axial, 11 multimètre



1 capteur de vitesse du vent, 2 capteur de vitesse de rotation du moteur, 3 centrale éolienne, 4 cage de protection, 5 redresseur d'écoulement, 6 tôles de guidage, 7 ventilateur axial

Spécification

[1] conversion de l'énergie cinétique du vent en énergie électrique
[2] centrale éolienne à l'échelle laboratoire avec îlotage
[3] ventilateur axial à vitesse de rotation ajustable en continu (vitesse du vent)
[4] redresseur d'écoulement pour l'obtention de conditions de vent régulières
[5] générateur de conversion de l'énergie cinétique en énergie électrique
[6] accumulateur pour le stockage de l'énergie électrique
[7] 2 lampes comme charge électrique (consommateurs de courant)
[8] enregistrement de la vitesse du vent devant et derrière le rotor
[9] enregistrement de la vitesse de rotation du rotor
[10] enregistrement de l'intensité et de la tension
[11] affichage numérique des valeurs mesurées
[12] logiciel GUNT pour l'adquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Ventilateur axial
- débit de refoulement max.: 5m³/s
- puissance max.: 1,5kW

Rotor
- diamètre: 510mm

Générateur
- puissance max.: 60W
- tension: 12VDC
- courant de charge max.: 5A

Accumulateur
- tension: 12VDC
- capacité: 8Ah

Charge électrique (lampes)
- tension: 12VDC
- puissance: 55W chacune

Plages de mesure
- vitesse du vent: 0,3...0,50m/s
- vitesse de rotation: 0...3000min^{-1}
- tension: 0...20VDC
- intensité: 0...35A

Dimensions et poids

LxlxH: 2610x870x1645mm (soufflerie)
LxlxH: 1520x790x1760mm (appareil de commande)
Poids total: env. 410kg

Nécessaire pour le fonctionnement

400V, 50/60Hz, 3 phases ou 230V, 60Hz, 3 phases

Liste de livraison

1 soufflerie
1 appareil de commande
1 multimètre
1 CD avec le logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

061.22000	ET 220	Conversion de l'énergie dans une centrale éolienne

2E a division of G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, t +49 40 67 08 54-0, f +49 40 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable. **Visit our Websites: www.gunt.de | www.gunt2e.de**

ET 220.01 *Éolienne*

*** Essais proches de la pratique dans des conditions de vents réels**

*** Éolienne avec redresseur et régulateur mécanique de puissance**

*** Montage facilité par des appuis amovibles et un mât pliant**

Description

Le rendement d'une éolienne dépend des vitesses du vent et de l'exploitabilité du courant électrique produit. Pour étudier le fonctionnement d'une éolienne dans des conditions météorologiques réelles, on a développé l'ET 220.01 pour l'installation d'essai ET 220.

L'éolienne ET 220.01 est composée d'une salle des machines ou nacelle montée sur un mât pivotant sur socle stable et des appuis. La vitesse de rotation du rotor et la vitesse du vent sont enregistrées. Ces valeurs de mesure sont affichées sur l'appareil de commande et dans le logiciel de l'ET 220. L'intensité et la tension du générateur sont saisies sur l'appareil de commande de l'ET 220. Ici, on peut également raccorder la batterie fournie avec l'éolienne au moyen d'un régulateur de charge.

L'orientation du rotor dans le sens du vent se fait à l'aide d'une girouette située sur la nacelle. Le moyeu du rotor comprend un régulateur de puissance mécanique fonctionnant au moyen d'un système de calage des pales. À partir d'une vitesse de vent de 5m/s environ, l'éolienne se met à produire du courant continu. Un redresseur est intégré à la nacelle.

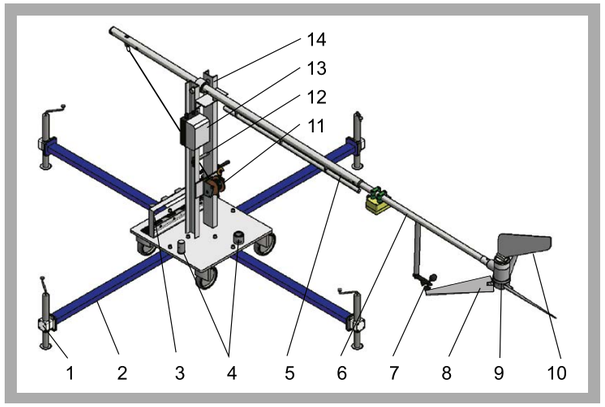
Avant la mise en service, il faut raccorder l'ET 220.01 à l'appareil de commande de l'ET 220. Des câbles séparés sont prévus à cet effet pour les capteurs de mesure et le courant produit. L'emplacement de l'éolienne ET 220.01 peut être facilement modifié. Il suffit pour cela de démonter l'appareil et du déplacer ensuite tel quel sur des roulettes. L'appareil est résistant aux intempéries, et peut donc être également utilisé durant plusieurs jours pendant des périodes de mauvais temps.

La documentation didactique bien structurée de l'ET 220 et de l'ET 220.01 expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

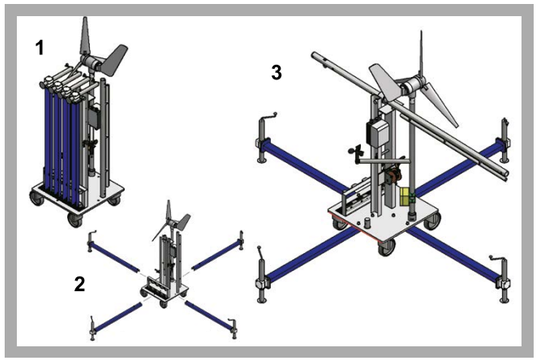
Contenu didactique / Essais

- transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie électrique
- structure et fonction d'une éolienne en îlotage
- bilan énergétique d'une éolienne dans des conditions de vents réels

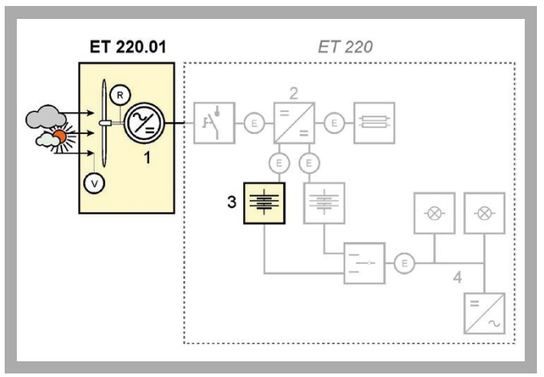
ET 220.01 *Éolienne*



ET 220.01 avec mât couché 1 pied de support, 2 support du mât, 3 fixation pour supports du mât, 4 fixation pour éléments du mât, 5 élément central du mât avec passe-câbles, 6 élément supérieur du mât avec nacelle, 7 anémomètre, 8 pale de rotor, 9 nacelle, 10 girouette, 11 treuil à câble, 12 boulon de sécurité, 13 boîtier de raccordement avec transducteurs, 14 axe rabattable



1 état de transport, 2 montage des supports du mât, 3 montage du mât



1 éolienne avec réducteur, 2 régulateur de charge (ET 220), 3 accumulateur, 4 récepteur (ET 220); v vitesse du vent, R vitesse de rotation du rotor, E courant et tension

Spécification

[1] éolienne pour ET 220 pour la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie électrique
[2] éolienne mobile pour positionnement à l'extérieur
[3] 4 supports de stabilisation
[4] îlotage avec raccordement à l'ET 220
[5] génératrice pour la transformation de l'énergie cinétique en énergie électrique
[6] accumulateur pour le stockage de l'énergie électrique
[7] enregistrement de la vitesse du vent
[8] enregistrement de la vitesse de rotation du rotor
[9] affichage des données de mesure sur l'appareil de commande de l'ET 220

Caractéristiques techniques

Rotor
- diamètre: 1200mm
- hauteur du moyeu au-dessus du sol: env. 5000mm

Génératrice
- puissance max.: 350W
- tension: 12VCC
- courant de charge max.: 30A

Accumulateur
- tension: 12VCC
- capacité: 65Ah

Plages de mesure
- vitesse du vent: 0,7...50m/s
- vitesse de rotation: 0...3000min^{-1}

Encombrement
- Lxlxh: 10x6x6m
- distance max. de l'ET 220: env. 20m

Dimensions et poids

Lxlxh: 3500x3500x5600mm (avec supports)
Poids: env. 300kg

Liste de livraison

1 éolienne
1 pied de mât
1 mât
4 supports
1 accumulateur
1 jeu de vis
1 jeu d'outils
1 documentation didactique

Références de commande

061.22001	ET 220.01 Éolienne

2E a division of G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, t +49 40 67 08 54-0, f +49 40 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable. **Visit our Websites: www.gunt.de | www.gunt2e.de**

HM 299 COMPARAISON ENTRE MACHINES VOLUMÉTRIQUES ET TURBOMACHINES RÉCEPTRICES

Avec le banc d'essai HM 299, on étudie et on compare différentes machines volumétriques et turbomachines réceptrices. La liste de livraison comprend deux pompes centrifuges, une pompe à impulseur, une pompe à piston ainsi que deux types différents de compresseurs. Toutes les machines réceptrices sont disposées sur le banc d'essai compact et peuvent être intégrées facilement et rapidement à la section d'essai. Des rails de guidage permettent une installation simple et bien ajustée des appareils sans avoir à repositionner le système l'entraînement. Des flexibles en silicone sont raccordés au moyen d'accouplements rapides.

On utilise comme fluide de travail compressible, l'air ambiant, ce qui ne nécessite donc pas d'alimentation en air comprimé. Deux chambres de stabilisation aux dimensions généreuses pour l'air comprimé assurent une mesure sans interférences.

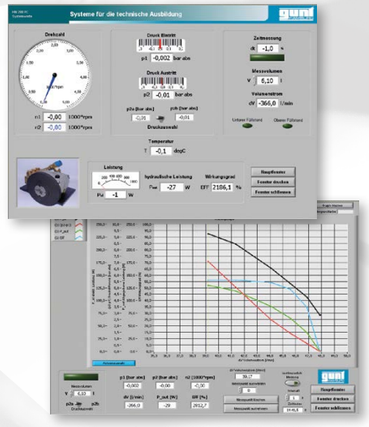
Le concept didactique de ce banc d'essai compact couvre plusieurs unités d'apprentissage, et constitue un cours efficace sur la thématique des machines réceptrices. Les essais peuvent être réalisés aussi bien par les professeurs à des fins de démonstration devant les apprenants, que par les apprenants eux-mêmes sous la forme de travaux pratiques ou d'un travail en projet. La conversion facile des machines réceptrices permet de réaliser un grand nombre d'essais dans un laps de temps limité, afin de se familiariser avec le comportement en service des machines volumétriques et turbomachines réceptrices.

Les essais sont assistés par le logiciel GUNT pour l'acquisition des données.

La documentation didactique bien structurée comprend une introduction détaillée à cette thématique.

Logiciel GUNT pour l'acquisition de données

Le logiciel GUNT compris dans la livraison visualise les résultats de mesure et aide à l'évaluation des essais.



Contenus didactiques / Essais

- se familiariser avec le principe de fonctionnement et les caractéristiques distinctives des machines volumétriques et turbomachines réceptrices
- détermination de données caractéristiques
- enregistrement de caractéristiques de pompes, compresseurs et installations
- représentation des points de fonctionnement

HM 299 Comparaison entre machines volumétriques et turbomachines réceptrices: L'illustration montre le banc d'essai avec deux pompes centrifuges montées en parallèle

MACHINES RÉCEPTRICES

	TURBOMACHINES RÉCEPTRICES	MACHINES VOLUMÉTRIQUES RÉCEPTRICES	
		ROTATIVES	OSCILLANTES
LIQUIDES Fluide de travail incompressible: eau	*Pompe centrifuge*	*Pompe à impulseur*	*Pompe à piston*
GAZEUX Fluide de travail compressible: air		*Compresseur rotatif à palettes*	*Compresseur à piston*

HM 299 *Comparaison entre machines volumétriques et turbomachines réceptrices*

*** Étude de différentes machines réceptrices: pompes et compresseurs**

*** Essais avec milieux liquides ou gazeux**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition de données**

Description

Les machines réceptrices transmettent le travail mécanique absorbé à un milieu liquide ou gazeux. On les répartit en machines volumétriques et turbomachines réceptrices en fonction de leur mode de fonctionnement. Pour les débits volumétriques élevés, les turbomachines telles que les pompes centrifuges présentent plus d'avantages, tandis que pour les faibles débits volumétriques, on leur préférera les machines à piston.

Le banc d'essai HM 299 permet de comparer différentes machines réceptrices pour des milieux liquides ou gazeux. La liste de livraison comprend une turbomachine réceptrice et quatre machines volumétriques réceptrices, ayant chacune deux pistons rotatifs et deux pistons oscillants. Le logiciel pour l'acquisition des données et la visualisation rend les essais particulièrement parlants et assure une réalisation rapide des essais et des résultats fiables.

Le HM 299 comprend un moteur d'entraînement avec ajustage de la vitesse de rotation, un entraînement à courroie et un capot de protection, deux réservoirs sous pression pour les essais avec des compresseurs ainsi que deux réservoirs d'eau pour les essais avec des pompes. Chaque machine réceptrice est montée sur une plaque et peut être intégrée facilement au banc d'essai. L'entraînement est effectué au moyen d'un entraînement à courroie. Les pompes sont reliées avec des flexibles à accouplement rapide au banc d'essai pour former un circuit d'eau fermé. Pour les compresseurs, on utilise l'air ambiant. Des capteurs enregistrent la hauteur d'aspiration, la hauteur de refoulement, la température, la vitesse de rotation et la puissance du moteur. Le débit respectif est déterminé de manière indirecte par l'intermédiaire du niveau (eau) ou du tube de Venturi (air).

Les valeurs mesurées peuvent être lues sur des affichages numériques. Les valeurs sont transmises vers un PC afin d'y être évaluées à l'aide d'un logiciel fourni. La transmission des données au PC se fait par une interface USB.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

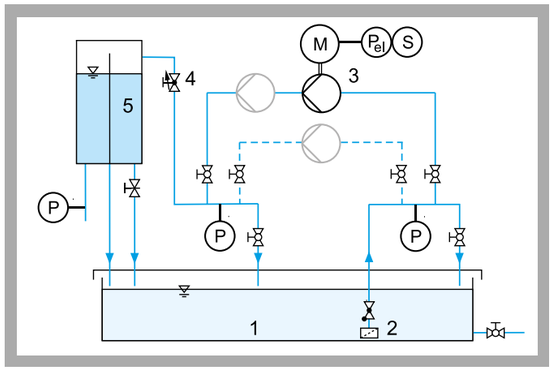
Contenu didactique / Essais

- différents types de pompes et de compresseurs
- détermination de données caractéristiques
- enregistrement de caractéristiques de pompes, compresseurs et installations
- représentation de points de fonctionnement pour des montages en série et des montages en parallèle de pompes centrifuges
- comparaison des différentes propriétés de refoulement

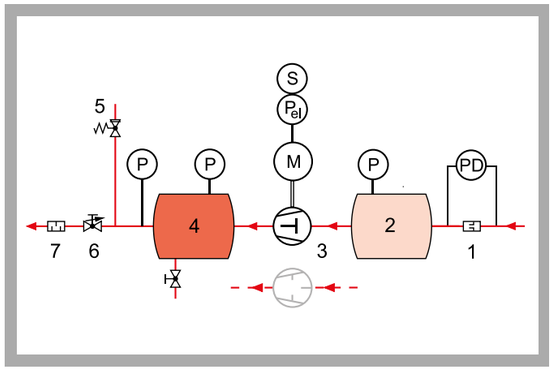
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 299 *Comparaison entre machines volumétriques et turbomachines réceptrices*

1 réservoir de mesure, 2 éléments d'affichage et de commande, 3 réservoir de stabilisation et réservoir sous pression, 4 réservoir de stockage, 5 modèles de pompes et de compresseurs, 6 moteur d'entraînement



Essais (pompes centrifuges): 1 réserv. de stockage, 2 collecteur d'impuretés, 3 pompe av. moteur d'entraînement, 4 soupape (ajustage du débit), 5 réserv. de mesure; P pression, S vitesse de rotation, P_{el} puissance



Essais (compresseurs): 1 tube de Venturi (mesure du débit), 2 réservoir de stabilisation, 3 compresseur av. moteur d'entraînement, 4 réservoir sous pression, 5 soupape de sécurité, 6 soupape (ajustage du débit), 7 silencieux; P pression, PD pression différentielle, P_{el} puissance, S vitesse de rotation

Spécification

[1] comparaison de machines réceptrices pour des milieux liquides ou gazeux
[2] circuit d'eau fermé
[3] 2 compresseurs: compresseur à piston et compresseur rotatif à palettes
[4] 4 pompes: pompe à piston, pompe à impulseur, 2 pompes centrifuges
[5] moteur d'entraînement avec vitesse de rotation ajustable
[6] détermination du débit par l'intermédiaire du niveau (eau) ou du tube de Venturi (air)
[7] affichages numériques des pressions, de la pression différentielle, de la température, de la vitesse de rotation et de la puissance d'entraînement
[8] logiciel GUNT pour l'acquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Compresseur à piston: débit de refoulement max.: 115L/min, pression max.: 10bar
Compresseur rotatif à palettes: débit de refoulement max.: 90L/min, pression max.: 0,7bar
- soupape de sécurité: 0,8bar
2 pompes centrifuges: débit de refoulement max.: 60L/min, pression max.: 1,8bar
Pompe à piston: débit de refoulement max.: 14,6L/min, pression de l'installation limitée à 6bar max.
Pompe à impulseur: débit de refoulement max.: 25L/min, pression max.: 1,5bar
Moteur électrique à 4 pôles
- puissance max.: 0,75kW
- vitesse de rotation nominale: 1370min^{-1}
2 réservoirs sous pression: 10L, max. 10bar
2 réservoirs d'eau: 60L, 10L
Plages de mesure
- vitesse: 0...2500min^{-1}
- puissance électrique: 0...1375W
- température: 0...200°C
- pression: 1x 0...2bar; 1x 0...6bar; 1x 0...10bar
- pression différentielle: 0...10mbar

Dimensions et poids

Lxlxh: 2100x600x1550mm
Poids: env. 205kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai, 1 compresseur à piston,
1 compresseur rotatif à palettes, 1 pompe à piston,
1 pompe à impulseur, 2 pompes centrifuges
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.29900	HM 299	Comparaison entre machines volumétriques et turbomachines réceptrices

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

CONNAISSANCES DE BASE

POMPES CENTRIFUGES

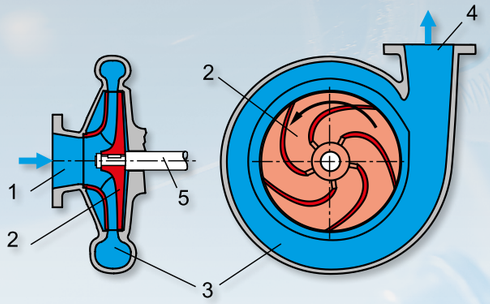
Principe de base de la pompe centrifuge

Sur la pompe centrifuge, la transmission de l'énergie se fait de manière hydrodynamique. Au contraire de la transmission hydrostatique de l'énergie avec la pompe volumétrique. Lors de la transmission hydrodynamique de l'énergie, le fluide est accéléré par la roue de la pompe centrifuge. C'est pourquoi la roue de la pompe centrifuge doit se déplacer rapidement et donc avoir une vitesse de rotation élevée. Le travail Y_i transmis au fluide est calculé à partir des vitesses sur la roue.

$$Y_i = (c_{2u} \cdot u_2 - c_{1u} \cdot u_1)$$

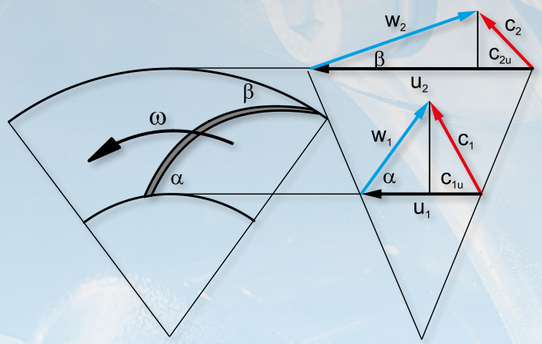
Le travail de refoulement spécifique Y_i ne dépend pas des propriétés du fluide (densité, viscosité). Avec le débit de refoulement Q et la densité ϱ du fluide, on obtient la puissance P_i transmise de la roue au fluide.

$$P_i = \varrho \cdot Q(c_{2u} \cdot u_2 - c_{1u} \cdot u_1)$$



Les principaux composants d'une pompe centrifuge

***1** entrée*
***2** roue*
***3** volute*
***4** sortie*
***5** arbre de roue*



Les vitesses à l'entrée (1) et à la sortie (2) de la roue peuvent être représentées de manière claire dans des triangles des vitesses.

***1** entrée de l'écoulement, **2** sortie de l'écoulement, **u** vitesse périphérique, **w** vitesse relative du fluide dans la roue, **c** vitesse absolue du fluide, composants périphériques c_{1u}/c_{2u} de la vitesse absolue, α, β angle entre les vitesses, Q débit volumétrique, ϱ densité, **n** vitesse de rotation*

Avantages des pompes centrifuges

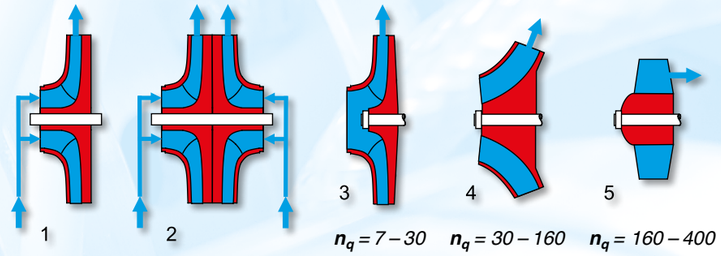
- construction simple, peu de composants mobiles, longue durée de service
- débit de refoulement facile à ajuster par une soupape dans la conduite de refoulement ou par la vitesse de rotation
- vitesse de rotation élevée, entraînement direct possible par moteur électrique ou turbine
- limiteur de pression intégré, pas de soupape de sécurité requise
- fonctionnement très silencieux grâce à un bon équilibrage des masses et à l'absence de masses oscillantes
- refoulement continu sans pulsations
- acheminement possible de matières solides
- conviennent à des puissances élevées
- concentration élevée de la puissance et petit espace de construction

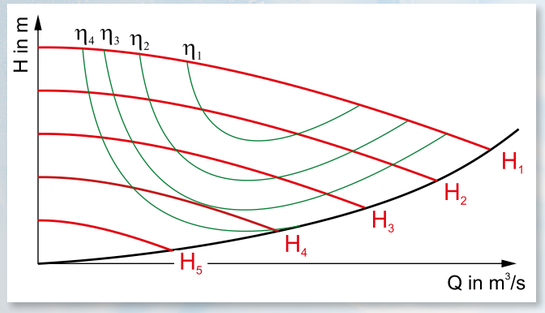
Inconvénients des pompes centrifuges

- pas auto-amorçantes (des types spéciaux tels que la pompe à canal latéral peuvent être auto-amorçantes)
- risque de cavitation avec de l'eau chaude ou des pressions d'aspiration faibles
- le débit volumétrique dépend de la pression de refoulement
- plusieurs étages requis pour les pressions de refoulement élevées

Caractéristiques de construction de la pompe centrifuge

- nombre d'étages: un étage, plusieurs étages
- roue ouverte/fermée
- **1** roue monoflux / **2** roue à double flux
- écoulement traversant de la roue **3** radial, **4** diagonal, **5** axial





***H*$_1$...*H*$_5$** *caractéristique de pompe en fonction de la vitesse de rotation*
***η*$_1$...*η*$_5$** *rendement en fonction de la vitesse de rotation*
caractéristique de l'installation
***P*$_{k1}$...*P*$_{k3}$** *puissance d'accouplement en fonction de la vitesse de rotation*

Champ caractéristique de la pompe centrifuge

Les valeurs caractéristiques d'une pompe centrifuge sont reportées dans un champ caractéristique en fonction du débit Q. La principale grandeur caractéristique est la hauteur de refoulement H ou la pression de refoulement p.

On trace également dans le champ caractéristique les lignes ayant le même rendement η en forme de conchoïdes.

Une autre représentation importante consiste à reporter la puissance d'accouplement P_K et la hauteur de la pression d'arrêt ***NPSH*** en fonction du débit Q.

Principales lois générales s'appliquant à la pompe centrifuge:

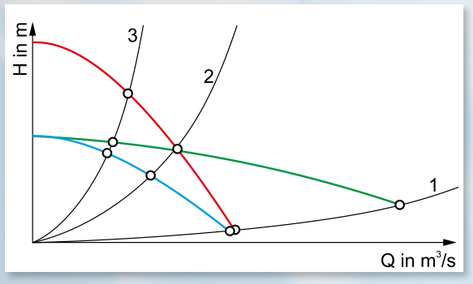
- il existe une dépendance linéaire entre le débit Q et la vitesse de rotation n. $Q = f(n)$
- la hauteur de refoulement H dépend du carré de la vitesse de rotation n. $H = f(n^2)$
- la puissance P_K dépend de la vitesse de rotation n à la puissance 3. $P_K = f(n^3)$

$$n_q = n \cdot \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

La similitude entre différentes pompes est décrite par le nombre sans dimension de la vitesse de rotation spécifique n_q.

Comportement en service et points de travail de la pompe centrifuge

Au point de travail, à un débit de refoulement spécifique, la pression de refoulement produite par la pompe est en équilibre avec la résistance du réseau de tuyauterie. Au point de travail, la caractéristique de la pompe croise la caractéristique de résistance du réseau de tuyauterie.



Caractéristiques des pompes
pompe individuelle
montage de 2 pompes en série
montage de 2 pompes en parallèle

Caractéristiques d'un réseau de tuyauterie
***1** installation avec faible résistance*
***2** installation avec résistance moyenne*
***3** installation avec forte résistance*

HM 283 Essais sur une pompe centrifuge

*** Détermination des grandeurs caractéristiques des pompes**

*** Circuit d'eau fermé**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**

*** Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

Description

Pompes centrifuges et turbomachines utilisées pour l'acheminement de fluides. La rotation de la roue de la pompe génère des forces centrifuges par lesquelles l'eau est acheminée.

L'appareil d'essai permet de réaliser des essais de base afin de d'étudier le comportement en service et de déterminer les principales grandeurs caractéristiques des pompes.

Le HM 283 dispose d'un circuit d'eau fermé avec un réservoir d'eau et une pompe centrifuge à vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence. Le boîtier de la pompe est transparent. Ce qui permet d'observer la roue de la pendant le fonctionnement et la formation de cavitation. Des soupapes se trouvant dans les conduites d'aspiration et de refoulement permettent l'ajustage de différents rapports de pression.

L'appareil d'essai est équipé de capteurs de pression, de température et de débit. La technique de mesure basée sur un microprocesseur est bien protégée à l'intérieur du boîtier. L'association du logiciel GUNT et du microprocesseur présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur. Le raccordement au PC se fait par l'intermédiaire d'un câble USB.

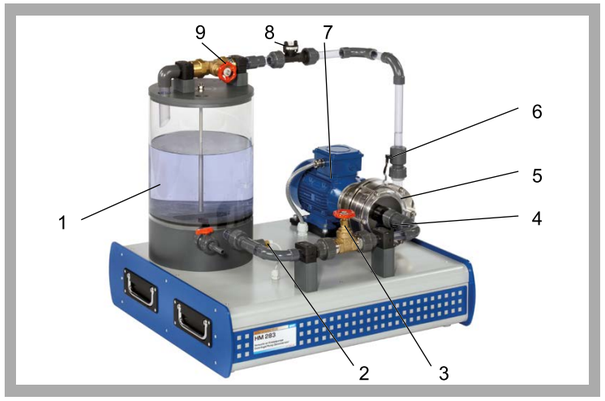
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

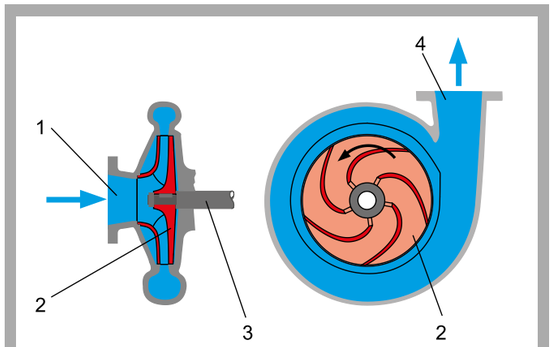
- principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge
- enregistrement de caractéristiques de la pompe
- rapport entre la hauteur de refoulement et la vitesse de rotation
- rapport entre le débit de refoulement et la vitesse de rotation
- détermination du rendement de la pompe
- formation de cavitation
- effet d'un sens de rotation erroné

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

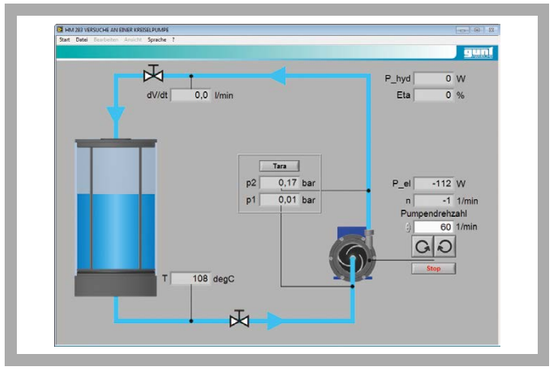
HM 283 Essais sur une pompe centrifuge



1 réservoir d'eau, 2 capteur de température, 3 soupape de la conduite d'aspiration, 4 capteur de pression côté d'aspiration, 5 pompe, 6 capteur de pression côté de refoulement, 7 moteur, 8 capteur de débit, 9 soupape de la conduite de refoulement



Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge
1 entrée d'eau, 2 roue de la pompe, 3 arbre de la pompe, 4 sortie d'eau



Surface utilisateur du logiciel puissant

Spécification

[1] fonction et comportement en service d'une pompe centrifuge
[2] le circuit d'eau fermé comprend la pompe centrifuge avec moteur d'entraînement et le réservoir d'eau transparent
[3] boîtier transparent permettant d'observer la roue de la pompe
[4] vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence
[5] soupapes d'ajustage des rapports de pression dans la conduite d'aspiration et de refoulement
[6] capteurs de pression du côté d'aspiration et du côté de refoulement de la pompe, de température, et de débit
[7] technique de mesure basée sur un microprocesseur
[8] logiciel GUNT spécifique à l'appareil pour l'acquisition de données et la commande par connexion USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge avec moteur d'entraînement
- puissance absorbée: 370W
- vitesse de rotation: 0...3000min^{-1}
- débit de refoulement max.: env. 40L/min
- hauteur de refoulement max.: 10m

Réservoir d'eau: 15L

Plages de mesure
- pression (côté d'aspiration): -1...1bar
- pression (côté de refoulement): 0...5bar
- débit: 3,5...50L/min
- température: 0...130°C

Dimensions et poids

Lxlxh: 660x590x720mm
Poids: env. 46kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.283000	HM 283	Essais sur une pompe centrifuge

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 284 Montage en série et en parallèle de pompes

*** Comportement caractéristique des pompes en fonctionnement individuel, montage en série ou montage en parallèle**

*** Circuit d'eau fermé**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**

*** Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

Description

Dans les installations complexes, il est possible d'utiliser des pompes montées en série ou en parallèle. Les hauteurs de refoulement s'ajoutent pour le montage en série, et les débits de refoulement s'ajoutent pour le montage en parallèle.

L'appareil d'essai permet d'étudier le comportement caractéristique avec une pompe individuelle et pour l'action combinée de deux pompes.

Le HM 284 dispose d'un circuit d'eau fermé avec un réservoir d'eau et deux pompes centrifuges avec moteurs d'entraînement. Sur l'un des moteurs, la vitesse de rotation peut être ajustée variablement via un convertisseur de fréquence, l'autre moteur peut être commuté en plus avec une vitesse de rotation fixe. Les roues des deux pompes, intégrées dans des boîtiers transparents, peuvent être observées pendant le fonctionnement. Des soupapes permettent de passer facilement du fonctionnement individuel, à celui en série ou en parallèle et inversement. Afin de pouvoir analyser le comportement de l'installation, la résistance à l'écoulement est ajustée au moyen d'une soupape située dans la conduite de refoulement.

L'appareil d'essai est équipé de capteurs de pression et de débit. La technique de mesure basée sur un microprocesseur est bien protégée à l'intérieur du boîtier. L'association du logiciel GUNT et du microprocesseur présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur. Le raccordement au PC se fait par l'intermédiaire d'un câble USB.

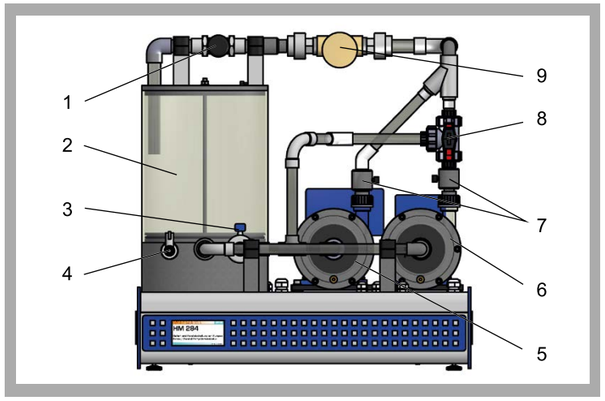
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

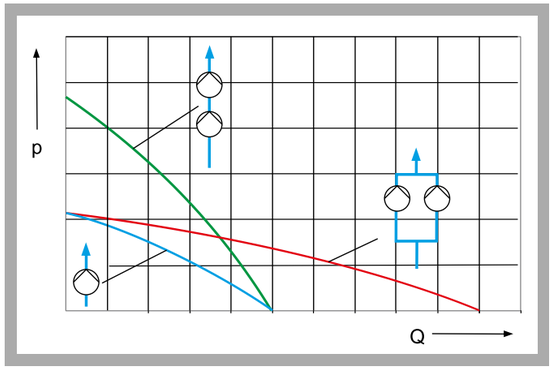
- comportement en service des pompes centrifuges
  * avec une pompe
  * avec un montage en série
  * avec un montage en parallèle
- enregistrement de caractéristiques de la pompe
- détermination des rendements des pompes
- enregistrement de la caractéristique de l'installation

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

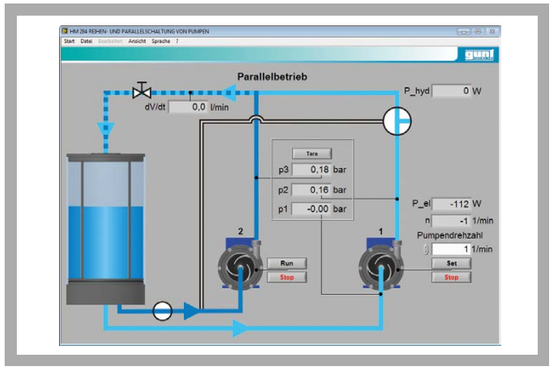
HM 284 Montage en série et en parallèle de pompes



1 soupape pour l'ajustage du débit, 2 réservoir d'eau, 3 soupape pour configuration de fonctionnement de pompes en série ou en parallèle, 4 évacuation d'eau, 5 pompe à vitesse de rotation fixe, 6 pompe à vitesse de rotation variable, 7 capteur de pression côté de refoulement, 8 soupape à 3 voies pour fonctionnement de pompes en série ou en parallèle, 9 capteur de débit



Caractéristiques pour différents modes de fonctionnement
en bleu: pompe en fonctionnement individuel, rouge: montage de pompes en parallèle, vert: montage de pompes en série; p pressure, Q débit



Surface utilisateur du logiciel puissant

Spécification

[1] analyse du comportement en service de pompes pour différents modes de fonctionnement
[2] fonctionnement individuel, montage en série ou en parallèle configurables par l'intermédiaire de soupapes
[3] le circuit d'eau fermé comprend des pompes centrifuges avec moteurs d'entraînement et réservoirs d'eau transparents
[4] une pompe à vitesse de rotation variable et une pompe à vitesse de rotation fixe
[5] soupape d'ajustage de la résistance à l'écoulement dans la conduite de refoulement
[6] capteurs de pression du côté d'aspiration et du côté de refoulement des pompes, et de débit
[7] technique de mesure basée sur un microprocesseur
[8] logiciel GUNT spécifique à l'appareil pour l'acquisition de données et la commande par connexion USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Pompes centrifuges avec moteurs
- puissance absorbée: 370W chacune

Pompe à vitesse de rotation variable: 0...3300min^{-1}
- débit de refoulement max.: 40L/min
- hauteur de refoulement max.: 10m

Pompe à vitesse de rotation fixe: env. 2800min^{-1}
- débit de refoulement max.: 40L/min
- hauteur de refoulement max.: 10m

Réservoir d'eau: env. 15L

Plages de mesure
- pression (côté d'aspiration): -1...1bar
- pression (côté de refoulement): 2x 0...5bar
- débit: 10...140L/min

Dimensions et poids

Lxlxh 670x600x670mm
Poids: env. 62kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.28400	HM 284	Montage en série et en parallèle de pompes

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 300 Circuit d'eau hydraulique avec une pompe centrifuge

*** Mesure de la perte de charge sur les robinetteries et la pompe**

*** Mesure du débit**

*** Circuit de pompes clairement disposé**

Description

Les circuits hydrauliques sont conçus en fonction de leur cahier des charges et de leur domaine d'application. Pour concevoir des circuits hydrauliques, il est entre autres nécessaire d'avoir des connaissances sur le comportement du débit et les pertes de charge sur les robinetteries et les pompes ainsi que sur les caractéristiques des pompes. Un circuit hydraulique peut être comparé à un circuit électrique. Cette analogie peut être entre autres mise en évidence avec l'appareil d'essai HM 300.

L'appareil d'essai HM 300 comprend une pompe centrifuge, un rotamètre, une soupape à diaphragme, un réservoir d'eau ainsi que différentes robinetteries supplémentaires. Une fois rempli une première fois, l'appareil d'essai peut être utilisé sans raccord d'eau.

Le débit est ajusté grâce à des soupapes, et lu sur un rotamètre. Les points de mesure de la pression dans le système de tuyauterie ont la forme de chambres annulaires. Ce qui permet d'assurer une mesure de la pression pratiquement sans interférences. Un appareil électronique de mesure de la pression pour la mesure de la pression différentielle est compris dans la liste de livraison. Les points de mesure de la pression sont reliés par paires à un appareil de mesure de la pression sur l'écran duquel on peut lire le différentiel de pression respectif.

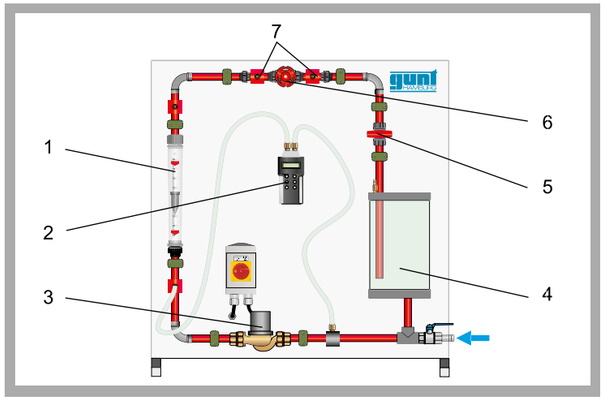
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

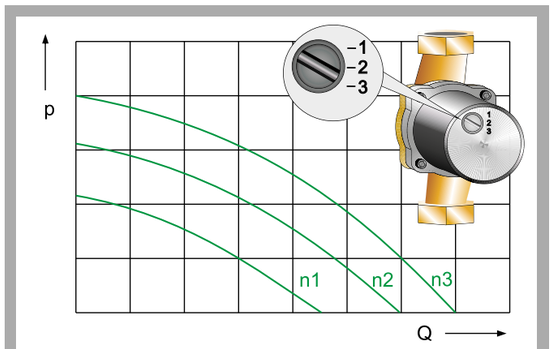
- enregistrement de la caractéristique de pompe
- pertes de charge dans différentes robinetteries en fonction du débit
- détermination du point de travail dans un circuit hydrostatique

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

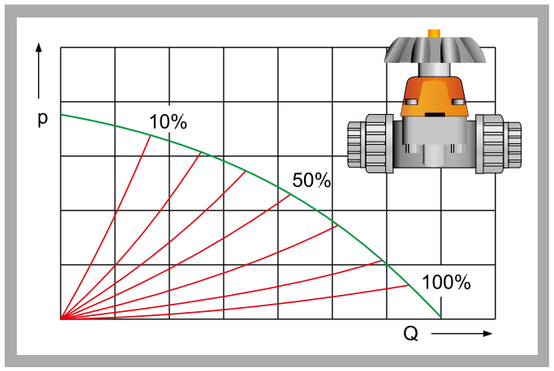
HM 300 Circuit d'eau hydraulique avec une pompe centrifuge



1 débitmètre, 2 appareil de mesure de la pression, 3 pompe, 4 réservoir, 5 soupape d'étranglement, 6 soupape à diaphragme, 7 points de mesure de la pression



Caractéristiques de la pompe avec position de l'interrupteur 1 à 3; p pression, Q débit



Caractéristiques de la soupape avec différents degrés d'ouverture, jusqu'à 100 %; p pression, Q débit

Spécification

[1] pertes de charge sur différents objets de mesure
[2] objets de mesure: pompe, débitmètre, soupape à diaphragme
[3] pompe centrifuge avec 3 vitesses de rotation différentes
[4] circuit d'eau fermé
[5] débit ajustable avec des soupapes
[6] mesure du débit au moyen d'un rotamètre
[7] les chambres annulaires assurent des mesures de pression sans interférences
[8] pression différentielle par appareil électronique de mesure de la pression

Caractéristiques techniques

Réservoir
- volume: 8,5L

Pompe
- puissance absorbée max.: 70W
- débit de refoulement max.: 3,5m³
- trois étages de commutation pour la sélection de la vitesse de rotation

Plages de mesure
- débit: 150...1600L/h
- pression différentielle: -350...350mbar

Dimensions et poids

Lxlxh: 1105x605x1428mm
Poids: env. 85kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 appareil de mesure de la pression
1 documentation didactique

Références de commande

070.30000	HM 300	Circuit d'eau hydraulique avec une pompe centrifuge

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 332 Caractéristiques de pompes montées en parallèle et en série

*** Fonctionnement de pompes centrifuges montées en parallèle et en série**

*** Détermination de caractéristiques de pompes et d'installation**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition de données**

Description

Dans la pratique, et pour des raisons économiques, on monte souvent plusieurs pompes en parallèle ou en série. Sur le montage en parallèle, les pompes refoulent dans une conduite de refoulement commune. À condition que les pompes utilisées atteignent la même hauteur de refoulement. Les montages en parallèle offrent l'avantage de permettre le fonctionnement d'une seule pompe lorsque les besoins sont faibles, et l'activation de pompes supplémentaires en cas d'augmentation du débit de refoulement. Dans le montage en série, des pompes ayant les mêmes débits de refoulement sont disposées les unes à la suite des autres. Cette disposition permet de venir à bout de hauteurs de refoulement élevées et est souvent plus économique qu'une pompe unique avec une hauteur de refoulement élevée.

Avec ce banc d'essai HM 332, on étudie le fonctionnement commun de deux pompes centrifuges et on met en évidence les différences qui existent entre le montage parallèle et le montage en série. Les composants utilisés sont courants en métrologie et assurent donc une étroite relation avec la pratique.

Le banc d'essai dispose d'un circuit d'eau fermé et est équipé de deux pompes de même type, qui sont entraînées par des moteurs à vitesse de rotation régulée. Sur les moteurs des pompes centrifuges, la vitesse de rotation peut être ajustée variablement via un convertisseur de fréquence. Tous les moteurs sont montés en palier oscillant, ce qui permet de mesurer le couple d'entraînement au moyen d'un capteur de force et d'en déduire la puissance d'entraînement mécanique.

Des capteurs enregistrent les pressions d'entrée et de sortie des pompes. Le débit est mesuré à l'aide d'un débitmètre électromagnétique. Les valeurs pertinentes peuvent être lues sur des affichages numériques. Les valeurs sont transmises vers un PC afin d'y être évaluées à l'aide d'un logiciel fourni. La transmission des données au PC se fait par une interface USB. Les données de puissance de la pompe et les pertes dans la conduite sont calculées par le logiciel et représentées sous la forme de courbes caractéristiques. Des grandeurs caractéristiques des pompes sont déterminées à partir des valeurs de mesure. En plus, les apprenants se familiarisent avec le comportement en service des pompes centrifuges et peuvent s'exercer à démarrer et arrêter correctement une telle installation de pompes.

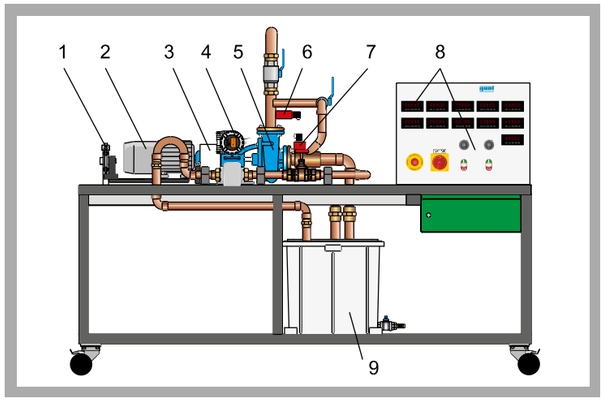
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

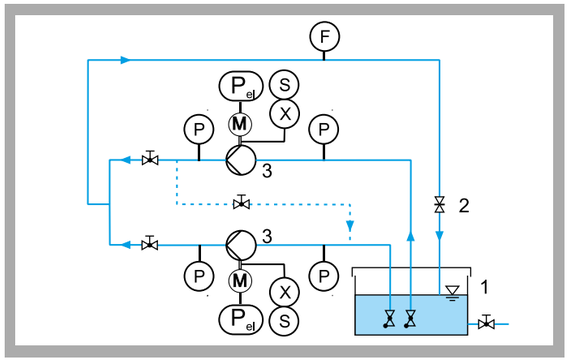
- étude du comportement en service des pompes centrifuges
- enregistrement de la caractéristique de la pompe
- enregistrement de la caractéristique de l'installation
- détermination du rendement
- étude du montage en série et du montage en parallèle de pompes
- démarrage et arrêt d'installations de pompes

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

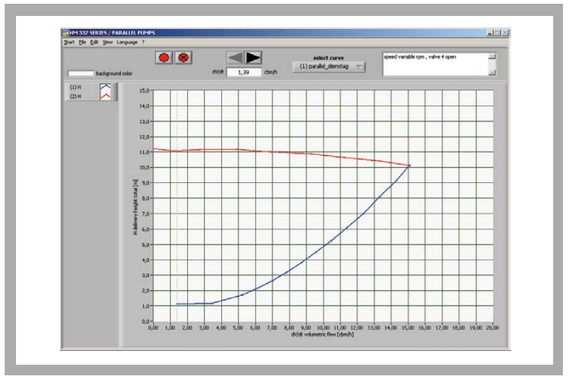
HM 332 Caractéristiques de pompes montées en parallèle et en série



1 capteur de force, 2 moteur d'entraînement, 3 capteur de vitesse de rotation sous couvercle, 4 débitmètre électromagnétique, 5 pompe, 6 capteur de pression côté de refoulement, 7 capteur de pression côté d'aspiration, 8 éléments d'affichage et de commande, 9 réservoir de stockage



Montage de pompes en parallèle: 1 réservoir de stockage, 2 soupape pour l'ajustage du débit, 3 pompe avec moteur d'entraînement; P pression, F débit, S vitesse de rotation, X couple de rotation, P_{el} puissance



Capture d'écran du logiciel: en rouge: caractéristique de la pompe, en bleu: caractéristique de l'installation avec montage en parallèle des pompes

Spécification

[1] banc d'essai avec 2 pompes centrifuges en fonctionnement en parallèle ou en série
[2] circuit d'eau fermé
[3] moteurs d'entraînement avec vitesse de rotation ajustable
[4] moteur monté en palier oscillant, mesure des couples par un bras de levier et un capteur de force
[5] capteur de vitesse de rotation inductif sur le moteur
[6] débitmètre électromagnétique
[7] affichages numériques de la puissance absorbée, du couple de rotation, de la vitesse de rotation, de la pression et du débit
[8] logiciel GUNT pour l'acquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

2 pompes
- hauteur de refoulement max.: 16,9m

2 moteurs d'entraînement
- vitesse de rotation nominale: 2800min^{-1}

Réservoir de stockage: 96L

Plages de mesure
- pression
  côté d'aspiration, pompe 1: -1...0,6bar
  côté de refoulement, pompe 1: 0...2,5bar
  côté d'aspiration, pompe 2: -1...3bar
  côté de refoulement, pompe 2: 0...6bar
- débit: 0...480L/min
- vitesse: 2x 0...3000min^{-1}
- couple de rotation: 2x 0...10Nm
- puissance: 2x 2200W

Dimensions et poids

Lxlxh: 2000x750x1690mm
Poids: env. 198kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 230V, 60Hz, 3 phases

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.33200	HM 332	Caractéristiques de pompes montées en parallèle et en série

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

CONNAISSANCES DE BASE

POMPES VOLUMÉTRIQUES

Principe de base des pompes volumétriques

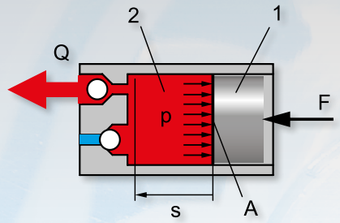
Sur les pompes volumétriques, la transmission de l'énergie vers le fluide se fait de manière hydrostatique. Lors de la transmission hydrostatique de l'énergie, un organe déplaceur réduit un espace de travail rempli de fluide et achemine le fluide en direction de la conduite de refoulement. L'organe déplaceur exerce alors une pression sur le fluide. Lorsque l'espace de travail s'agrandit, l'organe est à nouveau rempli de fluide venant de la conduite d'aspiration.

Le travail réalisé W_s est le produit de la force de déplacement ***F*** et de la distance de déplacement ***s***. Cette équation peut également être écrite comme le produit de la cylindrée V_s par la pression de refoulement ***p***.

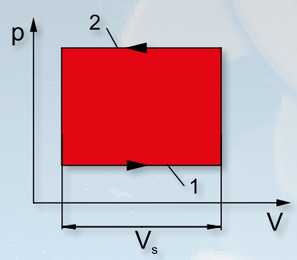
$$W_S = F \cdot s = A \cdot p \cdot s = V_S \cdot p$$

La puissance transmise sur le fluide est calculée à partir de débit volumétrique ***Q*** et de la pression de refoulement ***p***.

$$P = Q \cdot p$$



1 organe déplaceur, 2 espace de travail
Q débit volumétrique, F force de déplacement,
A surface, p pression de refoulement,
s distance de déplacement



*Représentation du processus de pompage d'une pompe volumétrique dans un diagramme **p,V.** Lors de l'aspiration **1,** le volume augmente lorsque la pression est faible. L'extraction **2** a lieu sous l'effet de la réduction du volume à pression élevée. La surface confinée correspond au travail réalisé sur le fluide.*

Avantages des pompes volumétriques

- faible dépendance du débit de refoulement par rapport à la hauteur de refoulement; conviennent donc bien pour les pompes de dosage et pompes à injection
- adaptées aux pressions élevées à très élevées; seul un étage requis
- très bonne puissance d'aspiration, même avec une part gazeuse
- adaptées aux fortes viscosités (pâtes)
- débit de refoulement ajustable de manière très exacte et reproductible par le biais de la course et du nombre de courses
- alimentation cyclique possible
- bien adaptées aux faibles vitesses de rotation d'entraînement
- pour les pompes oscillantes, entraînement pneumatique, hydraulique ou électromagnétique direct possible

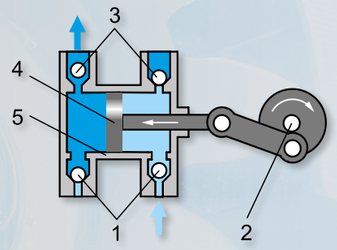
Inconvénients des pompes volumétriques

- le principe de fonctionnement n'inclut pas de limitation de la pression, c'est pourquoi une soupape de sécurité ou soupape de limitation de la pression est requise
- sur les pompes volumétriques oscillantes, un fonctionnement sans vibrations n'est possible qu'avec un complexe équilibrage des masses
- les pompes volumétriques oscillantes ne sont pas bien adaptées aux vitesses de rotation élevées
- sur les pompes volumétriques oscillantes, un débit de refoulement, et donc un amortisseur de pulsations sont requis
- pour certains types, construction avec soupapes compliquée et propice aux pannes
- davantage de pièces d'usure que sur les pompes centrifuges

Types de pompes volumétriques

Parmi les pompes volumétriques, on distingue les pompes **oscillantes** et les pompes **rotatives.**

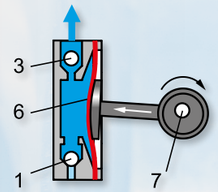
EXEMPLES DE POMPES VOLUMÉTRIQUES OSCILLANTES



Pompe à piston

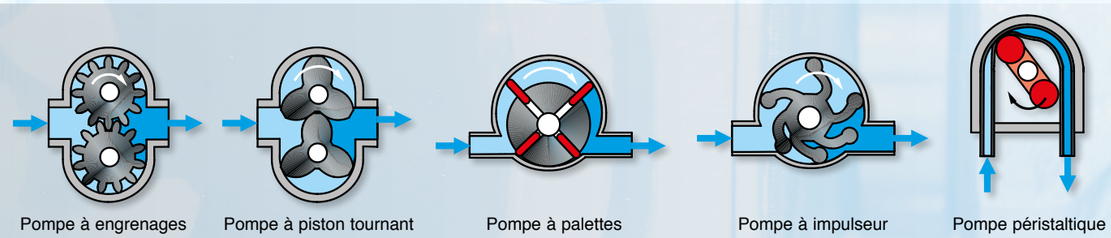
Construction de pompes volumétriques oscillantes

1 *soupape d'aspiration*
2 *mécanisme bielle-manivelle*
3 *soupape de refoulement*
4 *piston*
5 *cylindre*
6 *membrane*
7 *mécanisme à excentrique*



Pompe à membrane

EXEMPLES DE POMPES VOLUMÉTRIQUES ROTATIVES

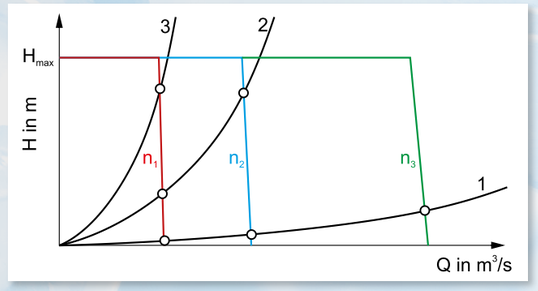

Pompe à engrenages — Pompe à piston tournant — Pompe à palettes — Pompe à impulseur — Pompe péristaltique

Étant donné que les pompes volumétriques possèdent souvent de nombreux espaces de travail dont le remplissage et la vidange se chevauchent, ces pompes refoulent de manière plus homogène que les pompes volumétriques oscillantes avec peu d'espaces de travail. Grâce à l'organe déplaceur rotatif, les pompes ont un bon équilibrage des masses et fonctionnent avec peu de vibrations même à des vitesses de rotation élevées.

Pour les applications pour lesquelles un refoulement à pulsations est souhaité telles que par exemple pour les pompes à injection des moteurs, seules les pompes volumétriques oscillantes sont adaptées. De manière générale, les pompes volumétriques oscillantes ont une construction plus complexe, étant donné que l'entraînement rotatif doit être converti en mouvement de piston oscillant. Cela est réalisé au moyen d'un mécanisme bielle-manivelle, d'un mécanisme à excentrique ou à came. En plus, une soupape de pression au moins est requise, qui empêche le retour du fluide.

Comportement en service et points de travail d'une pompe volumétrique

Les pompes volumétriques possèdent des caractéristiques très abruptes. Le débit volumétrique ***Q*** est pratiquement indépendant de la hauteur de refoulement ***H***. La hauteur de refoulement maximale H_{max} est limitée la plupart du temps par une soupape de limitation de la pression ou une soupape de sécurité. C'est pourquoi le débit de refoulement est pratiquement indépendant de la caractéristique de l'installation. Au contraire de la pompe centrifuge, il n'est pas possible de réguler le débit de refoulement en augmentant les résistances de l'installation. Cela est réalisé par le biais d'une modification de la vitesse de rotation $(n_1\text{-}n_3)$ ou de la cylindrée. Les courbes en noir représentent les caractéristiques de l'installation avec une vitesse de rotation variable ***1...3***.



HM 285 Essais sur une pompe à piston

*** Modèle illustratif d'une pompe volumétrique typique**

*** Circuit d'eau fermé**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**

*** Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

Description

Les pompes à piston font partie du groupe des pompes volumétriques. Elles transportent le fluide par le biais d'un mouvement de va-et-vient du piston dans l'espace de travail de la pompe baptisé course. La course produit un effet d'aspiration et de refoulement permettant de transporter l'eau. Les pompes à piston sont utilisées lorsque des pressions élevées doivent être générées. Leur débit de refoulement ne dépend pratiquement pas de la hauteur de refoulement et est uniquement déterminé par la vitesse de rotation. Leur comportement d'aspiration est excellent.

L'appareil d'essai permet de réaliser des essais de base afin d'étudier le comportement en service et de déterminer les principales grandeurs caractéristiques des pompes à piston.

Le HM 285 dispose d'un circuit d'eau fermé avec un réservoir d'eau ainsi que d'une pompe à piston à vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence et d'un réservoir à air. Le piston de la pompe, intégré dans un boîtier transparent, peut être observé pendant le fonctionnement. Le cycle qui se produit ici (aspiration et refoulement de l'eau) peut être visualisé dans le diagramme p,V. Le réservoir à air permet d'amortir l'évolution ondulée de la pression de la pompe. La soupape à pointeau et la soupape de décharge servent à ajuster le débit de refoulement et la hauteur de refoulement.

L'appareil d'essai est équipé de capteurs de mesure de la pression et de débit. Un capteur de pression à la sortie de la pompe et un second à l'intérieur du cylindre mesurent la pression. Un détecteur d'inclinaison permet de déterminer la position de la tige du piston et de définir ainsi le volume du cylindre.

La technique de mesure basée sur un microprocesseur est bien protégée à l'intérieur du boîtier. L'association du logiciel GUNT et du microprocesseur présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur. Le raccordement au PC se fait par l'intermédiaire d'un câble USB.

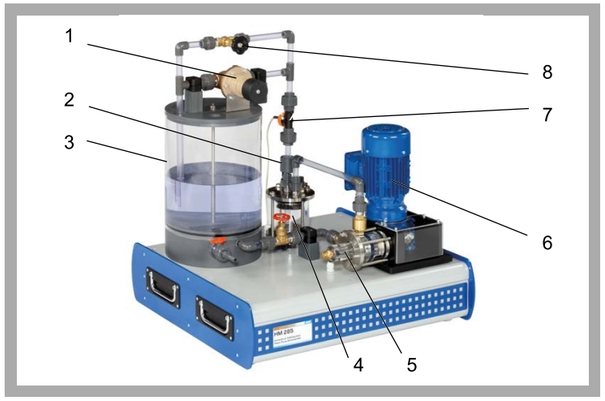
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

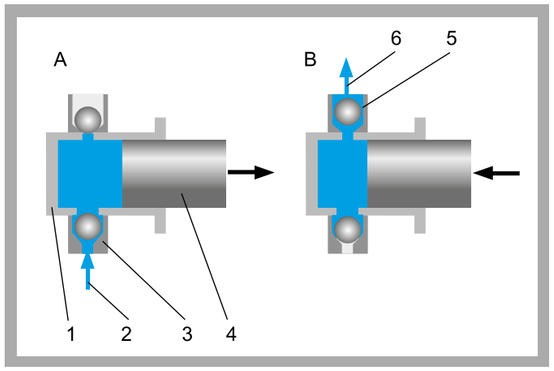
- principe de fonctionnement d'une pompe à piston
- enregistrement des caractéristiques de la pompe
- évolutions de la pression de refoulement et de la pression du cylindre
- influence de l'amortissement des pulsations
- diagramme p,V
- détermination des rendements

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

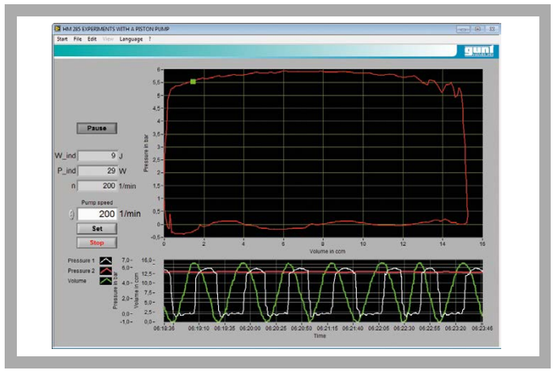
HM 285 Essais sur une pompe à piston



1 soupape de décharge, 2 capteur de pression côté de refoulement, 3 réservoir d'eau, 4 réservoir à air, 5 pompe à piston, 6 moteur, 7 capteur de débit, 8 soupape à pointeau pour l'ajustage du débit



Principe de fonctionnement d'une pompe à piston: A aspiration et B refoulement
1 cylindre, 2 entrée d'eau, 3 soupape d'aspiration, 4 piston, 5 soupape de refoulement, 6 sortie d'eau



Surface utilisateur du logiciel puissant

Spécification

[1] fonction et comportement en service d'une pompe à piston
[2] le circuit d'eau fermé contient la pompe à piston à vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence, le réservoir d'eau transparent et le réservoir à air
[3] boîtier transparent permettant d'observer le piston de la pompe
[4] soupape à pointeau pour l'ajustage du débit de refoulement
[5] soupape de décharge pour l'ajustage de la hauteur de refoulement
[6] amortissement des pulsations de la pression de refoulement au moyen du réservoir à air avec purge d'air
[7] capteurs de pression du côté de refoulement et dans le cylindre de la pompe, capteurs de débit et d'angle d'inclinaison
[8] technique de mesure basée sur un microprocesseur
[9] logiciel GUNT spécifique à l'appareil pour l'acquisition de données et la commande par connexion USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Pompe à piston
- vitesse de rotation: 30...180min^{-1}
- débit de refoulement max.: 135L/h
- hauteur de refoulement max.: 40m

Moteur d'entraînement
- puissance: 180W

Rapport de transmission: i=7,5
Soupape de décharge: 1...4bar

Plages de mesure
Pression (cylindre): 0...5bar
Pression (côté de refoulement): 0...5bar
Angle d'inclinaison: 0...360°
Débit: 0,2...6L/min

Dimensions et poids

Lxlxh: 670x590x740mm
Poids: env. 49kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.28500	HM 285 Essais sur une pompe à piston

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 286 Essais sur une pompe à engrenages

*** Modèle illustratif d'une pompe à piston rotatif**

*** Circuit d'huile fermé**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**

*** Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

Description

Les pompes à engrenages font partie du groupe des pompes volumétriques avec débit de refoulement continu. Deux engrenages tournant en sens inverse acheminent le fluide du côté d'aspiration vers le côté de refoulement. Le fluide acheminé se trouve entre le boîtier et les interstices des dents. Le débit de refoulement faible en pulsations augmente de manière linéaire avec la vitesse de rotation. Ces pompes sont particulièrement adaptées à la production de pressions moyennes à de faibles valeurs de débit.

L'appareil d'essai permet de réaliser des essais de base afin d'étudier le comportement en service et de déterminer les principales grandeurs caractéristiques des pompes à engrenages.

Le HM 286 dispose d'un circuit fermé avec un réservoir et une pompe à engrenages avec entraînement à vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence. Les engrenages de la pompe, intégrés dans un boîtier transparent, peuvent être observés pendant le fonctionnement. La soupape à pointeau et la soupape de décharge servent à ajuster le débit de refoulement et la hauteur de refoulement. C'est l'huile qui est utilisée comme moyen d'acheminement.

L'appareil d'essai est équipé de capteurs de mesure de la pression et de la température. Le débitmètre à roues ovales est particulièrement bien adapté à la mesure précise du débit des liquides visqueux. Il fonctionne selon le principe du refoulement avec deux engrenages ovales de précision.

La technique de mesure basée sur un microprocesseur est bien protégée à l'intérieur du boîtier. L'association du logiciel GUNT et du microprocesseur présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur. Le raccordement au PC se fait par l'intermédiaire d'un câble USB.

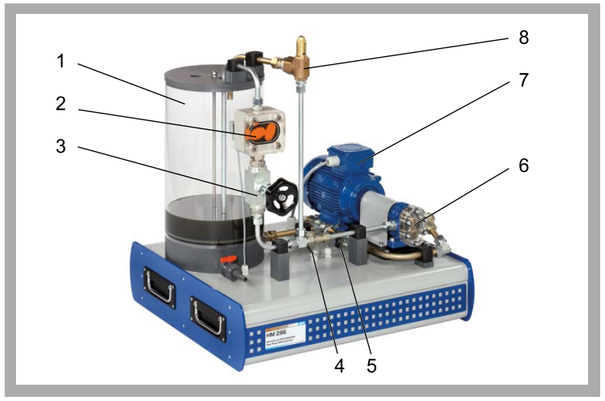
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

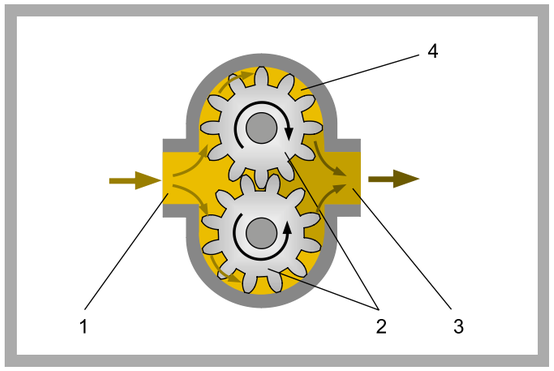
- principe de fonctionnement d'une pompe à engrenages
- enregistrement de caractéristiques de la pompe
- rapport entre la hauteur de refoulement et la vitesse de rotation
- influence de la limitation de la pression
- détermination des rendements

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

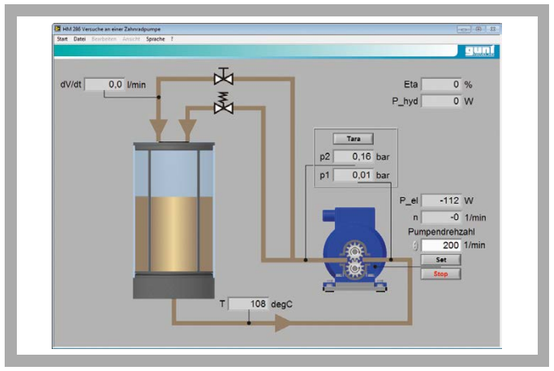
HM 286 Essais sur une pompe à engrenages



1 réservoir, 2 capteur de débit (débitmètre à roue ovale), 3 soupape à pointeau, 4 capteur de pression côté de refoulement, 5 capteur de pression côté d'aspiration, 6 pompe à engrenages, 7 entraînement, 8 soupape de décharge pour l'ajustage de la pression de refoulement



Principe de fonctionnement d'une pompe à engrenages
1 entrée d'huile, 2 engrenages, 3 sortie d'huile, 4 interstices des dents utilisé comme chambre de refoulement



Surface utilisateur du logiciel puissant

Spécification

[1] fonction et comportement en service d'une pompe à engrenages
[2] le circuit d'huile fermé comprend une pompe à engrenages à vitesse variable via un convertisseur de fréquence et réservoir transparent
[3] boîtier transparent permettant d'observer les engrenages de la pompe
[4] soupape à pointeau pour l'ajustage du débit de refoulement
[5] soupape de décharge pour l'ajustage de la hauteur de refoulement
[6] capteurs de température et de pression du côté d'aspiration et du côté de refoulement de la pompe
[7] débitmètre à roue ovale utilisé comme capteur de débit
[8] technique de mesure basée sur un microprocesseur
[9] logiciel GUNT spécifique à l'appareil pour l'acquisition de données et la commande par connexion USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Pompe à engrenages à vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence
- puissance absorbée: 370W
- vitesse de rotation nominale: 200...1000min^{-1}
- débit de refoulement max.: 15cm³/tour
- hauteur de refoulement max.: 100m

Soupape de décharge: 0...5,5bar

Plages de mesure
- pression (côté d'aspiration): -1...1bar
- pression (côté de refoulement): 0...5bar
- débit: 0...25L/min
- température: 0...100°C

Dimensions et poids

Lxlxh: 670x590x750mm
Poids: env. 50kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
5L d'huile (ISO VG 100)
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.28600	HM 286	Essais sur une pompe à engrenages

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

CONNAISSANCES DE BASE

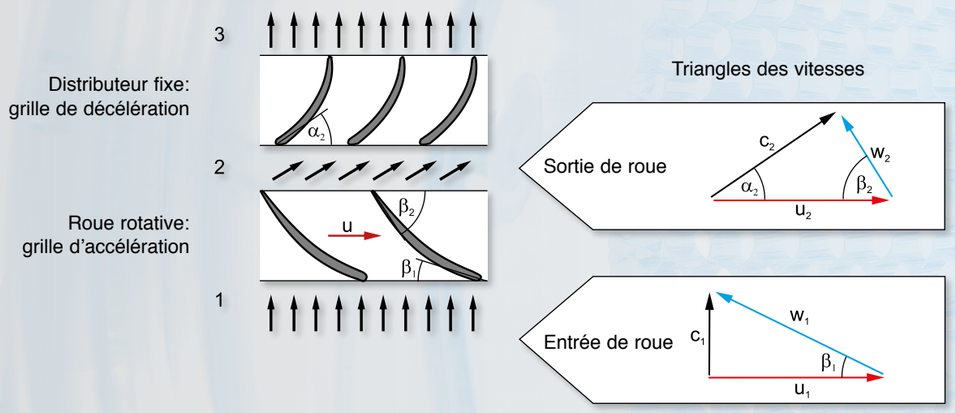
VENTILATEURS

Principe de base de ventilateurs

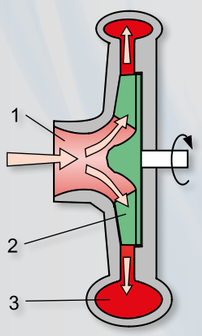
Les ventilateurs sont des turbomachines servant au refoulement de fluides gazeux tels que l'air. Une grandeur caractéristique des ventilateurs est le rapport de pression π, qui indique le rapport entre la pression finale absolue et la pression d'aspiration absolue. Les ventilateurs se différencient des compresseurs de par leur rapport de pression inférieur (maximum compris entre 2,5 à 1,1).

Sur un ventilateur, la transmission de l'énergie au fluide se fait au moyen de forces d'écoulement aérodynamiques. Le fluide y est accéléré par la roue du ventilateur. C'est pourquoi la roue du ventilateur doit se déplacer rapidement et donc avoir une vitesse de rotation élevée. Ici s'applique: plus le rapport de pression est élevé, plus la vitesse périphérique et la vitesse de rotation sont élevées. La plage de vitesse périphérique va de 15 m/s sur les petits ventilateurs domestiques à plus de 600 m/s avec des vitesses de rotation supérieures à 150.000 min^{-1} sur les turbocompresseurs. En théorie et pour faciliter les calculs, le fluide peut être considéré comme incompressible lorsque les pressions et les vitesses sont élevées. Il doit par contre être considéré comme compressible pour les calculs lorsque les pressions sont élevées.

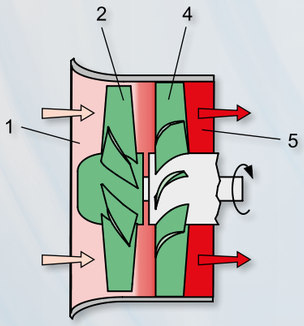
VITESSES SUR UNE GRILLE D'AUBES; EXEMPLE AVEC UN VENTILATEUR AXIALE



__c__ vitesse absolue du fluide, __w__ vitesse relative du fluide,
__u__ vitesse périphérique de la roue



Ventilateur radiale



Ventilateur axiale

Types

Comme pour les autres turbomachines, on fait la distinction selon le ventilateur radiale et le ventilateur axiale en fonction de la direction d'écoulement.

__1__ entrée, __2__ roue, __3__ volute,
__4__ aubes directrices, __5__ sortie

Nombre caractéristique de ventilateur

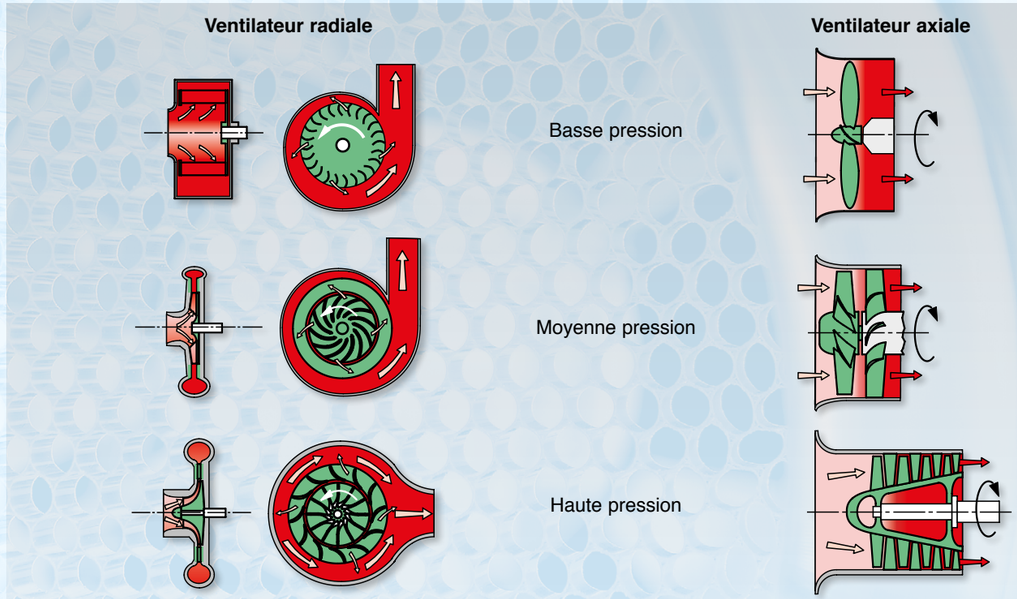
La vitesse spécifique σ est caractéristique pour un ventilateur. On l'obtient à partir de la vitesse de rotation n, du débit volumétrique ***Q*** et de l'énergie hydraulique spécifique ***Y***.

$$\sigma = n \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{\pi} \cdot \sqrt{Q}}{(2 \cdot Y)^{3/4}}$$

Le rendement le plus favorable d'un ventilateur est atteint à une vitesse spécifique de σ = 0,3 – 0,6.

L'énergie hydraulique spécifique ***Y*** est la différence de capacité de travail du fluide entre l'entrée et la sortie de la turbomachine. Elle est égale au produit de la hauteur de refoulement ***H*** et de l'accélération de la pesanteur ***g***.

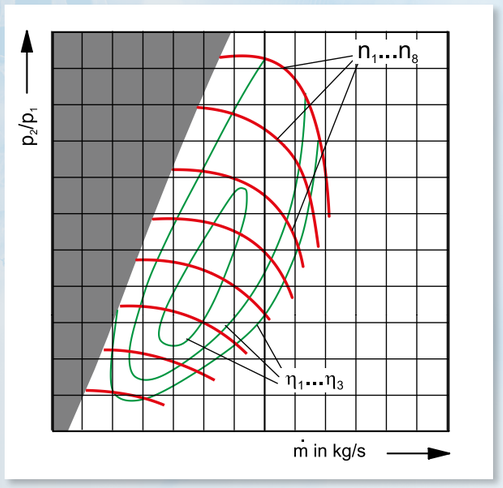
FORMES DE ROUE DES VENTILATEURS



Comportement en service

Le diagramme montre le champ caractéristique d'un ventilateur haute pression. Le rapport de pression p_2/p_1 en fonction du débit massique est ici rapporté en rouge pour différentes vitesses de rotation n_1 à n_8. Les lignes de même rendement η_1 à η_3 sont elles représentées en vert.

Pour les faibles débits massiques, la plage de fonctionnement est limitée par ce qu'on appelle la hauteur maximale d'aspiration (zone grise). Pour les faibles débits massiques, l'écoulement dans la roue est instable, il se produit un décollement de l'écoulement et des retours partiels d'écoulement. En particulier pour les compresseurs axials, cette zone doit être évitée étant donné que les aubes y sont soumis à une forte contrainte.



HM 280 Essais sur un ventilateur radial

*** 2 roues remplaçables**

*** Tuyau transparent de refoulement et d'aspiration**

*** Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**

*** Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

Description

Les ventilateurs radiaux sont utilisés pour l'acheminement de gaz lorsque les différentiels de pression ne sont pas trop importants. Le gazest aspiré axialement par rapport à l'axe d'entraînement du ventilateur radial, et dévié de 90° puis expulsé radialement sous l'effet de la rotation de la roue.

L'appareil d'essai permet de réaliser des essais de base afin d'étudier le comportement en service et de déterminer les principales grandeurs caractéristiques des ventilateurs radiaux.

Le HM 280 dispose d'un ventilateur radial à vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence, d'un tuyau d'aspiration et d'un tuyau de refoulement. Le tuyau d'aspiration transparent est muni de tôles de guidage de l'écoulement et d'un redresseur d'écoulement servant à calmer l'air. Ce qui permet de réaliser des mesures précises même en cas d'étranglement important. L'écoulement d'air est ajusté par une vanne papillon au bout du tuyau de refoulement.

Afin de démontrer l'influence de différentes formes d'aubes, deux roues sont intégrées au contenu de la livraison: une roue avec des aubes incurvées à l'avant et une roue avec des aubes incurvées à l'arrière. Les roues sont faciles à remplacer.

L'appareil d'essai est équipé de capteurs de pression et de température. Le débit est déterminé par une mesure de la pression différentielle au niveau de la buse d'entrée.

La technique de mesure basée sur un microprocesseur est bien protégée à l'intérieur du boîtier. L'association du logiciel GUNT et du microprocesseur présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur. Le raccordement au PC se fait par l'intermédiaire d'un câble USB.

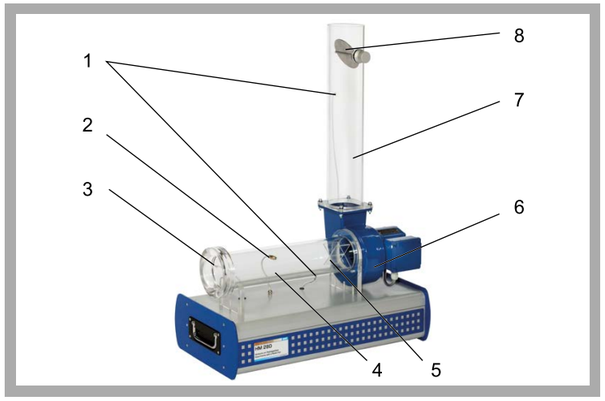
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

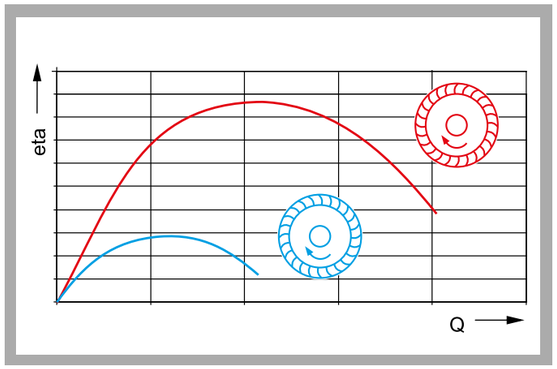
- comportement en service et grandeurs caractéristiques d'un ventilateur radial
- enregistrement de la caractéristique du ventilateur (pression différentielle comme fonction du débit)
- influence de la vitesse de rotation de la roue sur la pression
- influence de la vitesse de rotation de la roue sur le débit
- influence des différentes formes de roues sur la caractéristique du ventilateur et sur le rendement
- détermination de la puissance hydraulique fournie et du rendement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

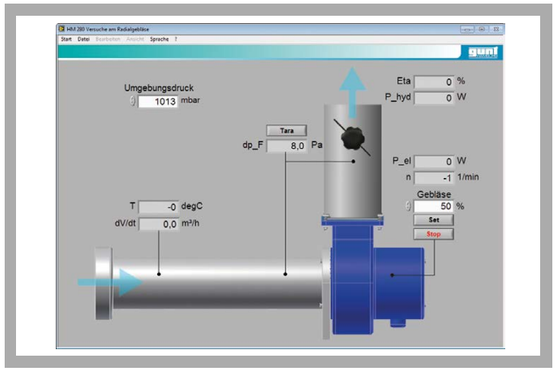
HM 280 Essais sur un ventilateur radial



1 points de mesure de la pression, 2 point de mesure de la température, 3 buse d'entrée avec point de mesure de la pression statique, 4 tuyau d'aspiration, 5 tôles de guidage, 6 ventilateur radial avec moteur d'entraînement, 7 tuyau de refoulement, 8 vanne papillon



Rendements comparatifs; en rouge: roue avec aubes incurvées à l'avant, en bleu: roue avec aubes incurvées à l'arrière; eta rendement, Q débit



Surface utilisateur du logiciel puissant

Spécification

[1] fonction et comportement en service d'un ventilateur radial
[2] ventilateur radial avec moteur triphasé
[3] vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence
[4] tuyau d'aspiration et de refoulement transparent
[5] vanne papillon pour l'ajustage de l'écoulement d'air dans le tuyau de refoulement
[6] roues remplaçables: 1 roue avec des aubes incurvées à l'avant et 1 roue avec des aubes incurvées à l'arrière
[7] détermination du débit à travers la buse d'entrée
[8] affichage de la pression différentielle, du débit, de la vitesse de rotation, de la puissance électrique absorbée et de la puissance hydraulique fournie, de la température et du rendement
[9] technique de mesure basée sur un microprocesseur
[10] logiciel GUNT spécifique à l'appareil pour l'acquisition de données et la commande par connexion USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Tuyau d'aspiration
- diamètre intérieur: 90mm
- longueur: 430mm

Tuyau de refoulement
- diamètre intérieur: 100mm
- longueur: 530mm

Ventilateur radial
- puissance absorbée: 110W
- vitesse de rotation nominale: 2880min^{-1}
- débit de refoulement max.: 480m³/h
- pression différentielle max.: 300Pa

Plages d'affichage / de mesure
- pression différentielle: 0...1800Pa
- débit: 0...1000m³/h
- température: 0...100°C
- vitesse de rotation: 0...3300min^{-1}
- puissance électrique absorbée: 0...250W

Dimensions et poids

Lxlxh: 670x340x940mm
Poids: env. 20kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
2 roues
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.28000	HM 280	Essais sur un ventilateur radial

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 210 Grandeurs caractéristiques d'un ventilateur radial

*** Étude d'un ventilateur radial et détermination des grandeurs caractéristiques**

*** Détermination du débit volumétrique à l'aide d'un diaphragme à iris ou d'une tube de Venturi**

*** Mesure de la pression différentielle avec une précision de mesure variable à l'aide de différents manomètres à liquide**

*** Documentation didactique bien structurée**

Description

Les ventilateurs sont les composants centraux des installations de ventilation et sont utilisés pour la ventilation, le refroidissement, le séchage ou le transport pneumatique. Les grandeurs caractéristiques d'un ventilateur sont d'une grande importance pour une conception optimale de ces installations.

Le HM 210 permet d'étudier un ventilateur radial. Ce banc d'essai permet de déterminer à titre expérimental la dépendance entre la pression de refoulement et le débit volumétrique, ainsi que l'influence qu'exerce la vitesse de rotation du ventilateur sur la pression de refoulement et le débit volumétrique.

Le ventilateur radial aspire axialement l'air ambiant. La roue, qui tourne à une vitesse de rotation élevée, accélère la sortie de l'air vers l'extérieur. La vitesse élevée à la sortie de la roue est convertie partiellement en énergie de pression dans la volute. La section de tuyau verticale se raccorde à la volute. Dans la section de tuyau, une tube de Venturi détermine le débit volumétrique et une vanne papillon ajuste le débit volumétrique. Il est possible d'utiliser un diaphragme à iris, qui convient particulièrement à l'ajustage et à la détermination simultanés du débit volumétrique grâce à sa section variable. Les pressions différentielles utilisées pour calculer le débit volumétrique sont relevées à l'aide de manomètres à liquide. La pression de refoulement du ventilateur radial est également mesurée à l'aide des manomètres à liquide. Un manomètre à tube en U, un manomètre à tube et un manomètre à tube incliné présentant des plages de mesure échelonnées sont disponibles.

La vitesse de rotation du ventilateur est ajustée à l'aide d'un convertisseur de fréquence. La vitesse de rotation, le couple et la puissance électrique sont affichés sous forme numérique. Des considérations énergétiques sont possibles et le rendement du ventilateur peut ainsi être déterminé.

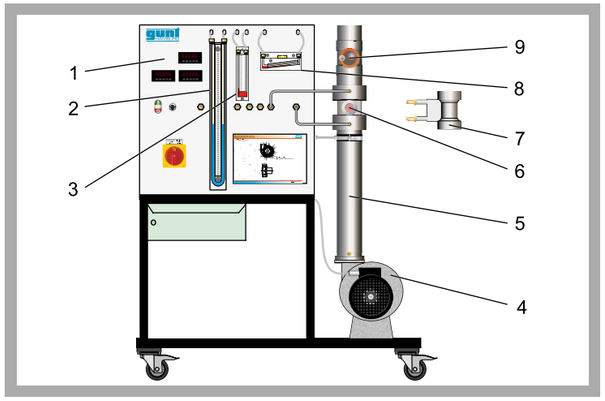
La caractéristique de l'installation est déterminée en enregistrant les paramètres caractéristiques en maintenant l'ajustage de l'étranglement constant mais avec une vitesse de rotation variable. L'interaction entre le ventilateur et l'installation au point de fonctionnement, le dimensionnement de l'installation, est étudiée.

Contenu didactique / Essais

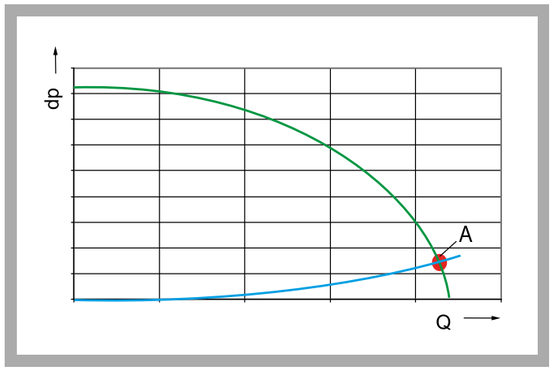
- montage et principe d'un ventilateur radial
- enregistrement des courbes caractéristiques du ventilateur et de l'installation
- méthodes de mesure du débit volumétrique selon la méthode de la pression différentielle à l'aide de: diaphragme à iris, tube de Venturi, comparaison des deux méthodes de mesure
- familiarisation avec des différents appareils de mesure de la pression différentielle
- détermination du rendement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

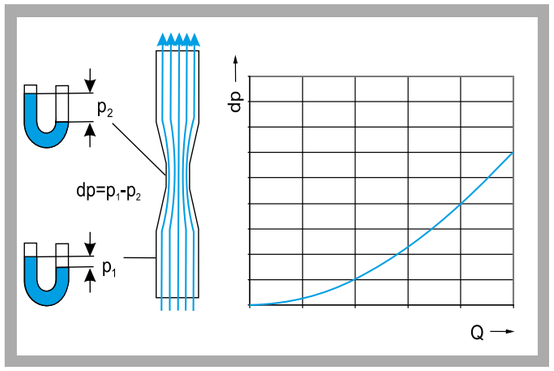
HM 210 Grandeurs caractéristiques d'un ventilateur radial



1 coffret de commande avec éléments d'affichage, 2 manomètre à tube en U, 3 manomètre à tube, 4 ventilateur radial avec orifice d'aspiration, 5 section de tuyau, 6 diaphragme à iris, 7 tube de Venturi, 8 manomètre à tube incliné, 9 vanne papillon



vert: courbe caractéristique du ventilateur, bleu: courbe caractéristique de l'installation, A, rouge: point de fonctionnement de l'installation



Ecoulement de l'air dans la tube de Venturi; p_1, p_2 points de mesure pour les pressions; diagramme: pression différentielle dp en fonction du débit volumétrique Q

Spécification

[1] ventilateur radial utilisé comme turbomachine
[2] diaphragme à iris ou tube de Venturi pour déterminer le débit volumétrique à partir de la pression différentielle
[3] ajustage de la vitesse de rotation à l'aide d'un convertisseur de fréquence
[4] mesure de la pression différentielle à l'aide du manomètre à tube en U, du manomètre à tube et du manomètre à tube incliné
[5] écoulement d'air dans la section de tuyau ajustable à l'aide d'une vanne papillon
[6] affichage de la vitesse de rotation, du couple et de la puissance électrique sous forme numérique

Caractéristiques techniques

Ventilateur radial
- puissance absorbée max.: 370W
- pression différentielle max.: 860Pa
- débit de refoulement max.: 4m³/min
- vitesse nominale de rotation: 3000min^{-1}
- plage de vitesses de rotation: 1000...3000min^{-1}

Diaphragme à iris ajustable, 6 niveaux
- diamètre: 40...70mm
- k=1,8....7,8

Tube de Venturi
- diamètre de l'entrée d'air: 100mm
- diamètre d'étranglement du tube: 80mm
- kv=7,32

Plages de mesure de la pression
- manomètre à tube en U: 30...0...30mbar
- manomètre à tube: 0...15mbar
- manomètre à tube incliné: 0...50Pa

Dimensions et poids

Lxlxh: 1300x720x1500mm
Poids: env. 111kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 230V, 60Hz, 3 phases

Liste de livraison

1 banc d'essai
1 documentation didactique

Références de commande

070.21000	HM 210	Grandeurs caractéristiques d'un ventilateur radial

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 292 Essais sur un compresseur radial

*** Modèle illustratif d'un compresseur radial**
*** Tuyau transparent de refoulement et d'aspiration**
*** Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**
*** Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

Description

Les compresseurs radiaux sont utilisés pour la compression de gaz. Le gaz est aspiré axialement par rapport à l'axe d'entraînement sous l'effet de la rotation de la roue et traverse la roue qui tourne à une vitesse de rotation élevée. La force centrifuge accélère le gaz en direction du bord extérieur, ce qui produit sa compression.

L'appareil d'essai permet de réaliser des essais de base afin d'étudier le comportement en service et de déterminer les principales grandeurs caractéristiques des compresseurs radiaux.

Le HM 292 dispose d'un compresseur radial à deux étages à vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence, d'un tuyau d'aspiration et d'un tuyau de refoulement. Le tuyau d'aspiration et de refoulement est transparent. Avant l'entrée dans le tuyau d'aspiration, une plaque de protection empêche l'aspiration de corps de grande taille ou l'obturation de l'ouverture d'aspiration. L'écoulement d'air est ajusté par une vanne papillon au bout du tuyau de refoulement.

L'appareil d'essai est équipé de capteurs de pression, de température et de vitesse de rotation. Le débit est déterminé par une mesure de la pression différentielle au niveau de la buse d'entrée.

La technique de mesure basée sur un microprocesseur est bien protégée à l'intérieur du boîtier. L'association du logiciel GUNT et du microprocesseur présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur. Le raccordement au PC se fait par l'intermédiaire d'un câble USB.

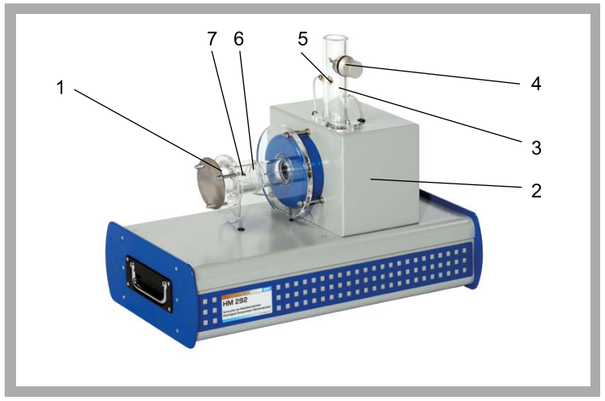
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

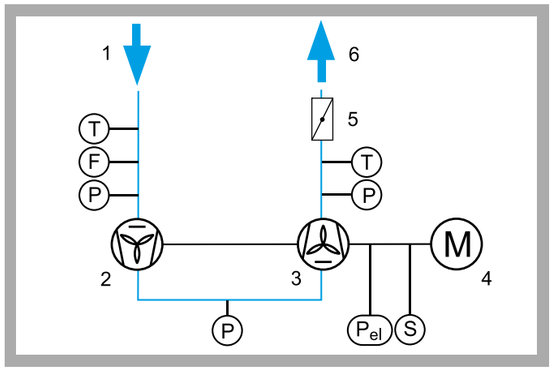
- comportement en service et grandeurs caractéristiques d'un compresseur radial
- enregistrement de la caractéristique du compresseur pour les deux étages
- influence de la vitesse de rotation de la roue sur la pression
- influence de la vitesse de rotation de la roue sur le débit
- répartition des rapports de pression par étage
- effet de la compression sur l'augmentation de la température
- détermination de la puissance hydraulique fournie et du rendement

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

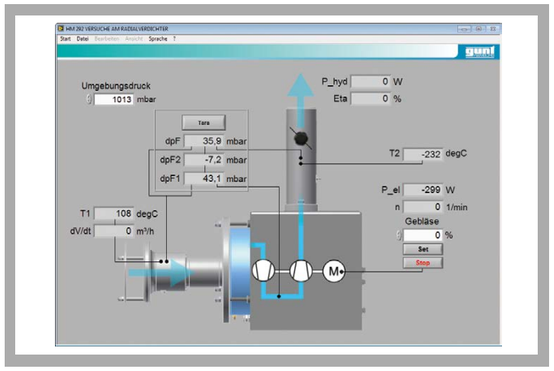
HM 292 Essais sur un compresseur radial



1 entrée d'air avec plaque de protection, 2 compresseur radial à deux étages avec moteur d'entraînement, 3 tuyau de refoulement, 4 vanne papillon, 5 capteur de température, 6 tuyau d'aspiration, 7 capteur de pression



1 entrée d'air, 2 compresseur radial à l'étage 1, 3 compresseur radial à l'étage 2, 4 moteur d'entraînement, 5 vanne papillon, 6 bouche de ventilation; T température, F débit, P pression, P_{el} puissance absorbée, S vitesse de rotation



Surface utilisateur du logiciel puissant

Spécification

[1] fonction et comportement en service d'un compresseur radial
[2] compresseur radial à deux étages avec moteur d'entraînement
[3] vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence
[4] tuyau d'aspiration et de refoulement transparent
[5] vanne papillon pour l'ajustage de l'écoulement d'air dans le tuyau de refoulement
[6] plaque de protection au niveau de l'entrée d'air pour assurer un bon écoulement de l'air
[7] détermination du débit à travers la buse d'entrée
[8] affichage de pressions différentielles, du débit, de la vitesse de rotation, de la puissance électrique absorbée et de la puissance hydraulique fournie, des températures et du rendement
[9] technique de mesure basée sur un microprocesseur
[10] logiciel GUNT pour l'acquisition de données et la commande par connexion USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Tuyau d'aspiration
- diamètre intérieur: 44mm
- longueur: 84mm

Tuyau de refoulement
- diamètre intérieur: 34mm
- longueur: 200mm

compresseur radial à deux étages
- puissance absorbée: 1000W
- vitesse de rotation: 1000...16000min^{-1}
- débit de refoulement max.: 180m³/h
- hauteur de refoulement max.: 235mbar

Plages d'affichage / de mesure
- pression différentielle (étage 1 / étage 2): 0...350mbar
- débit: 0...120m³/h
- température: 2x 0...100°C
- vitesse de rotation (compresseur): 0...21000min^{-1}
- puissance électrique absorbée: 0...1000W

Dimensions et poids

Lxlxh: 670x340x530mm
Poids: env. 20kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

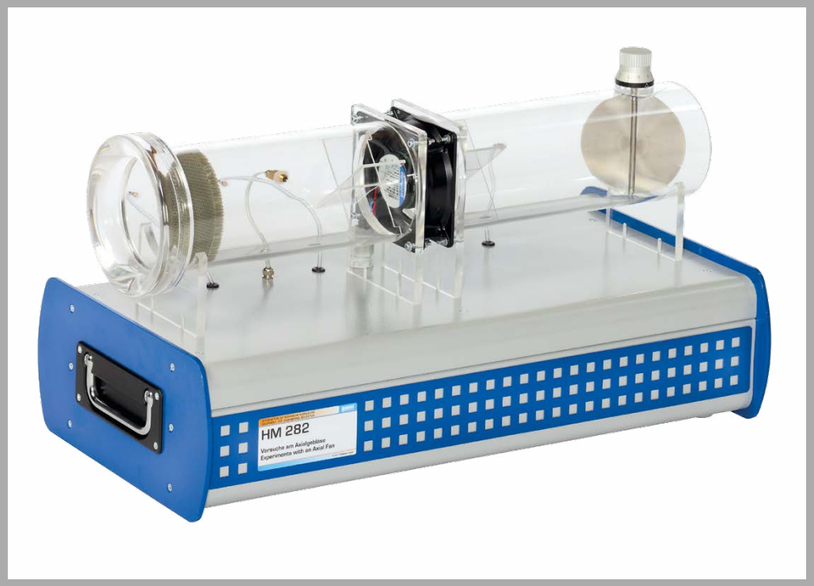
1 appareil d'essai
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.29200	HM 292	Essais sur un compresseur radial

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 282 Essais sur un ventilateur axial



*** Modèle illustratif d'un ventilateur axial**
*** Tuyau transparent de refoulement et d'aspiration**
*** Logiciel GUNT pour l'acquisition des données, la visualisation et la commande**
*** Élément des machines à fluide GUNT-Labline**

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

- comportement en service et grandeurs caractéristiques d'un ventilateur axial
- enregistrement de la caractéristique du ventilateur (pression différentielle comme fonction du débit)
- influence de la vitesse de rotation de la roue sur la pression
- influence de la vitesse de rotation de la roue sur le débit
- décrochage
- détermination de la puissance hydraulique fournie et du rendement

Description

Les ventilateurs axiaux sont utilisés pour l'acheminement de gaz. Le gaz à transporter est aspiré axialement par rapport à l'axe d'entraînement sous l'effet de la rotation de la roue. Le gaz traverse la roue puis est expulsé axialement au-delà de la roue.

L'appareil d'essai permet de réaliser des essais de base afin d'étudier le comportement en service et de déterminer les principales grandeurs caractéristiques des ventilateurs axiaux.

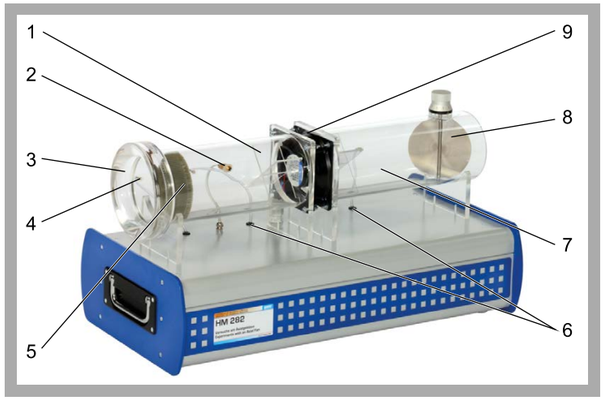
Le HM 282 dispose d'un ventilateur axial à vitesse de rotation variable piloté grâce à un contrôleur intégré, d'un tuyau d'aspiration et d'un tuyau de refoulement. Les tuyaux de refoulement et d'aspiration transparents disposent de tôles de guidage de l'écoulement. Un redresseur d'écoulement servant à calmer l'air se trouve dans le tuyau d'aspiration. Ce qui permet de réaliser des mesures précises même en cas d'étranglement important. L'écoulement d'air est ajusté par une vanne papillon au bout du tuyau de refoulement.

L'appareil d'essai est équipé de capteurs de pression et de température. Le débit est déterminé par une mesure de la pression différentielle au niveau de la buse d'entrée.

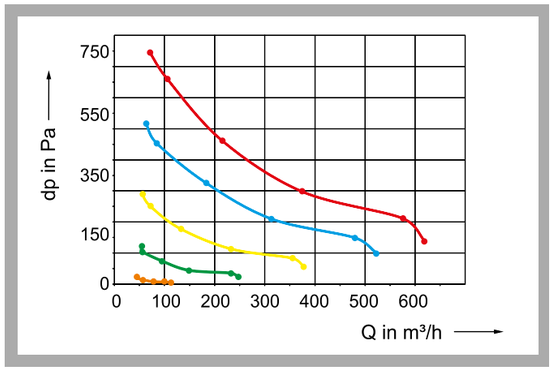
La technique de mesure basée sur un microprocesseur est bien protégée à l'intérieur du boîtier. L'association du logiciel GUNT et du microprocesseur présente tous les avantages offerts par la réalisation et l'évaluation d'essais assistées par ordinateur. Le raccordement au PC se fait par l'intermédiaire d'un câble USB.

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

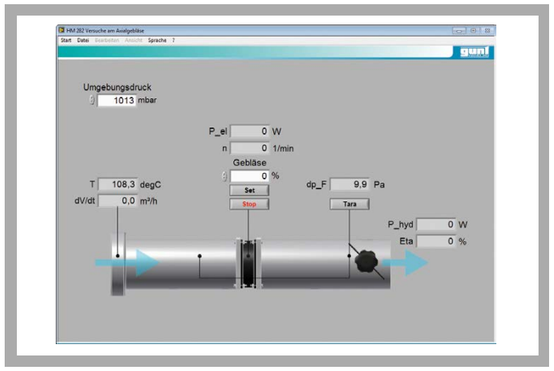
HM 282 Essais sur un ventilateur axial



1 tôles de guidage de l'écoulement, 2 point de mesure de la température, 3 buse d'entrée au niveau du tuyau d'aspiration, 4 point de mesure de la pression (pour la détermination du débit), 5 redresseur d'écoulement, 6 points de mesure de la pression, 7 tuyau de refoulement, 8 vanne papillon, 9 ventilateur axial



Caractéristiques du ventilateur axial: pression différentielle en fonction du débit à des vitesses de rotation différentes; dp pression différentielle, Q débit



Surface utilisateur du logiciel puissant

Spécification

[1] fonction et comportement en service d'un ventilateur axial
[2] ventilateur axial avec moteur d'entraînement à commutation électronique
[3] vitesse de rotation variable via un contrôleur intégré
[4] tuyau d'aspiration et de refoulement transparent
[5] vanne papillon pour l'ajustage de l'écoulement d'air dans le tuyau de refoulement
[6] détermination du débit à travers la buse d'entrée
[7] affichage de la pression différentielle, du débit, de la vitesse de rotation, de la puissance électrique absorbée et de la puissance hydraulique fournie, de la température et du rendement
[8] technique de mesure basée sur un microprocesseur
[9] logiciel GUNT spécifique à l'appareil pour l'acquisition de données et la commande par connexion USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Tuyau d'aspiration
- diamètre intérieur: 110mm
- longueur: 275mm

Tuyau de refoulement
- diamètre intérieur: 110mm
- longueur: 310mm

Ventilateur axial
- puissance absorbée: 90W
- vitesse de rotation nominale: 9500min^{-1}
- débit de refoulement max.: env. 600m³/h
- pression différentielle max.: env. 700Pa

Plages d'affichage / de mesure
- pression différentielle: 0...1800Pa
- débit: 0...1000m³/h
- température: 0...100°C
- vitesse de rotation: 0...3000min^{-1}
- puissance électrique absorbée: 0...500W

Dimensions et poids

Lxlxh: 670x340x370mm
Poids: env. 20kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison

1 appareil d'essai
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.28200 HM 282 Essais sur un ventilateur axial

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

6 ÉLÉMENTS UTILISÉS DANS LA CON STRUCTION DE CONDUITES ET D'INSTALLATIONS

INTRODUCTION

Aperçu	Éléments utilisés dans la construction de conduites et d'installations	324

MODÈLES EN COUPE

HM 700	Modèles en coupe de composants originaux de tuyauteries	326
HM 700.01	Modèle en coupe: diaphragme normalisé	327
HM 700.02	Modèle en coupe: tuyère normalisée	327
HM 700.03	Modèle en coupe: venturimètre normalisé	327
HM 700.04	Modèle en coupe: soupape droite	327
HM 700.05	Modèle en coupe: soupape d'équerre	327
HM 700.06	Modèle en coupe: soupape à tête inclinée	327
HM 700.07	Modèle en coupe: soupape de retenue	327
HM 700.08	Modèle en coupe: soupape de réduction de pression	327
HM 700.09	Modèle en coupe: collecteur d'impuretés	328
HM 700.10	Modèle en coupe: robinet-vanne	328
HM 700.11	Modèle en coupe: robinet à tournant sphérique droit	328
HM 700.12	Modèle en coupe: robinet à 3 voies	328
HM 700.13	Modèle en coupe: robinet à tournant sphérique	328
HM 700.14	Modèle en coupe: soupape de sécurité	328
HM 700.15	Modèle en coupe: raccords vissés	328
HM 700.16	Modèle en coupe: manomètres d'appareils de mesure de la pression	328
HM 700.17	Modèle en coupe: pompe centrifuge	329
HM 700.20	Modèle en coupe: pompe à piston	329
HM 700.22	Modèle en coupe: pompe à engrenages	329
VS 101	Modèle en coupe: prise d'eau souterraine	330
VS 102	Modèle en coupe: robinet-vanne ovale à siège oblique	331
VS 103	Modèle en coupe: robinet à soupape	331
VS 104	Modèle en coupe: soupape à deux voies	331
VS 105	Modèle en coupe: compteur de gaz	331
VS 106	Modèle en coupe: dispositif antirefoulement	331
VS 107	Modèle en coupe: clapet de retenue	331
VS 108	Modèle en coupe: compteur à eau	331
VS 109	Modèle en coupe: collecteur d'impuretés	331

EXERCICES DE MONTAGE DE ROBINETTERIES

Aperçu	Exercices de montage de robinetteries	332
MT 154	Montage d'une soupape d'arrêt	334
MT 157	Montage de clapet et soupape de retenue	336
MT 156	Montage de robinet-vanne à coin et soupape à tête inclinée	338
MT 158	Montage de robinet à tournant et soupape d'arrêt	340
MT 162	Banc d'essai hydraulique de robinetteries	342

EXERCICES DE MONTAGE ET DE MAINTENANCE DE POMPES

Aperçu	Exercices de montage et de maintenance de pompes	344
MT 180	Montage & maintenance: pompe centrifuge	346
MT 181	Montage & maintenance: pompe centrifuge à plusieurs étages	348
MT 185	Montage & maintenance: pompe centrifuge en ligne	350
MT 184	Montage & maintenance: pompe à piston	352
MT 183	Montage & maintenance: pompe à diaphragme	354
MT 186	Montage & maintenance: pompe à engrenages	356
MT 182	Montage & maintenance: pompe à vis	358

CONSTRUCTION DE SYSTÈMES DE TUYAUTERIE ET D'INSTALLATION COMPLEXES

Aperçu	HL 960: Station de montage de conduites et robinetteries	360
HL 960	Station de montage de conduites et robinetteries	362
HL 960.01	Montage et alignement de pompes et entraînements	364
Aperçu	Exercices de montage et de maintenance: conduites, robinetteries, pompes	366

@ Consultez notre page d'accueil www.gunt.de

ÉLÉMENTS UTILISÉS DANS LA CONSTRUCTION DE CONDUITES ET D'INSTALLATIONS

La représentation et l'enseignement des processus de mécanique des fluides dans les robinetteries et les pompes tiennent une place importante dans la formation des ingénieurs, techniciens et ouvriers qualifiés. Ces contenus didactiques complexes sont difficiles à enseigner sans qu'un rapport direct soit établi avec la pratique.

Les thématiques de la planification, du montage et de la maintenance sont étroitement liées entre elles. Pour la mise en service et la maintenance, des connaissances approfondies sur la construction de l'appareil et son montage sont requises. Pour la planification et le dimensionnement des systèmes de tuyauterie, il est impératif de bien connaître en détails les différentes étapes de travail et leur déroulement. GUNT offre une sélection complète de modèles en coupe, d'exercices de montage et de maintenance de haute valeur didactique dans le domaine de la construction de conduites et d'installations.

MODÈLES EN COUPE DE ROBINETTERIES, POMPES, APPAREILS DE MESURE

- découverte des composants et de leur fonction
- aperçu de détails constructifs
- comparaison de représentations techniques et de modèles de démonstration

EXERCICES DE MONTAGE POUR ROBINETTERIES

- construction et fonction de robinetteries typiques de la construction de conduites
- montage et démontage pour l'entretien et la maintenance
- comparaison de différentes robinetteries
- vérifications d'étanchéité

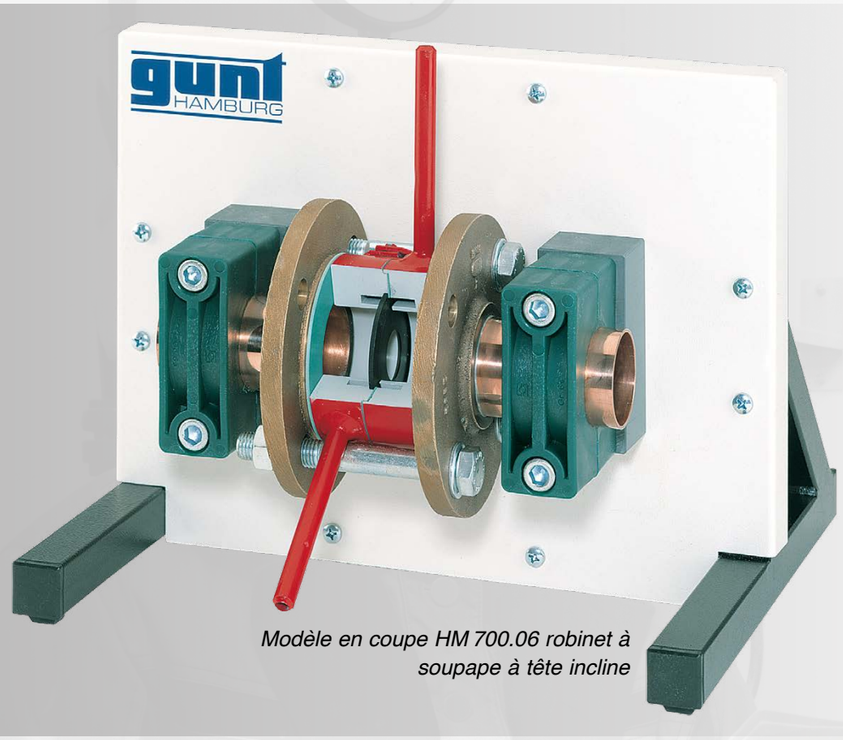
EXERCICES DE MONTAGE ET DE MAINTENANCE DE POMPES

- construction et fonction de pompes typiques de la construction de conduites
- montage et démontage pour l'entretien et la maintenance
- recherche et évaluation systématiques des pannes
- procédures d'entretien et de maintenance

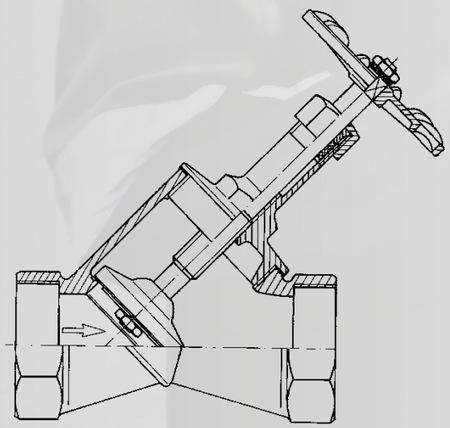
CONSTRUCTION DE SYSTÈMES DE TUYAUTERIE ET DE SYSTÈMES D'INSTALLATION COMPLEXES

- planification de systèmes de tuyauterie et de systèmes d'installation selon des directives
- préparation et réalisation du montage et démontage d'installations dans les règles de l'art
- sélection de composants et établissement de listes de besoins
- test fonctionnel, vérification d'étanchéité, mesures en fonctionnement

HM 700 MODÈLES EN COUPE DE COMPOSANTS ORIGINAUX TUYAUTERIES



Modèle en coupe HM 700.06 robinet à soupape à tête incline



Vue en coupe du robinet à soupape à tête inclinée HM 700.06

Robinetterie du commerce sous forme de modèles en coupe

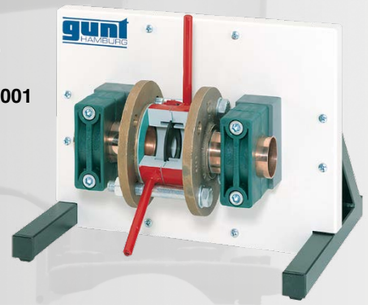
- familiarisation avec les composants et leur fonction
- aperçu sur les détails et le mode de fonctionnement des composants
- malgré la présentation en coupe, la fonctionnalité des éléments reste entièrement préservée

Les modèles en coupe de cette série montrent des éléments de robinetterie et composants de tuyauterie comme ceux rencontrés dans la pratique, tels que des vannes, diaphragme de mesure, tuyère de mesure, robinetterie d'arrêt, soupape de sécurité ou pompes. Les modèles de cette série sont montés de manière claire sur des panneaux de démonstration ou des plaques de base.

Une courte description et une vue en coupe sont comprises dans la livraison. L'utilisation didactique des modèles peut ainsi être étendue au dessin technique.

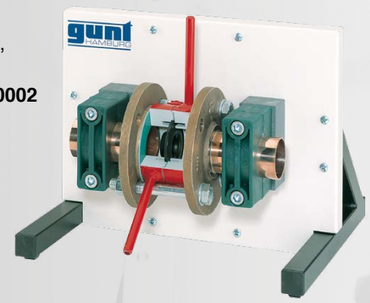
HM 700.01 *Diaphragme normalisé*

Lxlxh:
400x370x300mm,
Poids: env. 15kg
N°d'article 070.70001



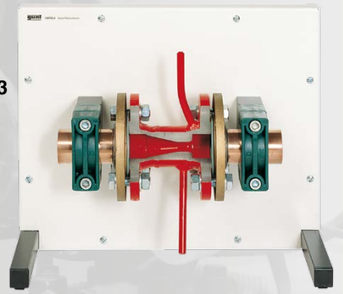
HM 700.02 *Tuyère normalisée*

Lxlxh:
500x370x400mm,
Poids: env. 15kg
N°d'article 070.70002



HM 700.03 *Venturimètre normalisé*

Lxlxh:
500x370x400mm,
Poids: env. 18kg
N°d'article 070.70003

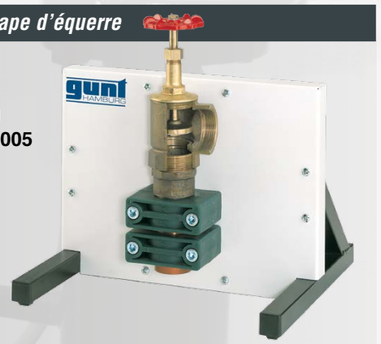


HM 700.04 *Soupape droite*

Lxlxh:
400x370x300mm,
Poids: env. 8kg
N°d'article 070.70004

HM 700.05 *Soupape d'équerre*

Lxlxh:
400x370x300mm
Poids: env. ca. 8kg
N°d'article 070.70005



HM 700.06 *Soupape à tête inclinée*

Lxlxh:
400x370x300mm,
Poids: env. 10kg
N°d'article 070.70006

HM 700.07 *Soupape de retenue*

Lxlxh:
500x370x400mm,
Poids: env. 15kg
N°d'article 070.70007

HM 700.08 *Soupape de réduction de pression*

Lxlxh:
500x370x400mm,
Poids: env. 15kg
N°d'article 070.70008

HM 700 MODÈLES EN COUPE DE COMPOSANTS ORIGINAUX TUYAUTERIES

HM 700.09 *Collecteur d'impuretés*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 10kg
Article n° 070.70009

HM 700.10 *Robinet-vanne*

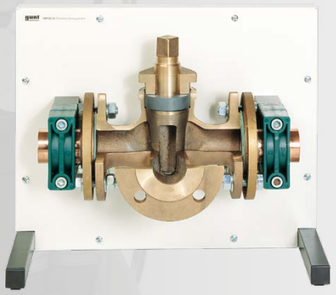
Lxlxh:
400x370x300mm
Poids: env. 10kg
Article n° 070.70010

HM 700.11 *Robinet à tournant sphérique droit*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 10kg
Article n° 070.70011

HM 700.12 *Robinet à 3 voies*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 20kg
Article n° 070.70012



HM 700.13 *Robinet à tournant sphérique*

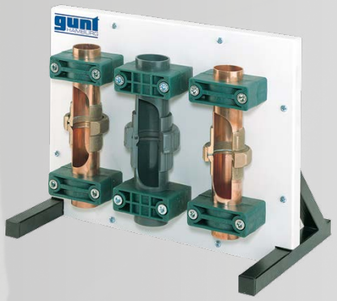
Lxlxh:
400x370x300mm
Poids: env. 10kg
Article n° 070.70013

HM 700.14 *Soupape de sécurité*

Lxlxh:
400x370x300mm
Poids: env. 10kg
Article n° 070.70014

HM 700.15 *Raccords vissés*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 15kg
Article n° 070.70015



HM 700.16 *Manomètres*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 12kg
Article n° 070.70016

HM 700.17 *Pompe centrifuge*

- familiarisation avec les composants et leur fonction

Le modèle montre une pompe centrifuge habituelle qui a été préparée comme modèle en coupe et montée sur une plaque de base.

L'ensemble roue et arbre peut tourner.

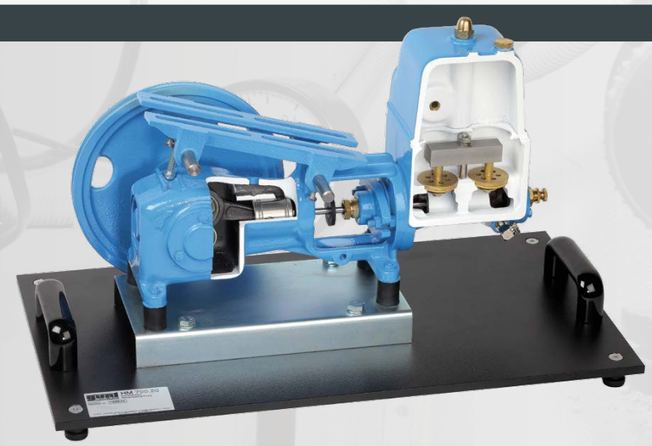
Lxlxh: 500x400x300mm
Poids: env. 29kg
Article n° 070.70017

HM 700.20 *Pompe à piston*

- familiarisation avec les composants et leur fonction

On montre ici une pompe à piston à double effet avec piston à disque. La coupe est conçue de façon à pouvoir observer le fonctionnement de tous les composants.
Le modèle est monté sur une plaque de base avec poignées de transport.

Lxlxh: 650x350x450mm
Poids: env. 25kg
Article n° 070.70020



HM 700.22 *Pompe à engrenages*

- familiarisation avec les composants et leur fonction

Le modèle montre une pompe à engrenages simple qui a été préparée comme modèle en coupe et montée sur une plaque de base.

Le fonctionnement est facile à montrer grâce à la rotation de l'arbre d'entraînement.

Lxlxh: 350x300x300mm
Poids: env. 18kg
Article n° 070.70022

VS 101 MODÈLE EN COUPE: PRISE D'EAU SOUTERRAINE

VS 101 Modèle en coupe: prise d'eau souterraine

Modèles en coupe de la construction de tuyauteries et de la technique d'alimentation

- familiarisation avec les composants et leur fonction
- aperçu des détails et compréhension du mode de fonctionnement
- la fonctionnalité des éléments reste entièrement préservée

Les modèles en coupe représentés à la page suivante montrent les éléments habituels de la technique d'alimentation en eau potable et en gaz, tels que la robinetterie d'arrêt, les dispositifs antirefoulement ou les compteurs volumiques. Ils sont conformes par la conception et l'exécution au modèle VS 101, sont cependant tous disposés sur des panneaux de démonstration verticaux.

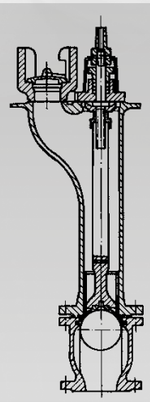
Une courte description et une vue en coupe sont respectivement comprises dans la livraison. L'utilisation didactique des modèles peut ainsi être étendue au dessin technique.

Pour VS 101, le modèle est une prise d'eau souterraine en fonte grise telle qu'utilisée dans la pratique. Les prises d'eau sont des points de prélèvement de l'alimentation publique en eau, p. ex. pour les pompiers ou le service de nettoyage des rues.

Les coupes sont réalisées de façon à permettre une observation aisée des détails constructifs.

Le modèle en coupe est monté sur une plaque de base solide. Deux poignées facilitent le transport.

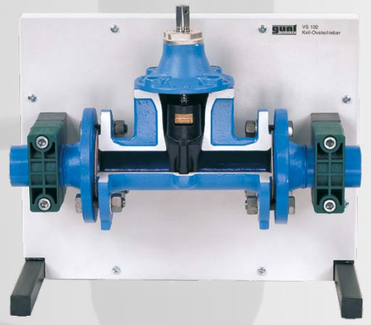
Lxlxh: 400x400x810mm
Poids: env. 35kg
Article n° 076.10100



Vue en coupe de la prise d'eau souterraine

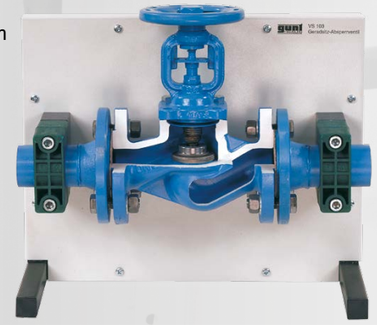
VS 102 *Robinet-vanne ovale à siège oblique*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 15kg
Article n°
076.10200



VS 103 *Robinet à soupape*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 15kg
Article n°
076.10300



VS 104 *Soupape à deux voies*

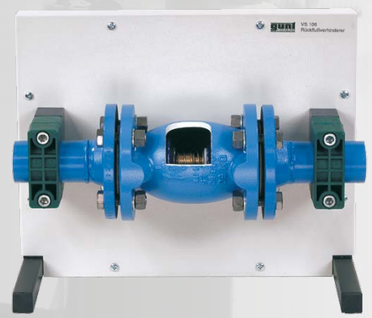
Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 20kg
Article n°
076.10400

VS 105 *Compteur de gaz*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 10kg
Article n°
076.10500

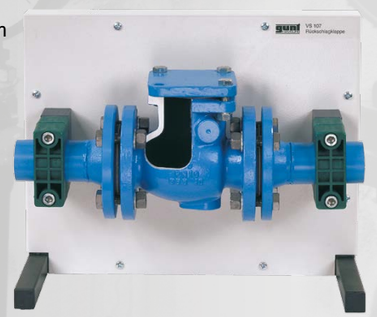
VS 106 *Dispositif antirefoulement*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 15kg
Article n°
076.10600



VS 107 *Clapet de retenue*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 15kg
Article n°
076.10700

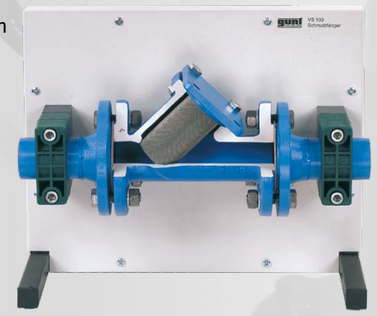


VS 108 *Compteur à eau*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 12kg
Article n°
076.10800

VS 109 *Collecteur d'impuretés*

Lxlxh:
500x370x400mm
Poids: env. 15kg
Article n°
076.10900



EXERCICES DE MONTAGE DE ROBINETTERIES

Les robinetteries sont des éléments de tuyauterie utilisées en particulier pour le blocage ou l'ajustage d' écoulements de matières. Parmi elles, on peut citer les soupapes, robinets et robinets-vannes. Selon leur mode de fonctionnement, les robinetteries sont adaptées à différentes tâches.

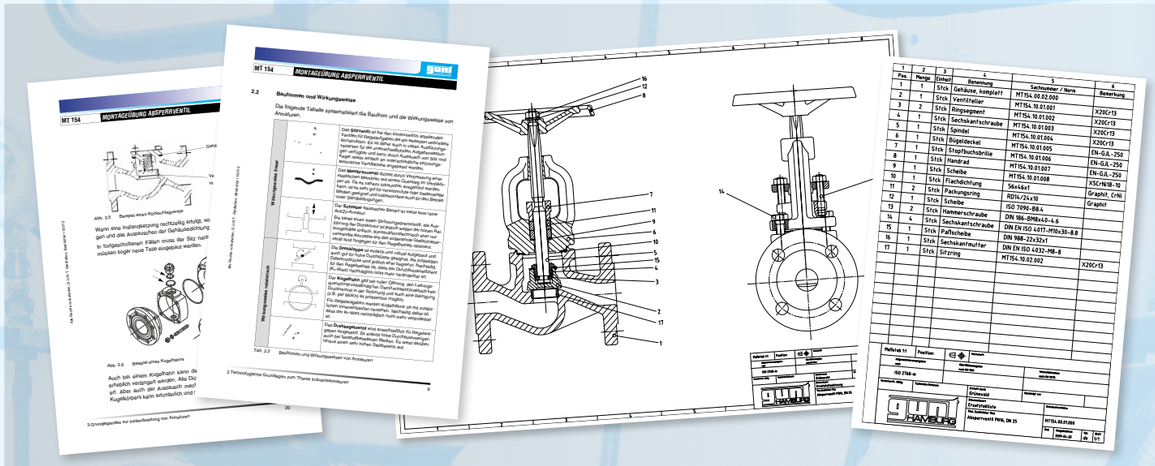
Avec sa série d'appareils MT sur le thème des exercices de montage pour robinetteries, GUNT offre aux futurs installateurs et mécaniciens d'installations la possibilité d'acquérir des connaissances approfondies sur la construction, la fonction et la maintenance des soupapes, robinets-vannes et robinets. Après le montage, il est possible de réaliser un test d'étanchéité du composant à l'aide du banc d'essai hydraulique pour robinetteries MT 162.

LES DIFFÉRENCES EXERCICES DE MONTAGE PEUVENT ÊTRE RÉALISÉS AUSSI BIEN DANS LE CADRE DE TRAVAUX DE GROUPE OU DE PROJETS INDIVIDUELS

EXERCICES DE MONTAGE AVEC DES EXEMPLES TIRÉS DE LA PRATIQUE

COMPARAISON DE DIFFÉRENTES ROBINETTERIES ET DE LEUR MODE DE FONCTIONNEMENT

- contrôle qualité du montage avec le banc d'essai hydraulique pour robinetteries MT 162
- raccordement des robinetteries dans les règles de l'art
- vérification de l'étanchéité des boîtiers et des joints de bride



Les principes de base sont présentés de manière exhaustive et professionnelle dans le matériel d'accompagnement didactique.

En plus des exercices pratiques, l'accent est mis sur la lecture, la compréhension et l'utilisation de dessins techniques et de listes de pièces.

Des exercices planifiés avec réponses aident de manière pratique à systématiser l'enseignement et à vérifier l'acquisition des connaissances.

Planification des étapes et du déroulement du montage

Montage complet des différents organes de la machine jusqu'à l'obtention d'une robinetterie fonctionnelle

Se familiariser avec les organes de la machine et les pièces normées

MT 154 *Montage d'une soupape d'arrêt*

*** Montage expérimental conforme à la pratique: exemple d'une soupape d'arrêt**

*** Riche programme pédagogique avec des problématiques interdisciplinaires**

*** Matériel didactique étendu et de structure moderne**

Description

Les soupapes d'arrêt du type du MT 154 sont utilisées pour arrêter et étrangler des fluides. Elles doivent être à fermeture hermétique. Afin d'éviter toute sollicitation brusque, elles doivent se fermer de sorte que le débit volumétrique ne soit pas réduit brutalement à zéro. Le cône de soupape est mû par la tige et vient assurer l'étanchéité métal sur métal sur la bague de siège pressée dans le corps de soupape. L'étanchéité de la tige est obtenue à l'aide d'un presse-étoupe. La jonction de séparation entre le corps de soupape et le couvercle à bride est étanchéisée par un joint plat.

Le montage expérimental MT 154 est un projet d'introduction au domaine de la technique de montage. Montage et démontage sont aisément réalisables dans le temps réservé aux séances de cours. Pour ces travaux, les outils simples fournis sont les seuls nécessaires.

Une forme de travail appropriée durant le cours est la collaboration, en grande partie autonome, d'un petit groupe de 2 à 3 élèves. Les tâches doivent être clairement définies et réparties au sein du groupe.

Le matériel d'accompagnement didactique détaillé est conforme à la pratique. Il comprend essentiellement un jeu complet de dessins avec un dessin d'ensemble, la liste des pièces et les dessins des différentes pièces.

Avec le banc d'essai hydraulique de robinetteries MT 162, la soupape d'arrêt assemblée peut être soumise à un essai de pression.

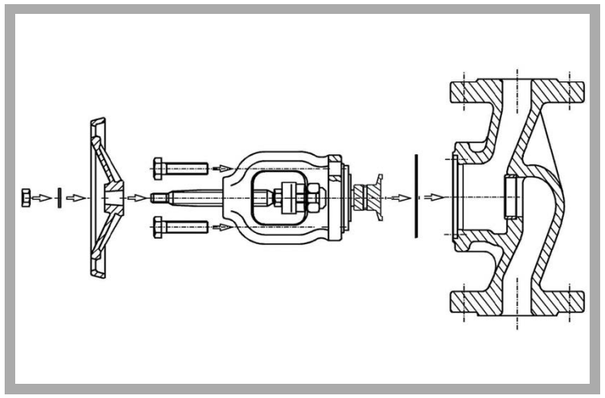
Contenu didactique / Essais

- fonctionnement et structure d'une soupape d'arrêt à siège droit
- montage et démontage, également à des fins d'entretien et de réparation
- lecture et compréhension de dessins techniques
- planification et présentation des opérations de montage
- connaissance de différents éléments de machine: filet de mouvement, joints d'étanchéité, presse-étoupe
- critères de sélection de matériaux
- test d'étanchéité (avec le banc d'essai hydraulique de robinetteries MT 162)

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 154 *Montage d'une soupape d'arrêt*

L'illustration montre la soupape d'arrêt entièrement monté.



Dessin de montage de la soupape d'arrêt

Spécification

[1] montage expérimental pour la formation technique
[2] soupape d'arrêt PN 16 en pièces détachées avec jeu de petites pièces correspondant dans une mallette robuste
[3] soupape d'arrêt constitué d'un corps, d'une roue à main, d'un couvercle, d'une bride de presse-étoupe, d'un cône et d'une tige
[4] étanchement de la tige selon le principe du presse-étoupe
[5] ce kit de travaux pratiques fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Soupape d'arrêt avec raccords à brides:
- DN25
- PN16
- course: 13mm
- corps, roue à main, couvercle, bride presse-étoupe: fonte grise
- cône, bague de siège, tige, segment sphérique etc.: acier inoxydable

Dimensions et poids

Lxlxh: 600x450x180mm (mallette)
Poids: env. 16kg

Liste de livraison

1 jeu complet de pièces de soupape d'arrêt
1 coffret pour petites pièces (vis, rondelles, écrous, joints d'étanchéité)
1 jeu d'outils de montage constitué de:
- 3 clés à fourche: 13, 16, 22
- 1 massette à embout plastique
- 1 chasse-goupille

1 mallette doublée de mousse synthétique
matériel d'accompagnement didactique incluant une description technique du système, la liste et les dessins complets des pièces détachées, une description des procédures de montage et de démontage, également en relation avec des opérations de réparation

Références de commande

051.15400	MT 154	Montage d'une soupape d'arrêt

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 157 *Montage de clapet et soupape de retenue*

L'illustration montre la caisse à outils avec les jeux de pièces et d'outils, à l'avant-plan la robinetterie assemblés à partir des jeux de pièces.

*** Montages expérimentaux conformes à la pratique: clapet et soupape de retenue**

*** Documentation étendue et de structure moderne**

Description

Les soupapes de retenue sont utilisées lorsqu'une inversion du sens d'écoulement n'est pas admissible. Elles doivent faire barrage hermétiquement dans le sens bloquant et offrir une résistance la plus faible possible dans le sens d'écoulement. Lorsque la pression différentielle du fluide chute en dessous d'une valeur définie par la force du ressort, la soupape se ferme. Les soupapes de retenue se montent dans des conduites dans le sens d'écoulement et doivent se fermer en cas de baisse de pression ou en présence d'une contre-pression élevée. Elles sont sans entretien dans une large mesure et sont peu sensibles à l'usure.

Les clapets sont utilisées en technique d'alimentation en eau (stations de pompage, installations de filtration), dans les centrales électriques (circuits de refroidissement), dans l'industrie chimique (eau industrielle, fluides acides et alcalins) et en technique des eaux usées (stations d'épuration). Ils ferment en procurant une étanchéité aux gouttes, comme les robinet-vannes, et sont d'un faible encombrement car étant le plus souvent à peine plus grandes que la section de conduite. Les clapets sont fabriquées pour de très grands diamètres nominaux (DN5300), leur pression de service se situe normalement aux alentours de 4 à 16bar. L'entraînement des clapets s'effectue: soit à la main, soit par un moteur électrique via un engrenage à segment droit ou à vis sans fin, soit à l'aide d'un vérin hydraulique. La rotation à 90° de l'arbre de la vanne ferme le clapet.

Le kit de travaux pratiques MT 157 fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation, conçue pour les écoles de formation professionnelle et les centres de formation en entreprise. Le lien étroit entre les contenus pédagogiques théoriques et pratiques est très accessible.

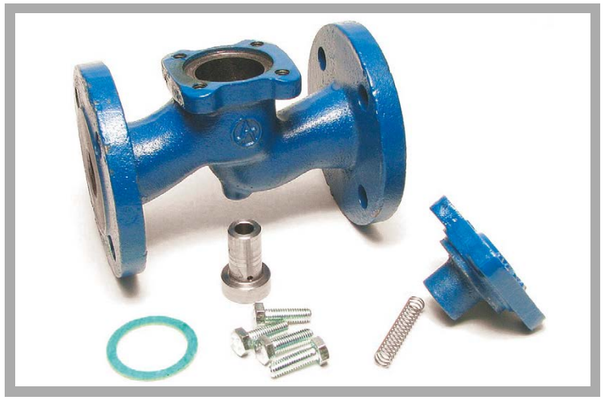
Le système de montage MT 157 permet de monter et de démonter deux éléments de robinetterie typiques. L'élève apprend à connaître tous les composants et leur mode de fonctionnement. Les pièces détachées sont disposées de façon structurée et protégée dans une caisse à outils. L'élève peut s'exercer au montage et au démontage systématiques d'un organe de robinetterie. La documentation didactique décrit de manière détaillée les différentes étapes de travail et fournit des informations complémentaires sur le domaine d'utilisation, le mode de fonctionnement et la structure des différents éléments de robinetterie.

Contenu didactique / Essais

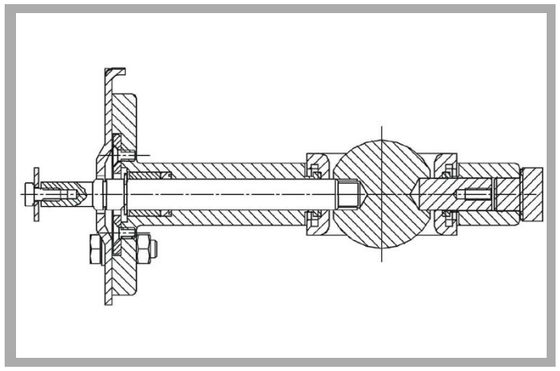
- structure et fonctionnement d'une clapet
- structure et fonctionnement d'une soupape de retenue
- montage et démontage, également à des fins d'entretien et de réparation
- remplacement de différents composants (par ex. joint d'étanchéité)
- comparaison de 2 éléments de robinetterie différents
- lecture et compréhension de dessins techniques et de leurs modes d'emploi
- test d'étanchéité (avec le banc d'essai hydraulique de robinetteries MT 162)

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

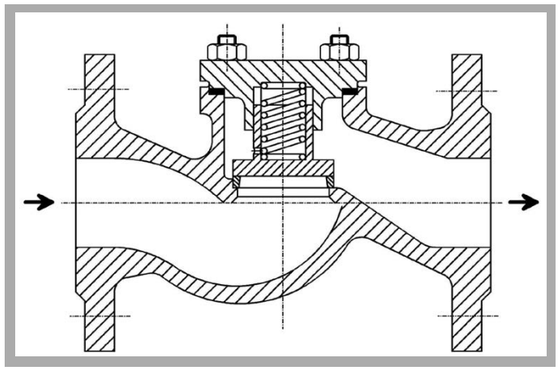
MT 157 *Montage de clapet et soupape de retenue*



Soupape de retenue, démontée



Dessin en coupe du clapet



Dessin en coupe de la soupape de retenue

Spécification

[1] concept pédagogique pour exercices de montage sur des éléments de robinetterie
[2] clapet à commande manuelle, en pièces détachées
[3] soupape de retenue typique, en pièces détachées
[4] jeu d'outils complet pour le montage
[5] les pièces détachées des éléments de robinetterie et les outils sont rangés dans une solide caisse à outils en tôle d'acier
[6] ce kit de travaux pratiques fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Clapet avec raccords à brides
- DN40, PN16
- matériaux
  corps: fonte grise
  disque, arbres: acier inoxydable
  manchette: caoutchouc
  levier à main: aluminium
  douille: bronze

Soupape de retenue avec raccords à brides
- DN25, PN16
- matériaux
  corps: fonte grise
  cône, ressort: acier inoxydable
  joint plat: graphite

Dimensions et poids

Lxlxh: 720x360x310mm (caisse)
Poids: env. 35kg

Liste de livraison

1 jeu complet de pièces de clapet
1 jeu de pièces de rechange, constitué de:
- 1 joint d'étanchéité
- 1 manchette
- 8 vis M8x25

1 jeu complet de pièces de soupape de retenue
1 jeu d'outils, constitué de:
- 3 clés à fourche simples: 10, 13, 22
- 1 clé pour vis à six pans creux de 3
- 1 tournevis pour vis à fente 5,5x1
- 1 pince pour circlips
- 1 massette à embout plastique

2 boîtes rectangulaires pour petites pièces
1 caisse à outils en tôle d'acier doublée de mousse synthétique
1 documentation didactique incluante une description technique du système, la liste et les dessins techniques complets des pièces détachées, une description des procédures de montage et de démontage, également en relation avec des opérations de réparation

Références de commande

051.15700	MT 157	Montage de clapet et soupape de retenue

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 156 *Montage de robinet-vanne à coin et soupape à tête inclinée*

L'illustration montre la caisse à outils avec les jeux de pièces et d'outils, à l'avant-plan la robinetterie assemblés à partir des jeux de pièces.

*** Montages expérimentaux conformes à la pratique: robinet-vanne à coin et soupape à tête inclinée**

*** Documentation étendue et de structure moderne**

Description

Les robinets-vannes à coin sont utilisés comme robinetterie pour l'eau, la vapeur d'eau, l'huile et autres fluides non agressifs. Des températures de service jusqu'à 200°C sont possibles. Les robinets-vannes à coin de ce modèle sont actionnés par une tige avec volant. Lors de la fermeture, le robinet-vanne est pressé par l'écrou de tige contre les bagues d'étanchéité se trouvant dans le corps de vanne.

Les soupapes à tête inclinée constituent un organe de robinetterie typique dans le domaine des conduites d'eau potable. Elles sont également utilisées dans de nombreux domaines industriels et sont conçues pour les fluides neutres liquides et gazeux. En version acier inoxydable, elles conviennent aussi pour les fluides faiblement et fortement agressifs. Ces soupapes permettent d'atteindre des débits élevés et sont insensibles aux fluides légèrement encrassés et de haute viscosité. La tige de soupape est habituellement disposée selon un angle de 45° par rapport au sens d'écoulement. En raison de leur profil d'écoulement favorable dans la section de passage, les soupapes à tête inclinée engendrent des pertes de charge nettement plus faibles que les robinets à soupape à siège droit ou les soupapes d'équerre.

Le kit de travaux pratiques MT 156 fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation, conçue pour les écoles de formation professionnelle et les centres de formation en entreprise. Le lien étroit entre les contenus pédagogiques théoriques et pratiques est très accessible.

Le système de montage MT 156 permet de monter et de démonter deux éléments de robinetterie typiques. L'élève apprend à connaître tous les composants et leur mode de fonctionnement. Les pièces détachées sont disposées de façon structurée et protégée dans une caisse à outils. L'élève peut s'exercer au montage et au démontage systématiques d'un organe d'arrêt. La documentation didactique décrit de manière détaillée les différentes étapes de travail et fournit des informations complémentaires sur le domaine d'utilisation, le mode de fonctionnement et la structure des éléments de robinetterie.

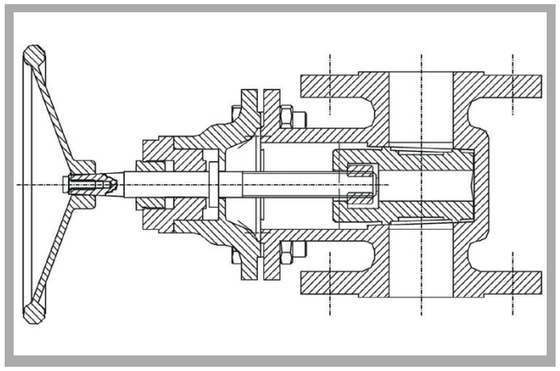
Contenu didactique / Essais

- structure et fonctionnement d'un robinet-vanne à coin
- structure et fonctionnement d'une soupape à tête inclinée
- montage et démontage, également à des fins d'entretien et de réparation
- remplacement de différents composants (par ex. joint d'étanchéité)
- comparaison de 2 éléments de robinetterie différents
- lecture et compréhension de dessins techniques et de leurs modes d'emploi
- test d'étanchéité (avec le banc d'essai hydraulique de robinetteries MT 162)

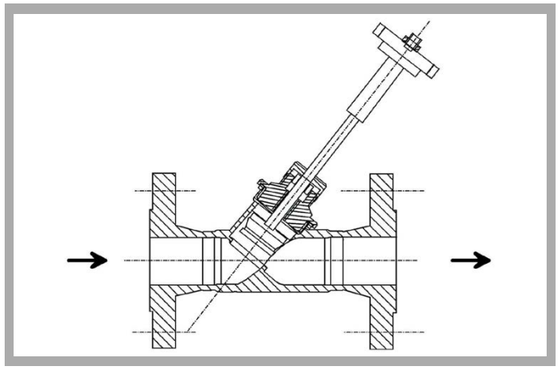
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 156 *Montage de robinet-vanne à coin et soupape à tête inclinée*

Montage du robinet-vanne



Dessin en coupe du robinet-vanne à coin



Dessin en coupe de la soupape à tête inclinée

Spécification

[1] concept pédagogique pour exercices de montage sur des éléments de robinetterie
[2] robinet-vanne à coin avec volant en pièces détachées
[3] soupape à tête inclinée avec actionnement manuel en pièces détachées
[4] jeu d'outils complet pour le montage
[5] les pièces détachées des éléments de robinetteries et les outils sont rangés dans une solide caisse à outils en tôle d'acier
[6] ce kit de travaux pratiques fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Robinet-vanne à coin avec raccords à brides
- DN40, PN10
- matériaux: corps, couvercle, coin: fonte grise / tige, surfaces d'étanchéité du corps et du coin: acier inoxydable / bagues d'étoupage: graphite

Soupape à tête inclinée avec raccords à brides
- DN25, PN16
- matériaux: corps: acier inoxydable; pièces métalliques intérieures: acier inoxydable; joints d'étanchéité: PTFE

Dimensions et poids

Lxlxh: 720x360x310mm (caisse)
Poids: env. 35kg

Liste de livraison

1 jeu complet de pièces de robinet-vanne à coin
1 jeu de pièces de rechange constitué de:
- 3 joints plats / 3 garnitures de presse-étoupe / 2 presse-étoupe

1 jeu complet de pièces de soupape à tête inclinée
1 joint de siège pour le soupape à tête inclinée
1 jeu d'outils, constitué de:
- 1 clé mixte de 10 / 4 clés à fourche simple: 2x 17, 24, 30 / 2 clés à fourches: 27, 50 / 1 clé pour vis à six pans creux de 2,5

1 jeu de vis, écrous, rondelles
3 boîtes rectangulaires pour petites pièces
1 caisse à outils en tôle d'acier doublée de mousse synthétique
1 documentation didactique incluant une description technique du système, la liste et les dessins techniques complets des pièces détachées, une description des procédures de montage et de démontage, également en relation avec des opérations de réparation

Références de commande

051.15600	MT 156 Montage de robinet-vanne à coin et soupape à tête inclinée

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 158 *Montage de robinet à tournant et soupape d'arrêt*

L'illustration montre la caisse à outils avec les jeux de pièces et d'outils, à l'avant-plan la robinetterie assemblés à partir des jeux de pièces.

*** Montages expérimentaux conformes à la pratique: robinet à tournant et soupape d'arrêt**

*** Documentation étendue et de structure moderne**

Description

Les soupapes d'arrêt présentées ici sont utilisées pour arrêter et pour étrangler des fluides. Elles doivent être à fermeture hermétique. Afin d'éviter toute sollicitation brusque, elles doivent se fermer de sorte que le débit volumétrique ne soit pas réduit brutalement à zéro. Le cône de soupape est mû par la tige et est en contact métal sur métal avec la bague de siège pressée dans le corps de soupape. L'étanchéité de la tige est obtenue à l'aide d'un presse-étoupe. La jonction de séparation entre le corps de soupape et le couvercle à bride est étanchée par un joint plat.

Les robinets à tournant sont utilisés là où les écoulements de fluides ou les pressions dans les conduites doivent être interrompus mécaniquement rapidement et simplement, par ex. lors du démontage des robinetteries de conduites sous pression. Ils engendrent de très faibles pertes de charge en position ouverte, sont d'un faible encombrement grâce à leur structure compacte et disposent d'une surface d'étanchéité autonettoyante. Le corps d'étanchéité est une bille à alésage cylindrique pour passage à écoulement droit, robinet complètement ouvert. La bille est tournée de 90° via un levier et peut ainsi ouvrir ou fermer entièrement le robinet.

Le kit de travaux pratiques MT 158 fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation, conçue pour les écoles de formation professionnelle et les centres de formation en entreprise. Le lien étroit entre les contenus pédagogiques théoriques et pratiques est très accessible.

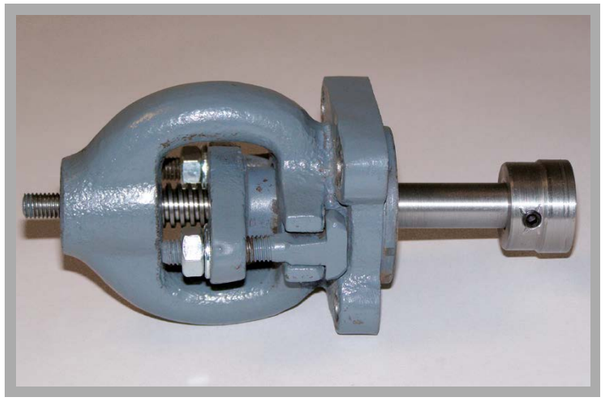
Le système de montage MT 158 permet de monter et de démonter deux éléments de robinetterie typiques. L'élève apprend à connaître tous les composants et leur mode de fonctionnement. Les pièces détachées sont disposées de façon structurée et protégée dans une caisse à outils. L'élève peut s'exercer au montage et au démontage systématiques d'un élément de robinetterie. La documentation didactique décrit de manière détaillée les différentes étapes de travail et fournit des informations complémentaires sur le domaine d'utilisation, le mode de fonctionnement et la structure des différents éléments de robinetterie.

Contenu didactique / Essais

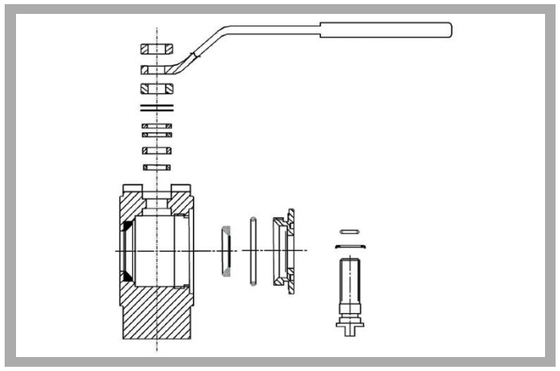
- structure et fonctionnement d'un robinet à tournant
- structure et fonctionnement d'une soupape d'arrêt
- montage et démontage, également à des fins d'entretien et de réparation
- remplacement de différents composants (par ex. joint d'étanchéité)
- comparaison de 2 éléments de robinetterie différents
- lecture et compréhension de dessins techniques et de leurs modes d'emploi
- test d'étanchéité (avec le banc d'essai hydraulique de robinetteries MT 162)

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

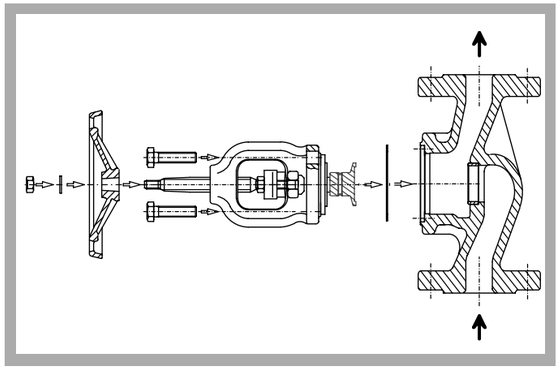
MT 158 *Montage de robinet à tournant et soupape d'arrêt*



Unité de montage 2 de la soupape d'arrêt, montée



Dessin de montage du robinet à tournant



Dessin de montage de la soupape d'arrêt

Spécification

[1] concept pédagogique pour exercices de montage sur des éléments de robinetterie
[2] soupape d'arrêt, en pièces détachées: étanchement de la tige selon le principe du presse-étoupe
[3] robinet à tournant à 2 voies, en pièces détachées
[4] jeu d'outils complet pour le montage
[5] les pièces détachées des éléments de robinetterie et les outils sont rangés dans une solide caisse à outils en tôle d'acier
[6] ce kit de travaux pratiques fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Soupape d'arrêt avec raccords à brides
- DN25, PN16
- corps, roue à main, couvercle, bride presse-étoupe: fonte grise / cône, bague de siège, tige, segment sphérique etc.: acier inoxydable

Robinet à tournant avec raccords à brides
- DN25, PN16
- corps: C22; bille: laiton
- tige, levier, disques etc.: acier galvanisé

Dimensions et poids

Lxlxh: 720x360x310mm (caisse)
Poids: env. 35kg

Liste de livraison

1 jeu complet de pièces de soupape d'arrêt
1 jeu de pièces de rechange, constitué de:
2 presses-étoupes pour l'étanchéité de la tige / 16 billes en acier pour le montage de la bague de siège / 2 joints d'étanchéité
1 jeu complet de pièces de robinet à tournant
2 jeux de joints de rechange
1 jeu d'outils, constitué de:
2 clés à fourche simples: 13, 17 / 1 clé pour vis à six pans creux de 3 / 1 clé à ergots, ajustable/ 1 tournevis pour vis à fente 5,5x1 / 1 chasse-goupille / 1 massette à embout plastique
1 jeu de vis et écrous / 2 boîtes rectangulaires pour petites pièces / 1 caisse à outils en tôle d'acier doublée de mousse synthétique
1 documentation didactique incluant une description technique du système, la liste et les dessins techniques complets des pièces détachées, une description des procédures de montage et de démontage, également en relation avec des opérations de réparation

Références de commande

051.15800	MT 158	Montage de robinet à tournant et soupape d'arrêt

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 162 Banc d'essai hydraulique de robinetteries

L'illustration montre le système MT 162 avec le robinet-vanne plat à coin MT 156.

*** Banc d'essai mobile pour essai de pression sur robinetteries**

*** Contrôle final pour les projets de montage GUNT MT 154, MT 156, MT 157 et MT 158**

Description

Le système MT 162 sert à l'essai de mise en pression sur robinetteries: soupapes, vannes, robinets, clapets. Il est vérifié si la robinetterie à contrôler s'ouvre et se ferme facilement sous pression et si le corps et les joints d'étanchéité résistent à la pression d'essai. Une pompe à piston actionnée manuellement aspire de l'eau du réservoir de stockage, remplit l'intérieur de la robinetterie et génère la pression d'essai. Un manomètre indique la pression d'essai. Le bac de collecte soudé est pourvu d'un robinet d'évacuation. La robinetterie à contrôler est fixée à une bride de montage et fermée par une bride aveugle. La pompe à piston et la bride de montage sont reliées par un flexible à pression. Le banc d'essai dispose de son propre réservoir de stockage et peut ainsi être utilisé indépendamment d'une conduite d'eau. Le réservoir doit être rempli de temps à autre.

Le banc d'essai sert en particulier au contrôle final des robinetteries montées et démontées dans le cadre des projets de montage GUNT: MT 154, MT 156, MT 157 et MT 158. Un projet de montage réalisé avec succès peut ainsi être clôturé par un contrôle final formel.

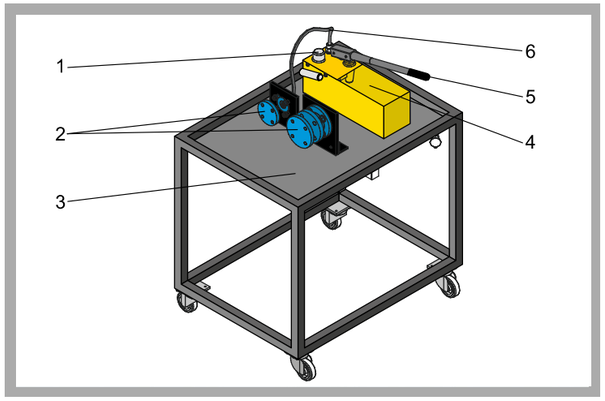
Contenu didactique / Essais

Avec des robinetteries, par ex. un robinet-vanne à coin ou une soupape à tête inclinée (MT 156), un clapet ou une soupape de retenue (MT 157), un robinet à tournant ou une soupape d'arrêt (MT 158), les travaux suivants sont possibles

- raccordement professionnel de robinetteries et de soupapes à un raccord à brides
- apprentissage des notions de "pression nominale" et "pression d'essai"
- réalisation du contrôle final pour les projets de montage GUNT MT 154, MT 156, MT 157, MT 158
- contrôler la manoeuvrabilité de la robinetterie
- essai de pression
  * test d'étanchéité du corps et des joints de brides
  * test d'étanchéité du siège de soupape
- établissement d'un rapport d'essais

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 162 Banc d'essai hydraulique de robinetteries



1 manomètre, 2 brides de montage avec bride aveugle, 3 bac de collecte avec évacuation, 4 pompe d'essai de pression avec réservoir d'eau, 5 levier à main, 6 flexible

A	B
4bar	5.2bar
6bar	7.8bar
10bar	13.0bar
16bar	20.8bar
40bar	52.0bar

Colonne A: pression nominale, colonne B: pression d'essai

Spécification

[1] banc d'essai pour robinetteries industrielles
[2] essai de mise en pression sur robinetteries
[3] pompe à piston à commande manuelle pour la génération de la pression d'essai avec manomètre et vanne de retour de décharge du système
[4] 2 brides de montage de tailles différentes avec bride aveugle et joint de bride
[5] raccord de pompe et de la bride de test par un flexible à pression
[6] fluide d'essai: eau
[7] châssis mobile avec bac de collecte et robinet d'évacuation
[8] réservoir de stockage d'eau
[9] le banc d'essai fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Pompe à piston avec réservoir
- pression d'essai: 0...60bar
- capacité du réservoir: 12L
- manomètre: 0...60bar

Brides de montage pour les robinetteries à tester
- DN25
- DN40

Dimensions et poids

Lxlxh: 1000x750x1200mm
Poids: env. 80kg

Liste de livraison

1 banc d'essai, complet avec pompe, réservoir, flexible à pression
1 bride aveugle DN25 avec joint de bride
1 bride aveugle DN40 avec joint de bride
1 bride aveugle DN40 avec pièce d'écartement et joint de bride pour clapet
1 jeu de vis pour raccords à brides
1 jeu d'outils
1 notice

Références de commande

051.16200	MT 162	Banc d'essai hydraulique de robinetteries

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

EXERCICES DE MONTAGE ET DE MAINTENANCE DE POMPES

Qu'est-ce que la maintenance? La maintenance est un domaine complexe qui en Allemagne est défini par la norme DIN 31051. Elle constitue l'une des activités principales des techniciens et ouvriers qualifiés en construction de machines ou en mécatronique. Elle tient donc une place conséquente dans les programmes de formation et d'enseignement technique et professionnel.

Avec les exercices de montage et de maintenance de pompes, GUNT offre la possibilité de découvrir mode de fonctionnement de conception et de construction de différentes pompes.

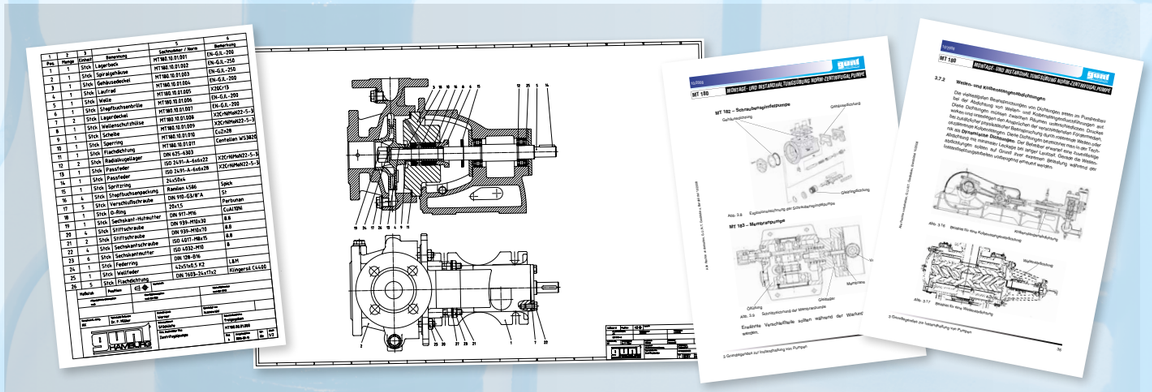
Sur toutes les pompes sont intégrées des pièces mobiles qui doivent donc faire l'objet d'un entretien régulier et dont les pièces d'usure doivent être régulièrement remplacées. La maintenance doit s'assurer que l'état fonctionnel d'un composant est maintenu ou rétabli et comprend les sous-domaines de l'entretien, l'inspection et la réparation. En ce qui concerne la thématique de la maintenance, des connaissances étendues en techniques de montage sont indispensables.

MAINTENANCE SELON LA NORME DIN 31051

ENTRETIEN	INSPECTION	RÉPARATION	AMÉLIORATION
Conservation de l'état de consigne	Consignation et évaluation de l'état réel	Restauration de l'état de consigne	Élimination des points faibles Combinaison de toutes mesures pour augmenter la sécurité de fonction d'une unité sans changer les fonctions fondamentales
Nettoyage, graissage, réajustage	Mesure, contrôle, diagnostic	Remplacement, correction	
Uniquement sur installation à l'arrêt et conformément aux instructions d'entretien	Sur installation en fonctionnement et sur installation à l'arrêt conformément aux consignes d'inspection	Uniquement sur installation à l'arrêt conformément aux consignes de travail et au terme d'une préparation minutieuse	Amélioration continue indépendamment de l'état opérationnel

Lorsqu'une pompe ne fonctionne pas correctement, cela peut entraîner un arrêt de la production ou de l'approvisionnement. Remplacer une pompe est souvent beaucoup plus onéreux que d'effectuer une maintenance préventive dans les règles de l'art.

Les divers exercices de montage et de maintenance proposés ont un rapport étroit avec les pratiques industrielles réelles. Les exercices de maintenance sont pour certains particulièrement longs et peuvent faire l'objet d'un travail en projet. Les exercices exigent de la part des élèves l'application de méthodes en termes de travail manuel, de planification et de systématisation.



Jeu de dessins normés avec liste de pièces et instructions de montage

Exercices pour un travail systématisé et des devoirs sur table

Présentation professionnelle des bases techniques

MT 180 *Montage & maintenance: pompe centrifuge*

L'illustration montre la caisse à outils avec le jeu de pièces et, à l'avant-plan, le module à compartiments pour outillage ainsi que la pompe complètement montée.

*** Travaux de montage et de maintenance conformes à la pratique: exemple d'une pompe centrifuge normalisée**

*** Documentation didactique étendu et de structure moderne**

Description

Les pompes centrifuges font partie des pompes rotodynamiques et fonctionnent à aspiration normale. Elles sont largement répandues et sont principalement utilisées pour refouler de l'eau. Leurs domaines d'application sont entre autres la construction navale, l'industrie et la distribution de l'eau. Elles sont de construction compacte et de structure relativement simple. L'eau est refoulée par des forces centrifuges, générées par le mouvement de rotation de la roue de la pompe. Les pompes normalisées sont standardisées. Il en découle un prix d'achat et un coût de maintenance favorables. Les travaux de maintenance et de réparation surviennent normalement au cours du cycle de vie d'une pompe, celle-ci n'étant pas considérée comme un simple composant à remplacer dans de nombreux cas.

Le jeu de pièces MT 180 fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation, conçue pour les écoles de formation professionnelle et les centres de formation en entreprise. Le lien étroit entre les contenus pédagogiques théoriques et pratiques est très accessible. Ce jeu de pièces convient parfaitement à un travail de projet étendu, orienté sur la méthode. Il soutient et favorise le travail autonome de l'élève et se prête à un enseignement en petit groupe.

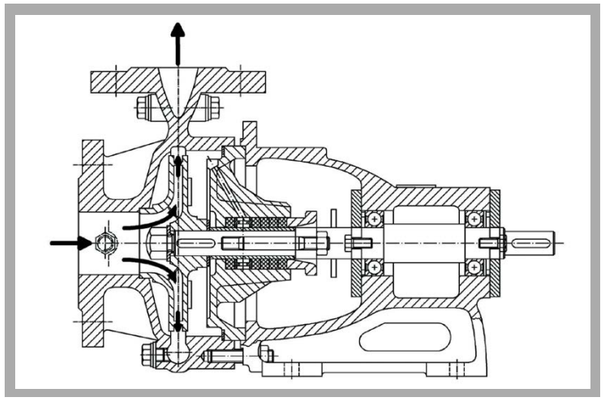
Le MT 180 permet de monter et d'entretenir une pompe centrifuge normalisée typique. L'élève apprend à connaître tous les composants de la pompe et leur mode de fonctionnement. Les pièces détachées sont disposées de façon structurée dans une caisse à outils. Le montage et le démontage systématiques d'une pompe peuvent être pratiqués. La documentation décrit de manière détaillée les différentes étapes de travail et fournit des informations complémentaires sur le domaine d'utilisation, le mode de fonctionnement ainsi que sur la structure de la pompe.

Contenu didactique / Essais

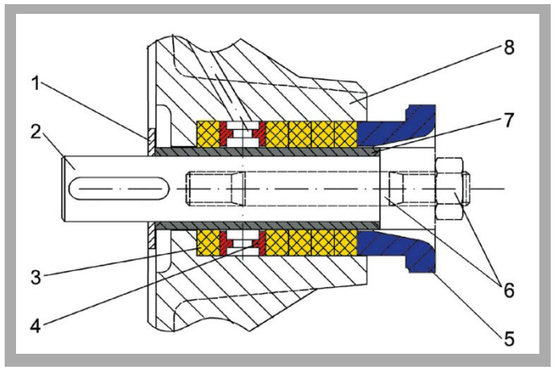
- structure et fonctionnement d'une pompe centrifuge et de ses composants
- montage et démontage, également à des fins d'entretien et de réparation
- remplacement des différents composants (par ex. joints d'étanchéité ou paliers)
- recherche de défauts, analyse de défauts
- planification et évaluation de travaux d'entretien et de réparation
- lecture et compréhension des dessins techniques et leur mode d'emploi

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 180 *Montage & maintenance: pompe centrifuge*



Dessin en coupe de la pompe centrifuge



Presse-étoupe: 1 disque, 2 arbre, 3 garniture presse-étoupe, 4 bague de blocage, 5 bride presse-étoupe, 6 boulon fileté avec écrou hexagonal, 7 manchon de protection d'arbre, 8 couvercle du carter de pompe

Montage de la pompe centrifuge: fixer le chapeau de palier avec des vis

Spécification

[1] concept pédagogique pour exercices d'entretien et de réparation sur une pompe centrifuge monoétagée à aspiration normale avec une volute
[2] pompe selon DIN 24255
[3] roue de pompe fermée à 5 aubes, pour fluides purs
[4] étanchement de l'arbre de la pompe selon le principe du presse-étoupe
[5] 2 organes de montage et jeu d'outils complet
[6] les pièces détachées de la pompe et les outils sont rangés dans une solide caisse à outils
[7] ce jeu de pièces fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge à un étage
- puissance absorbée: max. 1100W
- débit de refoulement max.: 19m³/h
- hauteur de refoulement max.: 25m
- vitesse de rotation: 3000min^{-1}
- raccord d'aspiration: DN50
- raccord de refoulement: DN32
- carter et roue en fonte grise

Dimensions et poids

Lxlxh: 690x360x312mm (caisse à outils)
Poids: env. 35kg

Liste de livraison

1 jeu complet de pièces de pompe centrifuge
1 jeu d'outils, constitué de
- 2 clés mixtes de 13, 17
- 1 clé à pipe de 24/26 avec broche de manœuvre
- 1 extracteur à trois bras
- 1 tournevis pour vis à fente 5,5
- 1 massette à embout plastique
- 2 organes de montage / démontage des paliers

1 jeu de pièces de rechange, constitué de
- 1 joint plat
- 1 garniture presse-étoupe

1 caisse à outils avec module à compartiments, doublée de mousse synthétique
documentation didactique incluant
- une description technique du système, un jeu de dessins techniques complet avec pièces détachées et une liste des pièces détachées, une description des procédures d'entretien et de réparation, des propositions d'exercices
- 1 manuel d'exploitation original de la pompe industrielle

Références de commande

051.18000	MT 180	Montage & maintenance: pompe centrifuge

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 181 *Montage & maintenance: pompe centrifuge à plusieurs étages*

L'illustration montre la caisse à outils avec le jeu de pièces et d'outils et, à l'avant-plan, la pompe complètement montée.

*** Travaux de montage et de maintenance conformes à la pratique: exemple d'une pompe centrifuge à plusieurs étages**

*** Documentation didactique étendu et de structure moderne**

Le montage et le démontage systématiques d'une pompe peuvent être pratiqués. La documentation décrit de manière détaillée les différentes étapes de travail et fournit des informations complémentaires sur le domaine d'utilisation, le mode de fonctionnement ainsi que la structure de la pompe.

Description

Les pompes centrifuges font partie des pompes rotodynamiques et fonctionnent à aspiration normale. Elles sont largement répandues et sont principalement utilisées pour refouler de l'eau. Leurs domaines d'application sont entre autres la construction navale, l'industrie et la distribution de l'eau. Le branchement en série de plusieurs roues permet de générer des pressions de refoulement très élevées. Les pompes centrifuges sont de construction compacte et relativement simple. L'eau est refoulée par des forces centrifuges, générées par le mouvement de rotation de la roue de la pompe. Les travaux de maintenance et de réparation surviennent normalement au cours du cycle de vie d'une pompe, celle-ci n'étant pas considérée comme un simple composant à remplacer dans de nombreux cas.

Le jeu de pièces MT 181 fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation, conçue pour les écoles de formation professionnelle et les centres de formation en entreprise. Le lien étroit entre les contenus pédagogiques théoriques et pratiques est très accessible. Ce jeu de pièces convient parfaitement à un travail de projet étendu, orienté sur la méthode. Il soutient et favorise le travail autonome de l'élève et se prête à un enseignement en petit groupe.

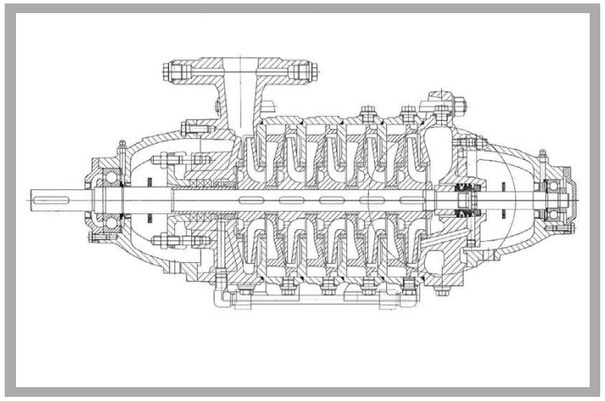
Le MT 181 permet de monter et d'entretenir une pompe centrifuge à plusieurs étages typique. L'élève apprend à connaître tous les composants de la pompe et leur mode de fonctionnement. Les pièces détachées sont disposées de façon structurée dans une caisse à outils.

Contenu didactique / Essais

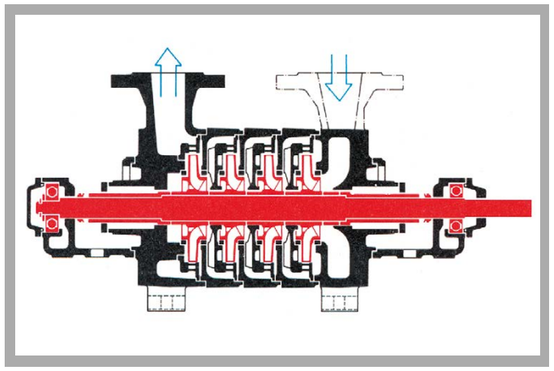
- structure et fonctionnement d'une pompe centrifuge à plusieurs étages et de ses composants
- montage et démontage, également à des fins d'entretien et de réparation
- remplacement des différents composants (par ex. joints d'étanchéité, paliers ou roues)
- recherche de défauts, analyse de défauts
- planification et évaluation de travaux d'entretien et de réparation
- lecture et compréhension des dessins techniques et leur mode d'emploi

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

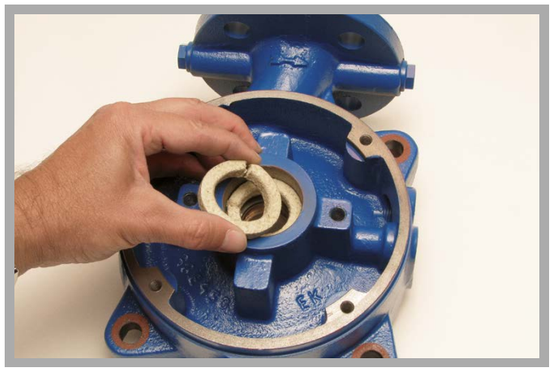
MT 181 *Montage & maintenance: pompe centrifuge à plusieurs étages*



Dessin en coupe similaire d'une pompe centrifuge à plusieurs étages similaire (la MT 181 à 4 étages, les manchons d'aspiration et de refoulement se trouvent du même côté)



Représentation schématique d'une pompe centrifuge à 4 étages



Montage de la pompe centrifuge à 4 étages: monter les bagues presse-étoupe

Spécification

[1] concept pédagogique pour exercices d'entretien et de réparation sur une pompe centrifuge à 4 étages à aspiration normale
[2] étanchement de l'arbre selon le principe du presse-étoupe (côté refoulement) et avec garniture étanche à anneau glissant (côté aspiration)
[3] entraînement par moteur (non compris) et accouplement via l'arbre de la pompe
[4] 4 organes de montage et jeu d'outils complet
[5] les pièces détachées de la pompe et les outils sont rangés dans une solide caisse à outils
[6] ce jeu de pièces fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge à 4 étages
- puissance absorbée: max. 1400W
- débit de refoulement max.: 18m³/h
- hauteur de refoulement max.: 28m
- vitesse de rotation: 1450min^{-1}
- raccord d'aspiration: DN50
- raccord de refoulement: DN40
- carter et roues en fonte grise

Dimensions et poids

Lxlxh: 690x360x312mm (caisse à outils)
Poids: env. 58kg

Liste de livraison

1 jeu complet de pièces de pompe centrifuge à 4 étages
1 jeu d'outils, constitué de
- 8 clés mixtes: 10, 13, 17, 24, 27, 36, 2x 19; 1 extracteur à deux bras; 2 tournevis; 1 pince à circlips; 1 chasse-goupille; 1 massette à embout plastique; 1 outil pour écrou à encoches; 1 pièce de maintien; 2 douilles à frapper pour le montage / démontage des paliers

1 jeu de pièces de rechange, constitué de
- 1 jeu de bagues presse-étoupe; 1 joint d'étanchéité; 1 écrou à encoches

1 bombe de spray de protection contre la corrosion
1 boîte pour petites pièces
1 caisse à outils doublée de mousse synthétique
documentation didactique incluant
- une description technique du système, un jeu de dessins techniques complet avec pièces détachées et une liste des pièces détachées, une description des procédures d'entretien et de réparation, des propositions d'exercices
- 1 manuel d'exploitation original de la pompe industrielle

Références de commande

051.18100	MT 181 Montage & maintenance: pompe centrifuge à plusieurs étages

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 185 *Montage & maintenance: pompe centrifuge en ligne*

L'illustration montre la caisse à outils avec le jeu de pièces et d'outils et, à l'avant-plan, la pompe complètement montée.

*** Travaux de montage et de maintenance conformes à la pratique: exemple d'une pompe centrifuge en ligne**

*** Documentation didactique étendu et de structure moderne**

Description

Les pompes centrifuges en ligne font partie des pompes rotodynamiques et fonctionnent à aspiration normale. Les pompes en ligne sont employées dans les conduites en ligne droite comme par ex. les pipelines. La différence entre une pompe en ligne et une pompe normalisée repose sur le fait que les manchons d'aspiration et de refoulement se situent sur un même axe.

La pompe centrifuge en ligne ici présentée est utilisée pour refouler des fluides mécaniquement et chimiquement non agressifs. Elle est entre autres utilisée dans le domaine de la distribution de l'eau, les systèmes d'irrigation et d'aspersion et en technique de chauffage.

Le jeu de pièces MT 185 fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation, conçue pour les écoles de formation professionnelle et les centres de formation en entreprise. Le lien étroit entre les contenus pédagogiques théoriques et pratiques est très accessible. Ce jeu de pièces convient parfaitement à un travail de projet étendu, orienté sur la méthode. Il soutient et favorise le travail autonome de l'élève et se prête à un enseignement en petit groupe.

Le MT 185 permet de monter et d'entretenir une pompe centrifuge en ligne typique. L'élève apprend à connaître tous les composants de la pompe et leur mode de fonctionnement. Les pièces détachées sont disposées de façon structurée dans une caisse à outils. Le montage et le démontage systématiques d'une pompe peuvent être pratiqués.

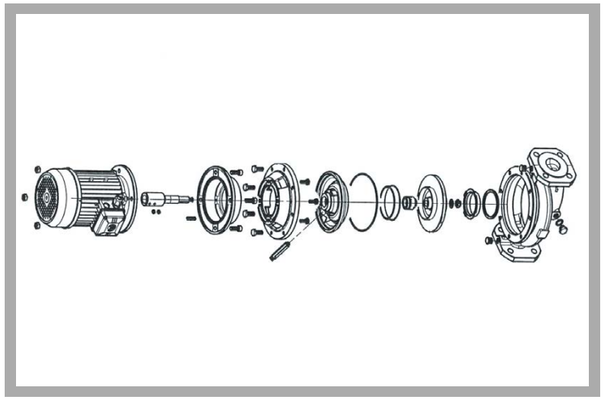
La documentation décrit de manière détaillée les différentes étapes de travail et fournit des informations complémentaires sur le domaine d'utilisation, le mode de fonctionnement ainsi que sur la structure de la pompe.

Contenu didactique / Essais

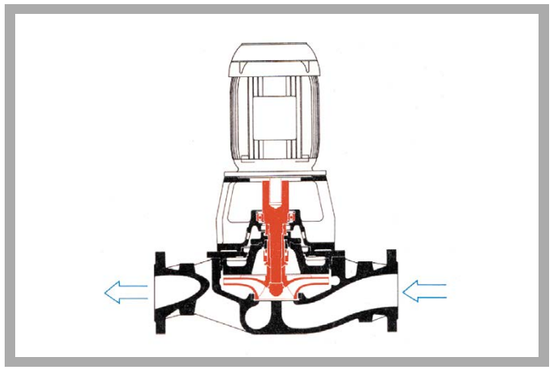
- structure et fonctionnement d'une pompe centrifuge en ligne et de ses composants
- montage et démontage, également à des fins d'entretien et de réparation
- remplacement de différents composants (par ex. joints d'étanchéité ou paliers)
- recherche de défauts, analyse de défauts
- planification et évaluation de travaux d'entretien et de réparation
- lecture et compréhension des dessins techniques et leur mode d'emploi

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 185 *Montage & maintenance: pompe centrifuge en ligne*



Dessin éclaté de la pompe centrifuge en ligne



Pompe centrifuge en ligne: manchons d'aspiration et de refoulement sur un même axe

Montage de la pompe centrifuge en ligne: bloquer l'écrou de la roue

Spécification

[1] concept pédagogique pour exercices d'entretien et de réparation sur une pompe centrifuge en ligne
[2] roue de pompe fermée à 5 aubes, pour fluides purs
[3] étanchement de l'arbre de la pompe avec garniture étanche à anneau glissant
[4] entraînement de la pompe via un moteur triphasé
[5] les pièces détachées de la pompe et les outils sont rangés dans une solide caisse à outils
[6] ce jeu de pièces fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge en ligne
- puissance absorbée: max. 750W
- débit de refoulement max.: 19m³/h
- hauteur de refoulement max.: 16m
- vitesse de rotation: 2900min^{-1}
- raccord d'aspiration: DN40
- raccord de refoulement: DN40
- carter et roue en fonte grise

Moteur d'entraînement
- 400V, 50Hz, 3 phases ou 230V, 60Hz, 3 phases

Dimensions et poids

Lxlxh: 690x360x312mm (caisse à outils)
Poids: env. 40kg

Liste de livraison

1 jeu complet de pièces de pompe centrifuge en ligne
1 jeu d'outils, constitué de
- 5 clés mixtes: 13, 14, 17, 20, 22
- 2 clés pour vis à six pans creux: 3, 8
- 1 tournevis

1 bague d'étanchéité
1 boîte pour petites pièces
1 caisse à outils doublée de mousse synthétique
1 documentation didactique incluant
- une description technique du système, un jeu de dessins techniques complet avec pièces détachées et une liste des pièces détachées, une description des procédures d'entretien et de réparation, des propositions d'exercices
- 1 manuel d'exploitation original de la pompe industrielle

Références de commande

051.18500	MT 185	Montage & maintenance: pompe centrifuge en ligne

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 184 Montage & maintenance: pompe à piston

L'illustration montre la caisse à outils avec le jeu de pièces et d'outils et, à l'avant-plan, la pompe complètement montée.

*** Travaux de montage et de maintenance conformes à la pratique: exemple d'une pompe à piston**

*** Documentation didactique étendu et de structure moderne**

Description

Les pompes à piston font partie des pompes volumétriques et fonctionnent par oscillation, à aspiration normale. A vitesse de rotation constante, leur courbe caractéristique est une ligne droite quasi verticale: à pression variable, le débit volumétrique reste pratiquement constant.

La pompe présentée ici est une pompe à piston à double effet. Cela signifie que chaque course constitue simultanément une course d'aspiration et de refoulement. Des domaines d'application typiques de la pompe traitée ici sont le transport d'eaux potable et non potable dans des immeubles d'habitation, l'agriculture, la navigation, l'industrie et les établissements horticoles.

Le jeu de pièces MT 184 fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation, conçue pour les écoles de formation professionnelle et les centres de formation en entreprise.Le lien étroit entre les contenus pédagogiques théoriques et pratiques est très accessible. Ce jeu de pièces convient parfaitement à un travail de projet étendu, orienté sur la méthode. Il soutient et favorise le travail autonome de l'élève et se prête à un enseignement en petit groupe.

Le MT 184 permet de monter et d'entretenir une pompe à piston typique. L'élève apprend à connaître tous les composants de la pompe et leur mode de fonctionnement. Les pièces détachées sont disposées de façon structurée dans une caisse à outils. Le montage et le démontage systématiques d'une pompe peuvent être pratiqués.

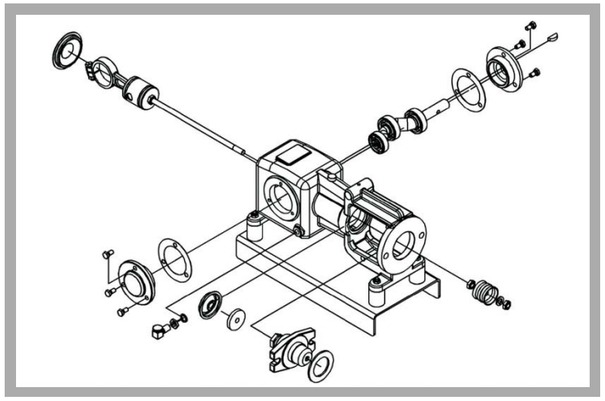
La documentation décrit de manière détaillée les différentes étapes de travail et fournit des informations complémentaires sur le domaine d'utilisation, le mode de fonctionnement ainsi que sur la structure de la pompe.

Contenu didactique / Essais

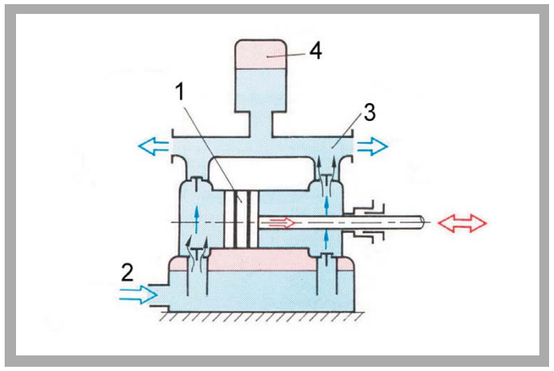
- structure et fonctionnement d'une pompe à piston et de ses composants
- montage et démontage, également à des fins d'entretien et de réparation
- remplacement de différents composants (par ex. joints d'étanchéité ou paliers)
- recherche de défauts, analyse de défauts
- planification et évaluation de travaux d'entretien et de réparation
- lecture et compréhension des dessins techniques et leur mode d'emploi

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 184 Montage & maintenance: pompe à piston



Dessin éclaté de la pompe à piston



Principe d'une pompe à piston à double effet: 1 piston, 2 conduite d'aspiration, 3 conduite de refoulement, 4 réservoir d'air

Démontage de la pompe à piston: démonter le roulement à billes de l'arbre excentrique (avec l'aide d'un extracteur)

Spécification

[1] concept pédagogique pour exercices d'entretien et de réparation sur une pompe à piston à double effet
[2] réservoir d'air de compensation de coups de bélier
[3] en présence d'une haute pression, la soupape de sécurité intégrée renvoie une partie du débit du côté aspiration
[4] étanchement de la tige de piston selon le principe du presse-étoupe
[5] entraînement de la pompe via une poulie pour courroie trapézoïdale
[6] les pièces détachées de la pompe et les outils sont rangés dans une solide caisse à outils
[7] ce jeu de pièces fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Pompe à piston
- débit de refoulement max.: 1000L/h
- hauteur de refoulement max.: 60m
- puissance absorbée max.: 370W
- entraînement par courroie trapézoïdale, vitesse du moteur: 1450min^{-1}
- raccord d'aspiration et raccord de refoulement: 1"

Dimensions et poids

Lxlxh: 690x360x312mm (caisse à outils)
Poids: env. 33kg

Liste de livraison

1 jeu complet de pièces de pompe à piston
1 jeu d'outils, constitué de
- 6 clés à fourche de 13, 14, 19, 22, 2x 10; 1 massette à embout plastique; 1 extracteur à trois bras; 1 chasse-goupille; 1 tournevis; 1 clé pour soupape de surpression; 2 douilles à frapper pour le montage / démontage des paliers; 1 pièce de maintien pour le démontage du coussinet de bielle

1 plaque de base
1 coupelle de piston
1 jeu de pièces de rechange, constitué de
- 1 coupelle de piston; 4 bagues presse-étoupe; 2 joints de chapeau de palier

1 bombe de spray de protection contre la corrosion
1 boîte pour petites pièces
1 caisse à outils doublée de mousse synthétique
1 documentation didactique incluant
- une description technique du système, un jeu de dessins techniques complet avec pièces détachées et une liste des pièces détachées, une description des procédures d'entretien et de réparation, des propositions d'exercices
- 1 manuel d'exploitation original de la pompe industrielle

Références de commande

051.18400	MT 184	Montage & maintenance: pompe à piston

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 183 Montage & maintenance: pompe à diaphragme

L'illustration montre la caisse à outils avec le jeu de pièces et d'outils et, à l'avant-plan, la pompe complètement montée.

*** Travaux de montage et de maintenance conformes à la pratique: exemple d'une pompe à diaphragme**

*** Documentation didactique étendu et de structure moderne**

Description

Les pompes à diaphragme font partie des pompes volumétriques et fonctionnent par oscillation, à aspiration normale. Comme les pompes à diaphragme fonctionnent absolument sans fuites, elles conviennent particulièrement, moyennant l'utilisation des matériaux de pompe appropriés, pour le transport de fluides agressifs tels que les acides et les bases, mais également pour les fluides radioactifs, inflammables, malodorants et toxiques. Un avantage supplémentaire est qu'elles peuvent fonctionner à sec. Les pompes à diaphragme sont souvent utilisées pour le dosage volumétrique (pompes de dosage).

En raison des matériaux de pompe utilisés, la pompe à diaphragme montrée ici convient particulièrement au génie chimique. Elle est équipée d'un dispositif d'ajustage de course et est utilisée comme pompe de dosage.

Le jeu de pièces MT 183 fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation, pour les écoles de formation professionnelle et les centres de formation en entreprise. Le lien étroit entre les contenus pédagogiques théoriques et pratiques est très accessible. Ce jeu de pièces convient parfaitement à un travail de projet étendu, orienté sur la méthode. Il soutient et favorise le travail autonome de l'élève et se prête à un enseignement en petit groupe.

Le MT 183 permet de monter et d'entretenir une pompe à diaphragme typique. L'élève apprend à connaître tous les composants de la pompe et leur mode de fonctionnement. Les pièces détachées sont disposées de façon structurée dans une caisse à outils. Le montage et le démontage systématique d'une pompe peuvent être pratiqués.

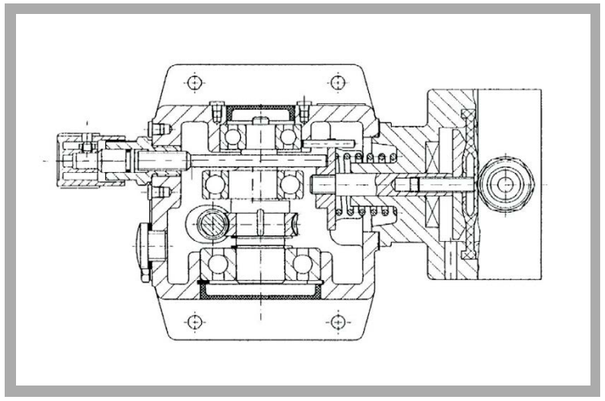
La documentation décrit de manière détaillée les différentes étapes de travail et fournit des informations complémentaires sur le domaine d'utilisation, le mode de fonctionnement ainsi que sur la structure de la pompe.

Contenu didactique / Essais

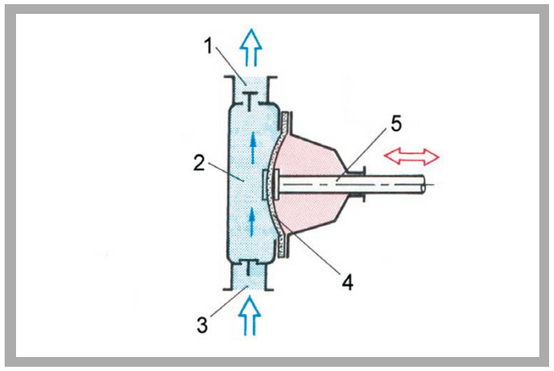
- structure et fonctionnement d'une pompe à diaphragme et de ses composants
- montage et démontage, également à des fins d'entretien et de réparation
- remplacement de différents composants (par ex. joints d'étanchéité ou paliers)
- recherche de défauts, analyse de défauts
- planification et évaluation de travaux d'entretien et de réparation
- lecture et compréhension des dessins techniques et leur mode d'emploi

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 183 Montage & maintenance: pompe à diaphragme



Dessin en coupe de la pompe à diaphragme



Principe de fonctionnement de la pompe à diaphragme simple: 1 conduite de refoulement, 2 chambre de la pompe, 3 conduite d'aspiration, 4 diaphragme, 5 tige de pression

Montage de la pompe à diaphragme: enfoncer l'excentrique dans le carter (avec l'aide d'un dispositif)

Spécification

[1] concept pédagogique pour exercices d'entretien et de réparation sur une pompe à diaphragme simple
[2] diaphragme et tige de pression en liaison directe
[3] ajustage du débit via l'ajustage de course manuel (également pendant le fonctionnement)
[4] l'entraînement manuel par manivelle remplace le moteur d'entraînement
[5] les pièces détachées de la pompe et les outils sont rangés dans une solide caisse à outils
[6] ce jeu de pièces fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Pompe à diaphragme
- débit de refoulement: de 0...2,4L/h
- hauteur de refoulement max.: 100m
- fréquence de courses nominale à 50Hz: 156min^{-1}
- puissance absorbée: max. 90W
- raccord d'aspiration: DN5
- raccord de refoulement: DN5
- matériaux de la pompe
  corps de pompe: PP
  soupapes à double bille: PP-matière plastique renforcée de fibres de verre
  billes de soupape: verre
  joints de soupape: FPM
  diaphragme d'entraînement: doublé PTFE

Dimensions et poids

Lxlxh: 690x360x312mm (caisse à outils)
Poids: env. 15kg

Liste de livraison

1 jeu complet de pièces de pompe à diaphragme
1 jeu d'outils, constitué de
- 4 clés mixtes: 22, 27, 2x8; 3 clés pour vis à six pans creux: 2,5, 3, 4; 1 tournevis; 1 extracteur à 3 bras; 1 pince pour circlips intérieurs; 1 pince pour circlips extérieurs; 1 massette à embout plastique; 2 douilles à frapper pour le montage / démontage des paliers

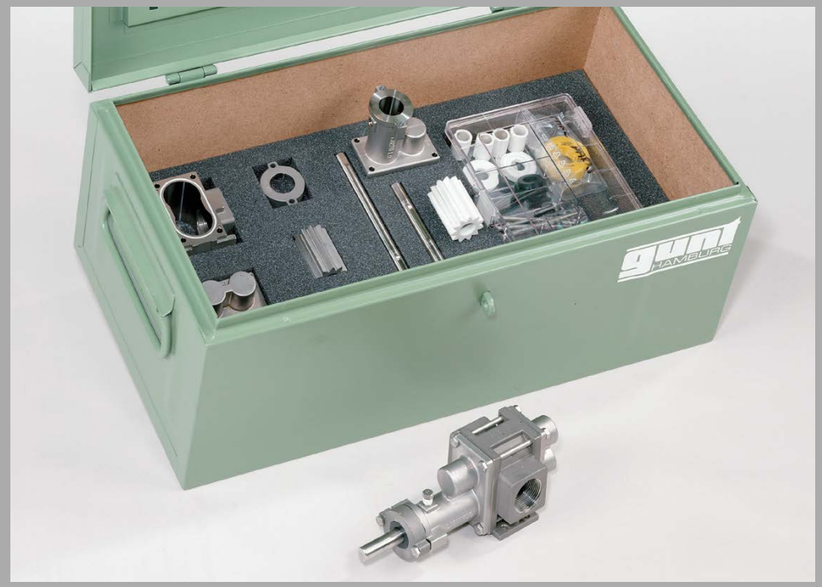
1 entraînement manuel, 1 joint de bride
1 bombe de spray de protection contre la corrosion
1 boîte pour petites pièces
1 caisse à outils doublée de mousse synthétique
1 documentation didactique incluant
- une description technique du système, un jeu de dessins techniques complet avec pièces détachées et une liste des pièces détachées, une description des procédures d'entretien et de réparation, des propositions d'exercices
- 1 manuel d'exploitation original de la pompe industrielle

Références de commande

051.18300	MT 183	Montage & maintenance: pompe à diaphragme

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 186 Montage & maintenance: pompe à engrenages



L'illustration montre la caisse à outils avec le jeu de pièces détachées et d'outils et, à l'avant-plan, la pompe complètement montée.

*** Travaux de montage et de maintenance conformes à la pratique: exemple d'une pompe à engrenages**

*** Documentation didactique étendu et de structure moderne**

Description

Les pompes à engrenages font partie des pompes rotatives à piston qui fonctionnent selon le principe du déplacement volumétrique. Elles sont de construction simple et leur utilisation ne pose pas de problèmes. Les pompes à engrenages peuvent générer des pressions de service atteignant 40bar et des débits atteignant 60m³/h. Leur débit de refoulement sans pulsations augmente linéairement avec la vitesse de rotation. Elles peuvent également refouler des fluides de haute viscosité (huiles, vernis, colles etc.). Les pompes à engrenages sont sensibles aux particules dures de matières solides dans le fluide refoulé.

Grâce aux matériaux utilisés, la pompe présentée ici résiste à la plupart des produits chimiques corrosifs et agressifs. La paire de roues dentées constituées de matériau synthétique/métal permet un fonctionnement relativement silencieux.

Le jeu de pièces MT 186 fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation, conçue pour les écoles de formation professionnelle et les centres de formation en entreprise. Le lien étroit entre les contenus pédagogiques théoriques et pratiques est très accessible. Ce jeu de pièces convient parfaitement à un travail de projet étendu, orienté sur la méthode. Il soutient et favorise le travail autonome de l'élève et se prête à un enseignement en petit groupe.

Le MT 186 permet de monter et d'entretenir une pompe à engrenages typique. L'élève apprend à connaître tous les composants de la pompe et leur mode de fonctionnement. Les pièces détachées sont disposées de façon structurée dans une caisse à outils.

Le montage et le démontage systématiques d'une pompe peuvent être pratiqués.

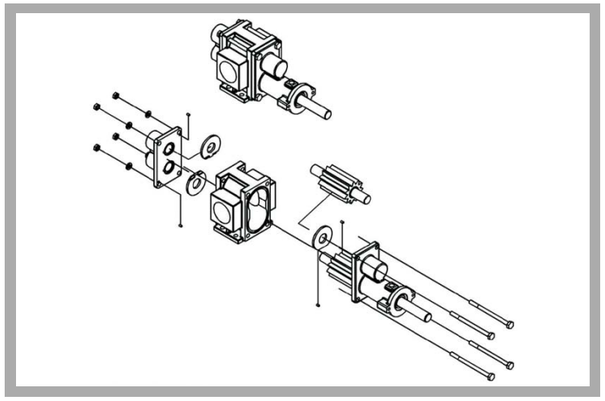
La documentation décrit de manière détaillée les différentes étapes de travail et fournit des informations complémentaires sur le domaine d'utilisation, le mode de fonctionnement ainsi que sur la structure de la pompe.

Contenu didactique / Essais

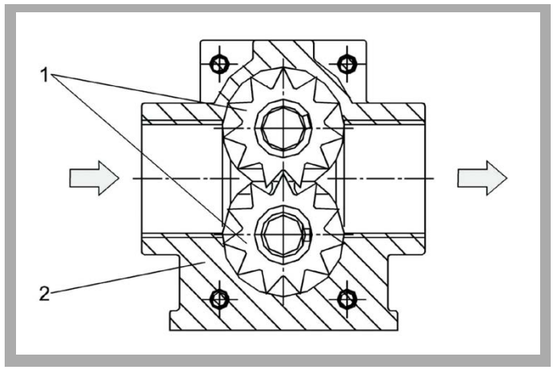
- structure et fonctionnement d'une pompe à engrenages et de ses composants
- montage et démontage, également à des fins d'entretien et de réparation
- remplacement de différents composants (par ex. joints d'étanchéité)
- recherche de défauts, analyse de défauts
- planification et évaluation de travaux d'entretien et de réparation
- lecture et compréhension des dessins techniques et leur mode d'emploi

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

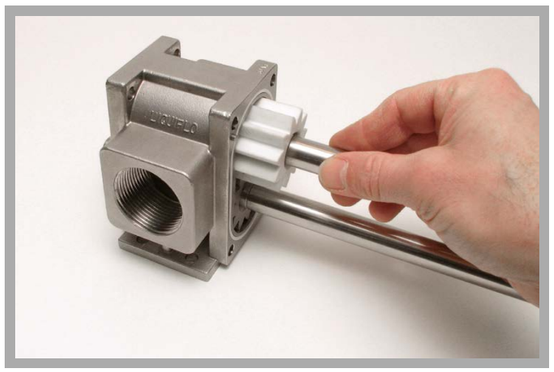
MT 186 Montage & maintenance: pompe à engrenages



Dessin éclaté de la pompe à engrenages



Fonctionnement d'une pompe à engrenages: 1 paire de roues dentées, 2 carter



Montage de la pompe centrifuge: montage de l'arbre d'entraînement

Spécification

[1] concept pédagogique pour exercices d'entretien et de réparation sur une pompe à engrenages
[2] marche relativement silencieuse grâce à la paire de roues dentées en matériau synthétique / métal
[3] étanchement de l'arbre de la pompe par une garniture étanche à anneau glissant
[4] convient pour les fluides sans matières solides d'une viscosité dynamique de 0 jusqu'à 10000mPas
[5] les pièces détachées de la pompe et les outils sont rangés dans une solide caisse à outils
[6] ce jeu de pièces fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Pompe à engrenages
- puissance absorbée: max. 2kW
- débit de refoulement max.: 80L/min
- hauteur de refoulement max.: 70m
- vitesse de rotation du moteur: de 300 à 1750min^{-1}
- filetage raccord d'aspiration: R 1 1/4"
- filetage raccord de refoulement: R 1 1/4"
- matériaux de la pompe
  carter: acier inoxydable 316 (1.4401)
  roues dentées: acier inoxydable 316 (1.4401)/PTFE
  plaques d'usure: PTFE
  paliers: PTFE
- viscosités en fonction de la vitesse de rotation
  n=300min^{-1}: 10000mPas, n=1750min^{-1}: 3000mPas

Dimensions et poids

Lxlxh: 690x360x312mm (caisse à outils)
Poids: env. 20kg

Liste de livraison

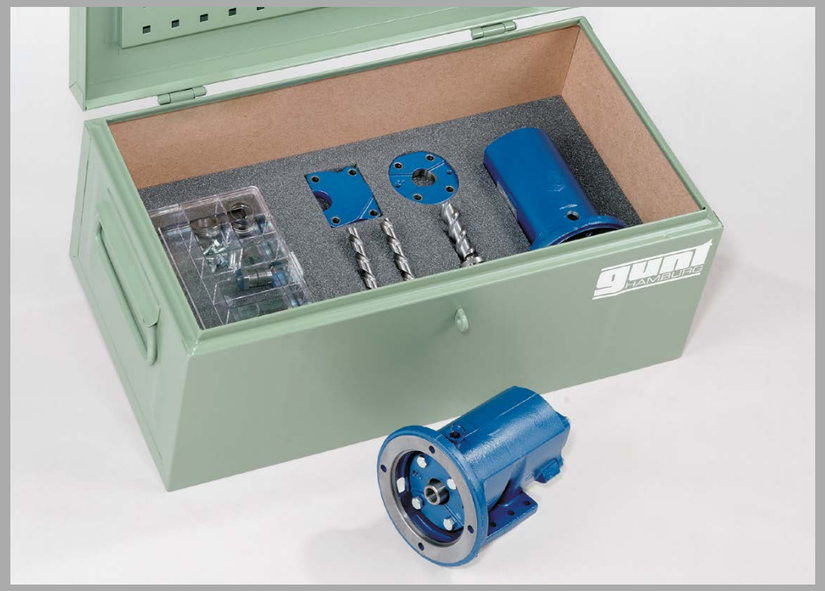
1 jeu complet de pièces de pompe à engrenages
1 jeu d'outils, constitué de
- 2 clés mixtes de 11
- 1 tournevis pour vis à six pans de 3/32"
- 2 tournevis
- 1 circlip de section circulaire pour arbres
1 rouleau de bande d'étanchéité PTFE
1 boîte pour petites pièces
1 caisse à outils doublée de mousse synthétique
1 documentation didactique incluant
- une description technique du système, un jeu de dessins techniques complet avec pièces détachées et une liste des pièces détachées, une description des procédures d'entretien et de réparation, des propositions d'exercices
- 1 manuel d'exploitation original de la pompe industrielle

Références de commande

051.18600	MT 186	Montage & maintenance: pompe à engrenages

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 182 Montage & maintenance: pompe à vis



L'illustration montre la caisse à outils avec le jeu de pièces et d'outils et, à l'avant-plan, la pompe complètement montée.

*** Travaux de montage et de maintenance conformes à la pratique: exemple d'une pompe à vis**

*** Documentation didactique étendu et de structure moderne**

Description

Les pompes à vis font partie des pompes volumétriques et fonctionnent à rotation, à aspiration normale. La pompe présentée ici est utilisée pour toute une série de fluides différents. On trouve parmi ces derniers tous les fluides non agressifs ayant des propriétés lubrifiantes d'une viscosité comprise entre 2 et 1500mm²/s, entre autres les huiles de lubrification, les huiles végétales, les huiles hydrauliques, les glycols, les polymères, les émulsions. Les domaines d'application typiques sont: la lubrification de moteurs diesel, les engrenages, les turbines à gaz, à vapeur et à eau, ainsi que la circulation pour le refroidissement et la filtration dans de grosses machines et des installations hydrauliques.

Le jeu de pièces MT 182 fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation, pour les écoles de formation professionnelle et les centres de formation en entreprise. Le lien étroit entre les contenus pédagogiques théoriques et pratiques est très accessible. Ce jeu de pièces convient parfaitement à un travail de projet étendu, orienté sur la méthode. Il soutient et favorise le travail autonome de l'élève et se prête à un enseignement en petit groupe.

Le MT 182 permet de monter et d'entretenir une pompe à vis typique. L'élève apprend à connaître tous les composants de la pompe et leur mode de fonctionnement. Les pièces détachées sont disposées de façon structurée dans une caisse à outils. Le montage et le démontage systématiques d'une pompe peuvent être pratiqués.

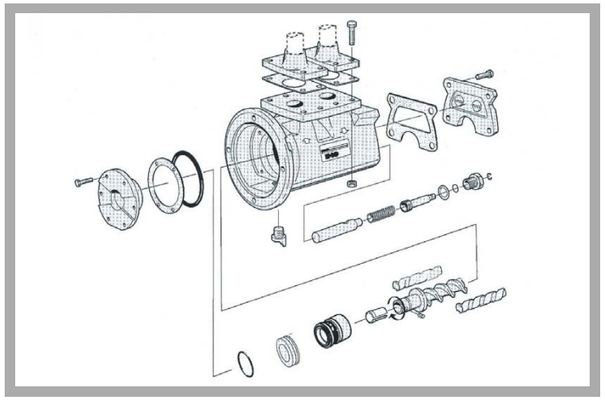
La documentation décrit de manière détaillée les différentes étapes de travail et fournit des informations complémentaires sur le domaine d'utilisation, le mode de fonctionnement ainsi que sur la structure de la pompe.

Contenu didactique / Essais

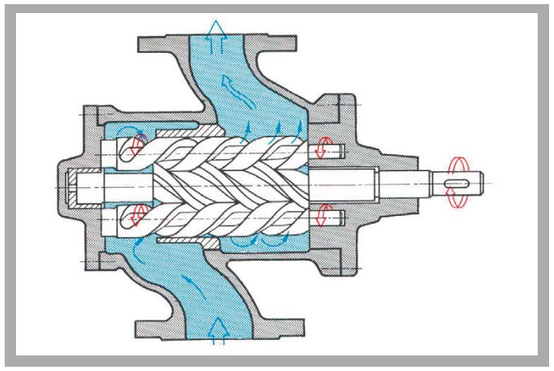
- structure et fonctionnement d'une pompe à vis et de ses composants
- montage et démontage, également à des fins d'entretien et de réparation
- remplacement de différents composants (par ex. joints d'étanchéité)
- recherche de défauts, analyse de défauts
- planification et évaluation de travaux d'entretien et de réparation
- lecture et compréhension des dessins techniques et le mode d'emploi

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

MT 182 Montage & maintenance: pompe à vis



Dessin éclaté de la pompe à vis



Principe de la pompe à vis

Montage de la pompe à vis: monter le piston à soupape avec ressort de soupape

Spécification

[1] concept pédagogique pour exercices d'entretien et de réparation sur une pompe à vis
[2] pompe à trois vis avec une vis d'entraînement et deux vis de transport
[3] soupape de limitation de pression intégrée; en présence d'une haute pression, une partie du débit est renvoyée côté aspiration
[4] utilisation pour fluides à refouler d'une viscosité cinématique dans la plage de 2...1500mm²/s
[5] les pièces détachées de la pompe et les outils sont rangés dans une solide caisse à outils
[6] ce jeu de pièces fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Pompe à trois vis
- puissance absorbée: max. 1350W
- hauteur de refoulement max.: 12bar
- déplacement: 13,9cm³/tour de vis
- vitesse de rotation max.: 3600min^{-1}
- raccord d'aspiration: DN25
- raccord de refoulement: DN25
- carter en fonte grise

Dimensions et poids

Lxlxh: 690x360x312mm (caisse à outils)
Poids: env. 50kg

Liste de livraison

1 jeu complet de pièces de pompe à vis
1 jeu d'outils, constitué de
- 2 clés mixtes: 13, 25
- 2 clés pour vis à six pans creux: 2,5, 10
- 2 tournevis

1 jeu de pièces de rechange, constitué de
- 1 joint de bride
- 1 joint torique
- 1 circlip

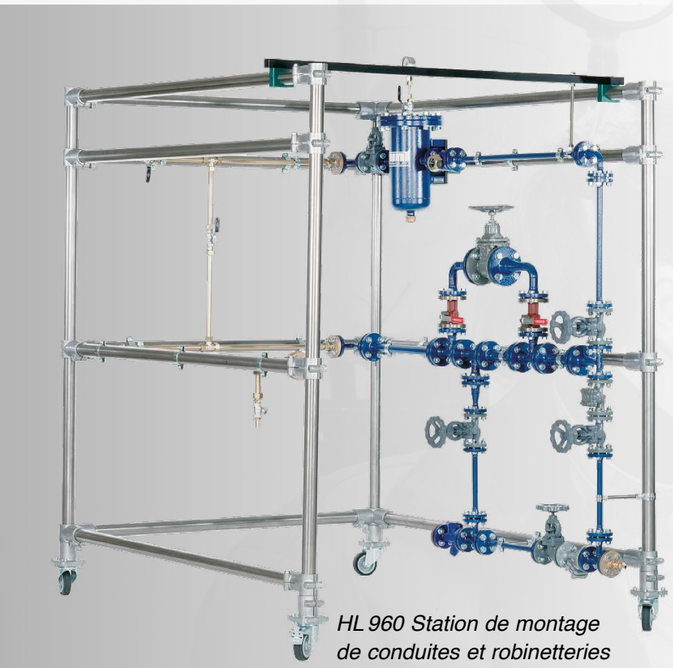
1 bombe de spray de protection contre la corrosion
1 boîte pour petites pièces
1 caisse à outils doublée de mousse synthétique
documentation didactique incluant
- une description technique du système, un jeu de dessins techniques complet avec pièces détachées et une liste des pièces détachées, une description des procédures d'entretien et de réparation, des propositions d'exercices
- 1 manuel d'exploitation original de la pompe industrielle

Références de commande

051.18200	MT 182	Montage & maintenance: pompe à vis

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 960 STATION DE MONTAGE DE CONDUITES ET ROBINETTERIES



HL 960 Station de montage de conduites et robinetteries

Les conduites sont des composantes importantes des sites de production modernes et servent au transport de gaz et de liquides. Les systèmes de conduites sont composés principalement de tuyaux, de raccords de tuyauterie et de robinetteries. Pour bien fonctionner, les systèmes de conduites doivent intégrer des joints, des éléments de connexion tels que brides, vissages et manchons ainsi que des éléments de fixation des conduites. Le montage correct de conduites est donc un élément important du travail des futurs techniciens d'installation. GUNT offre avec la station de montage HL 960 un système à l'échelle réelle du domaine de la construction de conduites et d'installations. La station de montage est composée d'un grand nombre de robinetteries, d'éléments de tuyauterie et de réservoirs, ainsi que de composants d'étanchéité et de fixation. Le bâti en forme de U permet de varier l'agencement des systèmes de tuyauterie, robinetteries et unités fonctionnelles comme les réservoirs sous pression.

Contenus didactiques / Essais

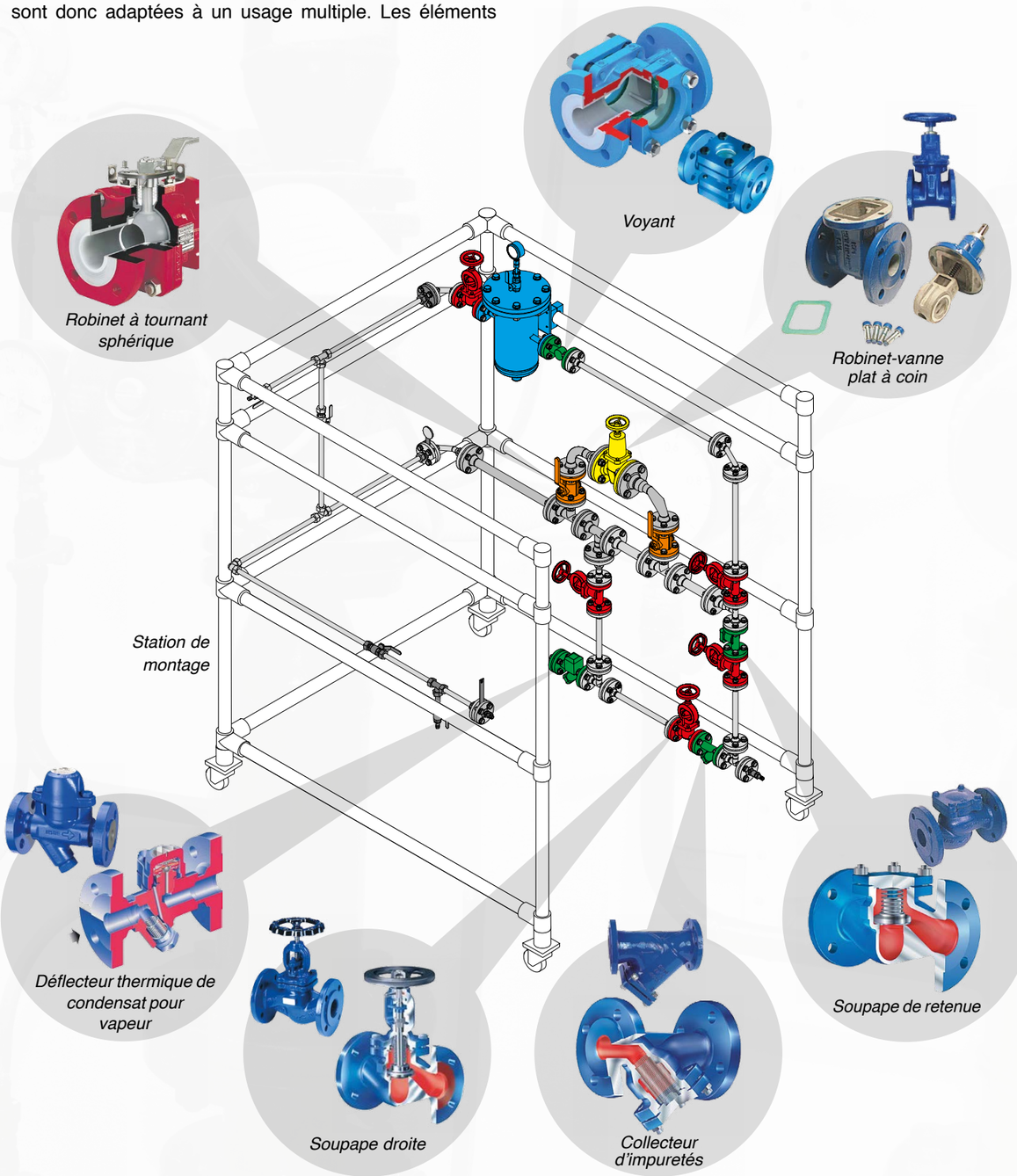
- principes de base: découvrir et comprendre les fonctions de robinetteries et éléments de conduite différents
- planification et sélection: établir des plans de conduites, les listes de pièces et sélectionner différents composants pour des projets de conduites
- réalisation: construire des projets de conduites sur le bâti du HL 960 conformément à un plan établi des conduites
- contrôle et évaluation: les projets entièrement montés peuvent être soumis à un test réel avec de l'eau. Le banc d'essai HL 960.01 propose en option un circuit d'eau fermé.

HL 960 Station de montage de conduites et robinetteries

HL 960.01 comme circuit d'eau fermé

Une fois qu'un système de tuyauterie a été construit, il est possible d'effectuer un test fonctionnel avec le banc d'essai HL 960.01.

Quelques robinetteries et éléments de tuyauterie disponibles pour des projets de montage sont représentés sur cette page. Pour les connexions de tuyau, seules des connexions amovibles avec joints sont utilisées, qui sont donc adaptées à un usage multiple. Les éléments de tuyauterie sont prêts au montage et sont ajustés aux longueurs de montage et aux raccords à bride.



HL 960 *Station de montage de conduites et robinetteries*

*** Montage conforme à la pratique de systèmes de conduites et d'installations**

*** Connaissance étendue et conforme à la pratique des étapes de construction d'installations**

Description

Le système HL 960 est un système de travaux pratiques et de formation servant d'introduction à la technique de montage industriel de tuyauteries et d'installations. Le kit de montage est constitué d'un grand nombre de robinetteries, d'éléments de tuyauterie et d'un réservoir sous pression. Viennent s'y ajouter des composants d'étanchéité et des éléments de fixation. Un bâti stable de base en forme de U permet la réalisation de divers systèmes de conduites, de parties d'installations et d'unités fonctionnelles. Les éléments de tuyauterie sont déjà prêts montés et adaptés aux longueurs de montage et aux raccords à brides. Les éléments permettent de multiples montages et démontages.

Ce système de travaux pratiques est conçu pour le travail en groupe de plusieurs élèves. Le processus complet de mise en place d'une installation peut demander plusieurs jours si toutes les étapes correspondantes sont réalisées: informer, planifier, décider, exécuter, contrôler et évaluer.

Le matériel d'accompagnement didactique détaillé soutient le processus d'apprentissage effectif et structuré. Il contient la description technique de tous les composants structurels ainsi que différents exemples d'installations.

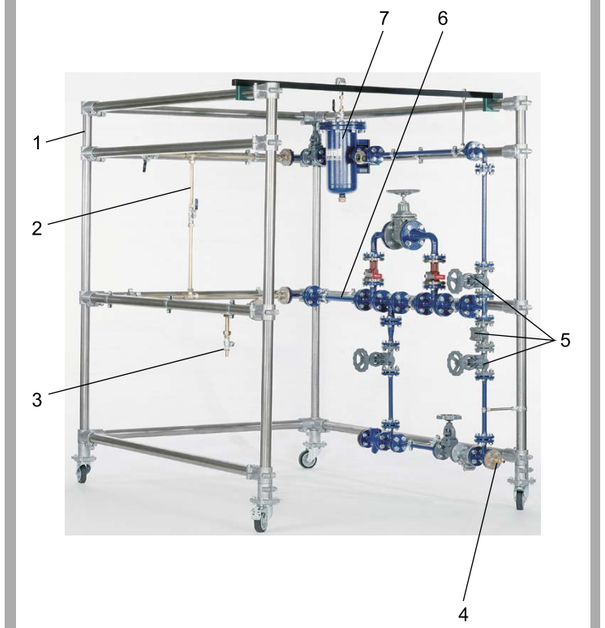
Une fois montées, les structures peuvent être soumises à un test réel avec de l'eau. L'installation de pompage HL 960.01 (circuit fermé) est disponible à cet effet.

Contenu didactique / Essais

- conception et fonction de robinetteries, d'éléments de tuyauterie et de composants utilisés pour la construction d'installations
- planification de systèmes de conduites et d'installations selon des indications, comme par ex. un schéma procédé
- sélection de composants et élaboration de listes de matériels requis
- préparation et exécution dans les règles de l'art du montage de l'installation
- lecture et compréhension de dessins techniques et de la documentation technique
- contrôle en service des installations réalisées (avec une alimentation en eau et une évacuation appropriées)

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 960 *Station de montage de conduites et robinetteries*



1 bâti mobile, 2 conduite DN15, 3 raccord pour HL 960.01 (évacuation), 4 raccord pour HL 960.01 (arrivée), 5 diverses robinetteries, 6 conduite DN25, 7 réservoir sous pression avec manomètre

L'illustration montre le système HL 960 avec un exemple d'installation réalisé.
A l'avant-plan: installation de pompage HL 960.01.

Spécification

[1] montage expérimental pour la formation technique
[2] réseau de conduites constitué de tubes, de coudes, de pièces en T et de raccords de transition dans les diamètres nominaux DN15, 25, 40
[3] jonction des tubes par brides ou par raccords à bague coupante
[4] robinetteries à brides d'usage courant dans le commerce: soupape d'arrêt, soupape de retenue, collecteur d'impuretés, purgeur, regard, robinet à tournant sphérique, robinet-vanne
[5] robinet à tournant sphérique avec raccord à bague coupante
[6] réservoir sous pression avec manomètre, raccord via brides DN15
[7] raccordement à l'alimentation en eau par un flexible avec accouplement
[8] bâti mobile pour le montage du réseau de conduites
[9] ce kit de travaux pratiques fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Robinetteries à brides
- en fonte grise (GG);
- pression nominale: PN16 pour DN15, 25 / PN10 pour DN40

Robinet à tournant sphérique avec raccord à bague coupante
- en laiton, nickelé
- pression nominale: PN25
- grandeur nominale: G1/2"

Manomètre: de 0...4bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 1540x1840x2020mm
Poids: env. 300kg

Nécessaire pour le fonctionnement

Raccord d'eau et drain par flexibles avec accouplements

Liste de livraison

1 bâti
1 jeu de robinetteries, tuyaux, éléments de tuyauterie avec garnitures d'étanchéité et matériel de fixation
1 jeu d'outils
1 notice avec jeu de dessins techniques et matériel didactique

Références de commande

065.96000	HL 960	Station de montage de conduites et robinetteries

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 960.01 *Montage et alignement de pompes et entraînements*

*** Montage d'une pompe dans une installation**

*** Alignement du moteur électrique et de la pompe selon différentes méthodes**

Description

Une procédure de travail complète de réparation de machines réceptrices comme les pompes se compose des étapes de travail suivantes: montage - alignement - contrôle. Le banc d'essai présenté ici est conforme à des données réelles et est essentiellement utilisé pour la formation pratique des opérateurs d'entretien et de maintenance. Il offre également de nombreuses thématiques et points de départ de réflexion pour l'enseignement professionnel.

Le HL 960.01 permet de reproduire l'ensemble de la procédure de travail suivie pour une réparation. Le banc d'essai lui-même sert à s'entraîner au montage, avec la possibilité d'ajuster l'entraînement et la pompe. Associé à la station de montage HL 960, le HL 960.01 peut être utilisé comme dispositif de contrôle du système de conduite monté.

Le banc d'essai est composé d'un moteur d'entraînement électrique, d'une pompe normalisée ainsi que d'un système de conduite avec un réservoir de stockage et fonctionne ainsi indépendamment du réseau d'alimentation en eau. Dans le cadre de l'exercice de montage, on peut s'exercer à remplacer des pompes à des fins de contrôle ou de réparation. Pendant cette opération, on observe aussi bien le système global que les différents modules. Un manomètre indique la pression du côté de refoulement de la pompe.

À des fins d'alignement, le moteur électrique peut être déplacé dans trois directions. Le contrôle de l'alignement se fait soit de manière traditionnelle à l'aide d'une règle de précision ou au moyen de deux comparateurs à cadran selon le procédé d'alignement inversé. Dans l'idéal, on peut utiliser un procédé sans contact assisté par microprocesseur (les systèmes d'alignement spéciaux ne font pas partie de la liste de livraison).

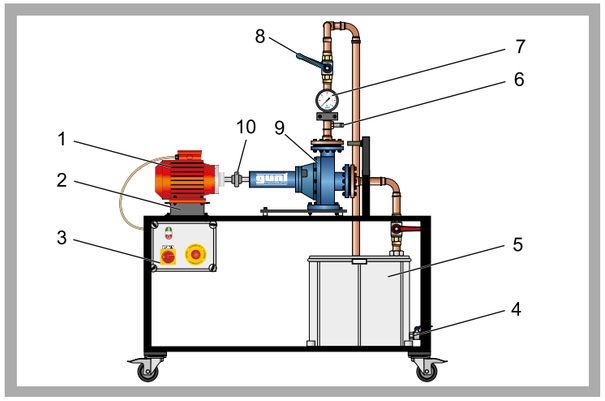
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

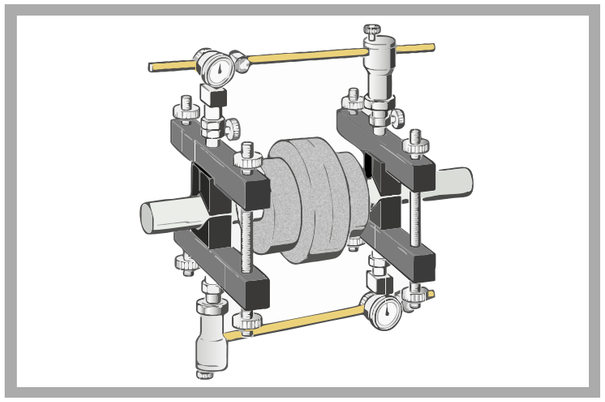
- montage d'une pompe dans une installation
- raccordemt. et alignemt. d'un moteur et d'une pompe
- familiarisation av. différentes méthodes d'alignemt.: règle de précision, alignement à l'aide de comparateurs à cadran
- familiarisation avec des composants importants de l'installation
- montage électrique du moteur et des éléments de commutation
- montage des conduites et des instruments
- montage détaillé sur une pompe centrifuge normée
- lire et comprendre les dessins techniques, documentations sur les produits et schémas de câblage
- familiarisation avec les procédures de maintenance
- planification des étapes de montage et de réparation en association avec HL 960
- contrôles de fonctionnement sur un réseau de conduites

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 960.01 *Montage et alignement de pompes et entraînements*



1 moteur électrique, 2 base pour moteur électrique, 3 armoire électrique, 4 raccord pour retour HL 960, 5 réservoir de stockage, 6 raccord pour alimentation HL 960, 7 manomètre, 8 soupape d'arrêt, 9 pompe, 10 accouplement



L'illustration montre le principe de la méthode des deux mesures radiales par comparateurs à cadran pour l'alignement d'arbres.

Spécification

[1] installation mobile pour l'alignement d'une pompe normalisée et de son moteur d'entraînement
[2] moteur électrique asynchrone à vitesse de rotation constante
[3] moteur électrique avec cadre de positionnement et cales d'alignement
[4] pompe et moteur reliés par accouplement
[5] contrôle de l'alignement à l'aide d'une règle de précision ou de comparateurs à cadran
[6] manomètre du côté du refoulement de la pompe
[7] pompe avec robinets à tournant sphérique côté aspiration et côté refoulement
[8] circuit d'eau fermé
[9] ce système fait partie de la ligne pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge
- débit de refoulement max.: 300L/min
- hauteur de refoulement max.: 16,9m
- puissance absorbée: 750W

Moteur asynchrone, monophasé
- puissance: 1100W
- vitesse de rotation: 3000min^{-1}

Réservoir de stockage: 96L

Plages de mesure
- comparateurs à cadran: 0...3mm / 0...20mm, résolution: 0,01mm
- manomètre: 0...1,6bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 1250x830x1160mm
Poids: env. 122kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase

Liste de livraison

1 banc d'essai avec pompe centrifuge et entraînement
1 jeu d'instruments de mesure, constitué de
- 2 comparateurs à cadran 0...3mm
- 1 règle de précision
- 1 arbre de test pour la mesure de la flèche
- 1 comparateur avec support magnétique, 0...20mm

1 jeu d'outils
1 documentation didactique

Références de commande

065.96001	HL 960.01	Montage et alignement de pompes et entraînements

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

EXERCICES DE MONTAGE ET DE MAINTENANCE: CON DUITES, ROBINETTERIES, POMPES

HL 962 *Banc de montage pour l'intégration des pompes*

HL 962.01 *Pompe chimique normalisée*

HL 962.02 *Pompe à moteur à gaine*

HL 962.03 *Pompe à canal latéral*

HL 962.04 *Pompe chimique normalisée à accouplement magnétique*

HL 962.32 *Système de conduites et robinetterie*

Jeu de conduites, robinetteries et éléments de raccord, adapté à la configuration commandée.

HL 962.30 *Installation des réservoirs*

CONTENUS DIDACTIQUES

Découverte de composants d'installations:
- différentes pompes et leur entraînement
- éléments de la construction de conduites
- robinetteries, éléments de raccord et d'étanchéité, appareils de mesure

Raccords électriques d'un entraînement de pompe et éléments de contrôle, d'affichage et de commande

Installation d'une pompe et d'un moteur d'entraînement

Mesures en fonctionnement dans des installations de conduites et de pompes

Travaux et procédures d'entretien et de maintenance

Lecture et compréhension de documents techniques tels que: dessins, schémas ou notices d'utilisation originales

Découverte des procédures de mise en service

La réparation des machines réceptrices telles que les pompes, des systèmes de tuyauterie et des robinetteries constitue une part importante du travail des techniciens de maintenance. On distingue les étapes de travail suivantes:

- démontage et montage de pompes à des fins de contrôle, de réparation ou de remplacement
- installation de l'entraînement
- mise en service et contrôle de la pompe, par exemple de son étanchéité

Le système complet d'exercices permettant de pratiquer les différentes étapes de travail est composé des éléments suivants:

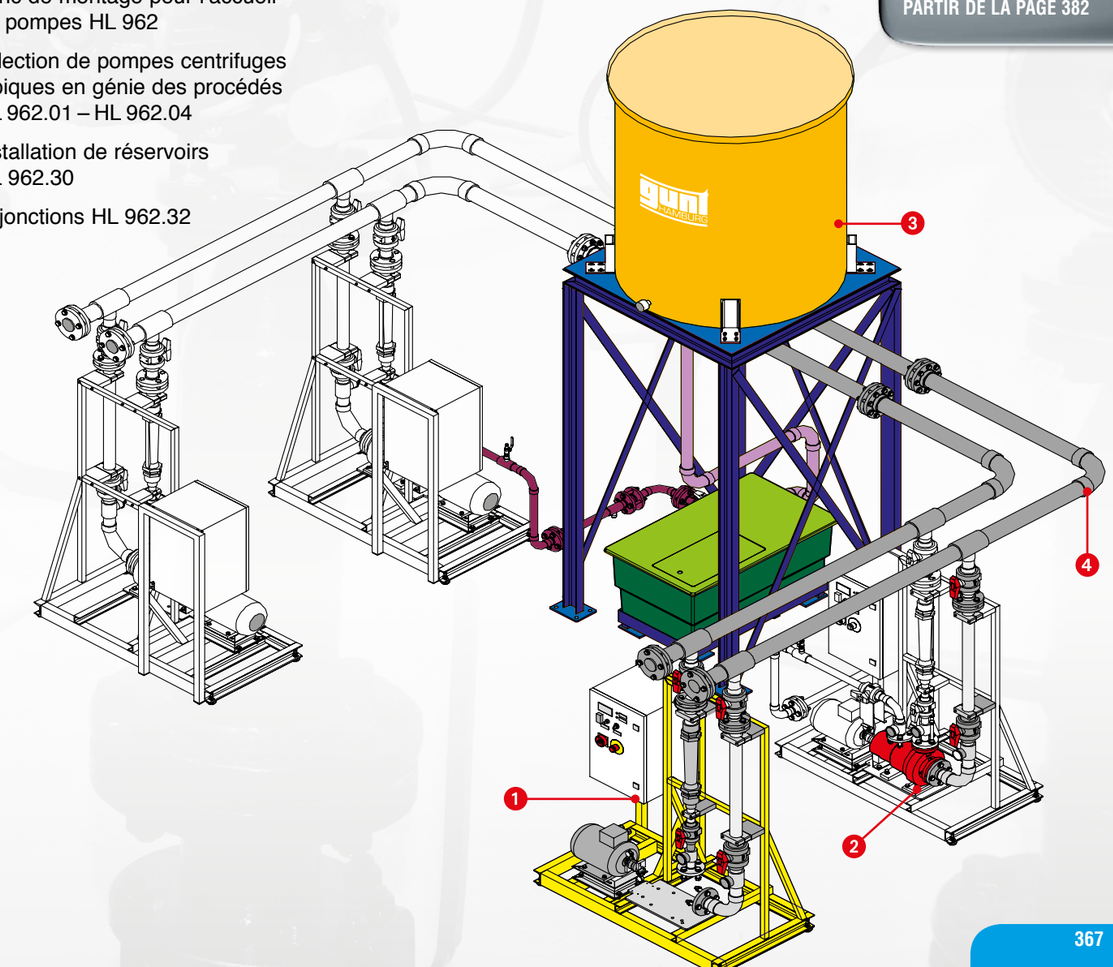
1. banc de montage pour l'accueil de pompes HL 962
2. sélection de pompes centrifuges typiques en génie des procédés HL 962.01 – HL 962.04
3. installation de réservoirs HL 962.30
4. et jonctions HL 962.32

Il est possible d'intégrer au système d'exercices plusieurs stands de montage avec des pompes identiques ou différentes et des assembler en réseau.

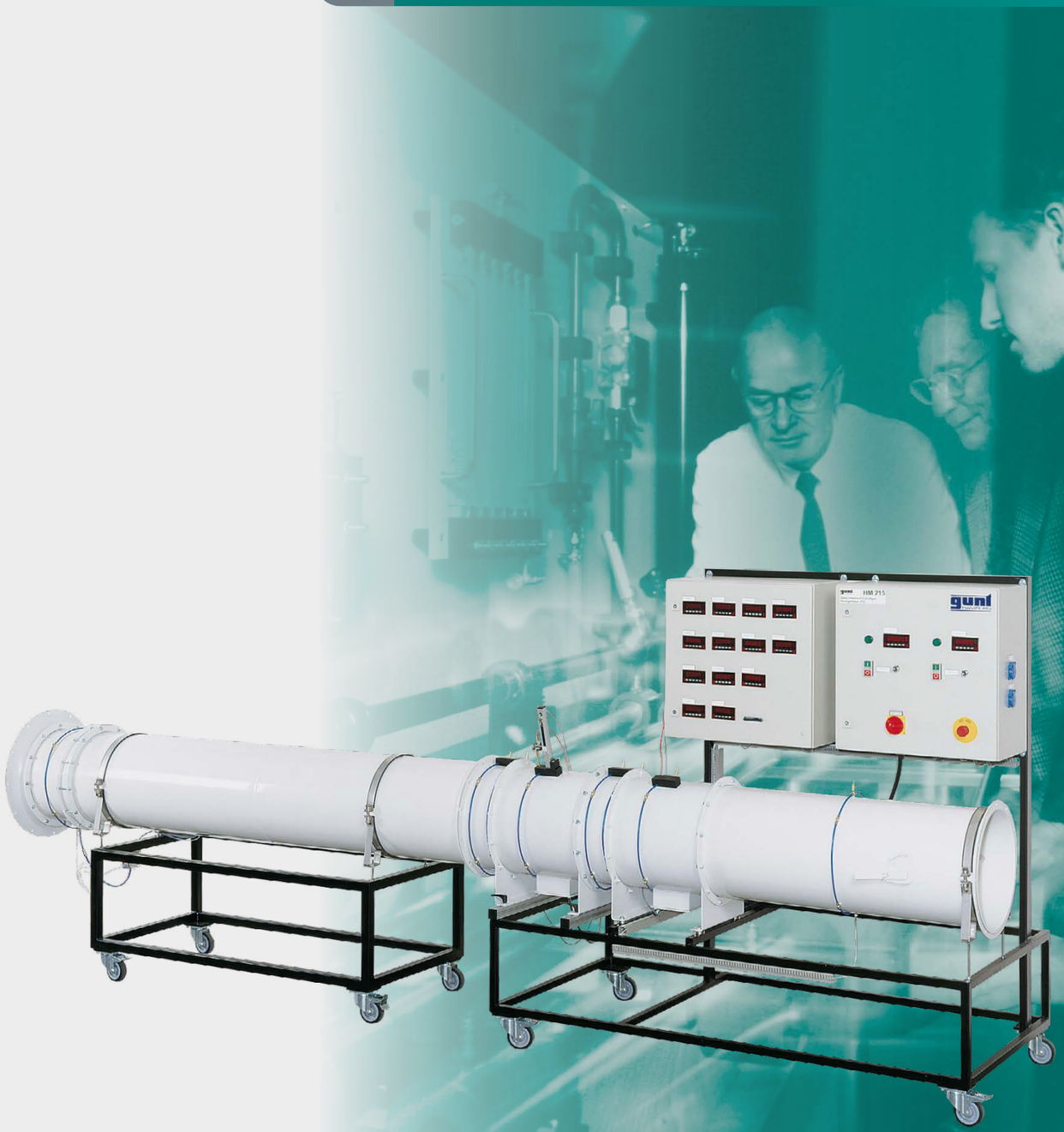
Le principal composant du système d'exercices est le banc de montage pour l'accueil de pompes. Ce banc de montage est prévu pour l'intégration de différentes pompes centrifuges et fournit donc l'entraînement. Associé à l'installation de réservoirs et aux jonctions, il forme une installation complète avec circuit d'eau fermé.

Pour la formation des monteurs de tuyauteries et d'installations ainsi que pour les mécaniciens d'entretien et de maintenance, le système d'exercices constitue un travail en projet complexe. Les apprentis travaillent à plusieurs dans le cadre de petits groupes. Les consignes de planification et d'exercices peuvent s'étaler sur plusieurs jours. La documentation technique très complète inclue dans la liste de livraison, associée aux instructions didactiques facilitent un apprentissage efficace et ordonné.

VOUS TROUVEREZ DES DÉTAILS COMPLÉMENTAIRES SUR CETTE INSTALLATION D'ESSSAI À PARTIR DE LA PAGE 382



7 INSTALLATIONS D'ESSAI DE MÉCA NIQUE DES FLUIDES



Aperçu	Installations d'essai de mécanique des fluides à l'échelle industrielle	370
Aperçu	HM 124: Installation d'essai de mécanique des fluides	372
HM 124	Installation d'essai de mécanique des fluides	378
Aperçu	Exercices de montage et de maintenance: conduites, robinetteries, pompes	380
HL 962	Banc de montage pour l'intégration de pompes	382
HL 962.01	Pompe chimique normalisée	384
HL 962.02	Pompe à moteur à gaine	385
HL 962.03	Pompe à canal latéral	386
HL 962.04	Pompe chimique normalisée à accouplement magnétique	387
HL 962.30	Installation des réservoirs	388
Aperçu	HM 362: Comparaison de pompes	390
HM 362	Comparaison de pompes	392
Aperçu	HM 405: Installation d'essai de turbomachines axiales	394
HM 405	Installation d'essai de turbomachines axiales	396
Aperçu	HM 215: Ventilateur axial à deux étages	398
HM 215	Ventilateur axial à deux étages	400
Aperçu	HL 710: Planification et assemblage de systèmes de conduit d'air	402
HL 710	Systèmes de conduit d'air	404
Aperçu	ST 510: Unité sanitaire pour évacuation des eaux usées	406
ST 510	Démonstration de traitement des eaux usées	408

Consultez notre page d'accueil www.gunt.de

INSTALLATIONS D’ESSAI DE MÉCANIQUE DES FLUIDES À L’ÉCHELLE INDUSTRIELLE

INSTALLATIONS TECHNIQUES COMPLEXES DE L’INDUSTRIE

Installations techniques complexes de l’industrie

Les installations industrielles sont composées de différents modules souvent séparés les uns des autres dans l’espace. Chaque module est composé de divers composants ou éléments dans lesquels se déroulent les différents processus. Un processus particulier peut avoir une influence à la fois sur les processus suivants et sur les précédents.

Les interactions entre les différents processus de travail influencent le système global. On observe ce phénomène dans toutes les installations industrielles réelles. L’étude des composants individuels ne suffit donc pas à refléter ce qui va se passer dans la réalité. Les résultats de mesure ne sont pas représentatifs de l’ensemble de l’installation à moins que l’on prenne en compte l’influence des composants individuels et les interactions qu’ils exercent.

GUNT propose une série d’installations à grande échelle. Lors de la planification et du dimensionnement des installations, l’équipe de développement de l’entreprise GUNT a tenu compte des interactions et de l’influence sur les processus exercés par les composants individuels. Ainsi, les installations GUNT permettent de réaliser des études et essais avec des résultats de mesure proches de la réalité.

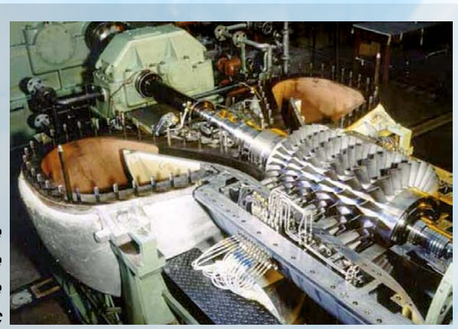
Le lien avec la pratique est en plus renforcé par l’utilisation de composants et techniques de mesure industriels.

Avantages des installations à grande échelle

- lien étroit avec la pratique grâce à l’utilisation de composants et techniques de mesure industriels
- les installations d’essai de grande taille permettent d’obtenir des mesures précises avec des valeurs proches de la réalité: les modèles de petite taille donnent souvent des résultats de mesure contradictoires en raison de pertes qui augmentent de manière disproportionnée. Résultat on perd du temps ensuite à corriger

Système de conduit d’air dans un complexe de bureaux

Station de pompage à Achau (Autriche)



Turbomachine axiale de l’entreprise Sulzer Innotec

Traitement des eaux usées dans un grand bâtiment

INSTALLATIONS TECHNIQUES COMPLEXES DU CATALOGUE GUNT

HL 710 Systèmes de conduit d’air

HL 962 Banc de montage pour l’integration des pompes

HM 405 Installation d’essai de turbomachines axiales

ST 510 Démonstration de traitement des eaux usées

Afin d’offrir une formation proche de la pratique, le concept didactique des installations d’essai prend en compte les thèmes suivants:

Découverte de systèmes d’installation complexes

- cohabitation des composants individuels dans le système global
- effets des interactions entre les différents processus de travail

Construction de systèmes d’installation complexes

- apprendre à planifier, dimensionner et monter une installation technique de grande taille
- planifier et s’exercer à la maintenance
- tests fonctionnels et mesures en fonctionnement
- mettre en pratique des compétences et des savoirs manuels

Utilisation de la métrologie

- enregistrement de valeurs de mesure pour comparer la théorie et la pratique
- tous les capteurs de mesure sont issus de l’industrie

HM 124 INSTALLATION D'ESSAI DE MÉCANIQUE DES FLUIDES

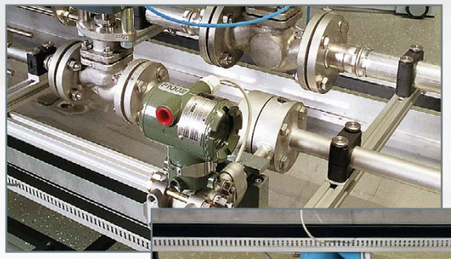
Installation d'essai HM 124 dans un laboratoire aménagé avec, en option, un système réglé de pression utilisant un réservoir sous pression

Cette installation d'essai complexe est composée de différents modules: une station de pompage, deux sections de mesure, un poste de commande, un système de réservoirs ainsi qu'un système réglé de pression optionnel. De leur côté, les modules comprennent un grand nombre de composants: des pompes centrifuges de différentes tailles, diverses soupapes, des régulateurs de niveau et de pression, des tuyaux de différents diamètres et rugosités de surface, des robinetteries de régulation, des raccords de tuyauterie, différents réservoirs, pour ne citer que quelques-uns des composants.

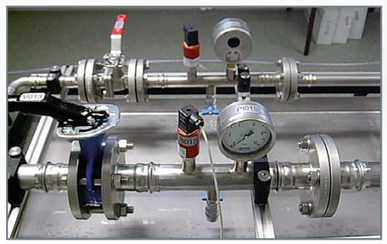
L'interaction des différents composants détermine le comportement de l'installation globale du point de vue de la mécanique des fluides. Les processus interagissent les uns avec les autres, ce qui produit des effets sur le système global. On observe ce phénomène dans toutes les installations industrielles réelles. L'étude des composants individuels ne reflète donc pas ce qui se passe dans la réalité. Pour obtenir des résultats de mesure comparables et objectifs sur des composants individuels, certaines conditions environnantes spécifiques doivent être respectées. Ainsi, pour la mesure de caractéristiques de soupapes, des sections spécifiques d'entrée et de sortie doivent être observées.

Lors de la planification et du dimensionnement de l'installation d'essai HM 124, ces aspects ont été pris en compte afin de pouvoir obtenir des résultats de mesure objectifs. Les composants sont ajustés les uns par rapport aux autres de telle manière à ce que leurs interactions et l'influence exercées sur les processus de composants individuels soient minimisées. La réalisation d'essais complexes de mécanique des fluides est ainsi rendue possible. L'installation est aussi parfaitement adaptée aux expériences scientifiques.

L'utilisation de composants industriels et de techniques de mesure permet d'avoir une relation étroite avec la pratique



Techniques de mesure industrielles



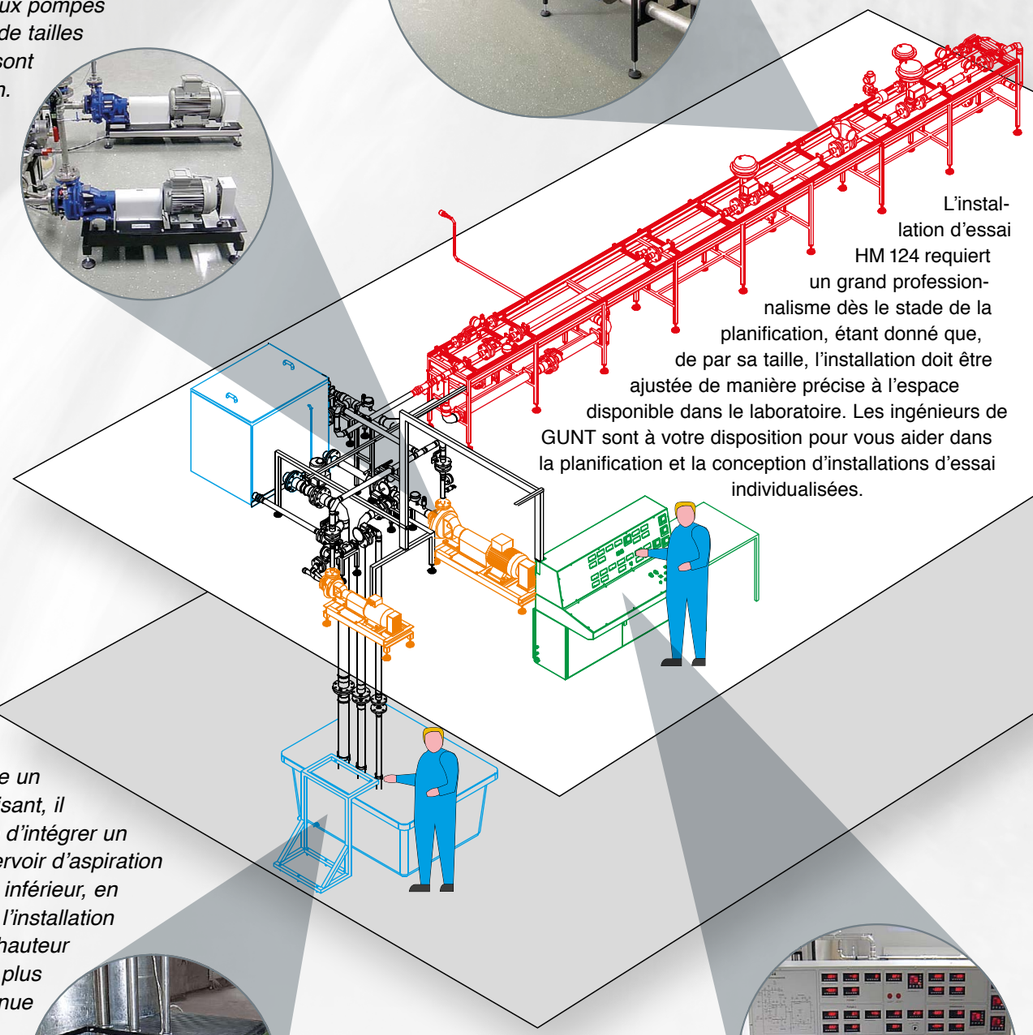
Composants industriels

Essais et objectifs didactiques

- essais sur des pompes, des robinetteries et des conduites
- comportement en service de pompes centrifuges montées en série ou en parallèle
- enregistrement de caractéristiques de pompes
- détermination de rendements de pompes
- influence de la caractéristique de l'installation sur le débit de refoulement et le point de fonctionnement des pompes
- mesures de pertes de charge dans des coudes et conduites présentant des rugosités différentes
- mesures de la distribution de la vitesse dans des tuyaux
- visualisation de l'écoulement tubulaire
- détermination des coefficients de perte dans les robinetteries
- enregistrement des caractéristiques d'ouverture et des valeurs Kv
- opérations de réglage et d'entretien sur des soupapes
- essais sur des boucles de régulation de débit et de pression

La conception individualisée des sections de mesure offre à l'utilisateur une grande diversité d'essais.

Pour les études sur les pompes, deux pompes centrifuges de tailles différentes sont à disposition.



L'installation d'essai HM 124 requiert un grand professionnalisme dès le stade de la planification, étant donné que, de par sa taille, l'installation doit être ajustée de manière précise à l'espace disponible dans le laboratoire. Les ingénieurs de GUNT sont à votre disposition pour vous aider dans la planification et la conception d'installations d'essai individualisées.

Au cas où la pièce offre un espace suffisant, il est possible d'intégrer un second réservoir d'aspiration à un niveau inférieur, en dessous de l'installation d'essai. La hauteur d'aspiration plus élevée obtenue ainsi facilite la réalisation de séries de mesures sur le comportement en service d'une pompe en ce qui concerne la valeur NPSH et la cavitation.

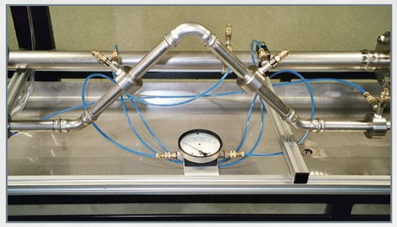
Le pupitre de commande à l'échelle industrielle assure une commande claire et confortable.

HM 124 INSTALLATION D'ESSAI DE MÉCANIQUE DES FLUIDES

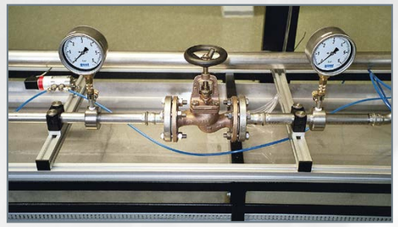
COMPOSANTS DE LA SECTION DE MESURE DE HM 124

Section de mesure de HM 124

Les écoulements peuvent être visualisés à l'aide d'une section de mesure transparente et d'un produit de contraste.



Mesure de pertes de charge dans des coudes de 45° et 90°.

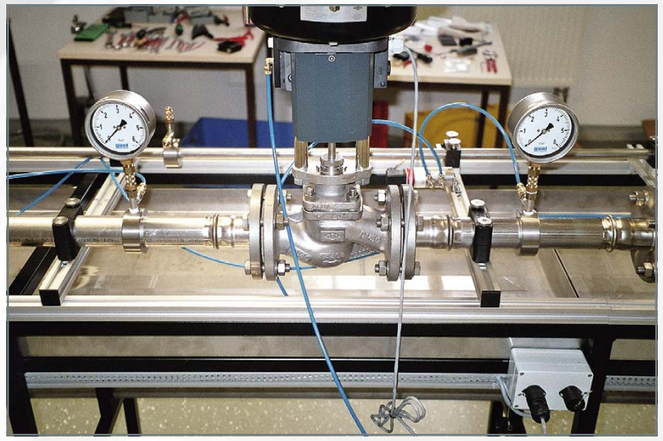


Un point de mesure est prévu dans la section de mesure pour l'enregistrement d'une caractéristique de la vanne.

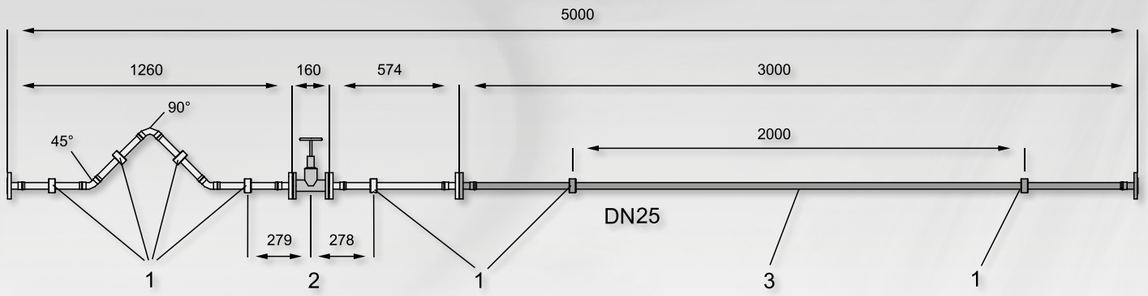
L'installation d'essai dispose de deux sections de mesure parallèles de diamètres nominaux DN25 et DN50.

Les différents éléments de tuyauterie peuvent être démontés et montés facilement au moyen de brides. Ce qui permet de construire des configurations individualisées de sections de tuyau. Chaque section de mesure est équipée d'une soupape à l'entrée et à la sortie. L'eau qui s'échappe lorsque l'on modifie la construction est collectée dans un bac situé en dessous des sections de mesure.

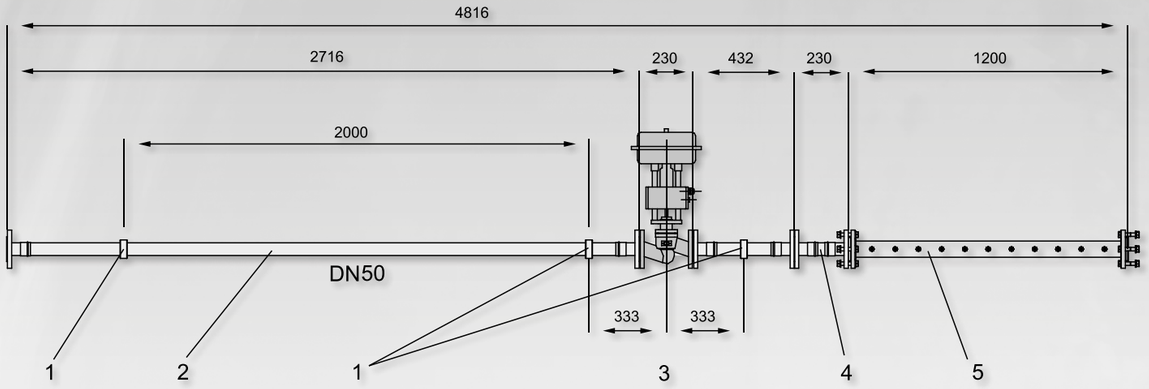
Pour la mesure des pertes de charge, on dispose pour les essais de sections de tuyau de diamètres et de matériaux différents. En plus de sections de tuyau hydrauliquement lisses, une section de tuyau de rugosité définie est disponible.



Des mesures de détermination de la valeur Kv sont réalisées sur une vanne de régulation industrielle. D'autres soupapes avec brides normalisées (non comprises dans la liste de livraison) peuvent également être montées et étudiées.



1 *points de mesure des pertes de charge dans des éléments de tuyauterie,*
2 *plage de mesure pour élément obturateur,*
3 *section de tuyau définie avec DN25 pour la mesure de coefficients de frottement du tuyau*



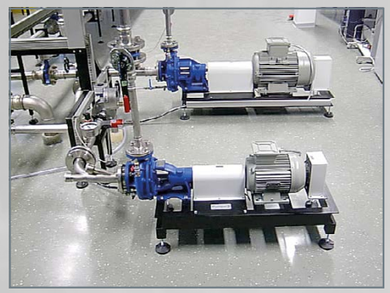
1 *points de mesure de la pression,* ***2*** *section de tuyau définie avec DN50 pour la mesure des coefficients de frottement du tuyau,* ***3*** *plage de mesure pour la valeur Kv de contrôle de la soupape,* ***4*** *élément de tuyauterie ou redresseur d'écoulement,* ***5*** *conduite transparente pour observer la diminution des tourbillons après des perturbations*

HM 124 INSTALLATION D'ESSAI DE MÉCANIQUE DES FLUIDES

STATION DE POMPAGE DE HM 124

Les deux pompes de la station de pompage sont commandées par le poste de commande. La vitesse de rotation peut être réglée manuellement ou automatiquement.

Le comportement en service des pompes est étudié. En association avec le logiciel, on peut par exemple enregistrer des caractéristiques à vitesse de rotation constante et rendement fixe. Des champs caractéristiques des pompes sont déterminés à partir des données acquises. Le diagramme ci-dessous montre à titre d'exemple des caractéristiques de l'installation d'une station de pompage avec les points de travail 1 et 2. Les caractéristiques de la pompe à des vitesses de rotation différentes sont en bleu, et le rendement est en vert.



Station de pompage de HM 124

***H** hauteur de refoulement, **Q** débit, **η** rendement, **n** vitesse de rotation*

POSTE DE COMMANDE DE HM 124

Transfert des données de mesure sur un PC

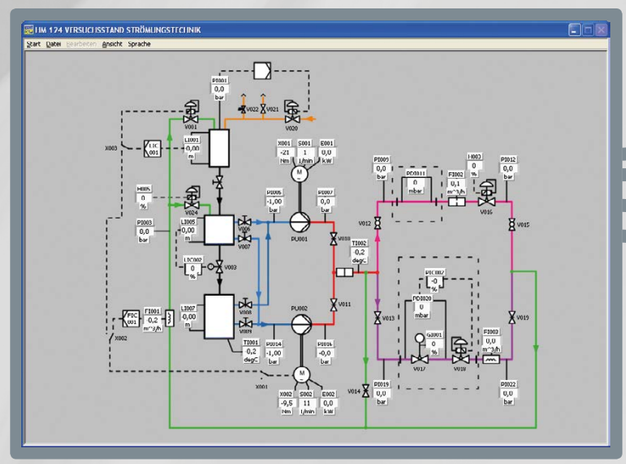
Pupitre de commande HM 124

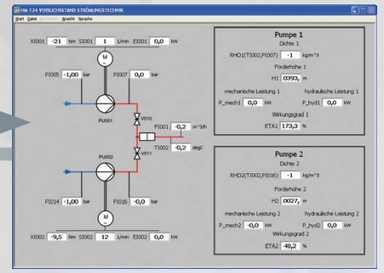
Tous les affichages électroniques et les éléments de commande électriques sont intégrés dans le pupitre de commande. Les essais peuvent être réalisés manuellement ou de manière automatisée. Les valeurs de mesure apparaissent sur des affichages numériques sur le pupitre de commande. Les données de mesure peuvent être également représentées avec clarté sur l'écran d'un PC, par le biais d'une acquisition des données et du logiciel GUNT correspondant. Les données de mesure peuvent aussi à la demande être données sous la forme de signaux électriques standards (0-10V, 4-20mA).

ACQUISITION DE DONNÉES DE HM 124

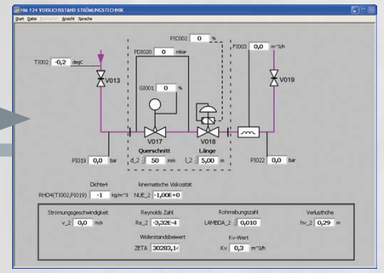
Des sous-schémas sont à disposition dans le logiciel pour différentes options d'essais.

Pour une vue d'ensemble rapide, toutes les valeurs de mesure de l'installation d'essai HM 124 sont représentées sur le PC dans un schéma global.

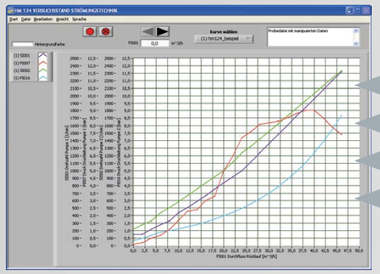




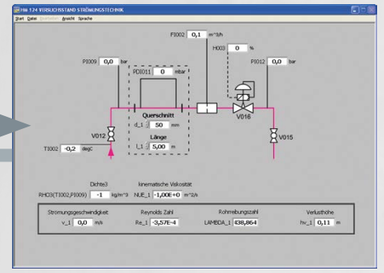
Enregistrement du comportement en service de pompes



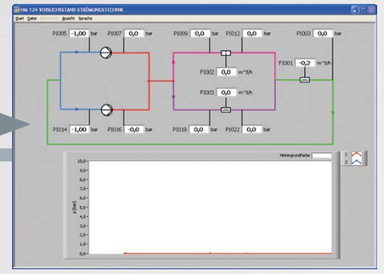
Détermination d'une caractéristique d'ouverture et des valeurs Kv sur des robinetteries et des vannes de régulation



Les données de mesure peuvent être évaluées et représentées graphiquement de manière claire et rapide au moyen du logiciel.



Pertes de charge dans des sections de tuyau et des éléments de tuyauterie



Enregistrement de la caractéristique de l'installation

HM 124 *Installation d'essai de mécanique des fluides*

*** Grande échelle pour des résultats de mesure proches de la réalité**
*** Comportement en service des pompes centrifuges**
*** Pertes de charge dans des éléments de tuyauterie**
*** Détermination de la valeur Kv de vannes de régulation**
*** Régulation du débit et de la pression**

Description

HM 124 permet d'étudier de manière précise différents problèmes de la mécanique de fluides. La grande échelle de l'installation d'essai et l'emploi de composants industriels offrent des résultats proches de ce qui se passe en pratique. Les dimensions de l'installation d'essai offrent suffisamment de sections d'entrée et de sections de sortie pour la formation de l'écoulement.

HM 124 est constitué de plusieurs modules: une station de pompage avec deux pompes centrifuges de tailles différentes, un réservoir d'aspiration, deux sections de mesure de cinq mètres chacune en DN50 et DN25 ainsi qu'un poste de commande composé d'un pupitre de commande et d'une unité d'acquisition de données. En option, il est possible de faire fonctionner l'installation d'essai avec un autre réservoir placé à un niveau inférieur pour avoir une hauteur d'aspiration plus élevée. Malgré sa complexité, cette installation s'adapte de manière flexible à l'espace dans lequel elle est installée.

De nombreux éléments de tuyauterie interchangeables offrent une grande diversité d'essais. À l'aide de la section de mesure DN50, on détermine conformément aux normes, les valeurs Kv de différentes vannes de régulation telles que la vanne de régulation électropneumatique. Une section de tuyau transparente avec injection d'encre permet d'observer l'écoulement tubulaire dans le sillage d'une robinetterie. Pour la mesure des résistances de la conduite, des sections de tuyau de rugosités différentes sont installés dans la section de mesure DN25. Un système réglé de pression règle la pression dans le système, le débit étant réglé au moyen d'un régulateur de débit et grâce à la vitesse de rotation des pompes. Les pompes peuvent être conduites depuis le pupitre de commande. Ce qui rend possible une mesure confortable de champs caractéristiques de pompe.

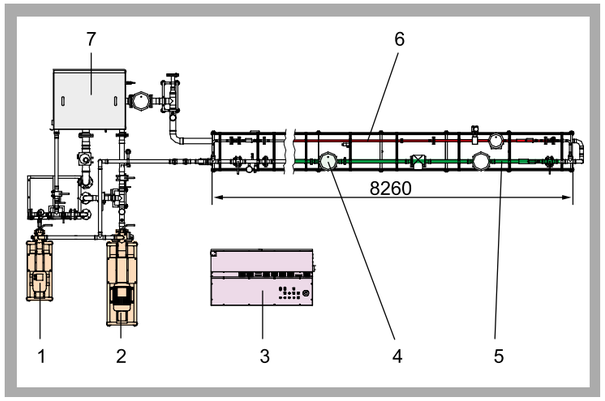
L'installation d'essai est équipée de nombreux capteurs de pression, débit, température, vitesse de rotation et couple de rotation. Les valeurs mesurées peuvent être lues sur des affichages numériques du pupitre de commande. Les valeurs sont transmises vers un PC afin d'y être évaluées à l'aide du logiciel GUNT fourni. La transmission des données au PC se fait par une interface USB. La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

- essais sur des pompes, des robinetteries et des sections de tuyau
- comportement en service de pompes centrifuges montées en série et en parallèle
- mesure de la valeur NPSH de pompes
- mesures de pertes de charge dans des conduites présentant des rugosités différentes
- pertes de charge dans des raccords de tuyauterie
- détermination de la valeur Kv de vannes de régulation
- étude visuelle d'un écoulement tubulaire turbulent
- essais sur des systèmes réglés de débit et de pression

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 124 *Installation d'essai de mécanique des fluides*



Construction flexible d'une installation d'essai: 1 pompe 32/160, 2 pompe 40/250, 3 pupitre de commande, 4 point de mesure pour les vannes de régulation, 5 section de mesure DN50, 6 section de mesure DN20/25, 7 réservoir d'aspiration supérieur

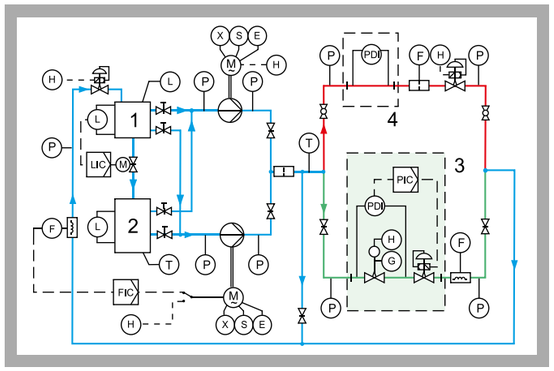


Schéma de processus complexe: 1 réservoir d'aspiration supérieur, 2 réservoir supplémentaire à un niveau inférieur, 3 point de mesure pour les vannes de régulation, 4 point de mesure pour les sections de tuyau; en vert: section de mesure DN50, en rouge: section de mesure DN20/25, en bleu: tuyaux

Poste de commande composé d'un pupitre de commande et d'une unité d'acquisition de données pour l'enregistrement et l'évaluation confortables des essais

Spécification

[1] installation d'essai à l'échelle du laboratoire
[2] 2 sections de mesure d'une longueur de 5 m chacune
[3] 2 pompes centrifuges avec mesure de la puissance électrique et mécanique, vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence
[4] point de mesure normalisé DN50 pour la détermination de valeurs Kv de vannes de régulation
[5] éléments de tuyauterie interchangeables
[6] système réglé de débit
[7] poste de commande séparé avec poste de commande et unité d'acquisition de données
[8] mesure électronique et affichage numérique de toutes les valeurs de mesure importantes sur le pupitre de commande
[9] régulation de la pression différentielle avec détermination de la valeur Kv
[10] logiciel GUNT pour l'acquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Système de tuyauterie
- diamètres nominaux: DN25, DN50, DN80, DN100
- étage de pression: PN10
- réservoir d'aspiration: 500L (en option: 1200L)
- vannes de régulation: 1x Kvs10, 2x Kvs40, 1x Kvs100

Pompes, vitesse de rotation: 300...3000min^{-1}
- pompe normalisée 32/160, 20m³/h, 34,7m, 4kW
- pompe normalisée 40/250, 40m³/h, 66,5m, 11kW

Sections de tuyau
- 1: longueur: 3m, lisse/rugueux, DN25/DN20
- 2: longueur: 3m, lisse, DN50
- 3: longueur: 1,2m, 10 raccords de mesure, transparent, DN50

Plages de mesure
- pression: 8x 10bar, 2x -1...0,6bar
- pression différentielle: 2x 0...1,6bar
- débit: 1x 0...50m³/h, 1x 0...100m³/h
- orifice de mesure: DN25, 0...0,6bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 11450x4500x2400mm
Poids: env. 1000kg

Nécessaire pour le fonctionnement

400V, 50Hz, 3 phases; Alimentation en eau 1,5m³/h

Liste de livraison

1 station de pompage, 2 sections de mesure,
2 réservoirs d'aspiration, 1 pupitre de commande,
1 jeu d'accessoires
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.12400	HM 124	Installation d'essai de mécanique des fluides

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

EXERCICES DE MONTAGE ET DE MAINTENANCE: CON DUITES, ROBINETTERIES, POMPES

HL 962 *Banc de montage pour l'intégration des pompes*

HL 962.01 *Pompe chimique normalisée*

HL 962.02 *Pompe à moteur à gaine*

HL 962.03 *Pompe à canal latéral*

HL 962.04 *Pompe chimique normalisée à accouplement magnétique*

HL 962.32 *Système de conduites et robinetterie*

Jeu de conduites, robinetteries et éléments de raccord, adapté à la configuration commandée.

HL 962.30 *Installation des réservoirs*

CONTENUS DIDACTIQUES

Découverte de composants d'installations:
- différentes pompes et leur entraînement
- éléments de la construction de conduites
- robinetteries, éléments de raccord et d'étanchéité, appareils de mesure

Raccords électriques d'un entraînement de pompe et éléments de contrôle, d'affichage et de commande

Installation d'une pompe et d'un moteur d'entraînement

Mesures en fonctionnement dans des installations de conduites et de pompes

Travaux et procédures d'entretien et de maintenance

Lecture et compréhension de documents techniques tels que: dessins, schémas ou notices d'utilisation originales

Découverte des procédures de mise en service

La réparation des machines réceptrices telles que les pompes, des systèmes de tuyauterie et des robinetteries constitue une part importante du travail des techniciens de maintenance. On distingue les étapes de travail suivantes:

- démontage et montage de pompes à des fins de contrôle, de réparation ou de remplacement
- installation de l'entraînement
- mise en service et contrôle de la pompe, par exemple de son étanchéité

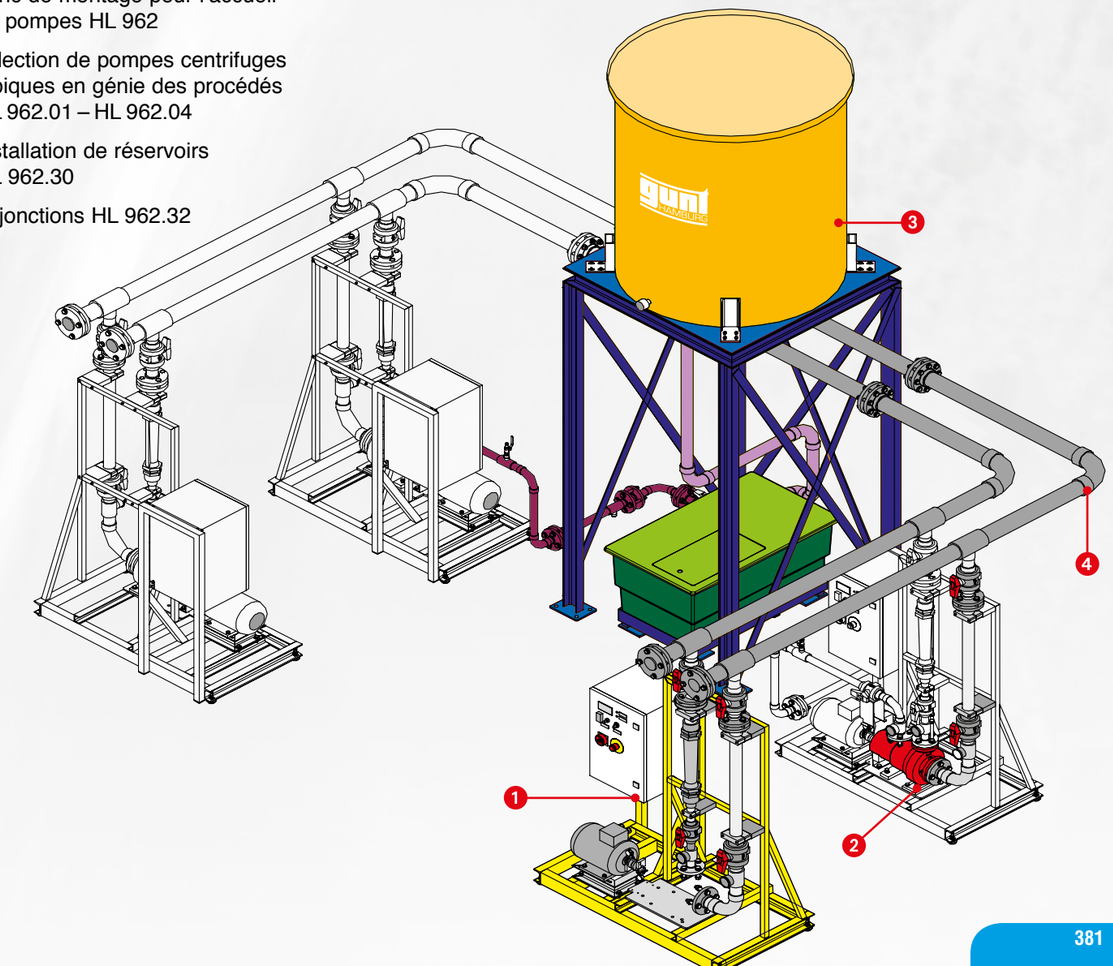
Le système complet d'exercices permettant de pratiquer les différentes étapes de travail est composé des éléments suivants:

1. banc de montage pour l'accueil de pompes HL 962
2. sélection de pompes centrifuges typiques en génie des procédés HL 962.01 – HL 962.04
3. installation de réservoirs HL 962.30
4. et jonctions HL 962.32

Il est possible d'intégrer au système d'exercices plusieurs stands de montage avec des pompes identiques ou différentes et des assembler en réseau.

Le principal composant du système d'exercices est le banc de montage pour l'accueil de pompes. Ce banc de montage est prévu pour l'intégration de différentes pompes centrifuges et fournit donc l'entraînement. Associé à l'installation de réservoirs et aux jonctions, il forme une installation complète avec circuit d'eau fermé.

Pour la formation des monteurs de tuyauteries et d'installations ainsi que pour les mécaniciens d'entretien et de maintenance, le système d'exercices constitue un travail en projet complexe. Les apprentis travaillent à plusieurs dans le cadre de petits groupes. Les consignes de planification et d'exercices peuvent s'étaler sur plusieurs jours. La documentation technique très complète inclue dans la liste de livraison, associée aux instructions didactiques facilitent un apprentissage efficace et ordonné.



HL 962 Banc de montage pour l'intégration des pompes

L'illustration montre un appareil similaire.

*** Montage de différentes pompes (disponibles comme accessoires)**

*** Alignement du moteur et de la pompe selon différentes méthodes**

*** Unité de base pour la réalisation d'un système de conduites complexe**

Description

Voici les différentes étapes à suivre pour la réparation de machines réceptrices telles que les pompes: le démontage et montage des pompes en vue d'un contrôle, d'une réparation ou d'un remplacement; l'alignement de l'entraînement ainsi que la mise en service et le contrôle de la pompe, par ex. pour vérifier son étanchéité.

Le banc de montage HL 962, associé à l'installation de réservoirs HL 962.30, les conduites de liaison HL 962.32 et l'une des quatre pompes HL 962.01 – HL 962.04, forment un système d'exercices complet pour la manipulation des tuyauterie et des installations complexes. Le système d'exercices met à disposition un circuit d'eau fermé.

Le banc de montage HL 962 comprend un moteur asynchrone à courant alternatif avec convertisseur de fréquence comme entraînement, ainsi qu'une conduite d'aspiration et une de refoulement équipée de soupapes pour l'ajustage de la pression. Une pompe disponible comme accessoire est fixée sur la plaque de base du banc de montage et reliée à l'entraînement ainsi qu'aux conduites d'aspiration et de refoulement. Les pompes disponibles comme accessoires sont des pompes centrifuges typiques telles que celles utilisées en génie des procédés.

À des fins d'alignement, le moteur asynchrone peut être déplacé dans trois directions. Le contrôle de l'alignement se fait soit de manière traditionnelle à l'aide d'une règle de précision soit au moyen de deux comparateurs à cadran selon le procédé d'alignement inversé. Dans l'idéal, on peut utiliser un procédé sans contact assisté par microprocesseur (les systèmes d'alignement spéciaux ne font pas partie de la liste de livraison).

Les manomètres situés dans la conduite d'aspiration et de refoulement indiquent les pressions en amont et en aval de la pompe. Le débit est mesuré avec un rotamètre. La vitesse de rotation et la puissance du moteur sont lues sur des affichages numériques.

La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

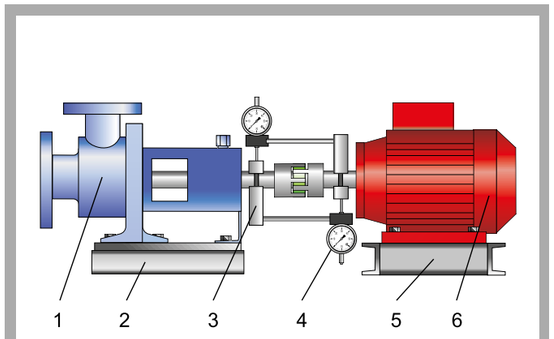
Avec une pompe disponible comme accessoire (pompe chimique normalisée HL 962.01, pompe à moteur à gaine HL 962.02, pompe à canal latéral HL 962.03, pompe chimique normalisée à accouplement magnétique HL 962.04) et une alimentation en eau appropriée, par ex. HL 962.30 avec HL 962.32

- montage de la pompe et alignement du moteur électrique
- apprentissage de différentes méthodes d'alignement d'un moteur et d'une pompe
- mise en service et test d'étanchéité
- relevé d'une courbe caractéristique de pompe
- comparaison de différents types de pompes (uniquement si plusieurs pompes sont disponibles)

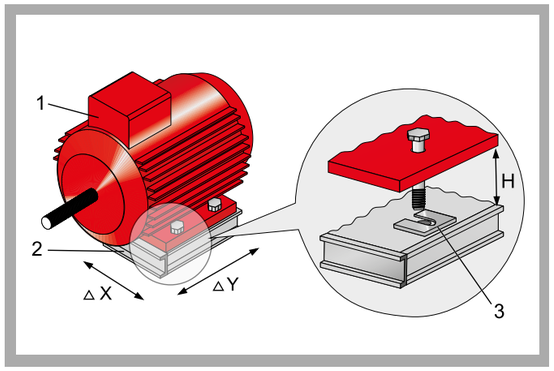
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 962 Banc de montage pour l'intégration des pompes

1 raccords à brides pour la liaison de HL 962 avec HL 962.30, 2 coffret de commande avec éléments d'affichage et de commande, 3 moteur électrique, 4 plaque de montage pour pompe d'essai, 5 raccords à brides pour pompe d'essai, 6 manomètre, 7 soupape, 8 débitmètre



1 pompe HL 962.01, 2 socle de la pompe, 3 support du comparateur à cadran, 4 comparateur à cadran, 5 socle du moteur, 6 moteur électrique



Alignement du moteur électrique en hauteur et dans les directions X et Y:
1 moteur électrique, 2 socle, 3 plaques d'ajustage de la hauteur H

Spécification

[1] banc de montage pour l'intégration des différentes pompes
[2] moteur asynchrone à vitesse de rotation variable via convertisseur de fréquence
[3] moteur électrique avec cadre de positionnement et cales d'alignement
[4] plaque de base préparée pour intégrer différentes pompes
[5] alignement du moteur et de la pompe avec une règle de précision ou à l'aide de comparateurs
[6] coffret de commande avec régulateur de vitesse et affichage numérique de la vitesse et de la puissance
[7] châssis avec pieds ajustables en hauteur
[8] tuyaux en PVC
[9] alimentation en eau par l'installation de réservoirs HL 962.30
[10] ce système fait partie de la démarche pratique GUNT pour le montage, l'entretien et la réparation

Caractéristiques techniques

Moteur triphasé asynchrone:
- puissance: 4kW
- plage de vitesses: 0...1450min^{-1}

Brides de raccord pour alimentation en eau
- côté aspiration: DN50; côté refoulement: DN50
- côté aspiration pompe à canal latéral: DN32

Cales de support du moteur: 43x43mm
- 4 épaisseurs différentes: 0,1-0,2-0,5-1,0mm, 20 unités de chaque

Plages de mesure
- manomètre de pression d'aspiration: -1...1bar
- manomètre de pression de refoulement: 0...16bar
- rotamètre: 0...11m³/h
- vitesse de rotation: 0...3000min^{-1}
- wattmètre: 0...4kW
- comparateur à cadran: 0...3mm, résolution: 0,01mm

Dimensions et poids

Lxlxh: 1300x750x1800mm
Poids: env. 220kg

Nécessaire pour le fonctionnement

400V, 50/60Hz, 3 phases ou 120V, 60Hz, 1 phase

Liste de livraison

1 banc de montage
1 jeu d'outils
1 jeu d'instruments de mesure: 2 comparateurs à cadran avec fixation
1 règle de précision
80 cales d'ajustage de différentes épaisseurs
1 notice

Références de commande

065.96200	HL 962	Banc de montage pour l'intégration des pompes

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 962.01 *Pompe chimique normalisée*

*** Pompe centrifuge selon ISO 5199 comme accessoire à intégrer au banc de montage HL 962**

Description

La pompe normalisée utilisée ici est une pompe centrifuge classiquement employée en génie chimique et en génie des procédés. Les fluides refoulés sont souvent corrosifs, toxiques, explosifs ou volatils ou refoulés à des températures très élevées ou très basses. Ceci soumet la pompe à des sollicitations extrêmes.

La pompe normalisée est une pompe en volute à un étage de conception process. La conception process garantit un remplacement aisé et rapide des pièces d'usure. Pour les pompes à un étage, la volute est le type de construction le plus usuel. La volute est adaptée avec précision à l'écoulement de la pompe dans la plage de dimensionnement ce qui permet d'atteindre de meilleurs rendements. Le dimensionnement hydraulique et les cotes de raccord de la pompe sont conformes à la norme ISO 2858, les exigences techniques à la norme ISO 5199.

Contenu didactique / Essais

en association avec HL 962, HL 962.30 et HL 962.32
- fonctionnement d'une pompe normalisée
- enregistrement de la caractéristique de la pompe
- contrôle de l'étanchéité
- alignement de la pompe et du moteur d'entraînement

Liste de livraison

1 pompe, 1 notice

Spécification

[1] pompe centrifuge comme accessoire pour intégrer le HL 962
[2] entraînement et alimentation en eau via HL 962
[3] la conception permet un remplacement aisé des pièces d'usure
[4] dimensionnement hydraulique de la pompe selon ISO 2858
[5] exigences techniques de la pompe selon ISO 5199

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge
(à vitesse de rotation nominale: 1450min^{-1})
- débit de refoulement max.: 9,5m^3/h
- hauteur de refoulement max.: 9,5m
- puissance absorbée: 0,5kW

Bride de raccord
- côté refoulement: DN32
- côté aspiration: DN50

Matériaux
- corps et roue: fonte grise
- arbre: acier inoxydable

Dimensions et poids

Lxlxh: 570x240x300mm
Poids: env. 43kg

Références de commande

065.96201	HL 962.01	Pompe chimique normalisée

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 962.02 *Pompe à moteur à gaine*

*** Pompe centrifuge hermétique, particulièrement adaptée au transport de gaz liquéfiés**

*** Accessoire à intégrer au banc de montage HL 962**

Description

Les pompes à moteur à gaine sont surtout utilisées en génie des procédés pour le transport de fluides agressifs, toxiques, inflammables, explosifs, coûteux ou volatils (comme par ex. les gaz liquéfiés). En outre, elles conviennent au transport de produits extrêmement chauds ou froids ainsi que pour le transport de fluides sous pression élevée ou sous vide.

La pompe est une pompe centrifuge sans liaison mécanique, sans garniture d'étanchéité d'arbre, dont l'entraînement s'effectue de manière électromagnétique via le moteur à gaine. De par sa structure, elle est totalement étanche et ne requiert aucun entretien dans une large mesure. Une partie du débit de refoulement principal est dérivée via un filtre autonettoyant en vue du refroidissement du moteur et de la lubrification des paliers lisses ainsi qu'en vue de la compensation hydraulique de la poussée axiale. Après avoir traversé l'arbre creux et l'espace du rotor, l'écoulement de refroidissement retourne au débit de refoulement principal sur le côté de refoulement.

Contenu didactique / Essais

en association avec HL 962, HL 962.30 et HL 962.32
- fonctionnement d'une pompe à moteur à gaine
- enregistrement de la caractéristique de la pompe
- test d'étanchéité

Liste de livraison

1 pompe
1 notice

Spécification

[1] pompe hermétique pour le transport de fluides agressifs
[2] accessoire à intégrer au HL 962
[3] entraînement: moteur triphasé à rotor en court-circuit
[4] alimentation en eau via HL 962
[5] pompe sans entretien

Caractéristiques techniques

Pompe à moteur à gaine:
- débit de refoulement max.: 12m^3/h
- hauteur de refoulement max.: 39m
- puissance absorbée: 3kW
- vitesse de rotation nominale: 2900min^{-1}

Bride de raccord:
- côté refoulement (radiale): DN32
- côté aspiration (axiale): DN50

Dimensions et poids

Lxlxh: 510x240x305mm
Poids: env. 62kg

Nécessaire pour le fonctionnement

400V, 50Hz, 3 phases

Références de commande

065.96202	HL 962.02	Pompe à moteur à gaine

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 962.03 *Pompe à canal latéral*

L'illustration montre la pompe avec un raccord HL 962.30 sur le manchon d'aspiration (coude gris + manomètre).

*** Pompe centrifuge autoamorçante à 3 étages**

*** Accessoire à intégrer au banc de montage HL 962**

Description

Les pompes à canal latéral sont des pompes centrifuges autoamorçantes largement répandues. Elles permettent d'atteindre des pressions de refoulement relativement élevées pour de faibles débits. Elles peuvent aspirer et refouler des fluides qui contiennent des gaz. Il est possible de démarrer la pompe même lorsqu'il n'y a pas de colonne de fluide dans la conduite d'aspiration. L'étage à canal latéral élimine l'air de la conduite d'aspiration et génère la dépression nécessaire à l'aspiration du fluide.

La pompe utilisée ici est à trois étages. L'entraînement et l'alimentation en eau sont effectués au moyen du banc de montage HL 962.

Contenu didactique / Essais

en association avec HL 962, HL 962.30 et HL 962.32
- fonctionnement d'une pompe à canal latéral
- enregistrement de la caractéristique de la pompe
- test d'étanchéité
- alignement de la pompe et du moteur d'entraînement

Liste de livraison

1 pompe
1 notice

Spécification

[1] pompe autoamorçante à trois étages à intégrer au HL 962
[2] entraînement et alimentation en eau via HL 962
[3] pompe pouvant aspirer et refouler un mélange eau-air
[4] pression de refoulement relativement élevée pour un faible débit de refoulement

Caractéristiques techniques

Pompe à canal latéral:
- 3 étages
- débit de refoulement max.: 4,5m³/h
- hauteur de refoulement max.: 122m
- puissance absorbée: 3kW
- vitesse de rotation nominale: 1450min^{-1}
- vitesse de rotation max.: 1800min^{-1}

Bride de raccord:
- côté refoulement: DN32
- côté aspiration: DN50

Matériaux:
- corps: fonte grise
- arbre: acier inoxydable

Dimensions et poids

Lxlxh: 470x220x240mm
Poids: env. 30kg

Références de commande

065.96203	HL 962.03	Pompe à canal latéral

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 962.04 *Pompe chimique normalisée à accouplement magnétique*

*** Pompe centrifuge hermétique selon ISO 5199**

*** Accessoire à intégrer au banc de montage HL 962**

Description

Les pompes à accouplement magnétique sont surtout utilisées en génie des procédés pour le transport de fluides agressifs, toxiques et inflammables. Avec de tels fluides, des fuites pourraient créer des problèmes notables. Grâce à leur conception, les joints de la pompe fonctionnent complètement même dans des conditions difficiles et en service continu.

La viscosité du liquide refoulé est un critère important lors du choix de la pompe, celle-ci déterminant le couple de l'accouplement à transmettre. Les couples transmis par les accouplements magnétiques sont limités. C'est pourquoi les pompes à accouplement magnétique ne conviennent pas à toutes les conditions d'exploitation et à tous les fluides refoulés.

La pompe est une pompe centrifuge sans liaison mécanique, sans garniture d'étanchéité d'arbre. Elle est équipée d'un entraînement synchrone à aimants permanents avec accouplement. L'entraînement et l'alimentation en eau sont effectuées au moyen du banc de montage HL 962.

Contenu didactique / Essais

en association avec HL 962, HL 962.30 et HL 962.32
- fonctionnement d'une pompe chimique normalisée à accouplement magnétique
- enregistrement de la caractéristique de la pompe
- test d'étanchéité
- alignement de la pompe et du moteur d'entraînement

Liste de livraison

1 pompe
1 notice

Spécification

[1] pompe centrifuge à un étage avec accouplement magnétique
[2] entraînement et alimentation en eau au moyen du HL 962
[3] entraînement synchrone à aimants permanents à l'intérieur de la pompe
[4] exigences techniques de la pompe selon ISO 5199

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge
(vitesse de rotation nominale: 2900min^{-1})
- débit de refoulement max.: 12m³/h
- hauteur de refoulement max.: 39m
- puissance absorbée: 3,7kW

Bride de raccord:
- côté refoulement: DN32
- côté aspiration: DN50

Dimensions et poids

Lxlxh: 625x240x300mm
Poids: env. 60kg

Références de commande

065.96204	HL 962.04	Pompe chimique normalisée à accouplement magnétique

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 962.30 *Installation des réservoirs*

L'illustration montre la structure complète d'une installation de pompes, comprenant quatre bancs de montage HL 962 avec chacun une pompe (HL 962.01 - HL 962.04), le système de conduites HL 962.32 et l'installation de réservoirs HL 962.30.

*** Alimentation en eau pour une installation complexe de conduites et de pompes**

*** Grand réservoir surélevé pour pompes à amorçage normal**

*** Réservoir au sol pour pompes autoamorçantes**

Le banc de montage (HL 962), l'installation de réservoirs (HL 962.30) et le système de conduites (HL 962.32) sont reliés à l'aide de brides. Il est possible d'étendre le système et de raccorder des bancs de montage supplémentaires.

Description

Les bancs de montage HL 962 sont reliés à l'aide d'éléments de tuyauterie HL 962.32 pour former une installation complexe de conduites et de pompes. L'installation de réservoirs HL 962.30 est requise en vue de l'exploitation de l'installation en processus fermé.

L'installation de réservoirs est constituée d'un grand réservoir surélevé avec bâti d'installation, d'un réservoir au sol et de raccords avec vannes d'arrêt pour le système de conduites en PVC HL 962.32.

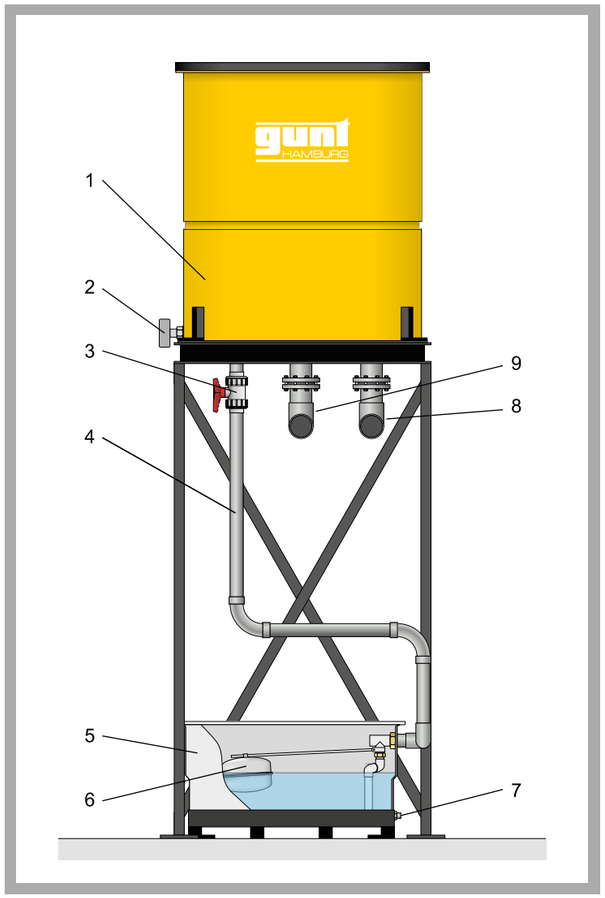
Le réservoir surélevé a une capacité d'env. 1,5m³ d'eau. Un manomètre à proximité du fond du réservoir mesure la pression et indique ainsi la hauteur de remplissage. Le réservoir surélevé alimente la conduite d'aspiration des pompes centrifuges à amorçage normal et assure une hauteur d'alimentation suffisante. Ses collecteurs pour conduites d'aspiration et de refoulement se trouvent à une hauteur d'environ 2m.

Le réservoir au sol est également alimenté à partir de la réserve d'eau du réservoir surélevé. Il est utilisé pour la pompe à canal latéral autoamorçante. Une vanne à flotteur assure un niveau d'eau suffisant.
L'eau est renvoyée par toutes les pompes dans le réservoir surélevé via la conduite de refoulement du système de conduites.

Tous les matériaux de l'installation de réservoirs sont totalement résistants à la corrosion, ces derniers étant exclusivement fabriqués en matière synthétique.

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 962.30 *Installation des réservoirs*



1 réservoir surélevé, 2 manomètre, 3 robinet à tournant sphérique, 4 tube vers le réservoir au sol, 5 réservoir au sol, 6 vanne à flotteur, 7 raccord à la conduite d'aspiration pour la pompe à canal latéral, 8 collecteur conduite de refoulement, 9 collecteur conduite d'aspiration

Spécification

[1] alimentation en eau pour une installation complexe de conduites et de pompes
[2] réservoir surélevé avec couvercle et manomètre sur bâti de base solide pour l'alimentation de pompes à amorçage normal
[3] réservoir au sol avec couvercle et vanne à flotteur pour l'alimentation de la pompe à canal latéral autoamorçante HL 962.03
[4] conduite en PVC pour l'alimentation du réservoir au sol à partir du réservoir surélevé
[5] raccord entre les éléments HL 962.30, HL 962.32 et HL 962 à l'aide de brides
[6] réservoir surélevé avec bâti

Caractéristiques techniques

Réservoir surélevé avec couvercle
- volume: 1500L
- matériau: PE
- collecteur pour conduites dans le fond
- hauteur du collecteur de refoulement: env. 2m
- 1 manomètre sur le réservoir d'alimentation: 0...1,6mCE

Réservoir au sol avec couvercle
- volume: 280L
- matériau: matière plastique renforcée de fibres de verre

2 manomètres de vérification de la pression d'aspiration de la pompe à canal latéral
HL 962.03: -1...1,5bar

Conduites en PVC HL 962.32
- conduite d'aspiration: DN80
- conduite de refoulement: DN80
- conduite d'aspiration pour la pompe à canal latéral: DN32

Dimensions et poids

Lxlxh: 1350x1350x3860mm
Poids: env. 350kg

Liste de livraison

1 bâti d'installation
1 réservoir surélevé avec couvercle
1 réservoir au sol avec couvercle
1 conduite PVC de liaison entre les deux réservoirs
1 jeu des dessins de montage

Références de commande

065.96230	HL 962.30 Installation des réservoirs

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

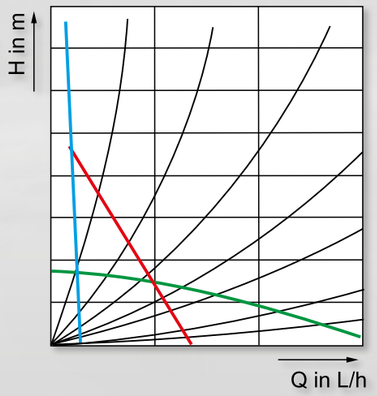
HM 362 COMPARAISON DE POMPES

Pour qu'une pompe soit utilisée à bon escient, il est important de connaître son comportement en service. Le banc d'essai HM 362 offre aux apprenants la possibilité de comparer le comportement en service de trois types de pompes différents. Le banc d'essai comprend deux pompes centrifuges, une pompe à piston utilisée comme pompe volumétrique et une pompe à canal latéral auto-amorçante. La pompe à canal latéral fonctionne de manière primaire comme une pompe centrifuge et, selon le niveau de remplissage, comme une pompe volumétrique. La pompe à canal latéral a ainsi la particularité de transporter aussi des gaz.

Avec les deux pompes centrifuges identiques, il est possible de réaliser des études sur les montages en parallèle et en série.

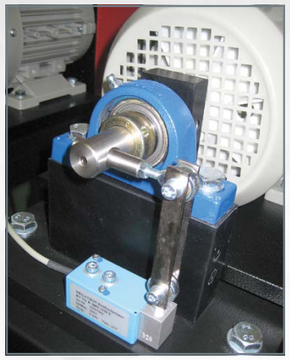
Sur le banc d'essai, un point est prévu pour la réalisation d'essais avec sa propre pompe. Cet endroit est équipé d'un moteur triphasé à vitesse de rotation variable dont on peut inverser le sens de rotation.

Le logiciel GUNT pour l'acquisition des données vous assiste dans les mesures et permet des visualiser.

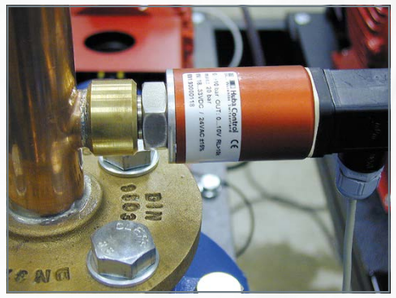


Comparaison du comportement en service de différents types de pompes

- *pompe centrifuge*
- *pompe à canal latéral*
- *pompe à piston*
- *caractéristiques de l'installation*
- ***Q*** *débit*
- ***H*** *hauteur de refoulement*

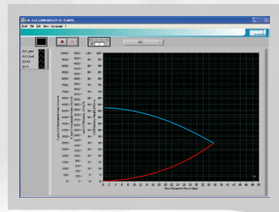


Chaque station d'essai de pompe est muni d'un dispositif de mesure pour l'enregistrement du couple d'entraînement

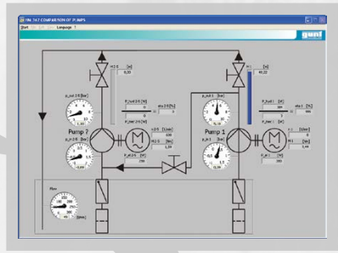


Chaque pompe dispose d'une entrée et d'une sortie au-dessus des capteurs de pression

Capteur de mesure du débit



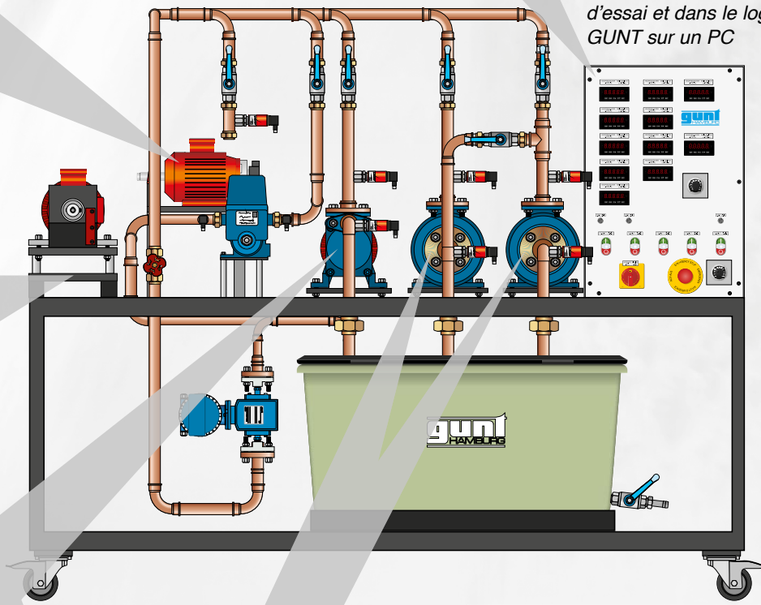
Enregistrement de caractéristiques

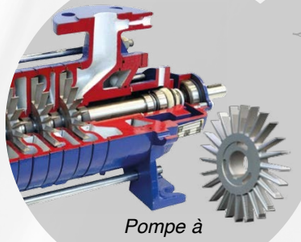


Affichage des données de mesure sur des écrans du banc d'essai et dans le logiciel GUNT sur un PC

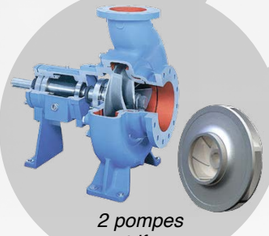
Pompe à piston

Place libre pour l'étude de pompes supplémentaires

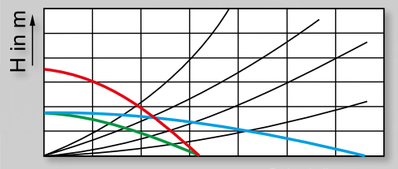




Pompe à canal latéral



2 pompes centrifuges



- *pompe individuelle*
- *montage en série*
- *montage en parallèle*
- *caractéristiques de l'installation*
- ***Q*** *débit*
- ***H*** *hauteur de refoulement*

HM 362 Comparaison de pompes

L'illustration montre un appareil similaire.

*** Étude du comportement en fonctionnement des pompes centrifuges, de la pompe à piston et de la pompe à canal latéral**

*** Toutes les pompes sont actionnées séparément par des moteurs triphasés**

*** Les pompes centrifuges peuvent être utilisées en étant montées en série ou en parallèle**

Description

Les essais servent à la familiarisation des différents types de pompes, telles que la pompe centrifuge et la pompe volumétrique.

Le banc d'essai HM 362 comporte deux pompes centrifuges, une pompe à piston utilisée comme pompe volumétrique et une pompe à canal latéral à amorçage automatique. La pompe à canal latéral fonctionne principalement comme une pompe centrifuge et peut, en fonction du niveau, agir également comme une pompe volumétrique. Dès lors, la particularité de la pompe à canal latéral est qu'elle peut être utilisée aussi pour travailler avec les gaz.

La pompe à étudier refoule l'eau dans un circuit fermé. Les données de puissance de la pompe et les pertes de charge dans la tuyauterie en même temps enregistrées. Les pompes centrifuges peuvent également être utilisées en étant montées en parallèle ou en série. Chaque pompe est actionnée par son propre moteur triphasé. La vitesse de rotation des moteurs des pompes centrifuges peut être ajustée variablement via un convertisseur de fréquence. Tous les moteurs sont à suspension pendulaire afin de pouvoir mesurer derectement le couple. Un emplacement libre est également équipé d'un moteur triphasé à vitesse de rotation variable dont le sens de rotation est réversible. Cet emplacement peut être utilisé pour le montage d'une pompe qu'on voudrait étudier.

Le comportement en fonctionnement fondamental des différents types de pompes est étudié durant les essais.

Les valeurs mesurées pertinentes peuvent être lues sur des affichages numériques. Les valeurs sont transmises vers un PC afin d'y être évaluées à l'aide d'un logiciel fourni. La transmission des données au PC se fait par une interface USB. Les données de puissance de la pompe et les pertes dans la tuyauterie sont calculées dans un logiciel et représentées par des courbes caractéristiques. Ces courbes caractéristiques permettent de déterminer le point de fonctionnement de la pompe.

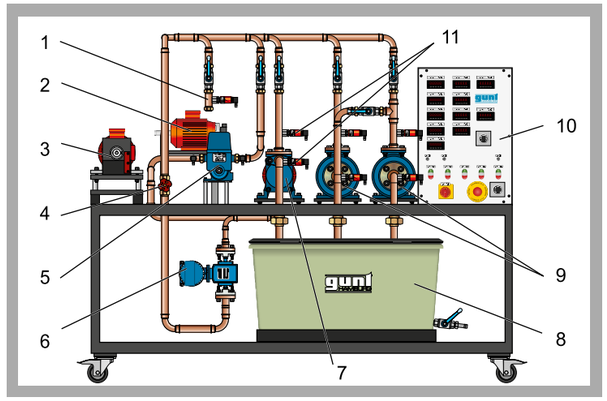
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

- étude et comparaison du comportement en fonctionnement de différents types de pompes:
  * pompes centrifuges
  * pompe à piston (pompe volumétrique)
  * pompe à canal latéral
- enregistrement de la courbe caractéristique de la pompe
- enregistrement de la courbe caractéristique de l'installation
- détermination du rendement
- étude et comparaison du montage en parallèle ou en série des pompes centrifuges
- comparaison des types de pompes

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 362 Comparaison de pompes



1 raccordement pour pompe supplémentaire, 2 moteur pour la pompe à piston, 3 moteur pour pompe supplémentaire, 4 soupape d'étranglement (tuyauterie d'aspiration), 5 pompe à piston, 6 capteur de débit, 7 pompe à canal latéral, 8 réservoir, 9 pompes centrifuge, 10 coffret de commande avec éléments d'affichage et de commande, 11 capteur de pression (côté d'aspiration/côté de refoulement)

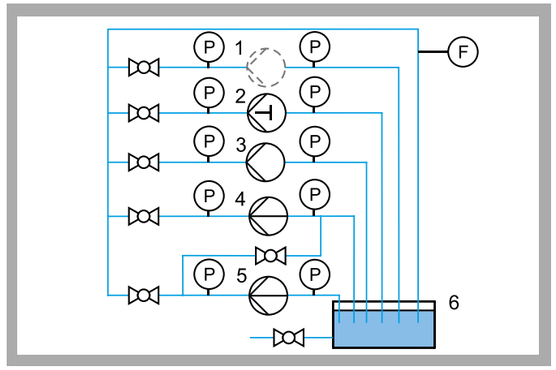
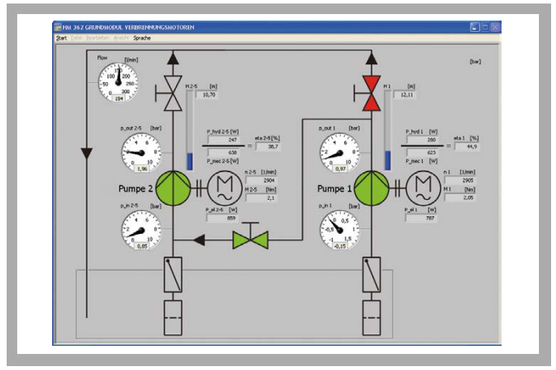


Schéma de processus
1 emplacement libre pour pompe supplémentaire (disposition de l'utilisateur), 2 pompe à piston, 3 pompe à canal latéral, 4+5 pompes centrifuge, 6 réservoir; F débit, P pression



Capture d'écran du logiciel: montage en série des pompes centrifuges

Spécification

[1] essais relatifs aux problématiques majeures de la technique des pompes
[2] comparaison de différents types de pompes: pompe centrifuge, pompe à piston, pompe à canal latéral
[3] fonctionnement des pompes centrifuges montées en parallèle ou en série
[4] moteurs triphasés pour les pompes centrifuges et moteur supplémentaire à vitesse de rotation variable via un convertisseur de fréquence
[5] logiciel GUNT pour l'acquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge 2x
- débit de refoulement max. (Q): 300L/min
- hauteur de refoulement max. (H): 16,9m
- vitesse de rotation nominale: 2900min^{-1}

Moteur triphasé 2x, pour pompe centrifuge
- puissance: 750W
- plage de vitesse de rotation: 750...3000min^{-1}

Pompe à canal latéral, amorçage automatique, un étage
- Q: 83,3L/min, H: 50m
- vitesse de rotation nominale: 1450min^{-1}

Moteur triphasé pour pompe à canal latéral
- puissance: 1,1kW
- vitesse de rotation: 1500min^{-1}

Pompe à piston
- Q: 17L/min, H: 60m
- vitesse de rotation nominale: 405min^{-1}

Moteur triphasé pour pompe à piston
- puissance: 0,55kW
- vitesse de rotation: 1500min^{-1}

Moteur triphasé, moteur supplémentaire, sens de rotation réversible
- puissance: 0,75kW
- plage de vitesse de rotation: 750...3000min^{-1}

Plages de mesure
- débit: 0...500L/min
- pression d'aspiration: -1...1,5bar
- pression de refoulement: 0...10bar
- couple: 0...15Nm
- vitesse de rotation: 0...3000min^{-1}
- puissance absorbée électrique de la pompe: 0...2000W

Dimensions et poids

Lxlxh: 2860x1200x1960mm
Poids: env. 430kg

Nécessaire pour le fonctionnement

400V, 50/60Hz, 3 phases ou 230V, 60Hz, 3 phases

Liste de livraison

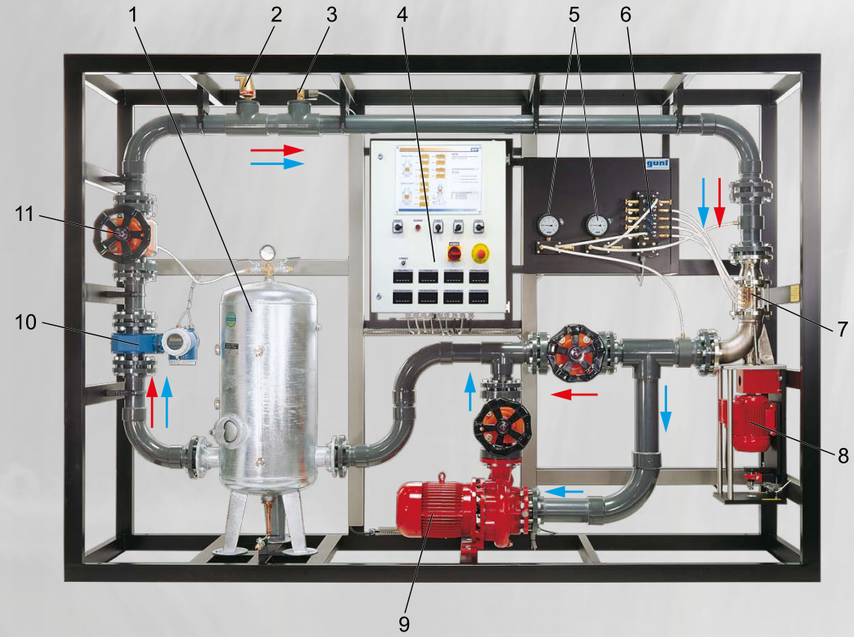
1 banc d'essai, 1 CD avec logiciel GUNT + câble USB, 1 documentation didactique

Références de commande

070.36200	HM 362 Comparaison de pompes

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 405 INSTALLATION D'ESSAI DE TURBOMACHINES AXIALES



1 réservoir d'eau avec coussin d'air
2 soupape de purge
3 électrovanne pour ventilation
4 coffret de commande avec éléments d'affichage et de commande
5 manomètre pour la pression d'entrée et de sortie
6 capteur de pression différentielle
7 turbomachine axiale
8 moteur/générateur avec mesure du couple de rotation
9 pompe centrifuge pour fonctionnement de la turbine
10 débitmètre électromagnétique
11 soupape d'ajustage du débit

Flèche rouge:
mode pompe,
Flèche bleue:
mode turbine

L'installation d'essai HM 405 permet de visualiser le principe de fonctionnement d'une turbine traversée par un écoulement axial avec des roues et des distributeurs interchangeables. En changeant l'aubage, vous pouvez faire fonctionner la turbomachine comme turbine ou comme pompe. Des roues à aubages différents sont à disposition, ce qui permet d'étudier leur influence sur la caractéristique de puissance.

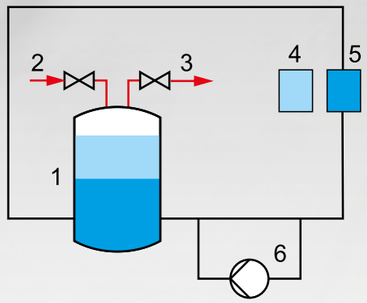
Le boîtier est entièrement transparent, afin de pouvoir observer les processus d'écoulement devant, entre et après les aubes.

Le moteur électrique fonctionne en mode turbine comme un générateur d'électricité, et en mode pompe comme système d'entraînement de la pompe. L'électricité produite par le générateur alimente le réseau électrique.

En fonction du mode, il est possible de mener des essais pratiques et des calculs sur les thèmes suivantes:

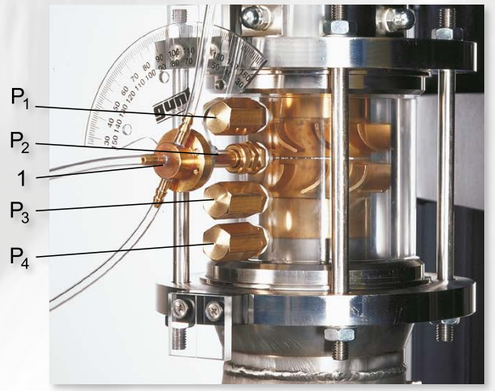
- enregistrement de caractéristiques
- détermination de nombres caractéristiques sans dimension
- triangles des vitesses et évolutions de la pression
- étude de la conversion de l'énergie à l'intérieur de la turbomachine
- influence de la forme d'aube sur la puissance et sur le rendement
- détermination du moment cinétique angulaire de sortie et de son influence sur la puissance
- phénomènes de cavitation

On peut mettre le système hors pression pour le montage des aubes directrices et aubes mobiles. La pompe est ainsi vidangée sans perte d'eau. L'eau retourne dans le réservoir. L'admission d'air comprimé dans le réservoir permet de remplir à nouveau le système. L'air comprimé permet d'ajuster également la prépression. Une soupape de purge automatique vide le résidu d'air du système de tuyauterie.



1 réservoir d'eau avec coussin d'air
2 air comprimé
3 purge d'air
4 turbomachine vide
5 turbomachine remplie
6 pompe centrifuge

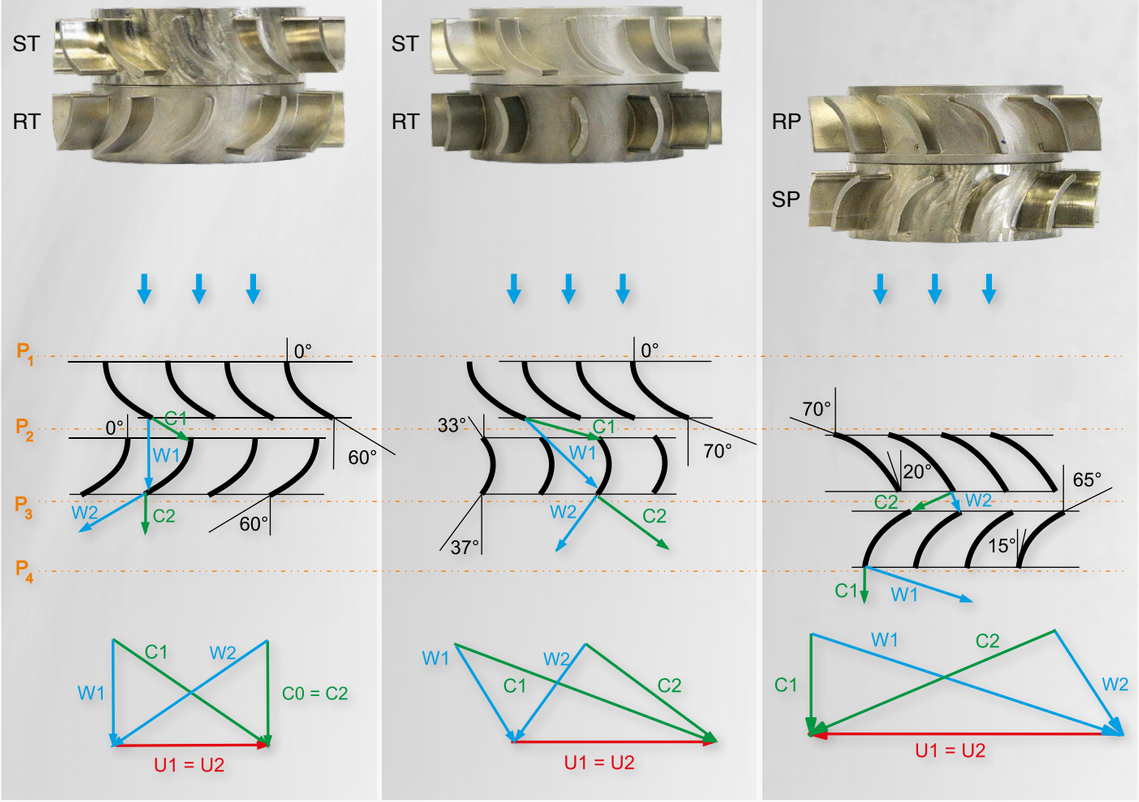
remplir du système
vider du système



Une sonde à 3 trous (1) permet de mesurer la direction et la vitesse dans le champ d'écoulement juste devant, entre et après les roues à aubes. Ces valeurs permettent d'enregistrer les triangles des vitesses pour les formes d'aubes.

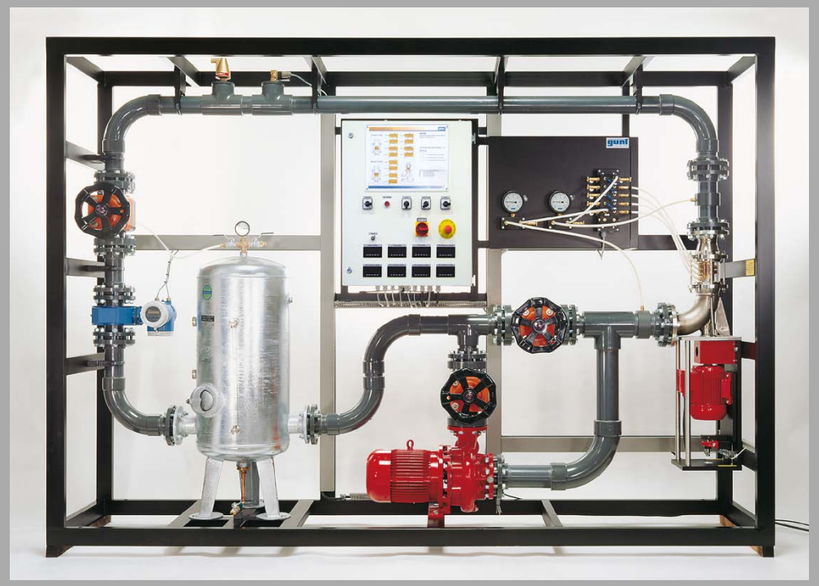
Le fait de pouvoir modifier la charge, la vitesse de rotation et le débit offre une large palette de possibilités pour les essais.

TRIANGLES DES VITESSES SUR DES TURBINES OU DES POMPES



***ST** distributeur (turbine), **SP** distributeur (pompe), **RT** rotor (turbine), **RP** roue (pompe), **w** vitesse relative de l'eau, **c** vitesse absolue de l'eau, **u** vitesse périphérique des roues, **P_1...P_4** points de mesure de la pression*

HM 405 *Installation d'essai de turbomachines axiales*



*** Étude d'une turbomachine axiale à un étage**

*** Fonctionnement comme pompe ou comme turbine par remplacement des roues à aubes**

*** Zone de travail transparente**

Description

L'élément central de l'installation d'essai est la turbomachine axiale avec moteur/générateur accouplé. Elle peut être utilisée au choix comme pompe ou comme turbine. À cet effet, on peut y installer différents jeux des roues à aubes.

Le boîtier transparent permet d'avoir une vision exhaustive de l'aubage et des processus d'écoulement en cours. Un réservoir de compensation permet de remplir rapidement l'installation. Il est possible, pour l'étude de la cavitation, de faire fonctionner l'installation avec des niveaux de pression différents. La puissance de freinage réalimente le réseau.

Un réservoir d'eau permet de modifier la structure de la turbomachine sans perdre d'eau. En mode turbine, la turbomachine est entraînée à l'aide d'une pompe de forte puissance. La liste de livraison comprend des roues à aubes supplémentaires avec différents angles qui permettent de réaliser des essais complexes. Les rapports de vitesse à l'entrée et à la sortie d'eau ainsi qu'à l'intérieur de la turbomachine peuvent être représentés graphiquement à l'aide des triangles des vitesses.

La vitesse de rotation est mesurée sans contact à l'aide d'un capteur de déplacement inductif à l'arbre du moteur. Pour la détermination de la puissance d'entraînement, le moteur d'entraînement est monté en palier oscillant et est équipé d'un capteur de force pour la mesure du couple d'entraînement. La pression différentielle est mesurée radialement à différents niveaux d'aubes à l'aide d'une sonde à 3 trous.
Des manomètres mesurent les pressions à l'entrée et à la sortie. Le débit est mesuré à l'aide d'un débitmètre électromagnétique.Les valeurs de mesure sont lues sur des affichages numériques.

L'installation d'essai comprend un circuit d'eau fermé avec réservoir et pompe centrifuge.

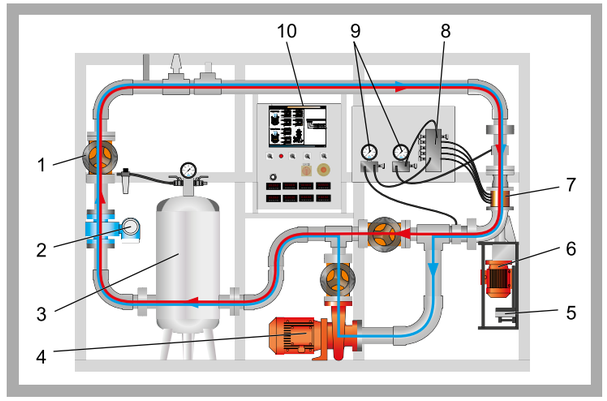
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

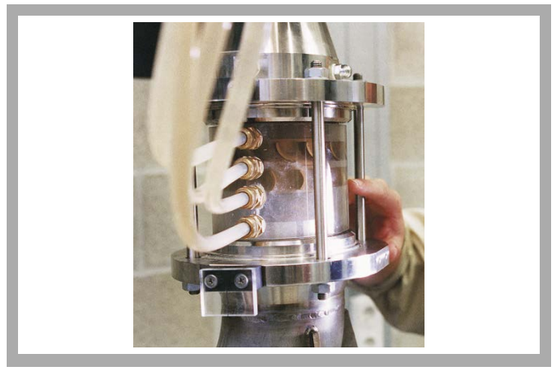
- enregistrement de caractéristiques
- détermination de nombres caractéristiques sans dimension
- triangles des vitesses et évolutions de la pression
- étude de la conversion de l'énergie à l'intérieur de la turbomachine
- influence de la forme d'aube sur la puissance et sur le rendement
- détermination du moment cinétique angulaire de sortie et de son influence sur la puissance
- phénomènes de cavitation

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

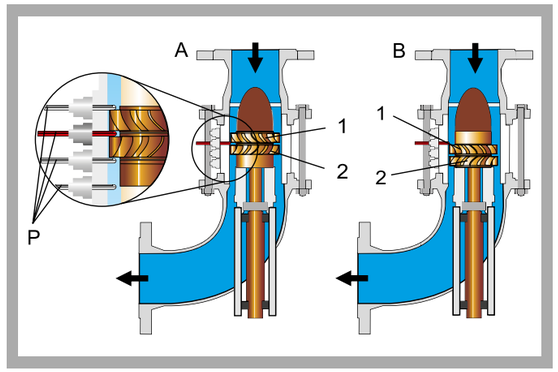
HM 405 *Installation d'essai de turbomachines axiales*



1 soupape d'ajustage du débit, 2 débitmètre, 3 réservoir d'eau avec coussin d'air, 4 pompe centrifuge pour fonctionnement en mode turbine, 5 capteur de force pour la mesure du couple de rotation, 6 moteur/générateur, 7 turbomachine axiale, 8 capteur de pression différentielle, 9 manomètre, 10 coffret de commande; en rouge: mode pompe, en bleu: mode turbine



L'illustration montre les phénomènes de cavitation dans la zone de travail de la turbomachine axiale



A: turbomachine axiale utilisée comme turbine, 1 distributeur, 2 rotor
B: turbomachine axiale utilisée comme pompe, 1 roue, 2 distributeur
P capteur de pression

Spécification

[1] études sur une turbomachine axiale
[2] circuit d'eau fermé avec réservoir et pompe centrifuge
[3] la turbomachine peut fonctionner en mode turbine ou pompe
[4] deux jeux des roues à aubes pour le mode pompe et deux jeux des roues à aubes pour le mode turbine avec différents angles d'entrée et de sortie
[5] moteur asynchrone/générateur avec mode 4 quadrants par convertisseur de fréquence
[6] réalimentation de l'énergie de freinage
[7] moteur monté en palier oscillant, mesure des couples par un bras de levier et un capteur de force
[8] capteur de vitesse de rotation inductif sur le moteur
[9] manomètres pour la mesure des pressions à l'entrée et à la sortie
[10] sonde de mesure et capteur de pression différentielle pour l'enregistrement de l'évolution de la pression dans la turbomachine
[11] débitmètre électromagnétique
[12] affichage de la puissance absorbée, du moment, de la vitesse de rotation, de la pression, de la pression différentielle et du débit

Caractéristiques techniques

Pompe centrifuge
- puissance: 5,5kW
- débit de refoulement max.: 150m³/h
- hauteur de refoulement max.: 10m

Moteur/générateur
- puissance: 1,5kW
- couple de rotation: 0...5Nm
- vitesse: 0...3000min^{-1}

Réservoir d'eau: 150L

Plages de mesure
- pression (manomètre): 2x -1...5bar
- pression différentielle: 5x 0...500mbar
- débit: 0...150m³/h
- vitesse: 0...9999min^{-1}
- moment: 0...5Nm

Dimensions et poids

Lxlxh: 3300x750x2300mm
Poids: env. 680kg

Nécessaire pour le fonctionnement

400V, 50Hz, 3 phases
Raccord d'air comprimé: 3...10bar

Liste de livraison

1 installation d'essai
4 roues/rotors
4 distributeurs
1 insert sans aubes
1 documentation didactique

Références de commande

070.40500	HM 405	Installation d'essai de turbomachines axiales

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HM 215 VENTILATEUR AXIAL À DEUX ÉTAGES

Dans la pratique, les ventilateurs axiaux sont souvent utilisées en ingénierie de bâtiment pour les installations de systèmes de climatisation et de ventilation. Pour augmenter la pression de refoulement, il est possible également de monter les ventilateurs axiaux en série. On parle alors de ventilateur à deux étages.

Avec HM 215, GUNT offre des essais sur un ventilateur axial à deux étages. Le banc d'essai offre en plus la possibilité d'étudier un ventilateur fonctionnant seul. Résultat théorique et pratique peuvent être facilement comparés.

L'appareil est équipé de capteurs de pression différentielle et de température. Le débit volumétrique est déterminé par la pression différentielle dans la buse d'entrée.

Contenus didactiques

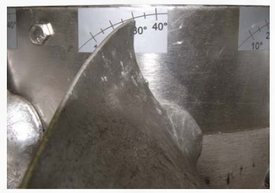
- détermination de la caractéristique du ventilateur
- montage individuel ou en série de ventilateurs axiaux
- détermination du bilan énergétique
- détermination de la distribution de la pression et de celle de la vitesse sur le distributeur et la roue au moyen de la sonde
- influence de la position de l'aube mobile

Dispositif de mesure avec sonde à 3 trous pour la détermination radiale des pressions différentielles sur la roue et le distributeur.

Un contour de buse conçu de manière minutieuse et un redresseur d'écoulement au niveau de l'entrée d'air assurent un écoulement incident sans turbulences sur les aubes mobiles.

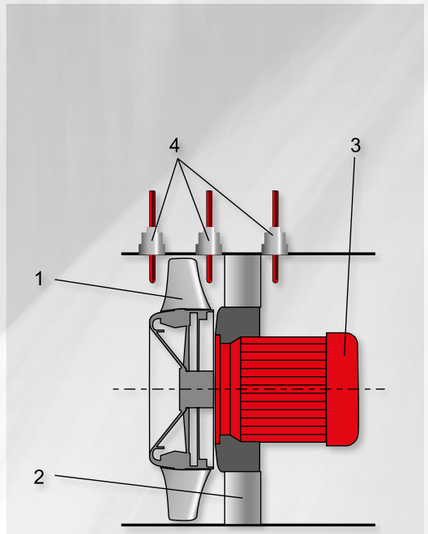
L'appareil d'essai est équipé de deux ventilateurs axiaux puissants.

Vanne papillon à l'extrémité de la section de mesure pour l'ajustage du débit volumétrique.

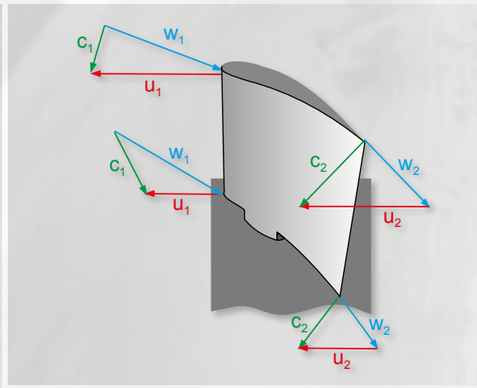


Aube mobile réglable sur le moyeu de la roue.

Les angles d'incidence et de sortie ainsi que la pression de l'air peuvent être mesurés le long du rayon de l'aube au moyen d'une sonde de mesure réglable. Il est possible de modifier l'angle d'incidence en modifiant la position des aubes mobiles. Le logiciel GUNT simplifie les mesures avec le dispositif de mesure et permet le traitement et la visualisation des données de mesure.

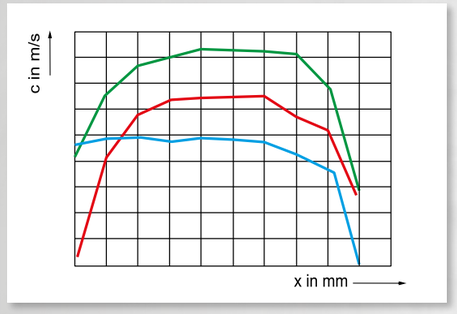


***1** roue, **2** distributeur, **3** moteur, **4** points de mesure*



Triangles des vitesses sur une aube mobile

***c** vitesse absolue*
***w** vitesse relative*
***u** vitesse périphérique*

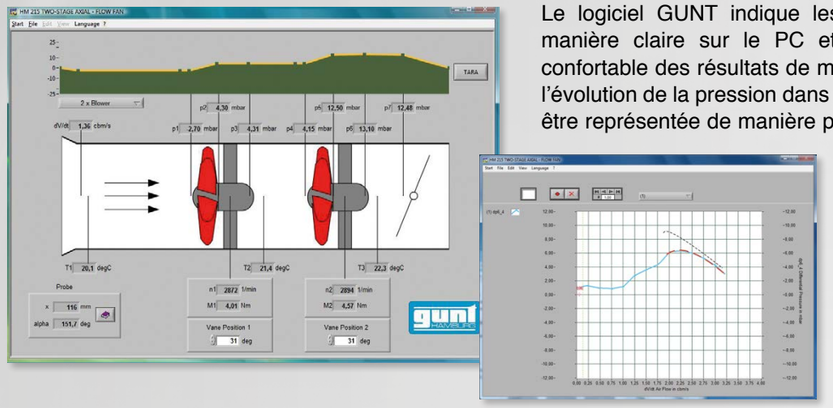


Distribution de la vitesse

- *avant la roue*
- *après la roue*
- *avant le distributeur*

***c** vitesse*
***x** position radiale de la sonde*

LOGICIEL



Le logiciel GUNT indique les valeurs de mesure de manière claire sur le PC et permet une évaluation confortable des résultats de mesure. Ainsi par exemple, l'évolution de la pression dans la section de mesure peut être représentée de manière parlante.

HM 215 *Ventilateur axial à deux étages*

*** Deux ventilateurs axials montés en série ou en fonctionnement individuel**

*** Sonde à 3 trous pour déterminer l'évolution de la pression et de la vitesse**

Description

Les ventilateurs axiaux sont montés en série dans les installations afin d'augmenter la pression. Lorsque deux ventilateurs sont montées en série, l'augmentation de la pression est théoriquement multipliée par deux.

Le banc d'essai HM 215 permet d'étudier un ventilateur axial à deux étages. Un dispositif de mesure sert à déterminer l'évolution de la pression et de la vitesse.

Le banc d'essai comprend une section de mesure avec deux ventilateurs axiaux de même type. Le contour de buse conçu avec minutie, ainsi qu'un redresseur d'écoulement au niveau de l'entrée d'air assurent une distribution uniforme de la vitesse, avec de faibles turbulences dans la section de mesure. Les roues disposent d'aubes mobiles ajustables individuellement pour la modification de l'angle d'incidence. Les ventilateurs sont équipées de redresseurs. Ces dispositifs de guidage dévient le moment cinétique de l'écoulement sortant en direction axiale et permettent une augmentation de la pression. Pour faire pivoter l'écoulement à la sortie de la section de mesure, il est possible de monter en option un coude de tuyau. L'un des ventilateurs peut être démonté de la section de mesure de manière à étudier le ventilateur restante fonctionnant seul.

Des raccords de mesure se trouvent dans la section de mesure pour l'enregistrement des pressions différentielles et des températures. Le débit volumétrique est mesuré au moyen d'une buse d'entrée. Le dispositif de mesure permet de représenter différents profils de pression et de vitesse perpendiculaires à la direction de l'écoulement.

La pression différentielle est mesurée radialement sur les roues et distributeurs à l'aide d'une sonde à 3 trous. Les valeurs mesurées peuvent être lues sur des affichages numériques. Les valeurs sont transmises vers un PC afin d'y être évaluées à l'aide d'un logiciel fourni. La transmission des données au PC se fait par une interface USB.

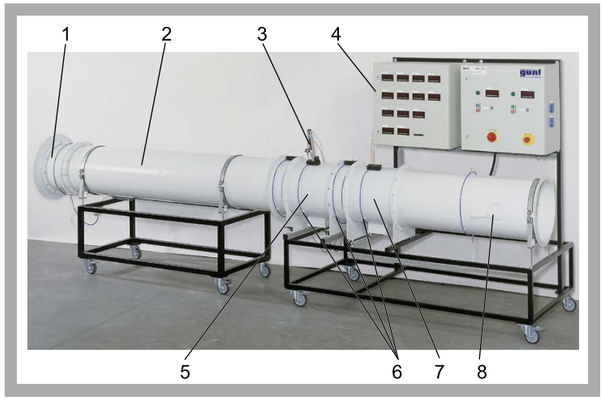
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

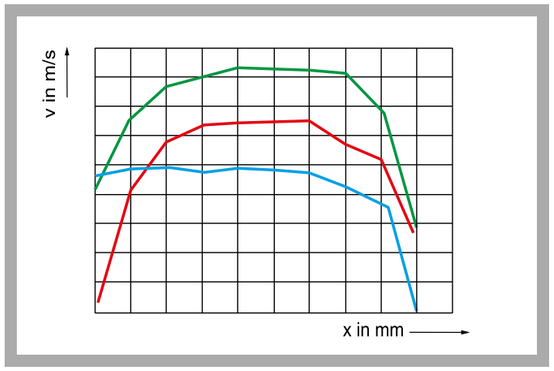
- détermination de la caractéristique du ventilateur
- montage individuel ou en série de ventilateurs axiaux
- détermination du bilan énergétique
- détermination de la distribution de la pression et de celle de la vitesse sur le distributeur et la roue au moyen de la sonde
- influence de la position de l'aube mobile

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

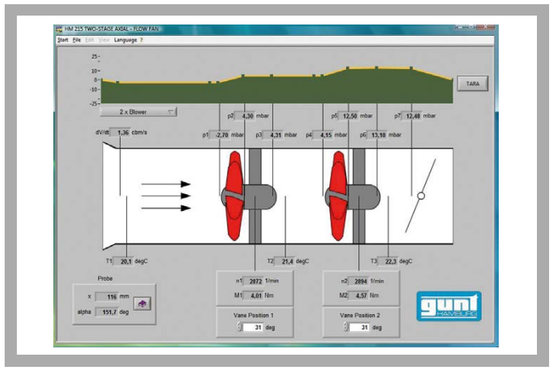
HM 215 *Ventilateur axial à deux étages*



1 buse avec redresseur d'écoulement, 2 tuyau d'aspiration, 3 dispositif de mesure, 4 coffret de distribution, 5 ventilateur n°1, 6 points de mesure de la pression, 7 ventilateur n°2, 8 vanne papillon



Distribution de la vitesse
en bleu: avant la roue, en vert: après la roue, en rouge: avant le distributeur
v vitesse, x position radiale de la sonde



Capture d'écran du logiciel HM 215

Spécification

[1] étude d'un ventilateur axial à deux étages
[2] 2 ventilateurs à un étage de même type montés en série ou en parallèle
[3] aubes mobiles ajustables individuellement
[4] ventilateurs avec vitesse de rotation respective variable via un convertisseur de fréquence
[5] buse optimisée pour l'écoulement et redresseur d'écoulement pour un écoulement uniforme à faibles turbulences
[6] écoulement d'air dans la section de tuyau ajustable par la vanne papillon
[7] coude de tuyau optionnel à la sortie pour la déviation de l'écoulement
[8] dispositif de mesure avec sonde à 3 trous pour la détermination radiale des pressions différentielles sur la roue et le distributeur
[9] capteurs de pression et de température avant et après chaque ventilateur
[10] débit volumétrique mesuré par la buse d'entrée
[11] logiciel GUNT pour l'acquisition de données via USB sous Windows Vista ou Windows 7

Caractéristiques techniques

2 ventilateurs
- puissance nominale du moteur d'entraînement: 3,45kW
- pression différentielle max.: 798Pa
- vitesse: 0...2850min^{-1}
- angles des aubes ajustables jusqu'à 39°

Section de mesure, diamètre intérieur: 400mm

Plages de mesure
- température: 0...100°C
- pression différentielle: -25...25mbar
- position radiale de la sonde: 100...200mm

Dimensions et poids

Lxlxh sans déverseur: 4325x970x1800mm
Longueur avec déverseur: 5225mm
Poids: env. 250kg

Nécessaire pour le fonctionnement

400V, 50/60Hz, 3 phases

Liste de livraison

1 banc d'essai avec 2 ventilateurs
1 coude de tuyau
1 dispositif de mesure
1 jeu de flexibles de mesure avec accouplements rapides
1 CD avec logiciel GUNT + câble USB
1 documentation didactique

Références de commande

070.21500	HM 215	Ventilateur axiale à deux étages

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

HL 710 PLANIFICATION ET ASSEMBLAGE DE SYS TEMES DE CONDUIT D'AIR

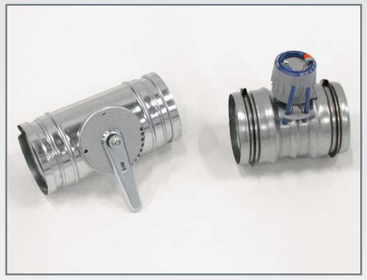
SYSTEMES DE CONDUIT D'AIR DOTE DE COMPOSANTS TYPIQUES DE LA TECHNIQUE DE VENTILATION: ASSEMBLAGE ET ESSAIS

Les composants

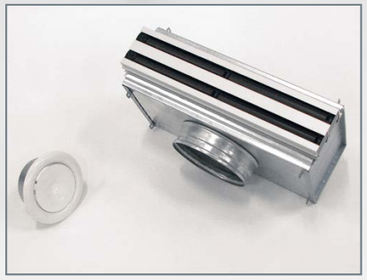
Cintres

Réduction (à gauche) et éléments de fixation

Jonctions



Vanne papillon (à gauche) et diaphragme à iris (à droite)



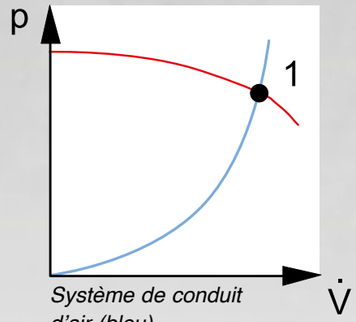
Soupape à disque (à gauche) et ventilation à fente (à droite)

Filtres

Les essais

Dans le système de conduit d'air sont installés plusieurs composants avec des points de mesure, destinés à mesurer la pression. Avec un tube incliné et un manomètre numérique, il est possible de mesurer la pression statique et la pression dynamique à ces endroits. Il est alors possible de déterminer les pertes de pression de différents composants ou de l'ensemble du système de conduit d'air. L'anémomètre permet de mesurer les vitesses de l'air et les débits volumétriques dans les bouches de ventilation de l'installation. Les valeurs mesurées servent à établir des courbes caractéristiques d'installations et du ventilateur. Le point de fonctionnement est déduit des courbes caractéristiques.

***1** manomètre numérique, **2** manomètre de tube incliné, **3** anémomètre*



*Système de conduit d'air (bleu), courbe caractéristique de ventilateur (rouge), **1** point de fonctionnement*

Points de mesure pour la pression statique et la pression dynamique

HL 710 *Systèmes de conduit d'air*

*** Planification et montage de systèmes de conduit d'air simples et complexes**

*** Mesure des pressions dynamiques et statiques dans les systèmes de conduit d'air**

*** Mesure de la vitesse et du débit volumétrique dans différentes conditions**

Description

Les installations techniques de ventilation sont utilisées dans de nombreux domaines. Elles servent à la ventilation des bureaux, des salles de sport, des ateliers de production, des salles de spectacle, etc. Ces installations sont composées d'un système de conduit d'air et souvent aussi d'autres dispositifs servant au conditionnement de l'air ambiant. Elles peuvent en plus contenir des éléments destinés à la purification de l'air ou à la réduction du bruit.

Le banc d'essai HL 710 permet d'étudier les moyens de distribution de l'air dans un bâtiment. Le système de conduit d'air est alimenté par un ventilateur dont la vitesse de rotation est régulée. L'étudiant construit des systèmes de conduit d'air variables à partir de composants couramment utilisés sur le marché comme des tuyaux, coudes, jonctions, filtres et soupapes à disque. Les raccords destinés à mesurer la pression peuvent être montés à n'importe quel endroit.

Les effets de chacun des composants sur la perte de pression et donc sur la vitesse et le débit d'air sont étudiés. Deux manomètres sont prévus à cet effet avec différentes plages de mesure et un appareil à main pour la mesure de la vitesse de l'air. La courbe caractéristique du ventilateur est également calculée. Un voltmètre et un ampèremètre permettent de calculer la puissance absorbée du ventilateur.

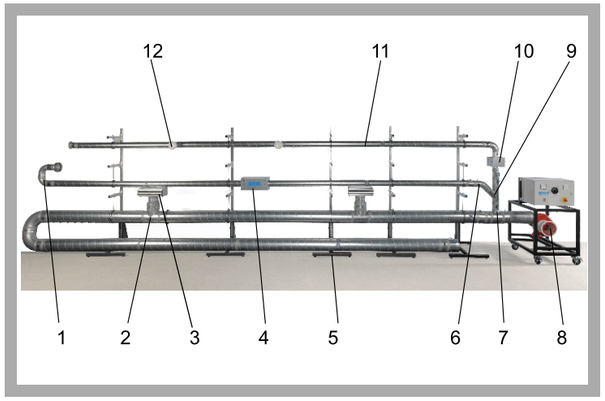
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant pas à pas dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

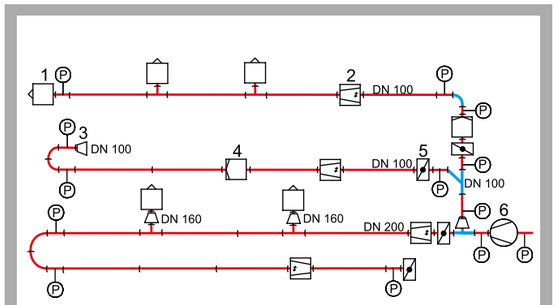
- planification, montage et test d'un système de conduit d'air
- composants typiques en technique de ventilation
- mesure du débit et vitesse de l'air
- mesure des pressions dynamiques et statiques
- détermination de la perte de pression à travers différents composants comme les coudes, angles, distributeurs, etc.
- enregistrement des courbes caractéristiques de l'installation
- enregistrement de la courbe caractéristique du ventilateur
- détermination du point de fonctionnement
- détermination de la puissance électrique du moteur du ventilateur à partir de la tension et de l'intensité
- calcul du rendement du ventilateur

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

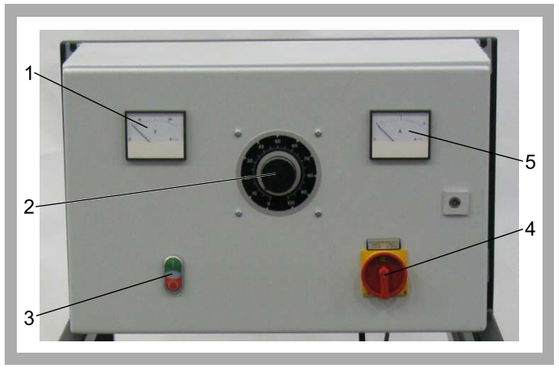
HL 710 *Systèmes de conduit d'air*



1 coude 90°, 2 réduction, 3 sortie à fente, 4 filtre à poche, 5 support de montage, 6 coude 45°, 7 pièce en T, 8 ventilateur, 9 dérivation, 10 cartouche filtrante, 11 diaphragme, 12 soupape à disque



Plan des tuyaux: 1 soupape d'alimentation et à disque, 2 diaphragme, 3 réduction, 4 filtre, 5 vanne papillon, 6 ventilateur; P point de mesure de la pression; en bleu: coudes et raccords



1 voltmètre, 2 ajustage de la vitesse de rotation du ventilateur, 3 interrupteur MARCHE-ARRÊT du ventilateur, 4 interrupteur principal, 5 ampèremètre

Spécification

[1] structure d'essai pour la formation à la construction de systèmes de ventilation
[2] ventilateur radial, sur bâti mobile, pour le raccordement à des conduits d'air
[3] conduits d'air en tuyau spiralé zingué avec coudes, raccords et composants
[4] raccords de mesure de la pression dont on peut changer la position sur le système
[5] 5 supports de montage pour la fixation des conduits d'air
[6] manomètre à tube incliné et manomètre numérique pour 2 plages de mesure différentes
[7] mesure de la vitesse de l'air avec l'anémomètre
[8] coffret de commande avec affichage de l'intensité et de la tension

Caractéristiques techniques

Ventilateur
- puissance absorbée: 1100W
- débit de refoulement max.: 1680m³/h
- pression différentielle max.: 1000Pa
- vitesse de rotation: 0...2800min^{-1}

Tuyaux
- longueur: 1600mm
- diamètre: 8x DN200, 8x DN100

Coudes et raccords, chacun DN100 et DN200
- coude 90°, coude 45°
- dérivation 45°
- pièce en T, pièce en T avec réduction
- réduction, raccord enfichable, manchon

Éléments d'étranglement, chacun DN100 et DN200
- vanne papillon
- diaphragme

Filtres, chacun DN100 et DN200
- filtre à poche
- cartouche filtrante

Plages de mesure
- pression: 0...200Pa / 0...2000Pa
- vitesse: 0,25...30m/s
- intensité: 0...10A
- tension: 0...230V

Dimensions et poids

Lxlxh: 1700x650x1400mm (ventilateur)
Poids: env. 70kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz, 1 phase

Liste de livraison

1 ventilateur radial sur un bâti mobile
5 supports de montage
1 jeu de tuyaux, coudes, raccords, composants (sorties, filtres, etc.)
1 manomètre à tube incliné, 1 manomètre numérique, 1 anémomètre
1 documentation didactique

Références de commande

065.71000	HL 710 Systèmes de conduit d'air

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

ST 510 UNITÉ SANITAIRE POUR ÉVACUATION DES EAUX USÉES

LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES EN UN COUP D'OEIL AVEC ST 510 DE GUNT

- composants transparents en verre et PMMA pour une observation optimale des processus d'écoulement
- comparaison directe de tracés de conduites corrects et incorrects
- ventilation et purge d'air modifiables par des électrovannes
- activation facile de cycles de rinçage avec une commande à distance
- mesure des rapports de pression dans le système de conduites
- circuit d'eau fermé avec réservoir de stockage et pompe

Montage d'une de démonstration chez le client

Observation de l'écoulement

L'installation *correcte* des conduites d'égout dans les bâtiments est décisive pour le bon fonctionnement du système d'assainissement.

Des tracés de conduites défavorables et une mauvaise sélection des sections de tuyau peuvent entraîner d'importantes dépressions et surpressions qui elles mêmes entravent ou même empêchent le bon drainage des eaux usées. À cela peuvent s'ajouter des nuisances d'ordre sonore ou olfactif, ainsi que des engorgements.

Pour assurer le bon fonctionnement, il est impératif que la ventilation du système de conduites soit suffisante dans toutes les conditions de drainage.

FONCTION DES SIPHONS

Siphon au repos

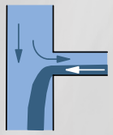
Évacuation par le siphon

Pression trop importante du côté des eaux usées, siphon inefficace

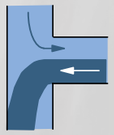
Pression trop basse du côté des eaux usées, siphon vidé par aspiration

Réservoirs de chasse d'eau et siphons

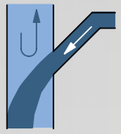
CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AVEC DES BOUCHES DIFFÉRENTES DANS DES TUYAUX DE DESCENTE



Correct, tous les éléments de tuyau sont ventilés



Incorrect, le tuyau de descente inférieur n'est pas ventilé



Incorrect, le tuyau de descente inférieur et l'alimentation ne sont pas ventilés

Correct, tous les éléments de tuyau sont ventilés

Tuyaux et robinetteries en verre

ST 510 *Démonstration de traitement des eaux usées*

*** Tuyaux et réservoirs transparents pour l'observation des processus d'écoulement**

*** Circuit d'eau fermé**

Description

La direction du drain est particulièrement importante dans le traitement des eaux usées. Lors du dimensionnement, les inclinaisons, entrées et sorties de tuyau, ainsi que les sections doivent être considérés les uns par rapport aux autres, en tenant compte des interactions qu'ils exercent. La distribution de la pression dans des systèmes de tuyauterie complexes constitue pour les ingénieurs un élément particulièrement compliqué de la planification. Les erreurs de dimensionnement peuvent générer des bruits, des siphons vides ou même engorger les conduites.

Le ST 510 permet de réaliser un grand nombre d'essais dans le domaine du traitement des eaux usées et permet de visualiser les processus d'écoulement dans les conduites d'égouts.

L'installation d'essai comprend un système complet de conduites de drain basé sur des éléments de conduite courants. Les conduites sont transparentes afin de permettre la visualisation des processus d'écoulement. Des réservoirs de chasse d'eau se trouvent dans la partie supérieure de l'installation d'essai, et peuvent être ouverts et, ou fermés , un à un, au moyen d'électrovannes. En plus, les conduites de dérivation, les conduites de ventilation et la chasse d'eau sous pression sont équipées d'électrovannes. Les électrovannes sont activées par une commande à distance. L'installation permet d'étudier l'écoulement et l'évolution de la pression au niveau des bouches de différents types, de déviations de tuyau, de modifications de sections et siphons, dans différentes conditions de ventilation et d'aération. L'installation possède un circuit d'eau fermé avec réservoir de collecte et pompe.

Des points de mesure sont placés le long du tuyau de descente pour la mesure des rapports de pression dans le système d'assainissement. Les points de mesure sont reliés à un manomètre à tubes au moyen de flexibles. Le débit est déterminé au moyen d'un rotamètre.

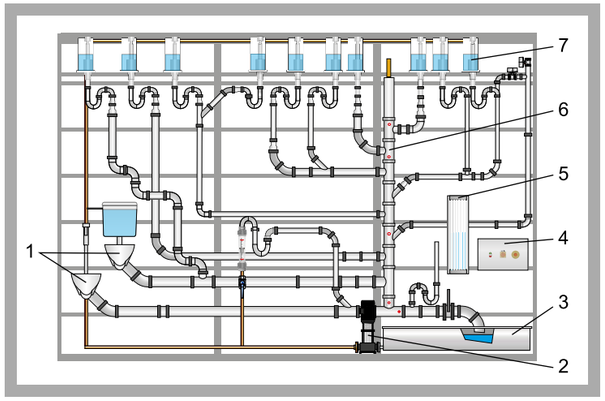
La documentation didactique bien structurée expose les principes de base et guide l'étudiant dans la réalisation des essais.

Contenu didactique / Essais

- évolution de la pression dans la conduite de descente
- conduite de dérivation
- comportement d'écoulement incorrect en cas de ventilation insuffisante des tuyaux
- comportement d'écoulement incorrect en cas de dimensionnement erroné des tuyaux
- écoulement en cas de déviation de conduite
- effet d'aspiration au niveau des bouches
- comportement des robinetteries sanitaires
- fonction de différentes conduites de drain

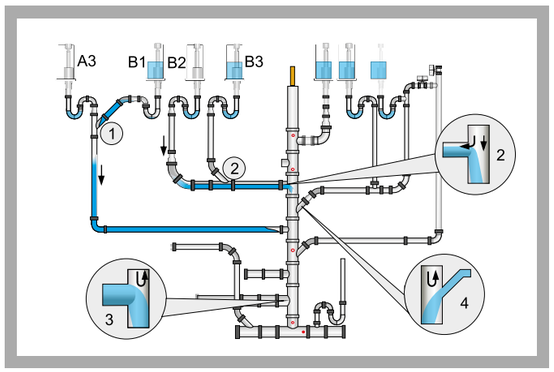
G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

ST 510 *Démonstration de traitement des eaux usées*



1 cuvette de WC, 2 pompe, 3 réservoir, 4 coffret de commande, 5 manomètre à tubes, 6 tuyau de descente avec points de mesure de la pression, 7 réservoir de chasse d'eau

1 réservoir de chasse d'eau, 2 cuvette de WC, 3 tuyaux transparents



1 incorrect: vidage par aspiration du siphon B1 par la pièce en Y lors du rinçage de A3, 2 correct: pas de vidage par aspiration des siphons B3 du fait d'un élargissement de section et d'une bonne ventilation, 3 ventilation incorrecte du fait de sections de tuyau identiques, 4 ventilation incorrecte due à une vitesse élevée de l'écoulement

Spécification

[1] installation d'essai pour la démonstration du traitement des eaux usées
[2] conduites transparentes et réservoir en verre
[3] 10 réservoirs de chasse d'eau avec électrovannes commandées à distance
[4] 2 WC avec réservoir de la chasse d'eau et chasse d'eau sous pression
[5] comprend des conduites de descente, de collecte, de ventilation et de dérivation
[6] manomètre à 6 tubes pour l'affichage de l'évolution de la pression dans le tuyau de descente
[7] mesure du débit au moyen d'un rotamètre

Caractéristiques techniques

Pompe
- puissance absorbée: 550W
- débit de refoulement max.: 70L/min
- hauteur de refoulement max.: 42m

Réservoir de collecte
- volume de 300L env.

Réservoirs de chasse d'eau transparents
- 4x 20L
- 6x 10L
- 1x 9L

Chasse d'eau sous pression pour WC, 9L max.

Plages de mesure
- débit: 0,4...4L/h
- manomètre à 6 tubes: 1500mmCE

Dimensions et poids

Lxlxh: 5700x800x3900mm
Poids: env. 3000kg

Nécessaire pour le fonctionnement

230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz, 1 phase
Raccord d'air comprimé: 6...10bar

Liste de livraison

1 installation d'essai
1 jeu de flexibles de mesure
3 commandes à distance
1 documentation didactique

Références de commande

066.51000	ST 510	Démonstration de traitement des eaux usées

G.U.N.T Gerätebau GmbH, Hanskampring 15-17, D-22885 Barsbüttel, Tél. +49 (40) 67 08 54-0, Fax +49 (40) 67 08 54-42, E-mail sales@gunt.de, Web http://www.gunt.de
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans avis préalable.

INDEX

MOT-CLÉ	CODE (PAGE)

A

Action capillaire	HM 115 (24)
Aile	HM 170 (206)
	HM 225.04 (226)
	HM 225.08 (230)
	HM 226 (216)
Alignement de entraînements	HL 960.01 (364)
Alignement de pompes	HL 960.01 (364)
	HL 962 (382)
Alignement d'une pompe et d'un entraînement	HL 960.01 (364)
	HL 962 (382)
Amortissement des pulsations	HM 285 (308)
Appareils de mesure de pression, étalonnage	HM 150.02 (16)
Aréomètre	HM 115 (24)
	HM 135 (70)
Aube directrice, turbine	HM 450.02 (282)
Aube mobile	HM 215 (400)

B

Banc d'essai de pompes	RT 396 (174)
Banc d'essai de robinetteries	MT 162 (342) RT 396 (174)
Bandes de mesure de température	WL 202 (12)
Bassin de retenue des eaux de pluie	HM 143 (246)
Bélier hydraulique	HM 150.15 (248)
Bouchain en forme, corps flottants	HM 150.39 (30)
Bouchain vif, corps flottants	HM 150.39 (30)
Bulles d'hydrogène générées par électrolyse	HM 133 (196)
Buse à supersonique	HM 172 (140)
Buse convergente/ divergente	HM 230 (134) HM 260 (142)
	HM 261 (144)
Buse de mesure	HM 150.11 (52)
	HM 150.13 (54)
	HM 230 (134)
Buse Laval	HM 230 (134)
	HM 261 (144)
Buse subsonique	HM 172 (140)
Buse, convergente/ divergente	HM 230 (134) HM 260 (142)
	HM 261 (144)

C

Canal d'essai	HM 150.21 (76) HM 160 (82)
	HM 164 (78) HM 241 (58)
Canal fermé	HM 164 (78)
Canal jaugeur	HM 160 (82)
Canal ouvert	HM 150.03 (74)
	HM 150.21 (76)
	HM 160 (82) HM 164 (78)
Caractéristique de la pompe	HL 962 (382)
	HM 150.04 (64)
	HM 150.16 (66)
	HM 241 (58) HM 283 (298)
	HM 284 (300) HM 285 (308)
	HM 286 (310) HM 299 (294)
	HM 300 (302) HM 332 (304)
	HM 362 (392) HM 405 (286)
	HM 450C (278)
	RT 396 (174)
Caractéristique de la soupape	HM 120 (150) RT 390 (172)
	RT 396 (174)
Caractéristique de la turbine	HM 287 (266) HM 288 (268)
	HM 289 (270) HM 291 (272)
	HM 405 (286)
	HM 450.01 (280)
	HM 450.02 (282)
Caractéristique de l'installation	HL 710 (404) HM 210 (316)
	HM 220 (108)
	HM 284 (300)
	HM 299 (294)
	HM 332 (304)
	HM 362 (392)
Caractéristique d'ouverture des robinetteries d'arrêt	HM 110.01 (154)
	HM 112 (152) HM 122 (156)
	HM 150.11 (52)
Caractéristique du compresseur	HM 292 (318)
	HM 299 (294)
Caractéristique du ventilateur	HL 710 (404) HM 210 (316)
	HM 215 (400) HM 240 (94)
	HM 280 (314) HM 282 (320)
Cavitation	HM 283 (298) HM 380 (182)
	HM 405 (286) ST 250 (184)
Cellule de Hele-Shaw	HM 152 (192)
Centrale éolienne	ET 220 (288)
	ET 220.01 (290)
Centre de gravité	HM 150.06 (28)
Centre de gravité de la surface	HM 150.05 (26)
Centre de poussée	HM 115 (24) HM 150.05 (26)
	HM 150.06 (28)
	HM 150.39 (30)
Cheminée d'équilibre	HM 143 (246) HM 156 (244)
Choc de compression	HM 172 (140) HM 261 (144)
Clapet	MT 157 (336)
Clapet d'arrêt	RT 396 (174)
Coefficient de contraction	HM 150.09 (42)
	HM 150.12 (44)
Coefficient de débit	HM 150.03 (74) HM 160 (82)
	HM 150.07 (36)
	HM 150.13 (54)
Coefficient de puissance	ET 220 (288)
Coefficient de traînée	HM 170 (206)
	HM 170.28 (212)
	HM 225.04 (226)
	HM 240.03 (96)
	HM 240.04 (98)
Coefficient de traînée de corps	HM 170.28 (212)
	HM 225.04 (226)
	HM 240.04 (98)
Coefficient de traînée de portance	HM 170 (206)
Coefficient de traînée, éléments de tuyauterie	HM 112 (152) HL 113 (166)
	HM 120 (150)
	HM 122 (156)
	HM 150.11 (52)
Coefficient de transfert de chaleur	HM 240.06 (102)
Collecteur d'impuretés	RT 396 (174)
Colonne à garnissage	HM 136 (234)
Compresseur à piston	HM 299 (294)
Compresseur radial	HM 292 (318)
Compresseur rotatif à palettes	HM 299 (294)
Conduit d'air	HL 710 (404)
Conduite circulaire, réseau de tuyauterie	HM 111 (158)
Conduite de descente, eaux usées	ST 510 (408)
Conduite d'égout	ST 510 (408)
Corps flottants	HM 150.39 (30)
Couche limite	HM 170.24 (210)
	HM 220.02 (112)
	HM 225.02 (224)
Couches de particules solides	CE 220 (232)
Coup de bélier	HM 150.15 (248)
	HM 155 (242)
	HM 156 (244)
Courbe de pression de vapeur de l'eau	WL 204 (20)
Courbe de refroidissement du cylindre soumis à un écoulement	HM 240.06 (102)
Courbes de puissance	HM 290 (274)

D

Débit théorique du déversoir	HM 150.03 (74)
Débit volumétrique, détermination	HM 230 (134)
Décollement d'écoulement	HM 133 (196)
	HM 152 (192)
	HM 170.22 (208)
	HM 170.28 (212)
	HM 225.05 (122)
	HM 225.08 (230)
	HM 226 (216)
	HM 240.04 (98)
Décrochage	HM 225.08 (230)
	HM 226 (216)
	HM 282 (320)
Demi-corps de Rankine	HM 152 (192)
Densité de liquides	HM 115 (24) HM 135 (70)
Dépression dans le sillage, cylindre	HM 170.28 (212)
	HM 225.04 (226)
	HM 240.04 (98)
Détermination de coefficients de	HM 112 (152)
	HM 120 (150)
	HM 122 (156)
frottement du tuyau	HM 150.01 (48)
	HM 150.11 (52)
	HM 150.29 (50)
Détermination du débit au déversoir	HM 150.03 (74)
Déversoir à crête arrondie	HM 160 (82) HM 164 (78)
Déversoir à paroi mince	HM 150.03 (74)
	HM 150.21 (76)
	HM 160 (82) HM 241 (58)
Déversoir à seuil épais	HM 150.21 (76)
	HM 160 (82) HM 164 (78)
	HM 241 (58)
Déversoir de mesure	HM 150.03 (74)
Déversoir de Rehbock	HM 150.03 (74)
Déversoir de Thomson	HM 150.03 (74)
Déversoir, écoulement incident	HM 153 (194)
Diagramme de température-pression	WL 204 (20)
Diagramme p,V	HM 285 (308)
Diaphragme à iris	HL 710 (404)
	HM 210 (316)
	HM 220 (108)
Diffuseur de subsonique	HM 172 (140)
Diffuseur de supersonique	HM 172 (140)
Dipôle, démonstration	HM 152 (192)
Distributeur	HM 215 (400)
	HM 287 (266)
	HM 405 (286)
	HM 450.02 (282)
Distribution de la pression, cylindre soumis à un écoulement autour de corps	HM 225.04 (226) HM 240.04 (98)
Distribution de la pression, liquide au repos	HM 150.05 (26)

E

Écoulement bidimensionnel	HM 133 (196)
	HM 150.10 (68)
	HM 152 (192)
Écoulement d'air incompressible	HM 220 (108) HM 225 (118)
Écoulement d'air subsonique	HM 230 (134)
Écoulement d'air transsonique	HM 230 (134)
Écoulement dans des canaux	HM 150.21 (76)
	HM 160 (82) HM 164 (78)
	HM 241 (58)
Écoulement de buse	HM 260 (142)
Écoulement laminaire	HM 150.01 (48)
	HM 150.10 (68)
	HM 150.18 (34)
	HM 133 (196) HM 152 (192)
	HM 153 (194)
	HM 170.24 (210)
Écoulement laminaire/ turbulent	HM 150.01 (48)
	HM 150.18 (34)
Écoulement parallèle	HM 152 (192)
Écoulement potentiel	HM 150.10 (68)
	HM 152 (192)
Écoulement secondaire, raccord coudé	HM 225.05 (122)
Écoulement supersonique	HM 172 (140) HM 230 (134)
Écoulement traversant	HM 133 (196)
	HM 150.10 (68)
	HM 152 (192) HM 153 (194)
	HM 225.08 (230)
	HM 226 (216)
Écoulement tubulaire convergent	HM 150.07 (36)
Écoulement tubulaire divergent	HM 150.07 (36)
Écoulement autour de corps	HM 133 (196)
	HM 150.10 (68)
	HM 152 (192) HM 153 (194)
	HM 170 (206) HM 225 (118)
	HM 225.04 (226)
	HM 225.08 (230)
	HM 226 (216)
Effet choking	HM 260 (142)
	HM 261 (144)
Effet de Coanda	HM 225.06 (228)
Effet de paroi, colonne à garnissage	HM 136 (234)
Élargissement de section	HL 210 (168) HM 112 (152)
	HM 120 (150) HM 122 (156)
	HM 150.11 (52)
	HM 150.29 (50)
	HM 241 (58/104)
Éléments logiques pneumatiques	HM 225.06 (228)
Énergie cinétique du vent	ET 220 (288)
	ET 220.01 (290)
Énergie du vent	ET 220 (288)
	ET 220.01 (290)
Équation d'Ergun	CE 220 (232)
Équation de Carman-Kozeny	CE 220 (232)
Équation de continuité	HM 150.07 (36)
	HM 220.01 (110)
	HM 225.03 (120)
	HM 230 (134)
Équation de Laplace	HM 152 (192)
Essai d'Osborne Reynolds	HM 150.18 (34)
Étalonnage, appareils de mesure de pression	HM 150.02 (16)
Étalonnage, débitmètres	HM 500 (178)
Évacuateur d'un déversoir en forme de saut de ski	HM 160 (82) HM 164 (78)
Évolution de la pression, tube de Venturi	HM 150.07 (36)
	HM 220.01 (110)
Évolution de pression, buse Laval	HM 172 (140)

F

Fluides compressibles	HM 230 (134)
Fluidisation	CE 220 (232)
Force apparente	TM 605 (40)
Force ascensionnelle hydrostatique	HM 115 (24) HM 135 (70)
Force d'action, fluide en mouvement	HM 260 (142)
Force de Coriolis	TM 605 (40)
Force de réaction, fluide en mouvement	HM 260 (142)
Force d'impact	HM 260 (142)
Force d'inertie	TM 605 (40)
Forces de jet	HM 150.08 (38)
Formation de tourbillons	HM 133 (196)
	HM 150.14 (46)
	HM 150.21 (76)
	HM 153 (194)
	HM 170.28 (212)
	HM 225.05 (122)
	HM 225.08 (230)
	HM 226 (216)
Forme d'aube	HM 280 (314) HM 405 (286)
Frein à courants de Foucault	HM 287 (266) HM 288 (268)
	HM 289 (270) HM 291 (272)
Front d'onde	HM 172 (140)

INDEX

MOT-CLÉ	CODE (PAGE)

G

Générateur de brouillard	HM 170.52 (214) HM 225.08 (230) HM 226 (216)
Génie des installations	HL 102 (162) HL 103 (164) HL 111 (170) HL 113 (166) HL 210 (168)
Gîte	HM 150.06 (28) HM 150.39 (30)

I

Isochore, transformations d'état	WL 102 (18)
Isotherme, transformations d'état	WL 102 (18)

J

Jet libre	HM 150.12 (44) HM 220 (108) HM 225.07 (124)

L

Lignes de Mach	HM 172 (140)
Lignes de courant, visualisation	HM 133 (196) HM 150.10 (68) HM 150.21 (76) HM 152 (192) HM 153 (194) HM 170 (206) HM 225.08 (230) HM 226 (216)
Lit fluidisé	CE 220 (232)
Loi de Boyle-Mariotte	HM 115 (24) WL 102 (18)
Loi de Gay-Lussac	WL 102 (18)
Loi de Pascal	HM 115 (24)

M

Manomètre à piston	HM 150.02 (16)
Manomètre à tube de Bourdon	HM 150.02 (16) WL 203 (14)
Manomètre à tube en U	WL 203 (14)
Manomètre à tube incliné	WL 203 (14)
Mesure de débit	HM 150.11 (52) HM 150.13 (54) HM 122 (156) HM 210 (316) HM 500 (178)
Mesure de la pression au sol	HM 115 (24)
Métacentre	HM 150.06 (28) HM 150.39 (30)
Mise en pression sur robinetteries	MT 162 (342)
Modèles en coupe	(326-331)
Modifications de section, écoulement traversant	HM 150.10 (68) HM 153 (194)
Montage de pompes en parallèle	HM 124 (378) HM 150.16 (66) HM 284 (300) HM 299 (294) HM 332 (304) HM 362 (392)
Montage de pompes en série	HM 150.16 (66) HM 284 (300) HM 299 (294) HM 332 (304) HM 362 (392)
Montage du ventilateurs en série	HM 215 (400)
Montage et démontage des pompes	HL 962 (382)
Montage, entretien et réparation	HL 960.01 (364) MT 154 - MT 158 (336 ff) MT 180 - MT 186 (346 ff)
Montages de sections de tuyau en parallèle	HM 111 (158)
Montages de sections de tuyau en série	HM 111 (158)

N

Nappe dénoyée au niveau du déversoir	HM 150.03 (74) HM 160 (82)
Nombre de Mach	HM 172 (140)
Nombre de Reynolds	HM 150.01 (48) HM 150.18 (34) HM 170.28 (212)
Nombre de Reynolds critique	HM 150.01 (48) HM 150.18 (34)

O

Onde de choc	HM 172 (140) HM 230 (134) HM 261 (144)
Optique de Schlieren	HM 172 (140)
Orifice de mesure	HM 150.11 (52) HM 150.13 (54)
Oscillation de la pression	HM 156 (244)
Oscillations, cheminée d'équilibre	HM 143 (246) HM 156 (244)

P

Point critique, eau	WL 204 (20)
Point de charge, colonne à garnissage	HM 136 (234)
Point de fonctionnement	HL 710 (404) HM 210 (316) HM 299 (294) HM 300 (302)
Point d'ébullition, eau	WL 204 (20)
Point d'engorgement	HM 136 (234)
Point triple, eau	WL 204 (20)
Pompe à canal latéral	HL 962.03 (386) HM 362 (392)
Pompe à diaphragme	MT 183 (354)
Pompe à engrenages	HM 286 (310) MT 186 (356)
Pompe à impulseur	HM 299 (294)
Pompe à moteur à gaine	HL 962.02 (385)
Pompe à piston	HM 285 (308) HM 286 (310) HM 299 (294) HM 362 (392) MT 182 (358) MT 183 (354) MT 184 (352)
Pompe à piston rotatif	HM 286 (310)
Pompe à vis	MT 182 (358)
Pompe centrifuge	HM 124 (378) HM 150.04 (64) HM 283 (298) HM 284 (300) HM 290 (274) HM 299 (294) HM 300 (302) HM 332 (304) HM 362 (392) HM 380 (182) HM 405 (286) HM 450C (278) MT 180 (346) MT 181 (348) MT 185 (350) RT 396 (174)
Pompe centrifuge en ligne	MT 185 (350)
Pompe volumétrique	HM 285 (308) HM 286 (310) HM 362 (392)
Pompe, montage en série et en parallèle	HM 150.16 (66) HM 284 (300) HM 299 (294) HM 332 (304) HM 362 (392)
Pompe, montage et réparation	HL 962 (382) MT 180 - MT 186 (346 ff)
Pompes, comparaison	HL 962 (382) HM 299 (294) HM 362 (392)
Portance aérodynamique	HM 170.22 (208)
Portance, aile	HM 170 (206) HM 170.22 (208)
Poussée	HM 260 (142)
Poussée, corps au repos	HM 115 (24) HM 150.06 (28) HM 150.39 (30)
Pression hydrostatique	HM 115 (24) HM 150.05 (26)
Pression, procédé de mesure	HM 115 (24) WL 203 (14)
Principe de conservation de l'impulsion	HM 150.08 (38)
Principe de la propulsion par réaction	HM 288 (268)
Procédé de mesure, débit	HM 500 (178)
Procédé de mesure, pression	HM 115 (24) WL 203 (14)
Procédé de mesure, température	WL 202 (12)
Processus d'écoulement non stationnaires	HM 143 (246)
Profil de corps, écoulement autour de corps	HM 150.10 (68) HM 150.21 (76) HM 153 (194) HM 170 (206) HM 172 (140) HM 225.04 (226)
Profil de vitesse, jet libre	HM 225.07 (124)
Psychromètre	WL 202 (12)
Puissance mécanique	HM 288 (268) HM 289 (270) HM 291 (272) HM 450C (278) HM 450.01 (280) HM 450.02 (282)
Puits et sources	HM 150.10 (68) HM 152 (192)

R

Rapport de pression critique	HM 172 (140) HM 230 (134) HM 260 (142) HM 261 (144)
Redresseur d'écoulement	HM 133 (196) HM 150.21 (76) HM 153 (194) HM 170 (206) HM 172 (140) HM 215 (400) HM 225 (118/222) HM 225.08 (230) HM 226 (216) HM 280 (314) HM 282 (320)
Rendement de la buse	HM 260 (142)
Rendement de la centrale éolienne	ET 220 (288)
Rendement de la pompe	HM 150.04 (64) HM 283 (298) HM 284 (300) HM 285 (308) HM 286 (310) HM 332 (304) HM 362 (392) HM 450C (278)
Rendement de la turbine	HM 150.19 (60) HM 287 (266) HM 288 (268) HM 289 (270) HM 291 (272) HM 450.01 (280) HM 450.02 (282)
Rendement du compresseur	HM 292 (318)
Rendement du ventilateur	HL 710 (404) HM 210 (316) HM 240 (94) HM 280 (314) HM 282 (320)
Répartition des rapports de pression par étage, compresseur	HM 292 (318)
Réseau de tuyauterie	HM 111 (158)
Réservoir d'air	HM 150.15 (248)
Résistance de corps à écoulement autour de corps	HM 225.04 (226)
Ressaut hydraulique	HM 160 (82) HM 164 (78)
Rétrécissement de section	HL 210 (168) HM 112 (152) HM 120 (150) HM 122 (156) HM 150.11 (52) HM 150.29 (50) HM 241 (58/104)
Robinet à tournant sphérique	MT 158 (340) RT 396 (174)
Robinetteries d'arrêt	HL 113 (166) HL 960 (362) HM 110.01 (154) HM 112 (152) HM 120 (150) HM 150.11 (52) MT 154 - MT 158 (334ff)
Robinetteries sanitaires	ST 510 (408)
Robinet-vanne	RT 396 (174)
Robinet-vanne à coin	MT 156 (338) MT 162 (342) RT 396 (174)
Rotamètre	HM 150.13 (54)
Rotor	HM 288 (268) HM 289 (270) HM 291 (272)
Roue	HM 215 (400) HM 280 (314) HM 283 (298) HM 287 (266) HM 288 (268) HM 289 (270) HM 291 (272) HM 405 (286) HM 450.01 (280) HM 450.02 (282)

S

Séparation dans un raccord coudé	HM 225.05 (122)
Seuil	HM 164 (78)
Sonde à 3 trous	HM 215 (400) HM 405 (286)
Soufflerie	HM 226 (216)
Soufflerie supersonique	HM 172 (140)
Soufflerie, type «Eiffel»	HM 170 (206) HM 172 (140)
Soupape à tête inclinée	MT 156 (338)
Soupape d'arrêt	MT 154 (334) MT 158 (340)
Soupape de retenue	HM 110.01 (154) HM 112 (152) MT 157 (336)
Soupape de sécurité	RT 396 (174)
Sources et puits	HM 150.10 (68) HM 152 (192)
Stabilité, corps flottants	HM 150.06 (28) HM 150.39 (30)
Stationnaire incompressible, écoulement d'air	HM 220 (108) HM 225 (118)
Stator	HM 287 (266)
Système de conduites	HL 960 (362) HL 962 (382) HM 111 (158) HM 124 (378)
Système de référence en rotation	TM 605 (40)

T

Technique de ventilation	HL 710 (404)
Technique sanitaire	ST 510 (408)
Température, procédé de mesure	WL 202 (12)
Temps de réflexion	HM 155 (242)
Tensions de surface	HM 115 (24)
Test d'étanchéité, robinetteries	HL 962 (382) MT 162 (342)
Théorème de Bernoulli	HM 150.07 (36) HM 220.01 (110) HM 225.03 (120)
Thermistance	WL 202 (12)
Thermocouple	WL 202 (12)
Thermomètre à bilame	WL 202 (12)
Thermomètre à pression de gaz	WL 202 (12)
Thermomètre à résistance électrique	WL 202 (12)

INDEX

MOT-CLÉ	CODE (PAGE)
Tip-speed ratio (TSR)	ET 220 (288)
Tourbillon de Karman	HM 133 (196)
Tourbillons forcés	HM 150.14 (46)
Tourbillons libres	HM 150.14 (46)
Traitement des eaux usées	ST 510 (408)
Trajet	HM 150.09 (42)
Transfert de chaleur, cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement	HM 240.06 (102)
Transformation d'état des gaz Isochore/isotherme	WL 102 (18)
Transformations d'état des gaz	WL 102 (18)
Triangles des vitesses	HM 405 (286)
	HM 450.02 (282)
Tube de Venturi	HM 112 (152)
	HM 150.07 (36)
	HM 150.11 (52)
	HM 150.13 (54)
	HM 210 (316)
	HM 220.01 (110)
Turbine à action	HM 150.19 (60)
	HM 291 (272)
	HM 450.01 (280)
Turbine à action	HM 291 (272)
Turbine à jet libre	HM 150.19 (60)
	HM 289 (270)
	HM 450.01 (280)
Turbine à réaction	HM 288 (268)
Turbine à surpression	HM 150.20 (62)
	HM 287 (266)
	HM 288 (268)
	HM 450.02 (282)
Turbine axiale	HM 287 (266)
Turbine Francis	HM 150.20 (62)
	HM 450.02 (282)
Turbine Pelton	HM 150.19 (60)
	HM 289 (270)
	HM 450.01 (280)
Turbomachine axiale	HM 405 (286)
Tuyère à aiguille, turbine Pelton	HM 150.19 (60)
	HM 289 (270)
	HM 450.01 (280)

V

MOT-CLÉ	CODE (PAGE)
Valeur Kv	HM 124 (378) RT 390 (172)
Valeur Kvs	RT 390 (172) RT 396 (174)
Valeur NPSH	HM 124 (378)
Vanne	HM 160 (82) HM 164 (78)
Vanne à tête inclinée	HM 110.01 (154)
	HM 150.11 (52)
Vanne de régulation	HM 124 (378) RT 390 (172)
	RT 396 (174)
Vanne de retenue	HM 110.01 (154)
	HM 112 (152) MT 157 (336)
Vanne de sécurité	RT 396 (174)
Vanne électropneumatique	RT 390 (172)
Vanne plane	HM 150.21 (76)
Vapeur saturée	WL 204 (20)
Vases communicants	HM 115 (24)
Ventilateur axial	HM 215 (400) HM 282 (320)
Ventilateur radial	HM 210 (316) HM 240 (94)
	HM 280 (314)
Vibrations de tremblement	HM 170 (206)
Vidange horizontale	HM 150.09 (42)
Vidange verticale	HM 150.12 (44)
Viscosité	HM 135 (70)
Visualisation de lignes de courant	HM 133 (196)
	HM 150.10 (68)
	HM 150.21 (76)
	HM 152 (192) HM 153 (194)
	HM 170 (206)
	HM 225.08 (230)
	HM 226 (216)
Vitesse de fluidisation	CE 220 (232)
Vitesse de sédimentation	HM 135 (70)
Vitesse du son dans l'air	HM 230 (134)
Vitesse du son dans l'eau	HM 155 (242)
	HM 156 (244)
Vitesse spécifique de la roue	ET 220 (288)

APERÇU DE PRODUITS

CODE	PRODUIT	PAGE
CE 220	Formation d'un lit fluidisé	232
ET 220	Conversion de l'énergie dans une centrale éolienne	288
ET 220.01	Éolienne	290
HL 102	Génie des installations: Pertes dans des tuyaux différents	162
HL 103	Génie des installations: Pertes dans des coudes de tuyau	164
HL 111	Génie des installations: Pertes dans des tuyaux droits	170
HL 113	Génie des installations: Pertes dans des robinetteries	166
HL 210	Génie des installations: Pertes dans le système de tuyauterie	168
HL 710	Systèmes de conduit d'air	404
HL 960	Station de montage de conduites et robinetteries	362
HL 960.01	Montage et alignement de pompes et entraînements	364
HL 962	Banc de montage pour l'intégration des pompes	382
HL 962.01	Pompe chimique normalisée	384
HL 962.02	Pompe à moteur à gaine	385
HL 962.03	Pompe à canal latéral	386
HL 962.04	Pompe chimique normalisée à accouplement magnétique	387
HL 962.30	Installation des réservoirs	388
HM 110.01	Jeu d'objets de mesure, laiton	154
HM 111	Réseaux de tuyauterie	158
HM 112	Banc d'essai de mécanique des fluides	152
HM 115	Banc d'essai d'hydrostatique	24
HM 120	Pertes dans des éléments de tuyauterie	150
HM 122	Pertes de charge dans des conduites	156
HM 124	Installation d'essai de mécanique des fluides	378
HM 133	Visualisation des champs d'écoulement	196
HM 135	Détermination de la vitesse de sédimentation	70
HM 136	Écoulement au travers de colonnes à garnissage	234
HM 143	Processus d'écoulement non stationnaires dans les réservoirs	246
HM 150	Module de base pour essais de mécanique des fluides	86/250

CODE	PRODUIT	PAGE
HM 150.01	Pertes de charge linéaires en écoulement laminaire/turbulent	48
HM 150.02	Étalonnage des appareils de mesure de pression	16
HM 150.03	Déversoirs à plaques pour HM 150	74
HM 150.04	Bomba Centrífuga	64
HM 150.05	Pression hydrostatique dans des liquides	26
HM 150.06	Stabilité des corps flottants	28
HM 150.07	Théorème de Bernoulli	36
HM 150.08	Mesure des forces de jet	38
HM 150.09	Vidange horizontale d'un réservoir	42
HM 150.10	Visualisation de lignes de courant	68
HM 150.11	Pertes de charge dans un système de conduites	52
HM 150.12	Vidange verticale d'un réservoir	44
HM 150.13	Principes de base de la mesure de débit	54
HM 150.14	Formation de tourbillons	46
HM 150.15	Bélier hydraulique – Refoulement réalisé à l'aide de coups de bélier	248
HM 150.16	Montage en série et en parallèle de pompes	66
HM 150.18	Essai d'Osborne Reynolds	34
HM 150.19	Principe de fonctionnement d'une turbine Pelton	60
HM 150.20	Principe de fonctionnement d'une turbine Francis	62
HM 150.21	Visualisation de lignes de courant dans un canal ouvert	76
HM 150.29	Perte d'énergie dans des éléments de tuyauterie	50
HM 150.39	Corps flottants pour HM 150.06	30
HM 152	Écoulement potentiel	192
HM 153	Visualisation de différents écoulements	194
HM 155	Coups de bélier dans les tuyauteries	242
HM 156	Coups de bélier et cheminée d'équilibre	244
HM 160	Canal d'essai 86x300mm	82
HM 164	Écoulement dans un canal ouvert et dans un canal fermé	78
HM 170	Soufflerie ouverte	206
HM 170.22	Distribution de la pression sur une aile NACA 0015	208
HM 170.24	Étude de la couche limite avec un tube de Pitot	210
HM 170.28	Mesure du sillage	212

APERÇU DE PRODUITS

CODE	PRODUIT	PAGE
HM 170.52	Générateur de brouillard	214
HM 170.60	Système d'acquisition des données	215
HM 172	Soufflerie supersonique avec optique de Schlieren	140
HM 210	Grandeurs caractéristiques d'un ventilateur radial	316
HM 215	Ventilateur axial à deux étages	400
HM 220	Installation d'essai d'écoulement d'air	108
HM 220.01	Tube de Venturi	110
HM 220.02	Mesures de la couche limite	112
HM 225	Banc d'essai aérodynamique	118/222
HM 225.02	Couches limites	224
HM 225.03	Théorème de Bernoulli	120
HM 225.04	Forces de traînée	226
HM 225.05	Écoulement dans un raccord coudé	122
HM 225.06	Effet de Coanda	228
HM 225.07	Jet libre	124
HM 225.08	Visualisation des lignes de courant	230
HM 226	Soufflerie pour la visualisation de lignes de courant	216
HM 230	Écoulement des fluides compressibles	134
HM 240	Principes de base de l'écoulement d'air	94
HM 240.03	Sonde de pression totale électronique	96
HM 240.04	Distribution de la pression autour d'un cylindre	98
HM 240.05	Pertes par frottement dans des éléments de tuyauterie	100
HM 240.06	Transfert de chaleur convectif autour d'un cylindre placé à la perpendiculaire d'un écoulement	102
HM 241	Principes de base de l'écoulement d'eau	58/104
HM 260	Grandeurs caractéristiques de buses	142
HM 261	Distribution de la pression dans des buses	144
HM 280	Essais sur un ventilateur radial	314
HM 282	Essais sur un ventilateur axial	320
HM 283	Essais sur une pompe centrifuge	298
HM 284	Montage en série et en parallèle de pompes	300
HM 285	Essais sur une pompe à piston	308

CODE	PRODUIT	PAGE
HM 286	Essais sur une pompe à engrenages	310
HM 287	Essais sur une turbine axiale	266
HM 288	Essais sur une turbine à réaction	268
HM 289	Essais sur une turbine Pelton	270
HM 290	Unité d'alimentation pour turbines	274
HM 291	Essais sur une turbine à action	272
HM 292	Essais sur un compresseur radial	318
HM 299	Comparaison entre machines volumétriques et turbomachines réceptrices	294
HM 300	Circuit hydraulique avec une pompe centrifuge	302
HM 332	Caractéristiques de pompes montées en parallèle et en série	304
HM 362	Comparaison de pompes	392
HM 380	Cavitation dans des pompes	182
HM 405	Installation d'essai de turbomachines axiales	286/396
HM 450.01	Turbine Pelton	280
HM 450.02	Turbine Francis	282
HM 450C	Grandeurs caractéristiques des turbomachines hydrauliques	278
HM 500	Banc d'essai pour débitmètres	178
HM 700.01	Modèle en coupe: diaphragme normalisé	327
HM 700.02	Modèle en coupe: tuyère normalisée	327
HM 700.03	Modèle en coupe: venturimètre normalisé	327
HM 700.04	Modèle en coupe: soupape droite	327
HM 700.05	Modèle en coupe: soupape d'équerre	327
HM 700.06	Modèle en coupe: soupape à tête inclinée	327
HM 700.07	Modèle en coupe: soupape de retenue	327
HM 700.08	Modèle en coupe: soupape de réduction de pression	327
HM 700.09	Modèle en coupe: collecteur d'impuretés	328
HM 700.10	Modèle en coupe: robinet-vanne	328
HM 700.11	Modèle en coupe: robinet à tournant sphérique droit	328
HM 700.12	Modèle en coupe: robinet à 3 voies	328
HM 700.13	Modèle en coupe: robinet à tournant sphérique	328
HM 700.14	Modèle en coupe: soupape de sécurité	328
HM 700.15	Modèle en coupe: raccords vissés	328

CODE	PRODUIT	PAGE
HM 700.16	Modèle en coupe: manomètres	328
HM 700.17	Modèle en coupe: pompe centrifuge	329
HM 700.20	Modèle en coupe: pompe à piston	329
HM 700.22	Modèle en coupe: pompe à engrenages	329
MT 154	Montage d'une soupape d'arrêt	334
MT 156	Montage de robinet-vanne à coin et soupape à tête inclinée	338
MT 157	Montage de clapet et soupape de retenue	336
MT 158	Montage de robinet à tournant et soupape d'arrêt	340
MT 162	Banc d'essai hydraulique de robinetteries	342
MT 180	Montage & maintenance: pompe centrifuge	346
MT 181	Montage & maintenance: pompe centrifuge à plusieurs étages	348
MT 182	Montage & maintenance: pompe à vis	358
MT 183	Montage & maintenance: pompe à diaphragme	354
MT 184	Montage & maintenance: pompe à piston	352
MT 185	Montage & maintenance: pompe centrifuge en ligne	350
MT 186	Montage & maintenance: pompe à engrenages	356
RT 390	Banc d'essai pour vannes de régulation	172
RT 396	Banc d'essai pour pompes et robinetteries	174
ST 250	Cavitation	184
ST 510	Démonstration de traitement des eaux usées	408
TM 605	Force de Coriolis	40

CODE	PRODUIT	PAGE
VS 101	Modèle en coupe: prise d'eau souterraine	330
VS 102	Modèle en coupe: robinet-vanne ovale à siège oblique	331
VS 103	Modèle en coupe: robinet à soupape	331
VS 104	Modèle en coupe: soupape à deux voies	331
VS 105	Modèle en coupe: compteur à gaz	331
VS 106	Modèle en coupe: dispositif antirefoulement	331
VS 107	Modèle en coupe: clapet de retenue	331
VS 108	Modèle en coupe: compteur à eau	331
VS 109	Modèle en coupe: collecteur d'impuretés	331
WL 102	Transformations d'état des gaz	18
WL 202	Principes de base de la mesure de température	12
WL 203	Principes de base de la mesure de pression	14
WL 204	Pression de vapeur de l'eau	20