

Date d'édition : 22.12.2024

Ref : EWTGUFL151

FL 151 Amplificateur de mesure multivoie (Réf. 021.15100)

Nécessaire avec : FL 101 Extension possible jusqu'à 32 voies.



Les contraintes présentes dans les composants sont déterminées dans l'analyse des contraintes expérimentales en mesurant les déformations.

Dans l'industrie, les déformations sont souvent enregistrées à l'aide de jauges de contrainte.

Les jauges de contrainte ne fournissant que de petits signaux de mesure analogiques, ces signaux doivent être amplifiés par des amplificateurs de mesure.

Ils sont ensuite convertis en impulsions numériques et affichés comme valeurs de mesure.

Les valeurs de mesure peuvent être évaluées et traitées avec le PC.

Le FL 151 est un amplificateur de mesure multivoie qui alimente les circuits à pont pour jauges de contrainte et permet de traiter les signaux de mesure reçus.

L'appareil peut fonctionner seulement avec PC. L'amplificateur de mesure contient 16 voies d'entrée.

Les points de mesure pour jauge de contrainte sont raccordés aux potentiomètres ajustables via un connecteur multiple 68 pôles ou 16 connecteurs individuels (6 pôles).

L'utilisation de l'amplificateur de mesure multivoie se fait de manière simple à l'aide du logiciel fourni par une interface USB.

Les valeurs de mesure peuvent être lues et enregistrées sur le PC (p. ex. avec MS Excel).

Contenu didactique / Essais

- amplification des signaux à partir des points de mesure pour jauge de contrainte
- traitement des valeurs de mesure sur le PC

Les grandes lignes

- 16 voies d'entrée pour traiter les signaux de mesure analogiques des jauges de contrainte
- raccordement simple des jauges de contrainte via un connecteur d'entrées multiples ou des connecteurs individuels
- onçu pour la saisie de données assistée par ordinateur
- communication avec le PC par une interface USB

Les caractéristiques techniques

Amplificateur

- nombre de voies d'entrée: 16

Raccord pour jauge de contrainte dans un montage en pont intégral ou en demi-pont

- résistance: min. 350Ω/jauge de contrainte
- équilibrage à zéro: potentiomètre d'ajustement 20 tours
- tension d'alimentation des jauges de contrainte: ±5VCC

Réponse en fréquence ajustable via les ponts

- 4Hz/500Hz (-3dB)

Date d'édition : 22.12.2024

Tension d'entrée: max. $\pm 50\text{mV}$

Dimensions et poids
Lxlxh: 370x315x160mm
Poids: env. 7kg

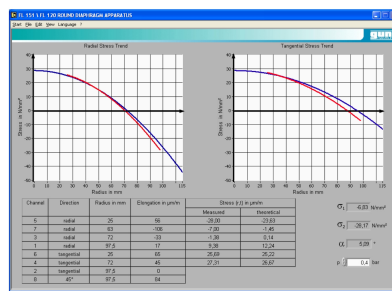
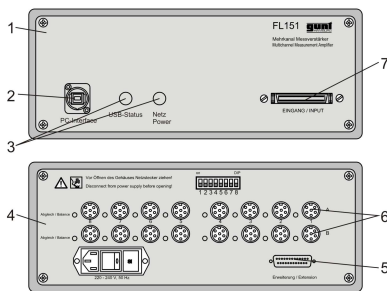
Nécessaire au fonctionnement
230V, 50/60Hz, 1 phase ou 120V, 60Hz/CSA, 1 phase

Liste de livraison
1 amplificateur de mesure multivoie
1 CD avec logiciel
1 câble USB
1 notice

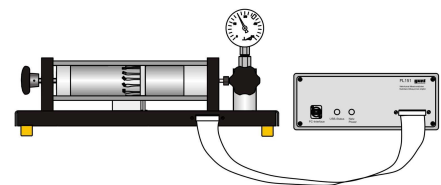
Accessoires disponibles et options

Catégories / Arborescence

Techniques > Mécanique > Statique > Forces dans un treillis
Techniques > Mécanique > Résistance des matériaux > Analyse de contraintes
Techniques > Génie des Procédés > Principes de base du génie des procédés > Réservoirs et matériaux



Date d'édition : 22.12.2024



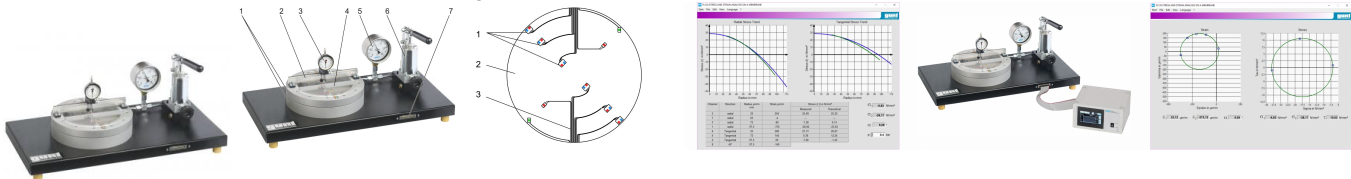
Date d'édition : 22.12.2024

Options

Ref : EWTGUFL120

FL 120 Analyse des contraintes au niveau d'un diaphragme (Réf. 021.12000)

Fléchissement et déformation d'un diaphragme soumis à une contrainte de compression



Pour l'analyse expérimentale des contraintes, on utilise des jauges de contrainte pour déterminer les contraintes présentes dans les composants et les constructions.

Les contraintes maximales constituent des grandeurs déterminantes pour la construction, et permettent de définir les dimensions du composant.

La technique de mesure basée sur la jauge de contrainte fournit les valeurs de mesure des déformations, qui sont requises pour calculer les contraintes mécaniques.

L'appareil de mesure FL 120 permet de mesurer le fléchissement et la déformation d'un disque circulaire soumis à différentes contraintes de compression.

À cet effet, un disque circulaire mince, également appelé diaphragme, est fermement serré et soumis à une compression.

Un cylindre à commande manuelle avec piston génère une pression dans un système hydraulique sans entretien.

Cette pression s'affiche sur un manomètre. Les déformations à la surface du diaphragme sont enregistrées par des jauges de contrainte.

La disposition des jauges de contrainte à des emplacements optimaux offre un bon aperçu de la courbe des contraintes sur le disque circulaire.

Les contraintes maximales qui apparaissent sont calculées à l'aide de la loi de délasticité.

Les valeurs de mesure des jauges de contrainte sont enregistrées et affichées à l'aide de l'amplificateur de mesure FL 152.

Afin de faciliter l'interprétation de l'essai et de la représenter de manière explicite, il est possible de sauvegarder les valeurs de mesure dans le logiciel d'application.

Dans le même temps, on mesure le fléchissement du diaphragme à l'aide d'un comparateur à cadran.

Le comparateur à cadran peut être déplacé sur une traverse et permet de effectuer des mesures sur chaque rayon souhaité.

Contenu didactique / Essais

- mesure de la déformation radiale et de la déformation tangentielle à l'aide de jauges de contrainte
- mesure du fléchissement à l'aide d'un comparateur à cadran
- calcul des contraintes à partir des déformations mesurées: contrainte radiale, contrainte tangentielle
- détermination de la direction des contraintes principales
- utilisation du cercle de Mohr des déformations pour la détermination des déformations principales
- principe de base: mesure des déformations à l'aide de la technique de mesure basée sur la jauge de contrainte

Les grandes lignes

- fléchissement et déformation d'un diaphragme soumis à une charge de compression
- diaphragme avec application de jauges de contrainte
- détermination des profils de contraintes radiales et tangentielles à partir des déformations mesurées

Les caractéristiques techniques

Disque circulaire en aluminium

- diamètre externe: $\varnothing=230\text{mm}$
- diamètre utilisé dans l'essai: $\varnothing=200\text{mm}$

Date d'édition : 22.12.2024

- épaisseur: 3mm

Application de jauges de contrainte

- 8 jauges de contrainte: demi-ponts, 350 Ohm

- facteur k: 2,00 ±1%

- tension d'alimentation: 10V

Comparateur à cadran

- 0...20mm

- graduation: 0,01mm

Manomètre

- 0...1bar

- précision: classe 1,0

Pression du système: max. 0,6bar

Dimensions et poids

Lxlxh: 700x350x350mm

Poids: env. 25kg

Liste de livraison

1 appareil de test

1 documentation didactique

Accessoires disponibles et options

WP300.09 - Chariot de laboratoire

FL152 - Amplificateur de mesure multivoie

Produits alternatifs

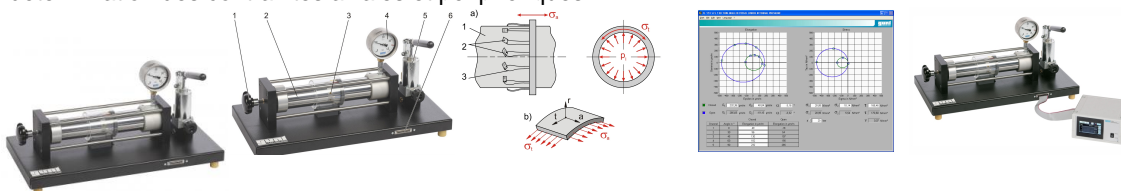
FL130 - Analyse des contraintes au niveau d'un réservoir à paroi mince

FL140 - Analyse des contraintes au niveau d'un réservoir à paroi épaisse

Ref : EWTGUFL130

FL 130 Analyse des contraintes au niveau d'un réservoir à paroi mince (Réf. 021.13000)

détermination des contraintes axiales et périphériques



Pour dimensionner des conduites, des réservoirs sous pression ou des chaudières, on les classe parmi les réservoirs à paroi mince.

Pour le calcul et la conception de ces réservoirs, les contraintes principales constituent les grandeurs déterminantes.

Les contraintes présentes dans un réservoir ne sont pas mesurées directement mais sont déterminées via la mesure des déformations à la surface (technique de mesure basée sur la jauge de contrainte).

L'appareil de test FL 130 permet d'étudier les contraintes sur un réservoir à paroi mince soumis à une pression intérieure.

Le réservoir rempli d'huile est fermé hermétiquement d'un côté à l'aide d'un couvercle, et doté de l'autre côté d'une fermeture mobile avec un piston.

Le piston peut être déplacé à l'aide d'un volant à main pourvu d'une broche fileté.

GSDE s.a.r.l.

181 Rue Franz Liszt - F 73000 CHAMBERY

Tel : [+330456428070](tel:+330456428070) | Fax : [+330456428071](tel:+330456428071)
gunt.fr

Date d'édition : 22.12.2024

Deux cas de charges sont représentés: l'état de contrainte axiale d'un réservoir fermé, p.ex. une chaudière, et l'état de contrainte biaxiale d'un réservoir ouvert, p.ex. un conduit.

Une pompe hydraulique génère une pression intérieure dans le réservoir.

Un manomètre indique la pression intérieure.

La surface du réservoir est pourvue de jauges de contrainte qui enregistrent les déformations présentes.

L'amplificateur de mesure FL 152 affiche les signaux sous la forme de valeurs de mesure.

Afin de faciliter l'interprétation de l'essai et de la représenter de manière explicite, il est possible de sauvegarder les valeurs de mesure dans le logiciel d'application.

Le cercle de Mohr des contraintes permet de représenter graphiquement la transformation des déformations et de déterminer les déformations principales.

À l'aide de la loi de délasticité, on peut calculer les contraintes principales à partir des déformations principales.

Contenu didactique / Essais

- mesure des déformations au moyen de jauges de contrainte
- application du cercle de Mohr des contraintes, calcul de la déformation principale
- détermination des contraintes principales: contraintes axiales et périphériques selon la taille et la direction
 - pour un réservoir ouvert (tube)
 - pour un réservoir fermé (chaudière)
- comparaison entre réservoir ouvert/réservoir fermé
- détermination du coefficient de Poisson
- étude des rapports entre déformations, compressions et contraintes pour un état de contrainte biaxiale plane

Les grandes lignes

- déformation d'un réservoir soumis à une pression intérieure
- cylindre avec application de jauges de contrainte sous forme de réservoir
- états de contraintes axiales ou biaxiales représentés dans l'essai

Les caractéristiques techniques

Réservoir en aluminium

- longueur: 400mm
- diamètre: $\varnothing=75\text{mm}$
- épaisseur des parois: 2,8mm
- pression interne: max. $3,5\text{N/mm}^2$ (35bar)

Application de jauges de contrainte

- 5 jauges de contrainte: demi-ponts, 350 Ohm
- positions angulaires par rapport à l'axe du réservoir: 0° , 30° , 45° , 60° , 90°
- facteur k: $2,00 \pm 1\%$
- tension d'alimentation: 10V

Manomètre

- 0...40bar
- précision: classe 1,0

Dimensions et poids

Lxlxh: 700x350x350mm

Poids: env. 21kg

Liste de livraison

- 1 appareil d'essai
- 1 documentation didactique

Accessoires disponibles et options

WP300.09 - Chariot de laboratoire

FL152 - Amplificateur de mesure multivoie

Produits alternatifs

GSDE s.a.r.l.

181 Rue Franz Liszt - F 73000 CHAMBERY

Tel : [+330456428070](tel:+330456428070) | Fax : [+330456428071](tel:+330456428071)
gunt.fr

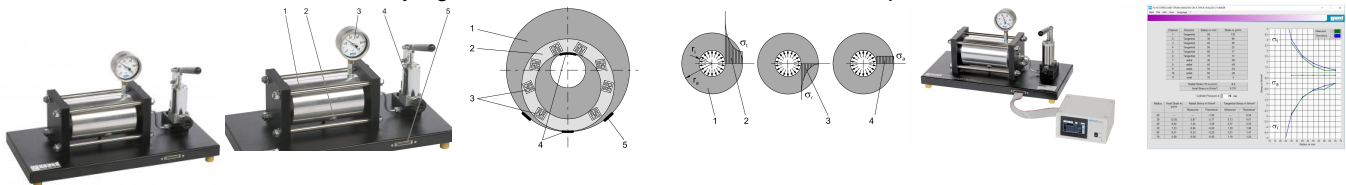
Date d'édition : 22.12.2024

FL120 - Analyse des contraintes au niveau d'un diaphragme FL

Ref : EWTGUFL140

FL 140 Analyse des contraintes au niveau d'un réservoir à paroi épaisse (Réf. 021.14000)

Contrainte triaxiale du réservoir avec jauges de contrainte sur la surface et dans la paroi



Contrairement aux réservoirs à paroi mince, la conception des réservoirs à paroi épaisse doit tenir compte d'une répartition des contraintes irrégulières sur l'épaisseur de la paroi.

Un réservoir à paroi épaisse sous pression intérieure présente une contrainte triaxiale, avec les contraintes normales suivantes: contraintes radiales, tangentielles et axiales.

Les contraintes présentes dans un réservoir ne pouvant être mesurées directement, elles sont déterminées via une mesure des déformations à la surface.

La technique de mesure basée sur la jauge de contrainte permet d'enregistrer les déformations sous forme de grandeurs électriques et de déterminer les contraintes à partir de ces grandeurs.

L'appareil d'essai FL 140 permet d'étudier les contraintes normales sur un réservoir à paroi épaisse soumis à une pression intérieure.

Le réservoir rempli d'huile se compose de deux parties et est fermé des deux côtés.

La pression intérieure est générée dans le réservoir à l'aide d'une pompe hydraulique.

Un manomètre indique la pression intérieure. Une rainure excentrique dans laquelle des jauges de contrainte sont installées sur différents rayons est fraisée entre les deux parties du réservoir.

D'autres jauges de contrainte sont également placées sur la surface intérieure et la surface extérieure du réservoir.

Les déformations dans la direction radiale, tangentielle et axiale sont mesurées et l'état des déformations peut être enregistré complètement.

L'amplificateur de mesure FL 152 indique les signaux enregistrés comme valeurs de mesure.

Pour faciliter et représenter clairement les résultats de l'essai, les valeurs de mesure peuvent être reprises par le logiciel d'application.

La contrainte triaxiale dans la paroi du réservoir est représentée graphiquement à l'aide du cercle de Mohr des contraintes.

Les contraintes normales sont calculées à l'aide de la loi de l'élasticité à partir des déformations mesurées.

Contenu didactique / Essais

- mesure des déformations à l'aide de jauges de contrainte
- application du cercle de Mohr des contraintes pour la contrainte triaxiale
- détermination de la répartition des contraintes normales dans le sens
 - radial, tangentielle et axiale
- étude des rapports entre les déformations, la pression et les contraintes dans l'état de contrainte triaxiale

Les grandes lignes

- contraintes normales du réservoir soumis à une pression intérieure
- réservoir avec application de jauges de contrainte sur la surface et dans la paroi
- contrainte triaxiale dans la paroi du réservoir

Les caractéristiques techniques

Réservoir en aluminium

- longueur: 300mm
- diamètre: $\varnothing=140$ mm
- épaisseur de paroi: 50mm

Date d'édition : 22.12.2024

- pression intérieure: max. 7N/mm^2 (70bar)

Application de jauges de contrainte

- 11 jauges de contrainte: demi-ponts, 350Ohm
- facteur k: $2,00 \pm 1\%$
- tension d'alimentation: 10V

Manomètre

- 0...100bar
- précision: classe 1,0

Dimensions et poids

- Lxlxh: 700x350x330mm
- Poids: env. 32kg

Liste de livraison

- 1 appareil d'essai
- 1 documentation didactique

Accessoires disponibles et options

- WP300.09 - Chariot de laboratoire
- FL152 - Amplificateur de mesure multivoie

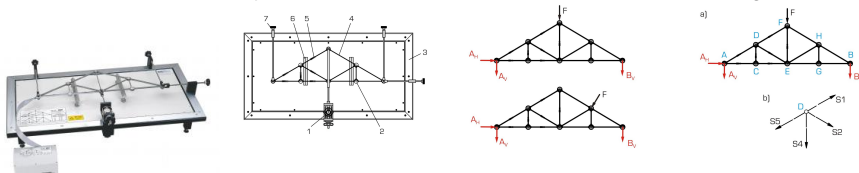
Produits alternatifs

- FL120 - Analyse des contraintes au niveau d'un diaphragme
- FL130 - Analyse des contraintes au niveau d'un réservoir à paroi mince

Ref : EWTGUSE130

SE 130 Forces dans un treillis type Howe (Réf. 022.13000)

Treillis supplémentaire type Warren disponible pour l'extension du programme d'essai (SE130.01)



Comme construction légère avec rigidité élevée, les treillis trouvent principalement leur application dans la construction de halles, de ponts, de grue et de pylône.

Un treillis est un assemblage de barres formant une triangulation où certaines parties de l'assemblage sont mises en compression et d'autres parties en tension, mais pas à la flexion.

Le montage SE 130 permet d'effectuer des essais sur treillis plans avec une bonne précision de mesure et une représentation claire des résultats à l'aide du logiciel.

Le treillis monté est posé horizontalement sur le bâti. Le raccordement des barres est "articulé" à l'aide de disques de jonction.

Dès lors, notre treillis peut être considéré comme idéal. La création de la force extérieure se fait à l'aide d'une vis filetée.

L'application de la force peut se faire dans diverses directions et à différents endroits.

Les forces créées au niveau des barres du treillis sont enregistrées à l'aide de technique de mesure basée sur la jauge de contrainte.

Tous les points de mesure sont regroupés dans un boîtier de raccordement.

Le raccordement à l'amplificateur de mesure FL 152 se fait à partir de ce boîtier.

Date d'édition : 22.12.2024

Le logiciel permet de gérer les données de mesure et de représenter graphiquement les efforts dans la barre. Le logiciel dispose d'une fonction d'aide étendue.

Un treillis supplémentaire est disponible pour l'extension du programme d'essai (élément disponible: SE 130.01, type Warren).

Contenu didactique / Essais

- mesure des efforts dans la barre d'un treillis plan, type Howe
- dépendance des efforts dans la barre de la force extérieure
- intensité, direction, point d'application
- comparaison des résultats de mesure avec des méthodes de résolution mathématiques et graphiques
- méthode des nœuds
- méthode des sections de Ritter
- épure de Cremona
- principe de base: mesure des forces à l'aide de la technique de mesure basée sur la jauge de contrainte

Les grandes lignes

- mesure des efforts dans la barre d'un treillis plan, type Howe
- mesure des efforts dans la barre à l'aide de la technique de mesure basée sur la jauge de contrainte
- la charge extérieure peut être appliquée sous différents angles d'application

Les caractéristiques techniques

Treillis: type Howe

- section des barres: 10x3mm, acier inoxydable
- longueur de barre: 115,5, 200, 231mm
- charge extérieure: max. 500N
- barres: 13, dont 7 barres avec points de mesure

Dispositif de charge avec dynamomètre à cadran

- force de traction: max. 600N
- course: 30mm

Disques de jonction: 8

Angle entre barres: 30°, 45°

Dimensions et poids

Lxlxh: 1220x620x250mm (bâti)

Lxlxh: 850x265x15mm (treillis type Howe)

Poids: env. 43kg

Liste de livraison

- 1 bâti
- 1 treillis type Howe
- 1 dispositif de charge
- 1 boîtier de raccordement pour jauge de contrainte
- 1 câble plat
- 1 documentation didactique

Accessoires disponibles et options

- SE130.01 - Poutre à treillis: type Warren
- WP300.09 - Chariot de laboratoire
- FL152 - Amplificateur de mesure multivoie

Produits alternatifs

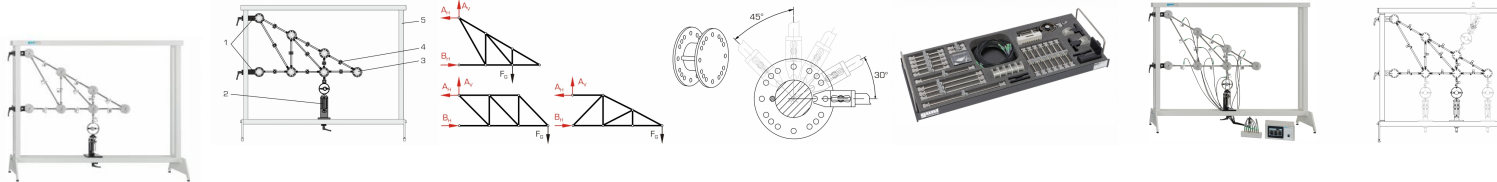
- SE110.21 - Forces dans différents treillis plans

Date d'édition : 22.12.2024

Ref : EWTGUSE110.21

SE 110.21 Forces dans différents treillis plans (Réf. 022.11021)

Mesure d'efforts avec jauges de contrainte, nécessite bâti SE 112, amplificateur FL 152



Comme construction légère avec rigidité élevée, les treillis trouvent principalement leur application dans la construction de halles, de ponts, de grues et de pylônes.

Un treillis est un assemblage de barres formant une triangulation où certaines parties de l'assemblage sont mises en compression et d'autres parties en tension, mais pas à la flexion.

L'objectif de cet essai est de mesurer les efforts dans la barre d'un treillis plan qui est chargée d'une force unique extérieure.

Le montage expérimental SE 110.21 comporte des barres équipées de fermetures encliquetées spéciales aux extrémités qui facilitent l'enclenchement dans le disque de jonction.

L'assortiment de barres, de différentes longueurs, permet de monter trois formes de treillis isostatiques.

Les barres sont reliées "de manière articulée" à l'aide de disques de jonction et sont soumises uniquement à la compression ou à la traction.

Aucun moment n'est transmis dans les nœuds.

Ceux-ci doivent être considérés comme étant sans frottement.

Dès lors, nos treillis sont considérés comme des treillis idéaux.

Un dispositif de charge placé au niveau du disque de jonction crée une force extérieure.

Toutes les forces au niveau des barres du treillis sont enregistrées à l'aide de la technique de mesure basée sur la jauge de contrainte.

L'interprétation des valeurs de mesure se fait sur le PC via l'amplificateur de mesure FL 152 (16 voies d'entrée).

Le logiciel dans FL 152 permet de gérer les données de mesure et de représenter graphiquement les efforts dans la barre.

Le logiciel dispose d'une fonction d'aide étendue.

Les pièces de l'essai sont logées de manière claire et protégées dans un système de rangement.

L'ensemble du montage expérimental est monté dans le bâti SE 112.

Contenu didactique / Essais

- mesure des efforts dans la barre dans différents treillis plans
- dépendance des efforts dans la barre de la force extérieure
intensité
direction
point d'application

- comparaison des résultats de mesure avec des méthodes de résolution mathématiques
méthode des nœuds
méthode des sections de Ritter

- principe de base: mesure des forces à l'aide de la technique de mesure basée sur la jauge de contrainte

Les grandes lignes

- mesure des efforts dans la barre d'un treillis plan
- montage des différentes formes de treillis
- barres avec technique de mesure basée sur la jauge de contrainte afin de mesurer l'effort dans la barre

Les caractéristiques techniques

Barres: 19

- 2 barres de 150mm



Date d'édition : 22.12.2024

- 5 barres de 259mm
- 7 barres de 300mm
- 1 barre de 397mm
- 3 barres de 424mm
- 1 barre de 520mm
- angles entre les barres: 30°, 45°, 60°, 90°
- effort dans la barre maximal: 500N
- points de mesure au niveau de chaque barre
- hauteur du treillis: max. 450mm
- longueur du treillis: max. 900mm

Dispositif de charge

- ±500N
- graduation: 10N

Dimensions et poids

Lxlxh: 1170x480x178mm (système de rangement)
Poids: env. 26kg (total)

Liste de livraison

- 1 jeu de barres
- 5 disques de jonction
- 2 appuis avec disque de jonction
- 1 dispositif de charge
- 1 jeu de câbles
- 1 système de rangement avec mousse de protection
- 1 documentation didactique

Accessoires disponibles et options

- SE112 - Bâti de montage
- FL152 - Amplificateur de mesure multivoie

Produits alternatifs

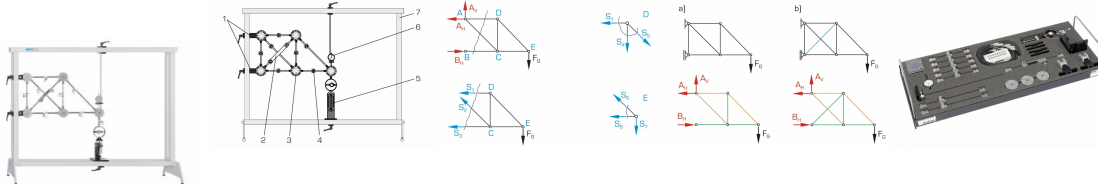
- SE110.22 - Forces dans un treillis hyperstatique
- SE110.44 - Déformation d'un treillis
- SE130 - Forces dans un treillis type Howe
- FL111 - Forces dans un treillis simple

Date d'édition : 22.12.2024

Ref : EWTGUSE110.22

SE 110.22 Forces dans un treillis hyperstatique (Réf. 022.11022)

Comparaison forces dans treillis isostatiques et hyperstatiques, Nécessite bâti SE 112 et le FL 152



En ajoutant des barres supplémentaires, un treillis isostatique devient intérieurement hyperstatique.

Dans ce cas, il porte le nom de treillis hyperstatique.

Dans un treillis hyperstatique, les efforts dans la barre dépendent des propriétés élastiques du treillis et ils ne sont pas calculés facilement.

Le montage expérimental SE 110.22 permet d'étudier les treillis isostatiques et hyperstatiques et de les comparer.

A l'aide des barres et des disques de jonction, un treillis isostatique plan est d'abord monté.

Le montage d'une barre supplémentaire permet de créer un treillis hyperstatique.

Un dispositif de charge permet d'appliquer des forces droites ou obliques sur le treillis et de simuler, de cette manière, différentes conditions de charge.

Les forces de traction et de compression apparaissant dans les barres sont enregistrées à l'aide de technique de mesure basée sur la jauge de contrainte.

L'interprétation des valeurs de mesure sur le PC se fait via l'amplificateur de mesure FL 152.

Le logiciel dans FL 152 permet de gérer les données de mesure et de représenter graphiquement les efforts dans la barre.

Le logiciel dispose d'une fonction d'aide étendue.

Les pièces de essai sont logées de manière claire et protégées dans un système de rangement.

L'ensemble du montage expérimental est monté dans le bâti SE 112.

Contenu didactique / Essais

- mesure des efforts dans la barre dans un treillis isostatique et un treillis hyperstatique plan
- répartition des forces dans un treillis plan en fonction de l'utilisation d'une barre supplémentaire
- dépendance des efforts dans la barre par rapport à la force extérieure
- intensité, direction, point d'application
- comparaison des résultats de mesure avec des méthodes de résolution mathématiques
- méthode des nœuds
- méthode des sections de Ritter
- principe de base: mesure des forces à l'aide de la technique de mesure basée sur la jauge de contrainte

Les grandes lignes

- comparaison des forces dans le cas de treillis isostatiques et hyperstatiques
- barres avec ponts intégraux pour technique de mesure basée sur la jauge de contrainte afin de mesurer l'effort dans la barre

Les caractéristiques techniques

Barres: 8

- 5 barres fixes de 300mm
- 2 barres fixes de 424mm
- 1 barre réglable 400...450mm
- angle entre les barres: 30°, 45°, 60°, 90°
- effort dans la barre maximal: 500N
- point de mesure au niveau de chaque barre
- hauteur du treillis: max. 270mm
- longueur du treillis: max. 500mm

Dispositif de charge



Date d'édition : 22.12.2024

- ±500N
- graduation: 10N

Comparateur à cadran
- plage de mesure: 0...20mm

Dimensions et poids
Lxlxh: 1170x480x178mm (système de rangement)
Poids: env. 22kg (total)

Liste de livraison
1 jeu de barres
5 disques de jonction
1 dispositif de charge
1 comparateur à cadran
1 jeu de câbles
1 système de rangement avec mousse de protection
1 documentation didactique

Accessoires disponibles et options
SE112 - Bâti de montage
FL152 - Amplificateur de mesure multivoie

Produits alternatifs
SE110.21 - Forces dans différents treillis plans
SE110.44 - Déformation dun treillis
SE130 - Forces dans un treillis type Howe
FL111 - Forces dans un treillis simple