

Klaus G. Wagner
Systèmes hydrauliques
Composants et plus



HANCHEN®

Table des matières et extrait de chapitre du livre
"Systèmes hydrauliques"
de Klaus Wagner

allemand	978-3-9821291-0-5
anglais	978-3-9821291-1-2
français	978-3-9821291-2-9

Klaus G. Wagner

Systèmes hydrauliques

Composants et plus

Ce livre a été écrit par la Sté Herbert Hänchen GmbH & Co. KG.

Auteur :

Klaus G. Wagner, ingénieur diplômé, est responsable de la recherche et de l'innovation chez Hänchen.

Relecture :

Sarah Bässler, diplômée en gestion d'entreprise

Composition et mise en page :

Klaus G. Wagner et Sarah Bässler

Photos et graphiques :

Klaus G. Wagner et Beate Mayer

2ème édition augmentée 2019

Ce livre est une traduction complète et adaptée de l'édition allemande
« Hydraulische Systeme – Komponenten und mehr ».

© 2019 Hänchen

Tous les droits sont la propriété de Herbert Hänchen GmbH & Co. KG,
73760 Ostfildern, Allemagne

ISBN 978-3-98212912-9

HH2762 / 10-2019 em040223

Ce livre doit conférer une vue d'ensemble sur la conception des entraînements hydrauliques, sur les directives CE à respecter et sur les normes correspondantes. Il ne constitue pas une directive complète pour la création d'une documentation CE. Les études des différentes normes et directives sont impérativement nécessaires.

La diffusion et la reproduction de ce document ainsi que l'exploitation et la communication de son contenu sont interdites, sauf autorisation explicite. Toute infraction oblige à verser des dommages et intérêts. Tous droits réservés pour le cas de la délivrance d'un brevet, d'un modèle d'utilité ou d'un modèle de présentation.

L'entraînement hydraulique

« Dites-moi donc de quel entraînement hydraulique j'ai besoin. Et quel est le niveau de performance de votre vérin. J'ai besoin de cette information pour la directive machines. »

Des questions similaires à celles-ci sont fréquemment posées par les constructeurs de machines.

En y regardant de plus près, l'on constate qu'il existe des différences sur le marché. Des différences de qualité, de durée de vie, de légèreté, de facilité d'entretien, et bien d'autres encore.

Et c'est là que vous vous posez à juste titre la question : « De quoi ai-je vraiment besoin ? » Ai-je besoin du plus cher, ou le moins cher peut-il me suffire ? Comment puis-je satisfaire aux exigences ? Que faire si la cadence doit être plus rapide ou plus lente que d'ordinaire ?

Le constructeur est tenu d'effectuer une évaluation des risques en plus de la conception technique. Il définit à cette occasion quelles fonctions de sécurité sont nécessaires pour réduire le risque de mise en danger de l'homme. La barrière de protection autour d'une presse est un exemple d'une fonction de sécurité de ce genre.

Pour évaluer quels types de mesures de protection sont requis, il convient de déterminer pour les fonctions de commande ce que l'on appelle un niveau de performance. Sur la base de ce niveau de performance requis, des mesures de protection doivent ensuite être choisies.

Pourquoi tout ceci ? Car le législateur souhaite que les hommes puissent travailler sans danger sur la machine que vous avez construite.

Et ceci constitue une bonne loi. Imaginez que vous ayez une fille de 16 ans. Demandez-vous toujours lors de sa construction si vous la laisseriez travailler sur votre machine.

C'est pourquoi vous devriez également toujours réfléchir au fait d'opter pour des composants bon marché ou plutôt pour des composants un peu plus chers, mais néanmoins plus avantageux.

Ostfildern, janvier 2017

L'entraînement hydraulique 4.0

Tendance aux extrêmes : tout s'amenuise, ce qui est par exemple le cas dans l'électronique, mais en même temps, tout s'agrandit aussi, ce qui a par exemple été le cas avec la construction du canal de Panama afin d'assurer le passage de navires de plus en plus imposants.

Les composants de véhicule modernes doivent être soumis à des contrôles dynamiques, en présence de fréquences et de forces toujours plus élevées.

Ces extrêmes se retrouvent aussi dans la technique d'entraînement hydraulique. De plus, aujourd'hui, l'efficacité énergétique est sur la bouche de tous.

Ceci concerne bien entendu également l'hydraulique. Et c'est justement le sujet de cette deuxième édition augmentée.

Parmi les nouveautés, figure en particulier le système d'étanchéité énergétiquement optimisé Servoseal®. Pour celui-ci et d'autres systèmes, des recommandations d'utilisation précises ont été écrites.

Les contenus ayant trait à la directive machines et à la technique de commande hydraulique comme élément de sécurité avec blocs de vannes et bloqueurs de tige, ont été sensiblement augmentés.

La visée est celle d'un entraînement hydraulique plus efficace, plus dynamique et plus sûr.

Ce livre souhaite vous fournir des suggestions afin que vous puissiez réaliser l'entraînement hydraulique qui réponde parfaitement à vos exigences.

Pour la deuxième édition
Ostfildern, octobre 2019

Contenu

Chapitre 1 : Le système hydraulique	11
Composants hydrauliques	12
Fluide hydraulique	14
Matériaux	14
Conception physique	14
Chapitre 2 : Le vérin hydraulique	15
Classification des vérins hydrauliques	15
Type d'effet	15
Surface effective	16
Séries et pression de service	19
Quels sont les points essentiels ?	21
Construction du vérin	25
Type de construction	26
Chapitre 3 : Éléments d'étanchéité pour vérins hydrauliques	28
Joints statiques en contact	29
Joints dynamiques en contact	31
Joints d'entrefer sans contact	32
Bague d'étanchéité flottante sans contact	34
Servoseal®	35
Racleur	36
Matériaux d'étanchéité de base	37
Chapitre 4 : Équipement du vérin hydraulique	39
Type de fond et de piston	39
Limites d'utilisation	39
Système d'étanchéité du fond	41
Système de guidage du fond	43
Comparaison systèmes d'étanchéité et de guidage dans le fond	47
Système d'étanchéité du piston	47
Système de guidage du piston	49
Comparaison systèmes d'étanchéité du piston	50
Matériau d'étanchéité	50
Qualité de la tige de piston	52
Chapitre 5 : Recommandations d'utilisation pour vérins	54
Recommandation d'utilisation température	54
Recommandation d'utilisation série	54
Recommandation d'utilisation dynamique	55

Recommandation d'utilisation de la vitesse	57
Recommandation d'utilisation course et amplitude	58
Chapitre 6 : Conception de vérins hydrauliques	60
Calcul standard	60
Puissance de commande	60
Mouvement accéléré	61
Mouvement sinusoïdal	64
Vérin avec vanne de régulation	65
Fréquence naturelle	69
Forces transversales sur la tige de piston	74
Vitesses d'huile	76
Flambage	76
Amortissement de fin de course	77
Chapitre 7 : Efficacité énergétique	79
Efficacité énergétique par le choix de la taille du vérin	79
Efficacité énergétique par l'utilisation d'accumulateurs	80
Frottement de vérins	80
Efficacité énergétique par le choix du système d'étanchéité	83
Efficacité énergétique par blocage	84
Efficacité énergétique par le choix du matériau	86
Chapitre 8 : Exploitation de vérins hydrauliques	88
Montage et mise en service	88
Pureté du fluide	88
Lavage de l'installation	90
Purge d'air	91
Chapitre 9 : Matériaux	92
Matériaux en acier	92
Matériaux de construction légers métalliques	93
Matériaux composites fibreux	93
Chapitre 10 : Fluides	95
Normes des fluides hydrauliques	95
Huiles minérales	95
Additifs	96
Huiles hydrauliques à base d'huile minérale	98
Huiles lubrifiantes écologiques	98
Fluides hydrauliques résistants au feu	101
Autres fluides hydrauliques	101

Chapitre 11 : Capteurs	102
Détecteur de proximité	102
Transducteurs de position	102
Transducteurs de position inductifs	104
Transducteurs magnétostrictifs	105
Capteur de force	105
Mécanique électronique	106
Chapitre 12 : Bloquer les tiges de piston	107
Bloqueur de tige Ratio-Clamp®	107
Équipement Ratio-Clamp®	108
Chapitre 13 : Sécurité par directives CE	111
Mise sur le marché	111
Domaine d'application	111
Directive machines	111
Directive Équipements sous pression	112
Directive CEM	113
Directive basse tension	113
Directive ATEX	114
Ordonnance REACH	114
Directive cadre relative à la sécurité au travail	114
Chapitre 14 : Lois et normes	115
Droit national	115
Normes	115
Chapitre 15 : Application de la directive machines	119
Procédure d'évaluation de la conformité	119
Exemples de directive machines dans l'installation hydraulique	122
Réduction du risque	125
Sécurité de la commande	126
Sécurité sur le vérin	131
Sécuriser les charges	132
Marche d'essai	136
Retrofit – remettre l'ancien à neuf	137
Chapitre 16 : Sécurité de technique de commande hydraulique	138
Blocs hydraulique	138
Plaques intermédiaires	140
Blocs de distribution	140
Fonctions typiques	141

Chapitre 17 : Construction individuelle	146
Fixation par rotules	146
Fixation avec barre soumise à la flexion	149
Tiges de transmission de force	150
Vérin à insérer	150
Tige de piston protégée contre la torsion	150
Vérins hydrauliques légers	152
Convertisseur de pression	152
Tuyaux	154
Chapitre 18 : Réceptions et contrôles	155
Contrôle de réception du vérin	155
Marquage CE	155
Autres contrôles de produits	155
Chapitre 19 : Autres et divers	157
Contenu déclaration de conformité CE et déclaration d'incorporation	157
Termes relatifs à la directive machines	159
Unités et conversion	160
Normes pour vérins hydrauliques	161
Chapitre 20 : Informations supplémentaires	162
Normes pour vérins hydrauliques	162
Normes relative à la technologie de sécurité	165
Normes relative à la technologie de raccords	167
Directives CE	168
Littérature	169
Index	170

Chapitre 1 : Le système hydraulique

Lors de la conception d'un système hydraulique, le constructeur doit prendre en compte de nombreux aspects.

La conception physique et technique de l'entraînement, lors de laquelle les forces, vitesses et accélérations sont calculées, en fait tout d'abord partie.

Les composants et leurs versions doivent être définis en fonction de l'utilisation et de l'application de l'entraînement.

En outre, le constructeur doit concevoir des systèmes d'étanchéité afin d'optimiser les fuites, les bilans énergétiques et les puissances dissipées.

Le choix du fluide hydraulique approprié influe sur la longévité du système.

Outre ces aspects techniques, le constructeur doit également prendre en compte les questions juridiques. Les exigences résultant de la loi sur la sécurité des produits comptent par exemple parmi celles-ci.

Le constructeur doit ainsi également connaître les normes et directives en vigueur. Voici un exemple : si un entraînement doit assumer une fonction de maintien, les questions juridiques en rapport avec la mise en danger des personnes et la sécurité doivent alors être prises en compte par le constructeur et des mesures de sécurité correspondantes doivent être prévues.

Des systèmes de maintien redondants, se composant de vannes d'arrêt hydrauliques et de bloqueurs de tige, sont à cet effet fréquemment requis.

Ceci doit être expliqué dans la documentation de la machine de manière à ce que l'exploitant puisse prendre en considération toutes les questions qui l'intéressent.

Pour ce qui relève de la technique, le constructeur doit bien entendu choisir les composants et les systèmes d'étanchéité pour l'exigence spéciale de la fonction de maintien, qui génèrent à la fois dans la plage dynamique mais également à l'état statique un volume de fuite aussi minime que possible.

Conception du système hydraulique		
Conception physique	Choix des composants	Question juridiques
Forces	Système d'entraînement hydraulique	Directives CE
Vitesses	Fluide hydraulique	Lois
Accélérations	Automatisation	Normes

Illustration 1
Exemples de critères pour la conception du système hydraulique

Composants hydrauliques

Le système d'entraînement hydraulique d'une machine se compose en règle générale d'une unité d'alimentation en pression dotée d'une pompe hydraulique et d'un vérin hydraulique en tant que consommateur qui transforme l'énergie hydraulique transmise par la pompe en énergie mécanique.

L'entraînement est commandé par le biais d'éléments de commande, par exemple des vannes.

En fonction des composants, de leur utilisation et de leur montage, les considérations en matière de technique de sécurité d'un système hydraulique doivent être réalisées.

Unité d'alimentation en pression

L'unité d'alimentation en pression constitue l'élément de base d'un système hydraulique.

Elle se compose d'un récipient contenant du fluide hydraulique, à partir duquel une unité moteur-pompe refoule le fluide sous pression jusqu'au consommateur.

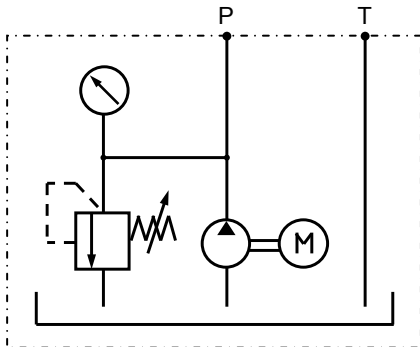


Illustration 2
Unité hydraulique

Pour le conditionnement du fluide, des systèmes de filtrage et de refroidissement sont principalement intégrés, ainsi que des vannes de sécurité servant à la protection.

Consommateur hydraulique

Le vérin hydraulique est un consommateur et ainsi l'élément d'un système hydraulique transmettant la puissance et génère un mouvement linéaire.

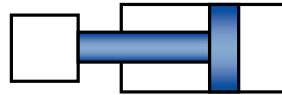


Illustration 3
Vérin hydraulique

Celui-ci génère des forces de traction et de pression en fonction de la pression d'entraînement hydraulique et déplace la tige de piston avec une vitesse dépendant du débit volumétrique.

Les éléments d'entraînement hydrauliques servant aux rotations ou aux pivotements sont par exemple des moteurs hydrauliques.

La conception et les caractéristiques de qualité de vérins hydrauliques sont décrites en détail au Chapitre 2 : Le vérin hydraulique.

Technologie de vannes

Les vannes sont des éléments de commande qui permettent de commander les consommateurs. Les vannes directionnelles définissent par exemple dans quelle direction le vérin se déplace.



Illustration 4
Vanne directionnelle hydraulique

Les vannes de pression, telles que les vannes de surpression, régulent la pression. Les vannes de débit contrôlent le débit volumétrique. Les vannes d'arrêt ferment les conduites et protègent ainsi l'installation contre les chutes, par exemple.

Vous trouverez des exemples relatifs aux commandes des vannes et aux blocs-vannes au Chapitre 15 : Application de la directive machines.

Capteurs

Les éléments de mesure tels que les capteurs mesurent des quantités physiques afin d'observer un système hydraulique ou pour expliquer des données dans une boucle de régulation.

Outre la position de la tige de piston, les forces, vitesses, accélérations, pressions ou températures sont également mesurées.

Vous pouvez consulter des informations au sujet des capteurs autour des vérins hydrauliques au Chapitre 11 : Capteurs.

Technologie d'accumulation

Un accumulateur hydraulique stocke un fluide sous pression. La pression du fluide comprime à cet effet un gaz qui s'étend lors du prélèvement de fluide.

De l'énergie hydraulique est dégagée lors de la décharge.

L'accumulateur hydraulique permet de stocker très facilement de l'énergie dans les systèmes hydrauliques.

Le recours à des accumulateurs et à d'autres mesures permettant d'accroître le rendement des entraînements hydrauliques est présenté au Chapitre 7 : Efficacité énergétique

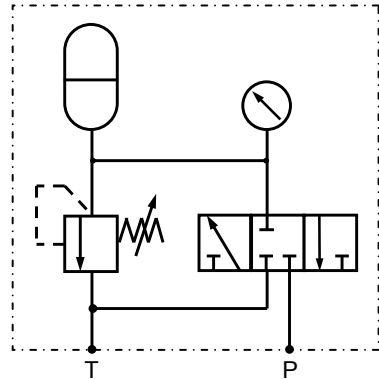


Illustration 5
Accumulateur hydraulique
avec bloc de sécurité

Mise en place de conduites

Le terme Mise en place de conduites signifie l'installation de la tuyauterie depuis l'unité vers les consommateurs. Des tubes hydrauliques ou des flexibles sont utilisés à cette fin.

Automatisation

L'automatisation à l'aide de composants électroniques et de logiciels permet à un système hydraulique de reproduire des processus complexes.

En outre, elle permet de réaliser des commandes sécurisées.

Le recours aux lois et normes en vigueur, ainsi que les exigences s'appliquant à la commande par la détermination du Performance Level (niveau de performance) est décrit au Chapitre 13 : Sécurité par directives CE et au Chapitre 14 : Lois et normes.

Chapitre 15 : Application de la directive machines traite de la mise en œuvre des exigences en matière de directive machines.

Fluide hydraulique

Les entraînements hydrauliques sont conduits, en fonction de l'application, avec des fluides appropriés. Des exigences d'application, comme par ex. la plage de température de fonctionnement, le haut degré de résistance au feu dans les fonderies ou les aciéries ou la biodégradabilité rapide, doivent être prises en considération dans le choix du fluide.

De plus amples indications sont décrites au Chapitre 10 : Fluides.

Matériaux

Le choix du matériau approprié des composants est un critère essentiel pour la fiabilité de l'entraînement. En fonction de l'application, des types d'acier, des matériaux de construction légers ou bien encore des composites des plus différents sont utilisés.

Des informations détaillées sont disponibles au Chapitre 9 : Matériaux.

Conception physique

La conception arithmétique du vérin hydraulique a lieu en fonction de la force et de la vitesse de piston.

Dans ce contexte, les surfaces respectives, la pression hydraulique s'appliquant sur le vérin et le débit volumétrique disponible sont décisifs. Les valeurs admissibles pour la pression de service en fonction de la série de pression ainsi que la vitesse d'huile admissible dans les raccords hydrauliques doivent, à cette occasion, être prises en considération.

Les formules servant au calcul des données de puissance pour les différents mouvements sont décrites au Chapitre 6 : Conception de vérins hydrauliques.

Chapitre 2 : Le vérin hydraulique

Le vérin hydraulique est un appareil qui transforme l'énergie de pression d'un fluide, par exemple de l'huile hydraulique, en un mouvement d'entraînement linéaire.

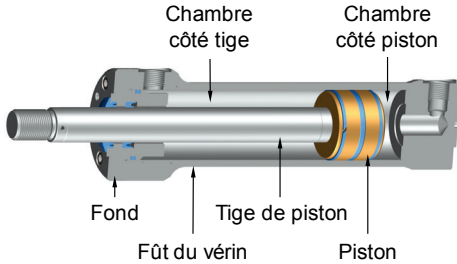


Illustration 6
Éléments du vérin hydraulique

Dans le vérin à piston, donc le vérin hydraulique dont nous parlons ici, la force mécanique est générée sous l'influence de la pression du fluide de transmission sur la surface de piston. Il s'agit ainsi d'un moteur linéaire hydraulique.

Un vérin hydraulique se compose d'un fût dans lequel se déplace une tige de piston avec des pistons en effectuant des mou-

vements de va-et-vient. Les extrémités du fût sont fermées par des couvercles, appelés fonds.

Le piston divise l'intérieur du vérin en deux chambres : la chambre côté tige de piston et la chambre côté piston. La pression hydraulique agit sur le piston et déplace ainsi la tige de piston

Classification des vérins hydrauliques

Les vérins hydrauliques sont différenciés selon deux critères différents : le type d'effet et le modèle.

Type d'effet

Le type d'effet distingue les vérins à double effet et les vérins à simple effet ainsi que dans la pressurisation de la surface effective.

Dans les vérins à simple effet, l'entrée (ou la sortie) est effectuée sur une face active via la pression, le fin de course retour respectif a lieu via une force externe, par exemple le poids propre ou un ressort.

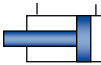
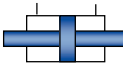
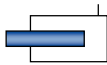
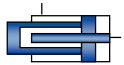
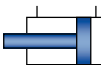
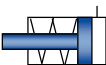
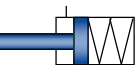
Type d'effet	
Surface effective	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Vérin à simple effet </div> <div style="text-align: center;">  Vérin à double effet </div> <div style="text-align: center;">  Vérin à piston plongeur </div> <div style="text-align: center;">  Vérin synchrone </div> </div>
Force effective	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Double effet </div> <div style="text-align: center;">  Pression simple effet </div> <div style="text-align: center;">  Traction simple effet </div> </div>

Illustration 7
Classification des vérins hydrauliques

Un exemple d'utilisation de vérins hydrauliques simple effet est une plate-forme de levage sur laquelle une charge est déplacée vers le haut sous pression et le mouvement d'entrée est effectué par le poids propre de la charge.

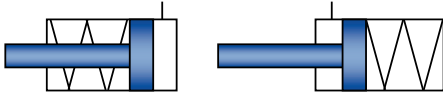


Illustration 8
gauche : vérin à simple effet sous pression
droite : vérin à simple effet sous traction

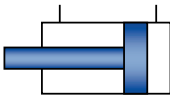


Illustration 9
Vérin à double effet

Sur les vérins à double effet, la tige de piston est sortie via la pression sur une face active et rentrée par pression sur l'autre face active. Les vérins à double effet sont utilisés la plupart du temps.

Surface effective

La surface effective est décisive pour la conception physique d'un vérin hydraulique. Il s'agit de la surface sur laquelle la pression hydraulique s'applique et qui génère ainsi la force du vérin.

Vérins à simple effet

Les vérins à simple effet sont des vérins dotés d'une tige de piston unilatérale et qui ont ainsi une grande surface de piston pour la sortie et une surface réduite autour de la surface de tige pour la rentrée.

Le terme de vérin à simple effet est à proprement parler uniquement correct si le rapport des surfaces effectives est de 2:1. Comme ceci n'est cependant pas souvent

le cas, le terme de vérin doté d'une tige de piston unilatérale est plus approprié.

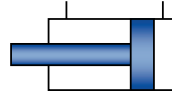


Illustration 10
Vérin à simple effet

Circuit différentiel

L'alimentation des deux raccords d'un vérin doté d'une tige de piston unilatérale provoque une sortie par le biais de la différence de surface. La surface de travail effective pour la sortie A_{sort} se calcule à l'aide de la surface de piston A_1 et de la surface annulaire A_2

$$A_{\text{sort}} = A_1 - A_2 \quad (1)$$

Les vérins dotés d'une tige de piston traversante, avec une surface effective similaire, ne peuvent pas être entraînés dans un circuit différentiel.

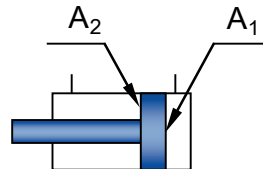


Illustration 11
Surfaces effectives dans le vérin hydraulique

Dans ce que l'on appelle le circuit différentiel, le courant de retour provenant du raccord côté tige est conduit dans le raccord côté piston.

Lors de l'entrée du vérin, la surface de travail effective A_{ent} correspond à la surface annulaire A_2 .

$$A_{\text{ent}} = A_2 \quad (2)$$

La force de pression lors de la sortie est ainsi réduite conformément au rapport surface annulaire sur surface de piston. L'on obtient pour cela une haute vitesse de sortie.

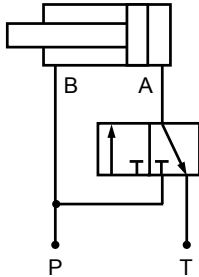


Illustration 12
Vérin hydraulique dans le circuit différentiel

Pour les véritables vérins à simple effet, donc des vérins avec un rapport de surface $\phi = 2$, les surfaces effectives sont similaires dans le circuit différentiel :

$$A_{ent} = A_{sort} \quad (3)$$

Ceci signifie que dans le circuit différentiel, le vérin se déplace pour un débit volumétrique identique à la même vitesse d'entrée et de sortie, la force de pression et la force de traction sont également identiques.

Vérins à double effet

Contrairement à cela, les vérins dotés d'une tige de piston traversante, également appelés vérins synchrones, ont deux surfaces effectives identiques pour l'entrée et la sortie.

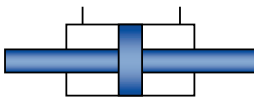


Illustration 13
Vérin à double effet

En particulier en cas d'utilisation de vannes de régulation symétriques, des mouvements très dynamiques peuvent être réalisés avec des surfaces effectives identiques.

En raison de la tige traversante, la longueur de construction de vérins de ce type peut être environ deux fois plus grande que celle des vérins dotés d'une tige de piston unilatérale.

Vérins à piston plongeur

Les vérins à piston plongeur sont des vérins sans piston, possédant uniquement une surface effective, et sont ainsi des vérins à simple effet.

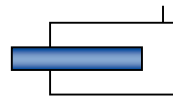


Illustration 14
Vérin à piston plongeur

La tige de piston d'un vérin à piston plongeur est à strictement parler une tige plate sans piston. Elle repose dans le vérin exclusivement dans le guide, dans le fond, et ne peut pas s'appuyer dans le tube.

Seules de très faibles forces latérales peuvent être absorbées avec de tels vérins.

En outre, il convient de veiller lors de la construction de tels vérins à ce que la tige de piston possède une butée de fin de course interne, afin qu'elle ne puisse pas sortir complètement du vérin par inadéquance. Ou bien il convient de veiller à ce qu'une butée de fin de course externe soit présente en service.

Vérins synchrones

Les vérins synchrones possèdent deux surfaces effectives pour l'entrée et la sortie, qui peuvent être de taille identique. Ils

se prêtent ainsi très bien à une utilisation comportant des déplacements dynamiques.

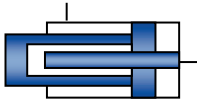


Illustration 15
Vérin synchrone

En raison de sa conception, la longueur de construction correspond cependant à peu près à celle d'un vérin avec tige de piston unilatérale.

Les vérins synchrones disposent de deux tiges de piston, une grande servant à la transmission de force vers l'extérieur et une petite tige qui dépasse de la grande tige creuse.

Chapitre 7 : Efficacité énergétique

La technologie du système hydraulique se distingue par le fait que l'énergie peut être accumulée facilement. Des entraînements hydrauliques d'une très haute efficacité énergétique peuvent ainsi être conçus.

Le potentiel d'augmentation de l'efficacité énergétique réside cependant également dans les composants.

En choisissant un système d'étanchéité sans contact approprié ou un matériau approprié, un entraînement peut être conçu avec un meilleur rendement.

Efficacité énergétique par le choix de la taille du vérin

La taille du vérin est choisie en calculant les forces et les vitesses en fonction de la pression et du débit.

Mais des influences extérieures telles que les forces transversales ou le flambement ont également une influence sur la taille du vérin, en particulier sur le diamètre de la tige du piston.

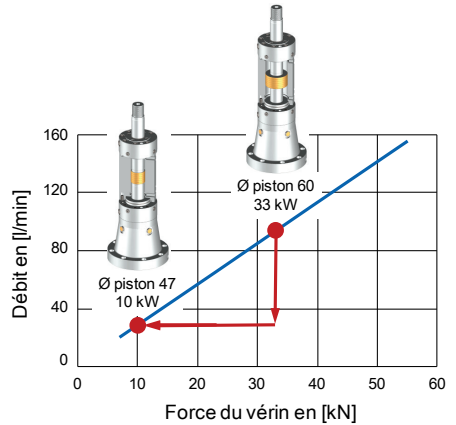
Afin de concevoir un vérin de manière efficace sur le plan énergétique, les relations suivantes doivent être respectées et vérifiées :

La pression doit être choisie élevée que possible. L'avantage de la densité énergétique est ainsi mieux exploité. Des pressions plus élevées se traduisent par des surfaces efficaces plus petites et donc des débits plus faibles. Les composants tels que les vannes ou les conduites peuvent être sélectionnés plus petits et fonctionnent donc de manière plus efficace sur le plan énergétique.

Les surfaces effectives des vérins déterminent la force et le débit du vérin.

L'optimisation de la surface effective à la force maximale requise comme limite supérieure est économe en énergie en ce sens que les petites surfaces nécessitent également des débits volumiques plus faibles afin d'optimiser la performance. Ceci peut être réalisé, par exemple, en dimensionnant le piston au millimètre près pour les vérins de la série 320.

Comme le montre l'exemple suivant, un vérin d'un diamètre de tige de piston de 40 mm et d'une dimension de piston standard de 60 mm peut être utilisé pour une force nominale choisie de 10 kN. Pour atteindre la vitesse de 1 m/s avec ce vérin, un débit d'environ 94 l/min est nécessaire, la puissance hydraulique est calculée à 33 kW.



*Illustration 129
Force du vérin et débit volumétrique
Exemple pour tige de piston Ø 40 mm,
vitesse $v = 1$ m/s*

Cependant, cette taille standard est trop grande pour la force requise.

L'optimisation vers une force de 10 kN permet d'obtenir un diamètre de piston de

47 mm. Ainsi, le vérin génère exactement la force requise de 10 kN à 210 bar. Cette réduction de la surface utile réduit le débit volumique à 29 l/min et la puissance hydraulique à 10 kW.

En plus de cette économie d'énergie, il est possible d'utiliser des composants plus petits tels que des vannes d'un débit nominal de 40 l/min au lieu de 100 l/min.

Mais aussi en choisissant le type d'action du vérin, l'entraînement peut être conçu pour être économe en énergie avec des dimensions standard.

Si seule une force en poussant définie est nécessaire, un vérin simple tige peut être utilisé. La force de traction non pertinente est alors plus faible en fonction du rapport de surface.

Toutefois, si une force en tirant définie est nécessaire, l'utilisation d'un vérin double tige est plus économique en énergie, car le grand débit volumique de la grande surface du vérin n'a pas à être appliqué pendant la course de retour.

Efficacité énergétique par l'utilisation d'accumulateurs

À l'aide d'accumulateurs hydrauliques, un fluide hydraulique peut être comprimé sous pression dans un récipient sous pression rempli de gaz. Le fluide hydraulique comprime le gaz et est à disposition de manière illimitée sous forme d'énergie accumulée.

L'utilisation d'accumulateurs permet ainsi une augmentation du rendement d'entraînements hydrauliques en concevant par exemple le groupe hydraulique uniquement pour un besoin moyen, mais en soutirant des puissances de crête à partir d'un système d'accumulation.

L'accumulation est ensuite alimentée au cours d'une période où moins d'énergie est consommée.

Des accumulateurs individuels sont accouplés à des batteries secondaires afin d'accumuler une très grande quantité d'énergie. Un volume d'accumulation de plusieurs centaines de litres peut être atteint.

Cette énergie accumulée est également disponible en service d'urgence, si plus aucune force motrice n'est disponible.

Frottement de vérins

La force de frottement sur les vérins hydrauliques est un critère d'évaluation de la légèreté.

En cas d'utilisation servodynamique en particulier, des vérins hydrauliques légers et à faible stick-slip sont en particulier requis.

En fonction du type de mouvement, dépendant de la vitesse, de la température et de la pression dans le vérin, le vérin hydraulique présente un comportement au frottement variable. Ces facteurs doivent toujours être pris en considération lors de l'évaluation du vérin.

Rendement

Le rendement est de manière générale le rapport entre puissance utile et puissance appliquée. Pour le vérin hydraulique, le rendement est le produit du rendement mécanique et hydraulique.

Le frottement du vérin hydraulique est responsable du rendement mécanique η_M du vérin.

Celui-ci doit être pris en compte comme une perte lors de la conception du vérin en matière de force et de pression. Il convient de prendre en considération à cet effet que la perte par frottement du vérin hy-

draulique dépend essentiellement de la taille et de la qualité de la tige de piston. Le piston même contribue peu à la force de frottement.

Des fuites au sein du vérin ou vers l'extérieur sont responsables du rendement hydraulique η_H . Celui-ci doit être pris en compte comme une perte lors de la conception du vérin en matière de vitesse et de débit.

Le rendement total η doit être pris en compte lors de la détermination de la puissance hydraulique.

$$\eta = \eta_M \cdot \eta_H \quad (54)$$

Rendement mécanique

Le rendement est défini, comme décrit ci-dessus, comme le rendement global issu du rendement mécanique et hydraulique. Des fuites interviennent directement dans le rendement hydraulique, le frottement intervient dans le rendement mécanique.

Le calcul du rendement mécanique a toujours lieu en rapport avec la force du vérin F_Z , c'est-à-dire la différence issue de la force du vérin et de la force de frottement F_R est mise en rapport avec la force du vérin.

$$\eta_M = \frac{F_Z - F_R}{F_Z} \quad (55)$$

Le rendement mécanique est ainsi toujours directement dépendant de la force du vérin et donc de la surface effective.

La force de frottement même est en revanche, en particulier en cas de vérins à double effet très légers avec piston à fente de réduction, presque exclusivement dépendante du diamètre de la tige de piston avec les joints dans le fond. Ceci rend l'évaluation du vérin via le rendement difficile.

L'exemple suivant l'illustre.

Un vérin avec un équipement et un modèle défini possède un diamètre de piston D_k de 70 mm et un diamètre de tige de piston d_s de 40 mm. La force de frottement mesurée F_R du vérin dans des conditions déterminées s'élève à 250 N. La force du vérin se calcule à une pression p de 210 bar comme suit

$$\begin{aligned} F_Z &= \frac{\pi}{4} \cdot (D_k^2 - d_s^2) \cdot p \\ &= 54,4 \text{ kN} \end{aligned} \quad (56)$$

et le rendement comme suit

$$\eta_M = \frac{F_Z - F_R}{F_Z} = 99,5 \text{ \%} \quad (57)$$

Ce rendement élevé est naturellement satisfaisant. Mais il ne montre pas forcément la qualité du vérin.

Si l'on considère à présent le même vérin de nouveau, avec le même équipement, la même qualité et la même tige de piston, mais avec un diamètre de piston D_k inférieur de 45 mm, la surface effective se réduit alors et ainsi également la force du vérin calculée en conséquence

$$F_Z = \frac{\pi}{4} \cdot (D_k^2 - d_s^2) \cdot p = 7 \text{ kN} \quad (58)$$

et le rendement se réduit ainsi comme suit

$$\eta_M = \frac{F_Z - F_R}{F_Z} = 96,4 \text{ \%} \quad (59)$$

Cet exemple montre que le rendement n'est pas une mesure de la qualité du vérin hydraulique.

La force de frottement doit plutôt être prise en compte lors de l'évaluation. Et à cette occasion, la force de frottement n'est pas décisive en tant que valeur absolue, c'est plutôt l'indépendance du tracé de la force

de frottement sur la course, l'indépendance de la pression, ainsi que la différence entre frottement statique et frottement dynamique.

Frottement statique et dynamique

La force de frottement sur les vérins hydrauliques est définie selon VDMA 24577 par la mesure de la pression différentielle dans le circuit de régulation électrohydraulique. La tige du piston du vérin hydraulique est, à cet effet, déplacée à l'aide d'une servovalve correspondante et d'un transducteur de position dans le circuit de réglage de position.

Dans les deux chambres du vérin, un instrument de mesure de la pression approprié est monté et la différence de pression sans charge est déterminée. Cette différence de pression est convertie sur les surfaces effectives en une force de frottement.

En fonction de la vitesse, différentes valeurs de frottement sont déterminées. Ce frottement à sec, également appelé frottement de Coulomb, est divisé en frottement statique, donc un frottement au repos, et frottement dynamique, donc un frottement sur les surfaces de contact entre les corps qui se déplacent relativement entre eux.

Ceux-ci se ne se produisent pas toujours séparément l'un de l'autre, et peuvent se produire simultanément ou en alternance. L'effet de stick-slip dans le vérin hydraulique est par exemple un passage en alternance permanente entre frottement statique et frottement dynamique.

Lors du choix d'un vérin à faible stick-slip, un très faible niveau de frottement de base n'est pas obligatoirement requis, mais en particulier une faible différence entre frottement statique et frottement dynamique.

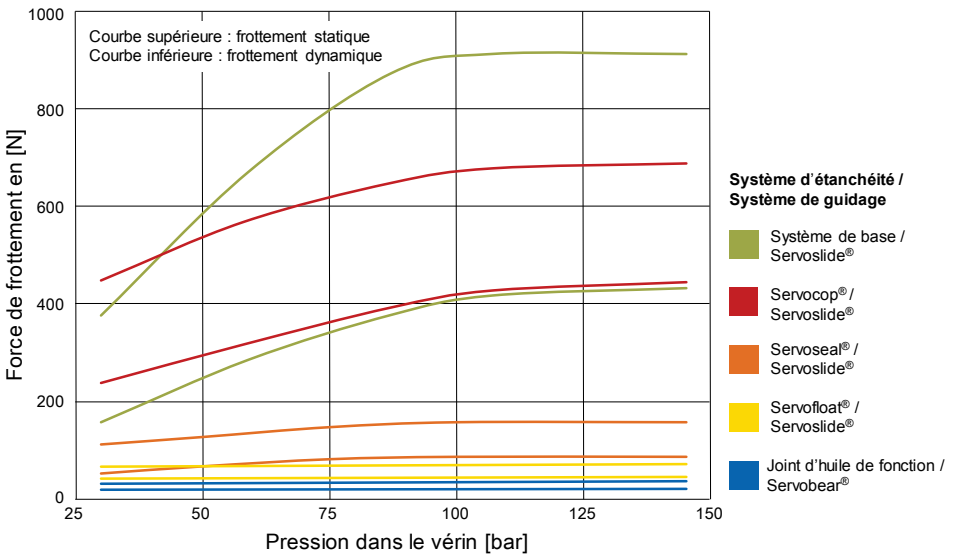


Illustration 130
Comparaison de la force de frottement de différents types de fonds

Comparaison de la force de frottement

La comparaison de la force de frottement dans l'illustration 130 montre à titre d'exemple des valeurs de frottement mesurées sur le vérin double tige avec un diamètre de tige de piston de 40 mm. Les valeurs s'appliquent à un fond.

L'alésage de 46 mm est étanché via une fente d'étranglement. Les valeurs ont été déterminées selon VDMA 24577 en régime sinusoïdal à 50 °C avec HLPD 46.

Les propriétés suivantes sont importantes pour la comparaison des différents types de fond :

Le niveau de frottement dynamique des types de fond avec Servoslide® et Servocop® avec joints en contact est extrêmement faible. Dans le cas des deux variantes, le frottement augmente avec la pression de la chambre. Grâce au joint composite en PTFE dans Servocop®, le frottement statique diminue davantage par rapport à Servoslide®.

Plus la différence entre le frottement statique et dynamique est faible, moins le vérin tend à produire des effets stick-slip.

Les types de fond sans contact Servofloat® et Servobear® possèdent un niveau de frottement extrêmement faible. Le frottement statique et dynamique est quasiment identique. Le niveau de frottement de ces types de fond sans contact ne dépend pas de la pression de la chambre et est donc constant même lorsque la pression croît sans cesse.

Servoseal® se range parmi les systèmes d'étanchéité et de guidage connus dans la plage inférieure de la force de frottement. Dans Servoseal®, la dépendance du frottement vis-à-vis de la pression est très faible.

Efficacité énergétique par le choix du système d'étanchéité

Tout vérin hydraulique nécessite un système d'étanchéité qui diminue la pression dans le vérin vers l'extérieur. Ce système d'étanchéité génère une perte énergétique en raison du frottement et des fuites.

La perte énergétique causée par la force de frottement F_R est fonction de la vitesse du piston v_k et de la pression de service p_b dans la chambre. La puissance dissipée P_{vR} de systèmes d'étanchéité en contact sur la base du frottement est calculée comme suit

$$P_{vR} = F_R \cdot v_k \quad (60)$$

Ceci doit par exemple être pris en compte en cas de vérins dotés du système d'étanchéité Servocop®.

Des systèmes d'étanchéité sans contact, par exemple Servofloat®, requièrent un flux d'huile de fonction Q_L qui génère une perte énergétique en fonction de la vitesse de piston v_k et de la pression de service p_b dans la chambre.

Cette fuite doit être refoulée en tant que débit volumétrique supplémentaire via la vanne dans le vérin. La puissance dissipée P_{vL} de systèmes d'étanchéité sans contact se calcule comme suit

$$P_{vL} = Q_L \cdot p_b \quad (61)$$

et ainsi la puissance dissipée totale P_v comme suit

$$P_v = P_{v,R} + P_{v,L} \quad (62)$$

Par exemple, la perte de puissance mécanique du Servoseal® est à peu près la même que pour les joints d'étranglement, par exemple Servofloat®. Et la perte de

puissance hydraulique est comparable à celle des joints conventionnels comme par exemple Servocop®.

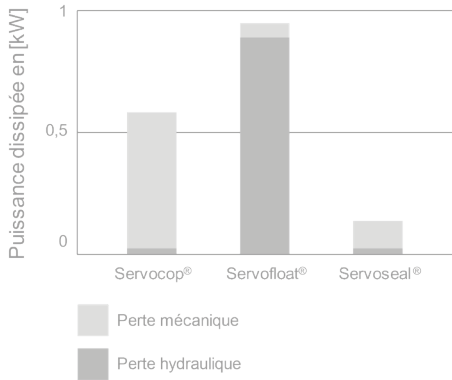


Illustration 131

Comparaison de la puissance dissipée

Lorsque l'on additionne les pertes de puissance, le résultat est la perte de puissance totale, qui est très faible dans Servoseal®.



HÄNCHEN®

Herbert Hänchen GmbH & Co. KG

Brunnwiesenstr. 3, 73760 Ostfildern
Postfach 4140, 73744 Ostfildern
Fon +49 711 44139-0
info@haenchen.de, www.haenchen.de

ISBN 978-3-98212912-9

