

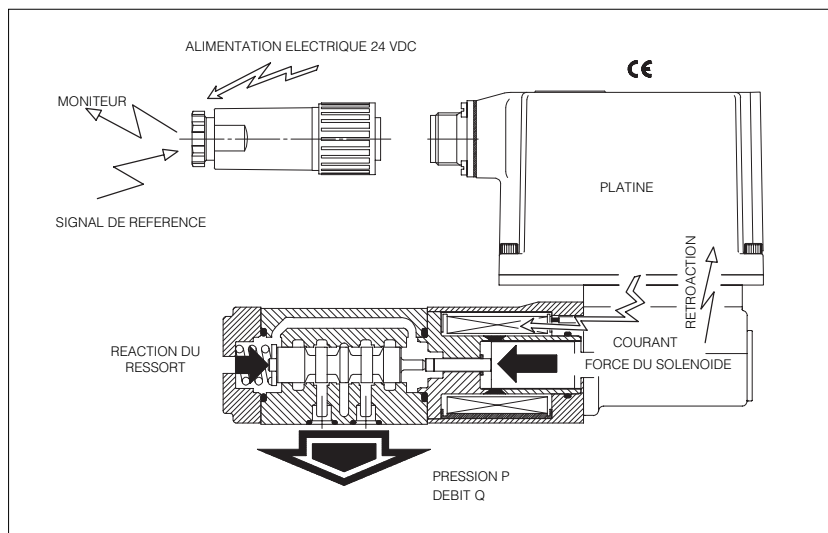
Contrôles proportionnels: généralités

1 DEFINITION DES CONTROLES PROPORTIONNELS

Les contrôles proportionnels électro-hydrauliques modulent les paramètres hydrauliques suivant les signaux de consigne. Ils constituent l'interface idéal entre les systèmes hydraulique et électronique et sont utilisés pour des contrôles en boucle ouverte ou fermée, voir paragraphe 3, pour obtenir des mouvements rapides, doux et précis requis par les machines et les installations modernes. Le système électro-hydraulique est une section de toute l'architecture de l'automatisation. Les informations, les contrôles et les alarmes peuvent être transmis de façon "transparente" par le système électro-hydraulique au système de contrôle centralisé - et viceversa - via des réseaux standards (voir paragraphe 10).

2 DESCRIPTION DES FONCTIONS

Le cœur des contrôles électro-hydrauliques est la valve proportionnelle. La platine électronique module le courant électrique qui alimente le solénoïde de la valve conformément au signal de consigne (généralement ± 10 V_{dc}). Le solénoïde transforme le courant électrique en force mécanique qui actionne le tiroir/obturateur face à un ressort de rappel: l'augmentation du courant fournit une augmentation correspondante de la force entraînant la compression du ressort de rappel, donc le mouvement du tiroir, d'où la régulation progressive du débit ou de la pression par variation des ouvertures de passage. En cas de coupure de courant, les ressorts rappellent le tiroir sur la position de repos conformément à la configuration de la valve. Dans les exécutions pilotées, le pilote proportionnel régule le débit et la pression qui contrôle le tiroir ou clapet de l'étage principal actionné.

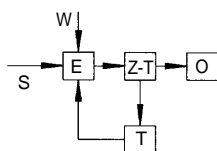
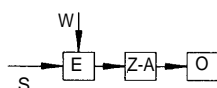


3 BOUCLES DE CONTROLE

Il y a deux types de boucles de contrôle: boucle ouverte et boucle fermée

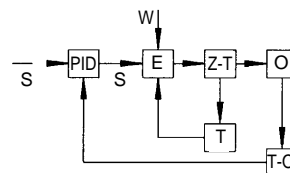
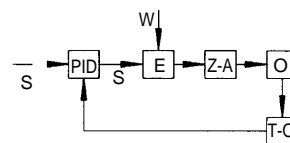
Contrôle en boucle ouverte, voir paragraphe 11

Le contrôle hydraulique est effectué via la modulation du signal électrique au solénoïde sans vérification du résultat final de la boucle de régulation.



Contrôle en boucle fermée, voir paragraphes 12, 13

Les paramètres régulés sont vérifiés en continu via des capteurs de rétroaction; les contrôles en boucle fermée ne sont pas soumis aux perturbations de l'environnement.



Légende:

- W = puissance DC (courant continu)
- S = signal de consigne
- Z-A, -T = valves respectivement en exécution -A ou T
- E = platine électronique
- T = capteur de la valve
- T-O = capteur du système
- O = actionneur
- PID = contrôle de l'axe

Diagrammes synoptiques typiques des systèmes proportionnels, exemple d'utilisation des valves -A, -T:

Le code Atos -A = valves sans capteur intégré; -T = valves avec capteur intégré; -TE = comme ci-dessus avec en plus la platine électronique intégrée et prêtée en usine, raccordée en boucle fermée; cette solution est la plus pratique et la plus moderne.

4 L'ELECTRO-HYDRAULIQUE COMPAREE A L'ELECTRO-MECANIQUE

Les axes électro-hydrauliques sont facilement programmables de façon analogue aux systèmes électro-mécaniques et permettent une automatisation flexible logiciel de l'unité centrale de contrôle. En comparant les systèmes électro-mécaniques aux systèmes électro-hydrauliques, ces derniers ont les avantages suivants:

- protection intrinsèque contre les surcharges
- autolubrification du système
- haute densité de puissance
- adaptation automatique aux forces
- variation simple et continue de la vitesse, des forces et du couple
- réponse rapide
- capacité de stockage de l'énergie
- longue durée de vie et excellente fiabilité

Les servoactionneurs avec capteurs et électronique intégrés représentent la solution électro-hydraulique de pointe, qui n'exige qu'une simple conduite pour l'alimentation hydraulique et un simple câble pour l'électronique de contrôle; ils sont disponibles en exécution étanche pour des applications en milieu extérieur, mobiles et marines ou en exécution antidéflagrante pour des installations chimiques et offshore. Ils simplifient la conception grâce à la souplesse de leur automatisation et de leur fiabilité maximale.

5 VALVES ATOS DE CONTROLE PROPORTIONNELLES

Atos, leader à l'avant-garde de l'électronique proportionnelle, offre aujourd'hui une ligne de pointe.

Les valves peuvent être à tiroir (provenant des électrodistributeurs) ou à cartouche (éléments logiques); elles peuvent se grouper en deux familles de base avec des solénoïdes de dessin différent.

Solénoïde ZO (R): il s'agit d'un solénoïde (30 W) conçu pour commander directement les valves ISO/Cetop, tailles 03-NG6 et 05-NG10, assemblées en différentes exécutions:

ZO(R)-A: pour des applications en boucles ouvertes ou fermées avec poussoir manuel;

ZO(R)-AE: comme ZO-A mais ayant en plus l'électronique intégrée.

ZO(R)-T: avec capteur électronique intégré permettant d'excellentes prestations statiques et dynamiques;

ZO(R)-TE: comme ci-dessus mais ayant en plus l'électronique intégrée et prêtée pour la boucle de contrôle.

6 LES NOUVELLES VALVES PROPORTIONNELLES COMPAREES AUX SERVOVALVES

Les nouvelles valves des lignes ZO et ZOR sont analogues à de bonnes servovalves tout en conservant les bénéfices typiques de l'hydraulique proportionnelle: une sensibilité inférieure, des exigences de filtration moins poussées, une stabilité intrinsèque, un entretien facilité donc une meilleure fiabilité. Elles peuvent également être utilisées dans des systèmes de contrôle en boucle ouverte, grâce à leur haute stabilité.

La plupart des valves proportionnelles sont du type "fail-safe" car elles atteignent automatiquement la position de sécurité hydraulique en cas de coupure du signal.

7 DES VALVES PROPORTIONNELLES AVEC ELECTRONIQUE INTEGREE: POURQUOI?

Dans la nouvelle génération des valves -AE -TE avec électronique intégrée, le signal électronique définit la position du tiroir principal, donc la régulation de la valve, en boucle fermée, avec monitoring de la sortie pour permettre des contrôles de sécurité: elles sont de plus en plus utilisées dans de nombreuses applications modernes, car l'électronique intégrée, prêtée à l'usine, garanti non seulement une grande fonctionnalité et l'interchangabilité entre valves, mais également la simplification du câblage et de la régulation du système.

L'électronique est enrobée de résine et se trouve dans un boîtier métallique IP65, anti-choc qui garantit la résistance aux vibrations et l'étanchéité aux agents atmosphériques; les bobines sont entièrement plastifiées.

8 FAIL-SAFE

Les valves proportionnelles peuvent être configurées pour utiliser la fonction de "fail-safe", c'est-à-dire pour garantir, en cas d'absence de signal de consigne ou en cas de coupure de l'alimentation électrique, que la configuration du système ne provoque aucun accident. La fonction de "fail-safe" peut être réalisée directement à partir de la valve proportionnelle (intrinsèque dans l'exécution de la valve) ou elle peut être réalisée par des opérations séquentielles d'un groupe de valves.

9 COMPOSANTS POUR LES CONTROLES PROPORTIONNELS

Les valves proportionnelles peuvent être groupées en quatre familles distinctes:

- **valves de contrôle de pression**: limiteurs de pression et valves de réduction de pression; elles offrent de vastes possibilités d'application grâce à leur capacité de réguler la pression proportionnellement au signal de consigne (jusqu'à la pression maxi. qui se règle manuellement et peut être bloquée);
- **valves de contrôle de direction à 4 voies**: pour diriger et réguler le débit du fluide proportionnellement au signal de contrôle de la valve. Ces valves peuvent être utilisées dans des systèmes de contrôle en boucle ouverte ou fermée, pour fixer la direction, la vitesse et l'accélération/décélération des actionneurs et des servoactionneurs. Elles peuvent également être utilisées pour réguler la valeur de la pression dans un boucle fermé.
- **valves à cartouche**; plusieurs types: limiteurs de pression, réducteurs de pression, contrôleurs de débit et de direction à 2 et 3 voies.
- **valves de contrôle de débit**: à 2 ou 3 voies, elles sont compensées en pression et sont donc principalement utilisées pour des applications en boucle ouverte.

L'électronique de contrôle comprend:

- **platines pour les valves proportionnelles sans capteur intégré**: -AC, -AE pour applications en boucle ouverte ou fermée.
- **platines pour les valves proportionnelles avec capteur intégré**: -T, -TE (R) pour applications de contrôle en boucle ouverte ou fermée; elles comparent le signal de rétroaction du capteur de la valve avec le signal de consigne à l'entrée (tension ou courant) créant ainsi le "signal d'erreur" qui agit sur la régulation de la valve proportionnellement à celui-ci en modulant le courant appliqué au solénoïde.
- **platines accessoires** pour fonctions annexes telles que la génération de cycles, de consignes, d'interfaces, l'alimentation de puissance, la visualisation des valeurs des paramètres de régulation, etc.
- **capteurs et joysticks**: capteurs de course, de vitesse, de pression pour le contrôle des paramètres régulés; joysticks pour la commande à distance;
- **contrôleurs d'axes électroniques**: ils comparent le signal de rétroaction du capteur du système avec le signal d'entrée (tension ou courant) créant ainsi le "signal d'erreur" fourni à la platine de la valve comme nouveau signal de consigne.

10 SYSTEMES HYDRAULIQUES INTEGRES DANS DES RESEAUX DE COMMUNICATION

Les systèmes électro-hydrauliques modernes peuvent être intégrés dans les réseaux de communication appelés normalement bus de terrain (comme PROFIBUS, INTERBUS-S, etc.).

Le bus de terrain est généralement utilisé pour raccorder des capteurs, des interrupteurs, des moteurs, des actionneurs et d'autres dispositifs.

Jusqu'à présent la connexion et le contrôle des valves hydrauliques était principalement réalisée via des liaisons numériques ou par des connexions point-à-point avec des câblages et démarrages coûteux.

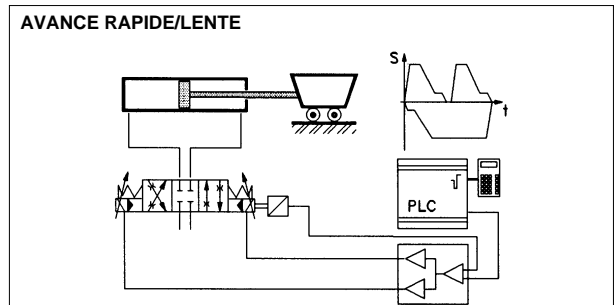
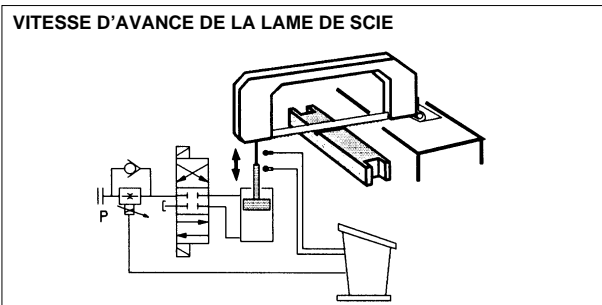
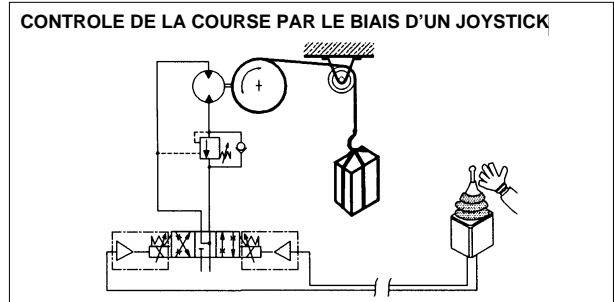
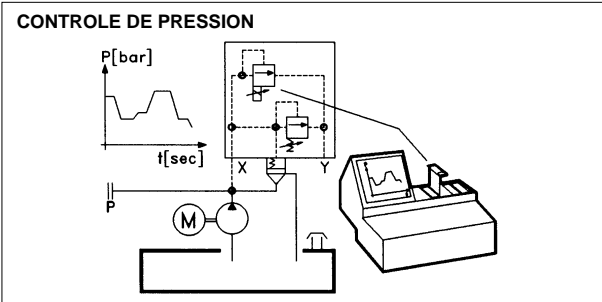
On peut utiliser un réseau de champ pour contrôler les valves hydrauliques proportionnelles via des câbles téléphoniques à deux fils, peu coûteux, pour transmettre le signal de consigne aux valves à partir du PLC et inversement pour le signal de rétroaction simultanément avec les informations générales du champ.

11 CONTROLE EN BOUCLE OUVERTE : SCHEMAS TYPIQUES

Le contrôle en boucle ouverte peut fournir une lente progression entre les différents niveaux des paramètres hydrauliques, sans discontinuité où l'opérateur tient le rôle de contrôleur visuel continu de la rétroaction comme, par exemple, dans des applications de "contrôle à distance".

Il est généralement appliqué là où une haute précision n'est pas requise; en effet, les contrôles en boucle ouverte peuvent subir des perturbations telles que les variations de température et de viscosité du fluide, les effets d'inertie de la charge dus aux masses en mouvement. etc.

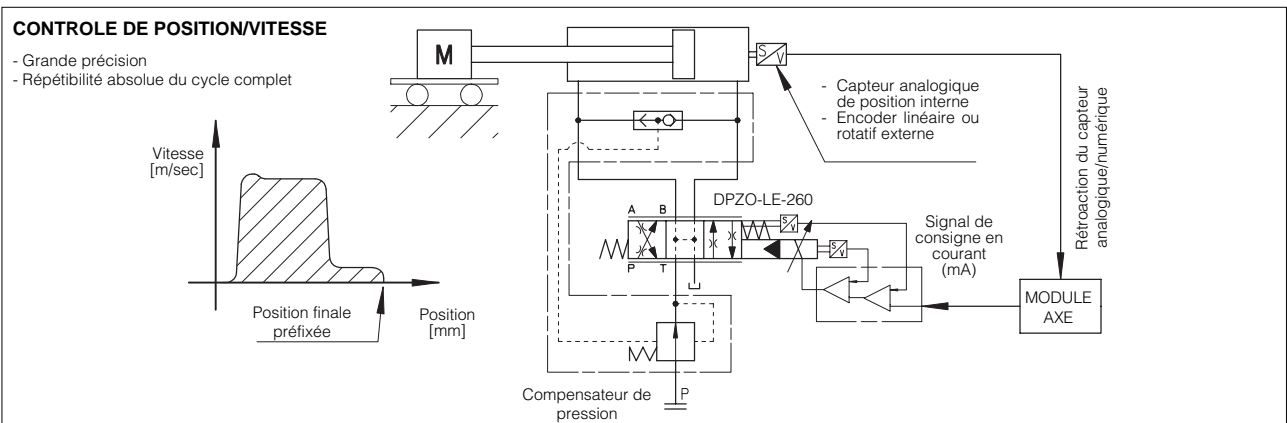
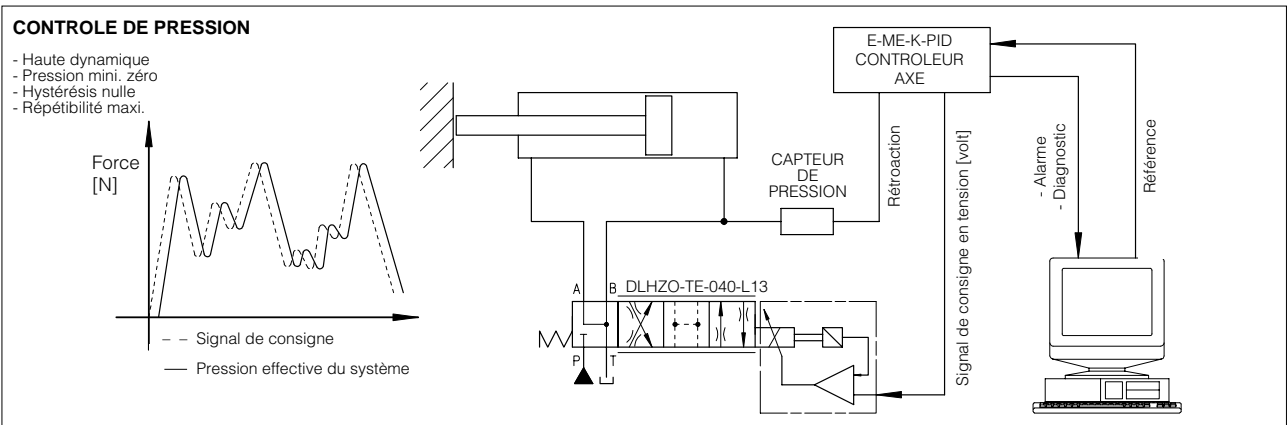
Ci-après, nous illustrons quatre applications typiques en boucle ouverte.



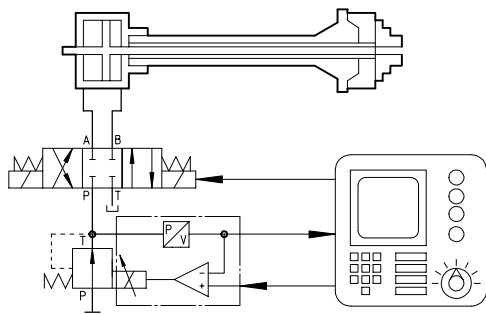
12 BOUCLE FERMEE : SCHEMAS TYPIQUES

Dans le contrôle en boucle fermée, les paramètres régulés sont vérifiés en continu par des capteurs de rétroaction; de ce fait, ces contrôles ne sont soumis à aucune perturbation extérieure.

Les capteurs électroniques de rétroaction qui mesurent les résultats de la régulation (position, force, pression, angle, etc.) peuvent être intégrés dans les platines ou être montés à l'extérieur de la machine. Les capteurs envoient des signaux électriques au contrôleur électronique. Le contrôleur (carte analogique PID ou module d'axes numérique) reçoit les rétroactions et les compare avec les signaux de consigne. La différence entre ces deux signaux (erreur) active le contrôle PID et modifie le signal de commande à la valve proportionnelle. Le contrôle en boucle fermée garantit un contrôle constant et des résultats uniformes; il représente donc la meilleure solution pour le contrôle complet de la machine et pour obtenir d'excellentes prestations.

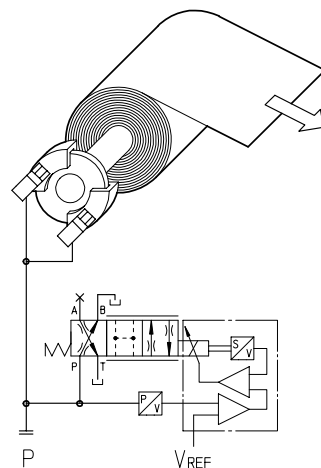


Contrôle de la pression pour le serrage d'une broche avec RZGO-TER



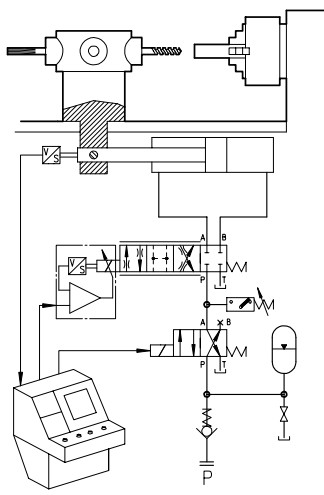
Les broches de serrage pour l'usinage de perçages profonds doivent absolument avoir le contrôle automatique des forces de serrage pour éviter d'abîmer des outils coûteux. Le signal de contrôle est traité par un système CNC et la valve proportionnelle possède son capteur de pression et son électronique en boucle fermée intégrés.

Contrôle du frein sur une machine de filature-trame avec DLHZO-TE



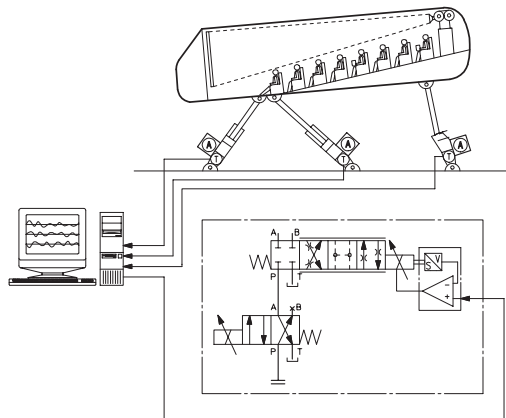
Le contrôle de la force de tension sur une machine textile de trame s'obtient à partir d'un système proportionnel qui régule l'action du frein. La valve a une électronique intégrée pour contrôler la pression de freinage en boucle fermée via le signal de rétroaction du capteur de pression; la différence avec le contrôle de pression conventionnel est que ce système permet une régulation fine en partant d'une pression nulle.

Contrôle de l'axe sur une unité transfert avec DLHZO-TE



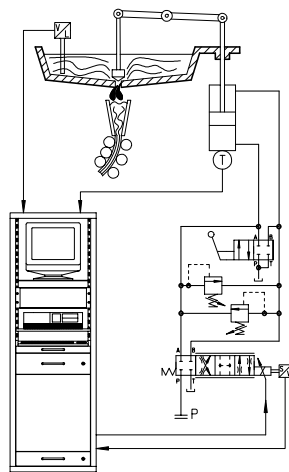
L'exemple montre une valve proportionnelle à caractéristique non linéaire, pour augmenter la définition dans la plage des faibles signaux, commandée par des modules d'axe afin d'obtenir des contrôles précis de vitesse et de position. L'accumulateur maintient une pression hydraulique constante pour garantir un différentiel de pression dans la valve proportionnelle pour n'importe quelle condition de fonctionnement. En cas d'urgence, la valve à solénoïde ON/OFF est désexcitée (il faut donc l'exciter pour rétablir les fonctions de service) quand la valve proportionnelle se trouve sur sa position intermédiaire de recouvrement nul.

Simulateurs pour cinéma dynamique avec DLKZOR-TE



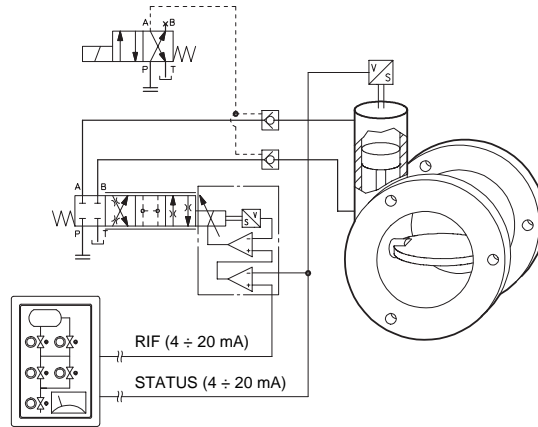
On peut obtenir une vaste gamme de simulations avec des dispositifs analogues à cet exemple; ils montrent un équipement mobile commandé par servo-vérins équipés de valves proportionnelles avec électronique intégrée. Les mouvements sont coordonnés par un système électronique par biais d'un ordinateur qui coordonne les mouvements suivant les images de l'écran.

Contrôle de la coulée dans une aciérie avec DLHZO-TE

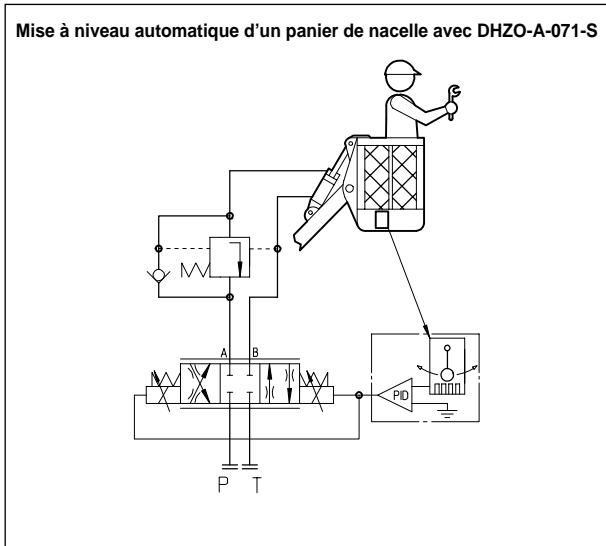


Dans des applications sidérurgiques, on conçoit expressément des unités électrohydrauliques solides pour garantir la fiabilité et les prestations. L'exemple montre un système électrohydraulique, destiné à réguler le niveau d'acier fondu, comprenant une valve proportionnelle avec électronique intégrée, un dispositif manuel d'urgence, un servovérin hydraulique avec capteur potentiométrique et un monobloc intégré comprenant les valves de contrôle; le tout est préparé et prêt à l'usage.

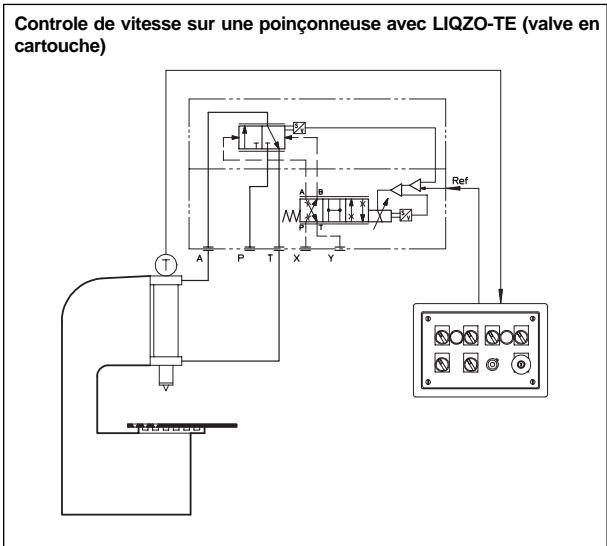
Positionnement de la valve de process avec DLKZOR-TE



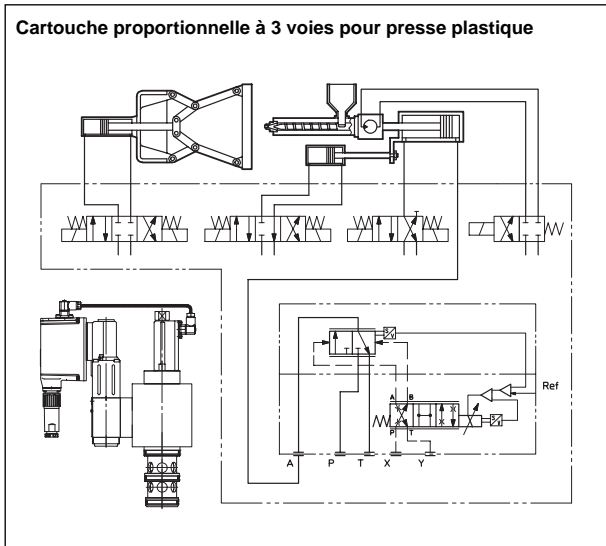
Le contrôle de l'ouverture de cette vanne est aisément réalisé par le biais de ce système électrohydraulique: un signal de consigne compris entre 4 et 20 mA définit la position d'ouverture à travers une valve de régulation en boucle fermée avec liaison permanente au moniteur pour contrôles de sécurité. L'électronique intégrée est assurée entre 4 - 20 mA par la commande de process de l'ordinateur. Le blocage de sécurité est effectué à travers 2 clapets pilotés par une valve ON/OFF indépendante.



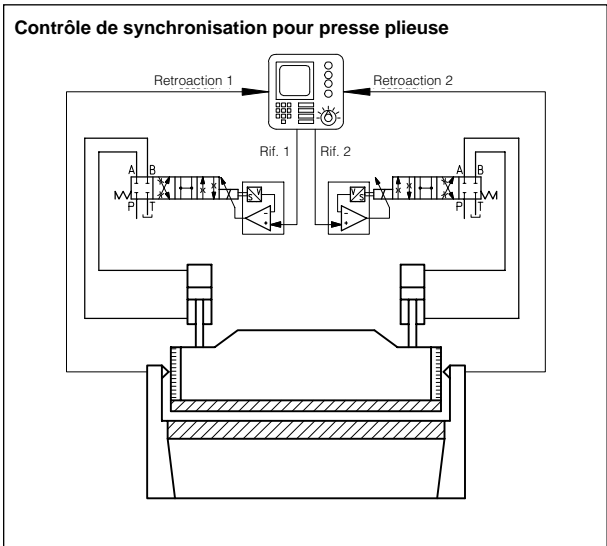
Cette application maintient automatiquement l'horizontalité du le panier de la nacelle grâce à la valve proportionnelle contrôlée par un module électronique spécifique composé d'un capteur de niveau asservissant l'électronique en boucle fermée. Le système électrohydraulique est un modèle compact intégré directement sur la valve.



Ce schéma montre un circuit différentiel utilisant une cartouche proportionnelle avec électronique intégrée, destiné à piloter une poinçonneuse à haute fréquence. Ces hautes performances sont atteintes grâce à l'utilisation d'une boucle fermée de contrôle du capteur de position intégré dans le vérin de poinçonnage.



Dans les presses pour matériel plastique les trois fonctions principales, c'est-à-dire la vitesse d'injection, le profil de pression et la phase de contre-pression seront contrôlées depuis un étrangleur proportionnel à cartouche. Le contrôle électronique est réalisé depuis une valve proportionnelle avec capteur de position et électronique intégrés qui ferme la boucle sur l'obturateur principal par un tarage précis et une dynamique élevée.



Dans les exécutions presse plieuse les deux vérins qui doivent effectuer la montée/descente de la traverse doivent se déplacer en synchronisme avec une précision de position élevée durant le mouvement. Ceci est obtenu efficacement par l'intermédiaire de deux valves proportionnelles contrôlées en boucle fermée depuis l'unité centrale qui utilise les signaux provenant des capteurs de position montés sur la traverse.

14 TERMES PROPRES

Répétibilité: La différence maximum entre les valeurs hydrauliques consécutives obtenues avec les mêmes paramètres du système (hydrauliques, électriques) après avoir effectué plusieurs cycles de commande. La répétibilité est mesurée en pourcentage de la consigne fixée par rapport à la plus grande valeur du résultat obtenue. Dans les applications en boucle ouverte elle dépend strictement de la qualité des performances du système.

Taux de fuites: La quantité de fluide s'échappant par l'orifice T quand les passages sont fermés dépend directement du soin apporté à la fabrication (pour une valve neuve). Ce taux nous donne un aperçu de la valeur minimum du débit contrôlé.

Signal de consigne: signal électrique envoyé au régulateur électronique afin d'obtenir le courant requis de pilotage de la valve.

Courant de pilotage: courant nécessaire à la valve pour s'ajuster dans un état donné, exprimé en milliampères [mA].

Courant de polarisation [mA]: courant de pilotage nécessaire pour donner à la valve son point de «reset» en-deça duquel aucun ordre donné ne sera pris en considération.

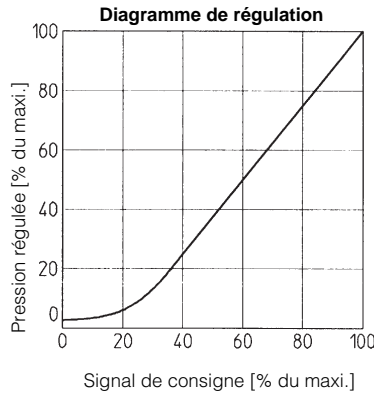
Dither: fréquence de pulsation du courant de pilotage

Echelle: c'est la relation, linéaire et réglable, existante entre le courant de pilotage et le signal de référence

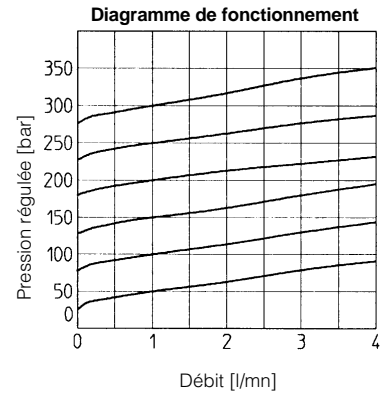
Temps de rampe: temps requis, réglable, pour modifier la valeur du courant de pilotage après modification du signal de référence.

Gain électrique: facteur de multiplication de l'erreur de la boucle destinée à corriger la valeur du courant de pilotage dans les applications fonctionnant en boucle fermées.

VALVES DE CONTROLE DE PRESSION



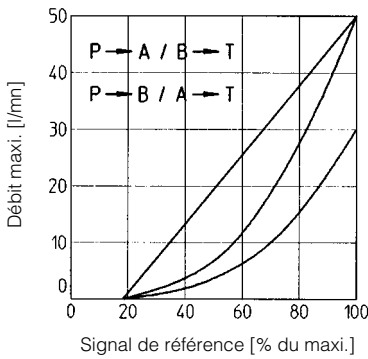
Comment varie la pression régulée de la valve suite aux variations du signal de référence.



Comment varie la pression régulée de la valve en fonction du débit qui traverse la valve.

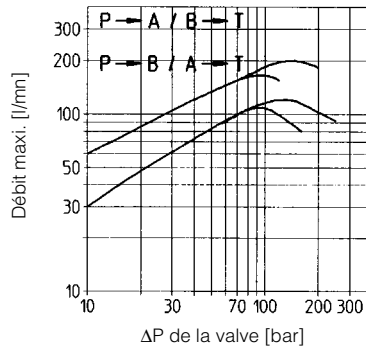
VALVES DE CONTROLE DE DEBIT ET DE DIRECTION

Diagramme de régulation fonction du Δp



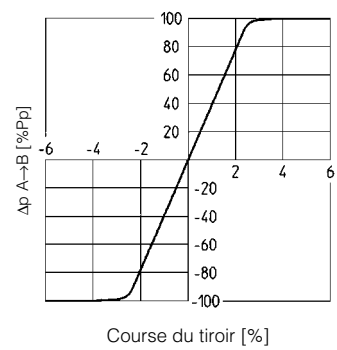
Comment varie le débit régulé de la valve suite aux variations du signal de référence.

Diagramme de régulation au signal de référence maxi.



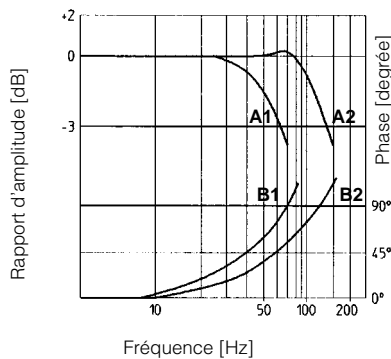
Débit régulé en fonction du Δp au signal de référence maxi.
Comment le débit régulé varie en fonction du Δp de la valve.

Diagramme du gain en pression



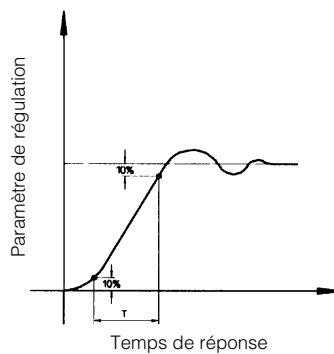
Comment varie la pression de sortie sur les orifices d'utilisation en fonction de la course du tiroir (tiroir à recouvrement nul en position de repos).
L'axe des X représente la course du tiroir exprimée en pourcentage de sa course totale.
L'axe des Y représente le Δp entre les orifices A et B exprimé en pourcentage de la pression d'entrée (orifice P).
Le gain en pression est la valeur de la course du tiroir [%] à laquelle correspond 80% de la pression d'entrée.

Diagramme de Bode



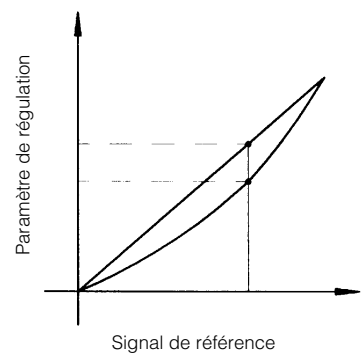
Les courbes montrent, pour des valeurs type ($\pm 5\%$ et $\pm 90\%$):
A) comment varie le rapport d'amplitude (entre l'amplitude du signal de référence et l'amplitude réelle de la course du tiroir) en fonction de la fréquence d'un signal de référence sinusoïdal.
B) comment varie le déphasage (entre le signal de référence sinusoïdal et la course réelle du tiroir) en fonction de la fréquence du signal de référence.

Temps de réponse-variation de l'entrée



Le laps de temps requis par la valve pour atteindre le paramètre de sortie hydraulique demandé par un changement du signal de référence (usuellement 0÷100%) se nomme le temps de réponse. Il est mesuré en millisecondes [ms] et permet d'évaluer facilement les caractéristiques dynamiques de la valve.

Hystérésis



La différence maximum entre deux valeurs hydrauliques obtenues par le même signal de référence appliqué pour la première à partir de zéro et pour la deuxième à partir du maximum se nomme hystérésis. Il est mesuré en pourcentage de la valeur maximum des paramètres de régulation hydrauliques.