



A XVIII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
CLUJ NAPOCA, 2018

PIERDERILE DE PUTERE ÎN INSTALAȚIILE HIDRAULICE LA REGLAREA VITEZELOR

Liliana DUMITRESCU, Carmen Anca SAFTA,
Ioan BĂLAN, Corneliu CRISTESCU

THE POWER LOSSES IN SPEED ADJUSTMENT OF HYDROSTATIC DRIVES

This paper aims to highlight how a particular hydraulic configuration can influence power losses in a hydraulic drive scheme. From this point of view, hydraulic schemes of hydraulic linear cylinders are discussed.

Key words: design, hydraulic system, power losses, control speed
Cuvinte cheie: proiectare, sistem hidraulic, pierderi de putere, controlul vitezei

1. Introducere

Un sistem de acționare hidraulică transformă energia mecanică primită de la o sursă primară de energie, în energie hidraulică, pe care o transmite unor elemente de execuție (motoare hidraulice) ce vor transforma energia hidraulică în lucru mecanic util prin intermediul uleiului hidraulic.

Sistemele de acționare hidraulică au diferite structuri particularizate utilajului acționat și funcțiilor realizate de utilaj. De la pompa de alimentare cu ulei sub presiune la motoarele hidraulice de execuție orice schema hidraulică de acționare cuprinde elemente de reglare, distribuție și control (drosele, regulatoare de debit, distribuitoare, supape), dar și elemente de legătură (conducte rigide

sau flexibile). Toate aceste elemente introduc în sistemul hidraulic pierderi de presiune hidraulică, care se vor transforma în căldură afectând randamentul instalației de acționare [1, 2]. În literatura de specialitate se apreciază că energia consumată de sistemul de acționare pentru a realiza un lucru mecanic util este de 40 % din energia produsă de sistem, în timp ce 60 % reprezintă energie pierdută prin pierderile de sarcină hidraulică, pe de o parte, dar și prin pierderile de debit din circuitul de retur [1, 2, 3, 4].

De aceea este foarte importantă modalitatea de concepere a schemei hidraulice de acționare; între pompa de alimentare și motorul hidraulic de execuție este bine să avem un număr cât mai mic de componente hidraulice (rezistențe hidraulice) și legături cât mai scurte, figura 1.

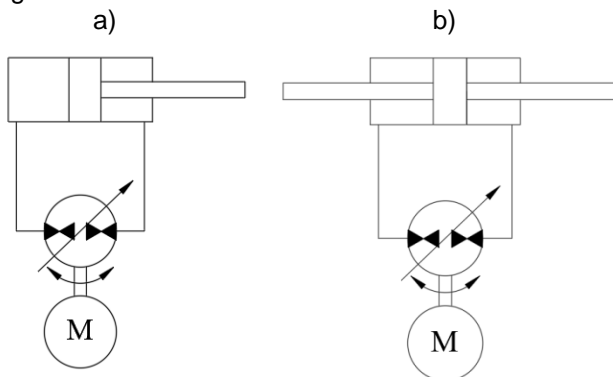


Fig. 1 Schemă în circuit închis cu pompă reversibilă și control direct, pentru controlul unui motor hidraulic liniar cu dublă acțiune cu piston, cu tijă unilaterală (a) sau bilaterală (b), [4]

În acest context, hidraulica digitală oferă soluții constructive mult mai eficiente energetic, deoarece grupul de rezistențe hidraulice montate în paralel într-o structură compactă poate înlocui performanțele dinamice ale hidraulicii proporționale fără pierderi de presiune și debit, figura 2, [5, 6].

În lucrarea de față se vor prezenta schemele hidraulice de acționare a cilindrilor hidraulici liniari (CHL) cu reglarea vitezelor. Se va pune în evidență pentru fiecare schemă modul în care variază presiunea (Δp) și debitul (ΔQ).

2. Reglarea vitezelor cu drosel și drosel de cale

Drosel simple pot regla debitul în ambele direcții de trecere și ele se montează direct pe conductele de legătură ale CHL. Este necesar ca droselul simplu să acționeze atât la alimentarea uneia din

camerele cilindrului cât și la evacuarea acesteia. Pentru ambele direcții de curgere este necesară aceeași suprafață a pistonului cilindrului, astfel încât, dependent de variațiile sarcinii să se obțină aceeași viteză (figura 3, cazul a).

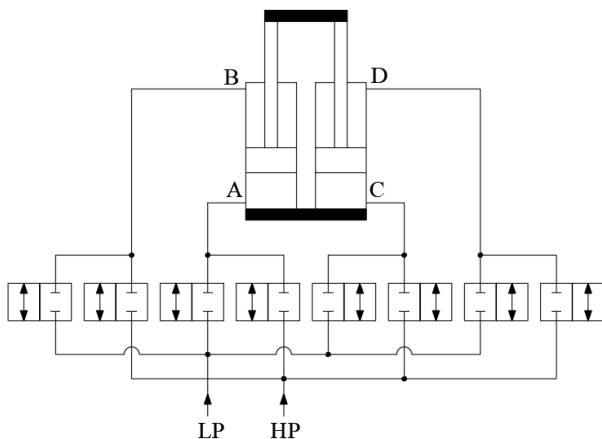


Fig. 2 Schemă de acționare hidraulică digitală a cilindrului hidraulic dublu efect, [5]

Dacă viteza trebuie reglată doar într-o direcție de deplasare a consumatorului, este necesar să

se introducă un droșel de cale (cu supapă de ocolire înglobată) (figura 3, cazul b). Prin introducerea a două droșele de cale pe conductele consumatorului vitezele pot fi reglate independent în ambele direcții de deplasare (figura 3, cazul c).

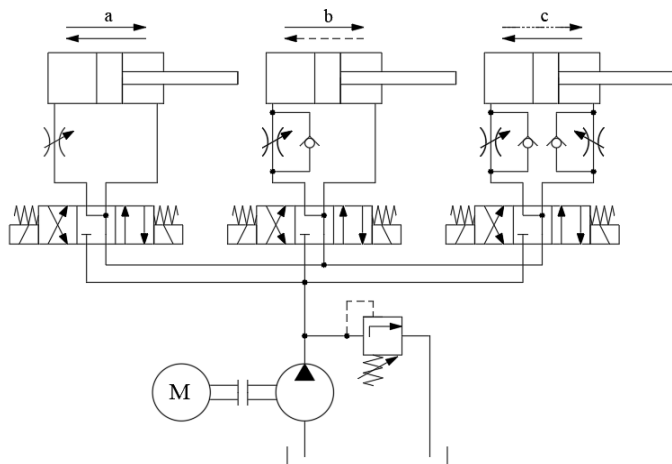


Fig. 3 Schemă de acționare motoare hidraulice liniare cu reglare de viteză folosind droșele (a) și droșele de cale (b și c)

Reglajul vitezei cu drosеле este dependent de variația sarcinii. Dacă variațiile de sarcină trebuie compensate pentru a menține vitezele reglate, atunci este necesară folosirea reglatoarelor de debit. Reglatoarele de debit pot regla doar într-o singură direcție și ele se combină, de obicei, cu o supapă de ocolire.

3. Pierderea de putere la reglarea vitezelor prin droselizare

Reglarea vitezelor motoarelor hidraulice (CHL și motoare hidraulice rotative) prin droselizarea debitului Q este nemijlocit legată de pierderi de putere hidraulică.

În continuare se prezintă cum pot fi micșorate aceste pierderi.

3.1. Regulator de debit cu 2 căi și pompă cu debit fix

În schema din figura 4 se constată că o parte din debitul Q_1 furnizat de pompă este descărcat prin supapa de limitare a presiunii (ΔQ).

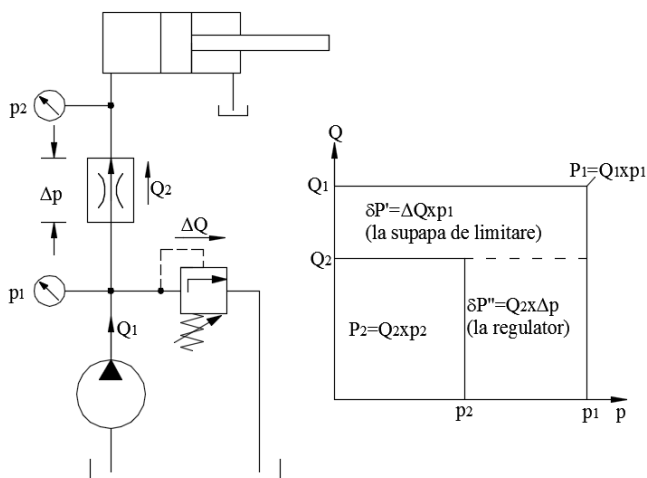


Fig. 4

Schemă de acționare CHL cu reglare de viteză folosind regulator debit cu 2 căi și pompă cu debit fix

Deoarece valoarea presiunii reglate p_1 este mereu superioară presiunii de lucru p_2 care depinde de sarcină, apare și un surplus de presiune care este disipat în căldură prin droselul regulatorului și prin supapa de limitare a presiunii.

În diagrama alăturată schemei de acționare, (figura 4) puterea ($P = p \cdot Q$) este reprezentată ca o suprafață în coordonatele p și Q .

Diferența dintre puterea transmisă P_1 și puterea utilizată P_2 reprezintă puterea pierdută. Pentru a obține o pierdere de putere cât mai mică este necesar să se realizeze un produs ($p_1 \cdot Q_1$) cât mai mic.

3.2. Regulator de debit cu 3 căi și pompă cu debit fix

Față de schema prezentată în figura 4, surplusul de debit ΔQ nu va fi descărcat la rezervor prin supapa de limitare a presiunii, ci prin cel de-al treilea orificiu al regulatorului, ca în figura 5.

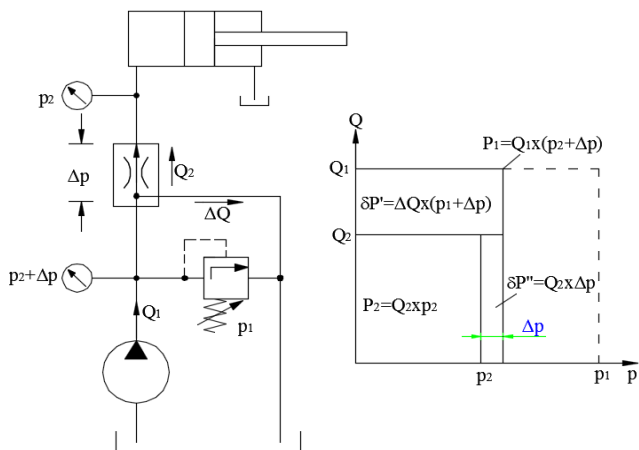


Fig. 5

Schemă de acționare CHL cu reglare de viteză folosind regulator debit cu 3 căi și pompă cu debit fix

Descărcarea surplusului de debit nu se efectuează la presiunea maximă reglată, ci la presiunea momentană de lucru dependentă de diferența de presiune, Δp înregistrată la droselul regulatorului și menținută constantă de către supapa de compensare a regulatorului. Supapa de limitare a presiunii intervine numai în momentul în care presiunea de lucru depășește valoarea reglată.

În diagrama p - Q din figura 5 puterea pierdută este substanțial mai mică decât în cazul anterior. Se subliniază faptul că regulatoarele cu 3 căi nu pot fi montate în paralel, drept pentru care sunt mai rar utilizate decât cele cu 2 căi.

3.3. Regulator de debit cu 2 căi în "by-pass"

Un bilanț al puterii asemănător cu cel de la pct. 3.2 se înregistrează și în cazul regulatorului de debit cu 2 căi montate în "by-pass", figura 6. În această schemă surplusul de debit ΔQ va trece prin

regulatorul de debit cu 2 căi către rezervor, la presiunea de lucru p_2 și nu la presiunea maximă p_1 reglată la supapa de limitare.

Această variantă poate deservi doar un singur consumator pe pompa instalată. Se subliniază faptul că restul de debit (ΔQ) poate fi folosit de un alt consumator.

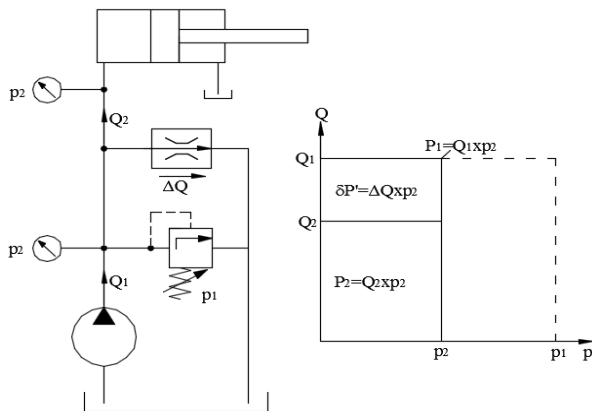


Fig. 6 Schemă de acționare CHL cu reglare de viteză folosind regulator de debit cu 2 căi montat în "by pass"

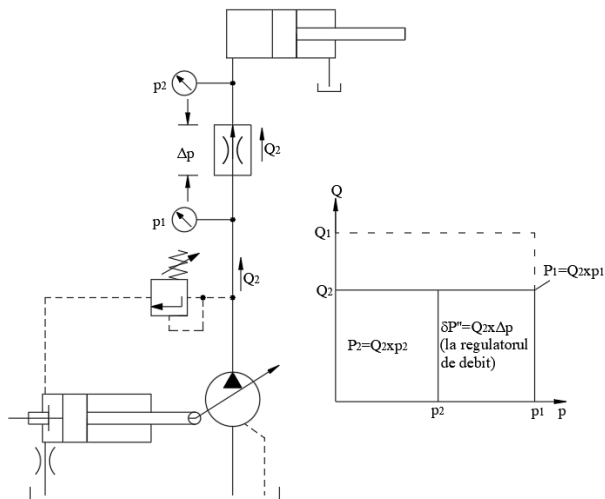


Fig. 7

Schemă de acționare CHL cu reglare de viteză folosind regulator debit cu 2 căi și pompă cu debit variabil și regulator de presiune

3.4. Regulator de debit cu 2 căi și pompă cu debit variabil cu regulator de presiune

Pompa reglabilă cu regulator de presiune (constantă) poate furniza orice debit între $Q = 0$ și $Q = Q_{\max}$. Pompa se reglează automat la valoarea debitului necesar și nu produce astfel niciun surplus de debit.

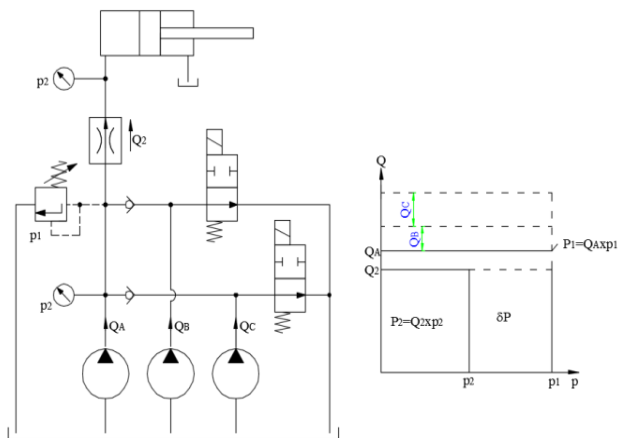
Presiunea reglată p_1 la regulatorul pompei este permanent mai mare decât presiunea de lucru p_2 . Surplusul de presiune ($\Delta p = p_1 - p_2$) creează o pierdere de putere pusă în evidență în diagrama $p - Q$ din figura 7. Pierderea de putere poate fi micșorată prin reglarea corespunzătoare (la diferență Δp cât mai mică) a regulatorului de presiune al pompei.

În cazul montării unei supape suplimentare de limitare a presiunii, acesta va avea doar funcția de siguranță a circuitului de refulare a pompei.

La sistemul arătat este posibilă reglarea debitului cu mai multe regulatoare de debit montate în paralel.

3.5. Regulator de debit cu 2 căi și mai multe pompe cu debit fix

Adaptarea sistemului la debitul necesar se poate realiza și prin utilizarea mai multor pompe fixe ca în schema din figura 8. Surplusul de



debit va fi descărcat la rezervor fie prin distribuitoare fie prin supapele de presiune cu cuplare electrică.

Fig. 8 Schemă de acționare CHL cu reglare de viteză folosind regulator debit cu 2 căi și pompe cu debit fix

3.6. Pompă cu debit variabil cu reglare combinată a presiunii și a debitului (LOAD SENSING)

În figura 9 este prezentată o pompă cu cilindree (debit) variabilă, și un dispozitiv de reglare combinată a presiunii și a debitului. Regulatorul de debit cu 2 căi este înglobat în dispozitivul de reglare al pompei și este compus dintr-un bloc de droselizare reglabil și dintr-un sertar de compensare a presiunii.

Atâta timp cât secțiunea de droselizare a sertarului de compensare influențează debitul furnizat consumatorului, pentru a păstra constantă diferența de presiune (Δp) pe droselul reglabil, se acționează și asupra debitului pompei folosind sertarul de compensarea presiunii ce acționează cilindrul hidraulic pentru reglarea cilindrului pompei.

Acest principiu este utilizat mai ales în instalațiile hidraulice pentru utilaje mobile și este cunoscut sub denumirea de "LOAD SENSING" [7].

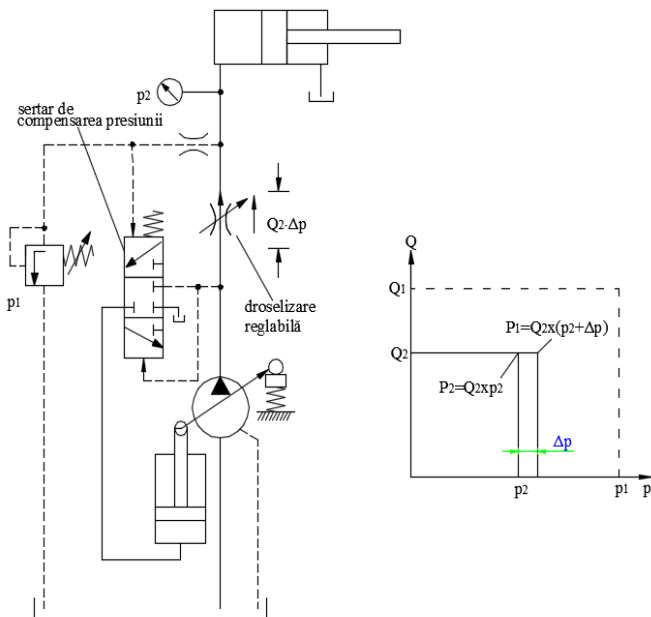


Fig. 9 Schemă de acționare CHL cu reglare de viteză și alimentare cu pompă cu LOAD SENSING

Așa cum reiese din diagram $p - Q$ bilanțul de putere este favorabil economisirii energiei. Produsul $Q_2 \cdot \Delta p$ reprezintă o putere pierdută relativ mică.

Reglarea debitului este legată de regulatorul de presiune al pompei variabile, determinând funcționarea pompei la valoarea constantă a presiunii reglate.

Precizia mare de reglare a debitului conduce la menținerea reglajului de adaptare la sarcină chiar și la eventuale oscilații de presiune.

Se precizează faptul că numai un singur consumator poate fi deservit de circuitul pompei cu dispozitiv de adaptare la sarcină.

4. Concluzii

- Conceperea unui sistem de acționare hidraulică ține cont, în primul rând, de puterea cerută de consumator.
- În funcție de necesarul de energie al mecanismelor antrenate, schema hidraulică poate fi mai simplă sau mai complexă, cu un număr mai mic sau mai mare de componente și implicit cu pierderi energetice diferite.
- Din punct de vedere energetic, schemele hidraulice pot fi îmbunătățite astfel încât consumul inutil de energie să fie cât mai mic. Acest lucru crește costul instalației deoarece soluțiile constructive necesită componente mai scumpe (ca exemplele din Fig. 7 și 9) iar utilizarea lor poate fi justificată doar dacă timpul de utilizare este mai mare. De aceea în optimizarea eficienței energetice a unei scheme de acționare trebuie avut în vedere și factorul de timp, nu numai cel de putere.
- Și nu în ultimul rând, soluția optimă din punct de vedere energetic va ține cont și de costuri.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Triet, Hung, Ho, Kyoung Kwan, Ahn, *Design and control of a closed-loop hydraulic energy-regenerative system*, Automation in Construction 22 (2012) 444–458.
- [2] Drumea, P., Dumitrescu, C., Hristea, A., Popescu, Ana-Maria, *Energy Use in Hydraulic Drive Systems Equipped with Fixed Displacement Pumps*, Hidraulica nr. 2/2016, pp 48-57, ISSN 1453 – 7303.
- [3] Zimmerman, J., Pelosi, M., Williamson, C., Ivantysynova, M., *Energy consumption of an LS excavator hydraulic system*. ASME international mechanical engineering congress and exposition, Seattle, WA, USA, 2007, pp. 117–126. [http:// dx.doi.org/10.1115/IMECE2007-42267](http://dx.doi.org/10.1115/IMECE2007-42267).
- [4] Zhongyi, Q., Long Q., Jinman Zhang, *Review of energy efficient direct pump controlled cylinder electro-hydraulic technology*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 35 (2014) 336–346
- [5] Drumea, P., *Energy Losses In Hydraulic Systems*, https://www.google.com/search?source=hp&ei=dmXgWtLYOKXt6QTJnayYCA&q=ENERGY+LOSSES+IN+HYDRAULIC+SYSTEMS+Dr.+Ing.+Petrin+DRUMEA+%E2%80%93+FLUIDAS+Bucure%C5%9Fti&oq=ENERGY+LOSSES+IN+HYDRAULIC+SYSTEMS+Dr.+Ing.+Petrin+DRUMEA+%E2%80%93+FLUIDAS+Bucure%C5%9Fti&gs_l=psyab..2.2.284.6..35i39k1.166.026gVKSRJ20
- [6] Matti, Linjama, Kalevi, Huhtala *Digital Hydraulic Power Management System – Towards Lossless Hydraulics*, The Third Workshop on Digital Fluid Power,

2010, Tampere, Finland, http://www.tut.fi/cs/groups/public_news/@1102/@web/@p/documents/liit/mdbw/mdmx/~edisp/p031984.pdf
[7] Darko, Lovrec, Mitja, Kastrevc, Samo, Ulaga, *Electro-hydraulic load sensing with a speed-controlled hydraulic supply system on forming-machines*, Int J Adv Manuf Technol, 2008, DOI 10.1007/s00170-008-1553-y, <http://courses.me.metu.edu.tr/courses/me516/Pres.pd>

Drd. Ing. Liliana DUMITRESCU, IDT III, Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare pentru Optoelectronică – Filiala Institutul de Cercetare pentru Hidraulică și Pneumatică (INOE 2000 – IHP) București
e-mail: lilianad.ihp@fluidas.ro

Prof.Dr.Ing. Carmen Anca SAFTA, Departamentul de Hidraulică, Mașini Hidraulice și Ingineria Mediului, Universitatea Politehnica București,
e-mail: safta.carmenanca@gmail.com

SIng. Ioan BĂLAN, Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare pentru Optoelectronică (INOE 2000) – Filiala Institutul de Cercetare pentru Hidraulică și Pneumatică, (INOE 2000 – IHP)
e-mail: balan.ihp@fluidas.ro

Dr. Ing. Corneliu CRISTESCU, CS I, Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare pentru Optoelectronică (INOE 2000) – Filiala Institutul de Cercetare pentru Hidraulică și Pneumatică, (INOE 2000 – IHP) București.
e-mail: cristescu.ihp@fluidas.ro