

# SOLUȚII UZUALE ÎN ACȚIONAREA HIDRAULICĂ A MACARALELOR MOBILE DE SARCINI MICI.( 1,5 - 6 TF.)

Gavril AXINTI – Prof.drd.ing.

Centrul de Cercetare pentru Mecanica Mașinilor și Echipamentelor Tehnologice  
Facultatea de Inginerie din Braila  
Universitatea “ Dunarea de Jos” Galati

**Summary:** In the work is presented solutions applied customary; in the actuation self-propelled cranes feather to six of little tasks tf. The analysis solutions realize an usual of still more actuation becomed of made to order best adjusted this type of equipment. The expressions analysis of global efficaciousness of the system of actuation for three types of actuations (commands): round of systems open actuation with manifold proportional (the flow rezistiv adjustment), round of system open actuation with regulate LOAD-SENSING-LS and the round of system open actuation with regulate LOAD-SENSING-LUDV.

## 1.INTRODUCERE

Macaralele sunt utilaje tehnologice utilizate pe șantierele de construcții, în domeniul naval, în domeniul industrial pentru ridicarea sarcinilor în vederea montării sau deplasării. Din categoria mașinilor de ridicat fac parte: macaralele rulante; macaralele telescopice; macaralele pe șine; macaralele portuare; macaralele de bord din domeniul naval; macaralele pentru construcții; poduri rulante pentru containere, etc.

Principala funcție a mașinilor de ridicat o constituie **manevrarea sarcinii**, pe verticală și longitudinal sau lateral. Pe lângă această funcție principală de manevrare a sarcinii macaralele trebuie să realizeze și funcții auxiliare ca: deplasarea utilajului și direcționarea acestuia; rotirea sarcinii; calarea utilajului la sol pentru asigurarea stabilității, echilibrarea sarcinii, etc.

Din enumerarea anterioară rezultă un număr mare de organe de lucru ce trebuie acționate simultan sau succesiv pentru a realiza ciclul de lucru specific acestor utilaje. Hidraulica oferă și în acest caz soluții simple și robuste, relații ieftine și soluții comode pentru service.

Se prezintă în cele ce urmează cele mai utilizate soluții pentru diverse tipuri de macarale de sarcină mică și foarte mică.

## 2.SCHEME UZUALE DE ACȚIONARE (COMANDĂ)

### 2.1.COMANDĂ REZISTIVĂ

Pentru această categorie de mașini o soluție de acționare este în circuit deschis, utilizând distribuitoare hidraulice proportionale cu comanda hidraulica sau electrica proportionala.

Schema bloc de acționare este prezentata în fig.1.

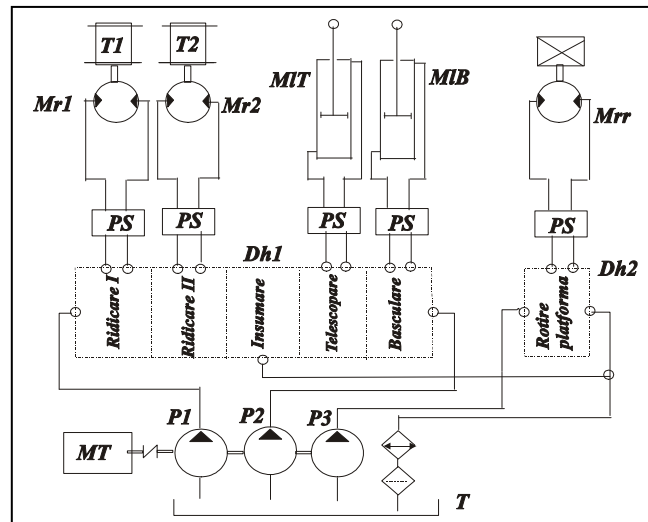


Fig.1. Schema de actionare a echipamentelor pentru macarale mici (comandă rezistivă)

Semnificația notațiilor din fig.1 este: P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub> - pompe cu cilindree fixă (montaj tandem); Dh<sub>1</sub> - distribuitor de comandă cu patru secțiuni; Dh<sub>2</sub> - distribuitor de comandă rotire; PS - protecție la spargerea rețelei; Mr<sub>1</sub>; Mr<sub>2</sub>; Mrr - motoare hidraulice rotative cu cilindree constantă; MIT; MIB - motoare hidraulice liniare.

Componentele ce realizează instalația de acționare a echipamentelor macaralei sunt:

- **Grupul de pompare**

format din motorul termic MT și grupul de trei pompe cu cilindree fixă. Soluția pentru montarea pompelor în tandem este cu utilizarea unor pompe cu roți dințate cu construcție specială pentru înserierea pompelor. Se pot utiliza și pompe cu pistoane axiale cu bloc înclinat cu cilindree fixă, montate pe o cutie de distribuție.

- **Distribuitorul hidraulic Dh<sub>1</sub> și Dh<sub>2</sub>**

Distribuitorul Dh<sub>1</sub> este un distribuitor hidraulic monobloc sau baterie, cu secțiune de sumare a debitului pe circuitul de retur și intrări individuale pentru circuitele pompelor. Comanda distribuitorului este realizată hidraulic proporțional. Distribuitorul conține supapele de protecție principale ale pompelor și supapele de protecție secundară și anticavitazionale.

Schema de principiu a distribuitorului este prezentată în fig. 2.

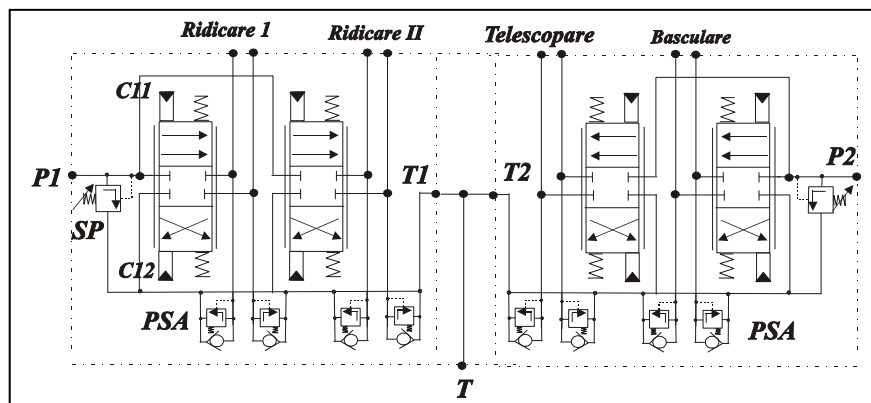
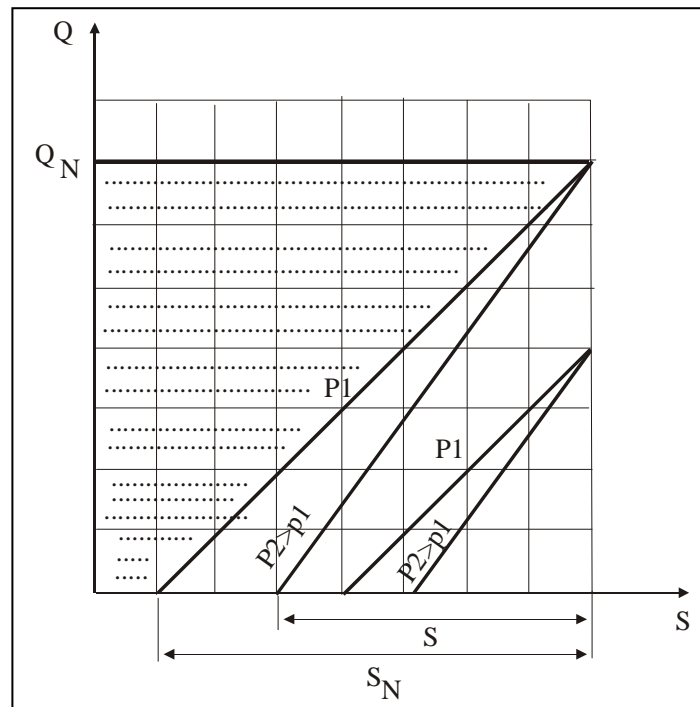


Fig. 2. Schema de principiu a distribuitorului DH1

Semnificația notațiilor din figura este: P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub> - prizele de cuplare a pompei P<sub>1</sub> și P<sub>2</sub>; T<sub>1</sub>; T<sub>2</sub>; T - priza de tanc; SP - supapa de protecție la suprasarcina principală; PSA - protecții secundare și anticavitaționale; CI<sub>1</sub>; CI<sub>2</sub>; CII<sub>1</sub>; CII<sub>2</sub> - comenzi hidraulice proporționale.

Distribuitoarea DH<sub>2</sub> este formată dintr-o singură secțiune de distribuție 4/3, supapă de protecție principală și supapele de protecție secundare și anticavitațională. Comanda este realizată tot hidraulic proporțional.

Reglarea debitului în distribuitorul proporțional este realizată în funcție de secțiunea de deschidere a distribuitorului, dependentă de cursa momentană (S) realizată pe sertarul de distribuție. Pentru această schemă de acționare a macaralei reglarea debitului este rezistivă, realizată în distribuitor. Caracteristica de comandă a distribuitorului este prezentată în fig. 3 (Reglarea debitului pe distribuitor).



**Fig. nr. 3. Caracteristica de comandă a secțiunii de distribuție**

Q<sub>N</sub> - debitul nominal al instalației (debitul pompei); p<sub>1</sub>; p<sub>2</sub> - presiunea pe motorul organului de lucru; Q - debitul preluat de motorul organului de lucru; S<sub>N</sub> - deschiderea maximă (nominală) a distribuitorului; S - deschiderea momentană a distribuitorului.

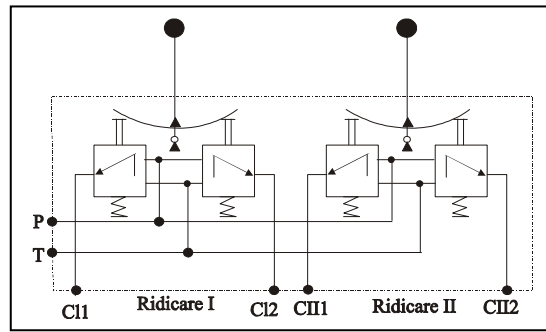
Expresia debitului de agent hidraulic preluat de motorul volumic al echipamentului, funcție de cursa momentană (S) a sertarului distribuitorului, este:

$$Q = Q_N - k\sqrt{\Delta p} \cdot S; \quad (1)$$

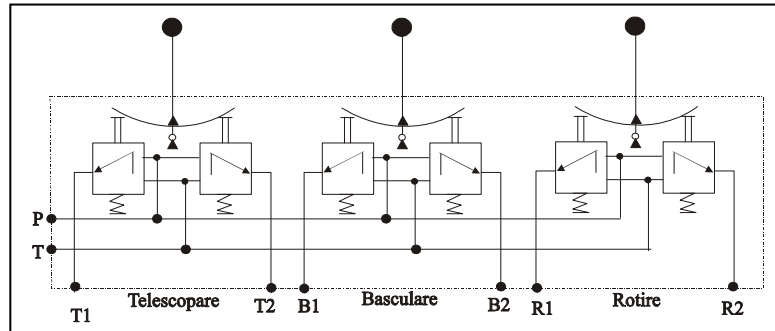
unde:  $\Delta p = p_s - p_1$ ; p<sub>s</sub> - presiunea de reglare a supapei de presiune ce deservește circuitul respectiv; p<sub>1</sub> - presiunea necesară organului de lucru; k - constantă a distribuitorului; S - cursa distribuitorului.

- **Schema de comandă a utilajului**

Pentru comanda distribuitorului hidraulic se folosesc comenzi hidraulice proporționale cu manetă de comandă dublă pentru ridicarea sarcinii (ridicare I și II) și o comandă triplă pentru celelalte echipamente (fig. 4).



a)



b)

**Fig. 4. Comenzi hidraulice proporționale ale echipamentelor**

a) Comanda ridicării sarcinii; b) comanda telescopării, basculării și rotirii; p - pompa circuitului de comandă; T - tanc; T<sub>1</sub>; T<sub>2</sub>; B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; R<sub>1</sub>; R<sub>2</sub>; C<sub>I</sub>; C<sub>II</sub> - senzuri de comandă.

- **Deplasarea utilajului,**

se realizează în variantă mecanică, cu cutie de viteze. Soluția de acționare este utilizată în special la macaralele de sarcină mică, montate pe autoșasiu. Deplasarea macaralei este realizată de către infrastructura utilizată, de obicei, pe șasiul unor camioane aflate în fabricație de serie.

Calarea la sol a macaralei, în acest caz se realizează, mecanic prin bascularea mecanică a unor calaje, acționate de către mecanisme cu șurub, sau altă soluție de acționare mecanică.

- **Eficiența energetică a acționării hidrostatice.**

Pentru a scoate în evidență eficiența sistemului de acționare utilizat la macaralele de mică capacitate, este necesar să se definească următoarele consumuri energetice:

- **Puterea consumată** în SAH (puterea hidraulică instalată a sistemului de acționare), este:

$$N_C = Q_N p_s ; \quad (2)$$

unde:  $p_s$  - presiunea de reglare a supapei SP a distribuitorului

- **Puterea utilă**, ce reprezintă puterea efectiv utilizată pentru prestația utilă (ridicarea sarcinii sau alte operații ce intervin în procesul tehnologic), este:

$$N_U = Q \cdot p_1 = (Q_N - k\sqrt{\Delta p S}) \cdot p_1 ; \quad (3)$$

ce rezultă din relația (1):

- **Puterea pierdută** (disipată în sistem, ce reprezintă procentul din puterea produsă, utilizată pentru reglarea parametrilor cinetici ai sistemului), este:

$$N_p = k\sqrt{\Delta p S}(p_s - p_1) ; \quad (4)$$

Cu aceste mărimi se definește randamentul acționării hidrostatice a echipamentului prin relația:

$$\eta_{SAH} = \left(1 - \frac{k\sqrt{\Delta p}}{Q_N} S\right) \frac{p_1}{p_s}; \quad (5)$$

## 2.2.COMANDA LOAD-SENSING

Pentru această categorie de mașini altă soluție de acționare este în circuit deschis, utilizând componente de acționare LOAD-SENSING (LS), respectiv pompe cu regulator LS și distribuitor LS. Comanda se realizează și în acest caz hidraulic sau electric proporțional. În acest caz există două soluții LS denumite: LS - standard și LS-LUDV-Last druck Unab (LUDV - (Lastdruck - Unabhängige Durchflussverstenung).

### 2.2.1.SOLUȚIA STANDARD-LS

**Soluția standard** reprezintă o soluție LS echipată numai pentru sesizarea sarcinii prin comandă,[12],[13],[14], ce realizează menținerea pompei pe debit zero pentru fazele de repaus ale utilajului (fără comandă) și soluția LS-LUDV, capabilă să modifice debitul pompei pe alte principii decât cele rezistive (cazul modificării cilindrului LUDV În principiu LUDV, reprezintă sistemul de reglare a debitului în sistem, independent de presiunea de încărcare a organului de lucru.

Schema de acționare a macaralei (prezentare de principiu) este redată în fig. nr. 5.

Componentele ce realizează instalația de acționare a echipamentelor macaralei sunt:

- **Grupul de pompare**, format din motorul termic (MT) și grupul de pompe  $P_1$  și  $P_2$ ;  $P_1$  - cu cilindrul variabilă cu regulator LS și  $P_2$  cu cilindrul fixă. Montarea pompelor se realizează în varianta tandem între pompa  $P_1$  cu pistoane axiale și  $P_2$  cu roți dințate, ambele realizate pentru montare tandem. Pompa  $P_1$  este în acest caz o pompă cu pistoane axiale cu disc înclinat, se pot utiliza și pompe cu bloc înclinat cu cilindrul variabilă asociată cu pompă cu cilindrul fixă, cu roți dințate montate la motor pe o cutie de distribuție.

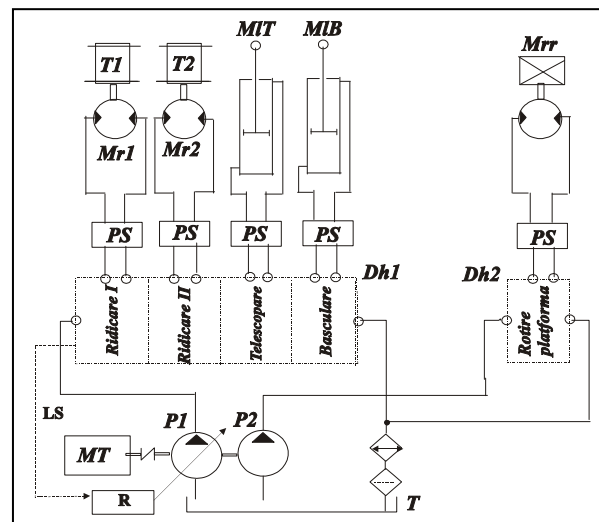
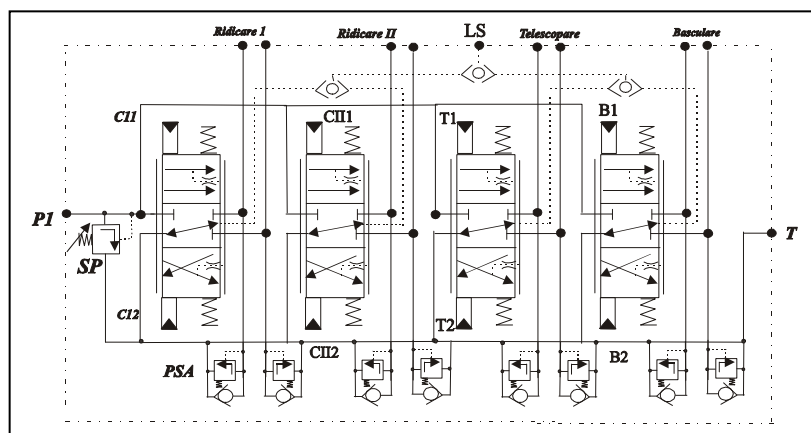


Fig. 5. Schema de acționare a echipamentelor pentru macarale mici (comanda LS).

$P_1$  - pompă cu cilindrul variabilă, cu regulator LS;  $P_2$  - pompă cu cilindrul fixă;  
 $DH_1$  - distribuitor de comandă cu patru secțiuni;  $DH_2$  - distribuitor de comandă cu o secțiune; PS - protecție la spargerea rețelei; MR; ML - motoare hidraulice rotative sau liniare; R - regulator LS.

- **Distribuitoarele hidraulice DH<sub>1</sub> și DH<sub>2</sub>.**

Distribuatorul DH<sub>1</sub> este un distribuitor hidraulic monobloc sau baterie, cu semnal de comandă LS preparat în distribuitor. Comanda distribuitorului este realizată hidraulic proporțional. Ca și în cazul precedent distribuitorul conține protecțiile principale și secundare. Schema de principiu a distribuitorului este prezentată în fig. 6.



**Fig. 6. Schema de principiu a distribuitorului LOAD SENSING**

P<sub>1</sub>- priza de cuplare a pompei; T - tanc; SP - supapă de protecție; PSA - protecții secundare și anticavitazionale; SC - selectoare de circuit; LS - semnal LOAD SENSING. CI<sub>1</sub>; CI<sub>2</sub>; CII<sub>1</sub>; CII<sub>2</sub>; T<sub>1</sub>; T<sub>2</sub>; b<sub>1</sub>; b<sub>2</sub> - comenzi hidraulice proporționale

Distribuitorul DH<sub>2</sub>, este la fel ca cel prezentat la cazul anterior, fiind un distribuitor obținut fără prepararea semnalului LS.

Se observă din fig.6 că pentru prepararea semnalului LS se utilizează supape selectoare de circuit, care realizează funcția de existență a semnalului LS dacă cel puțin una din comenzile proporționale este realizată pe distribuitor. Dacă nici una din comenzi nu este realizată atunci semnalul LS nu există (presiunea fiind a tancului). Selectoarele de circuit realizează de fapt funcția SAU și se definește astfel: LS=1, dacă există LSCI sau LSCII sau LST sau LSB (=1); LS=0, dacă nu există LSCI sau LSCII sau LST sau LSB (=0);

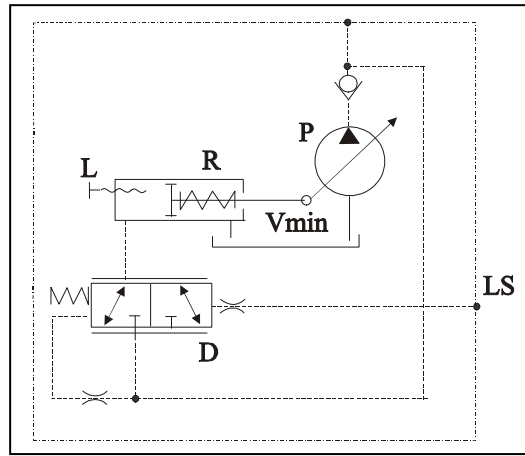
unde: LSCI = 1 dacă există CI sau CI<sub>2</sub>; LSCII = 1 dacă există CII1 sau CII<sub>2</sub>; LST = 1 dacă există T1 sau T<sub>2</sub>; LSB = 1 dacă există B<sub>1</sub> sau B<sub>2</sub>, reprezintă semnalele LS pe fiecare distribuitor în parte.

- **Reglatoarele LS ale pompei.**

Regulatorul pompei cu cilindree variabilă, utilizată în acționare, este realizat astfel încât blocul pompei este menținut la unghiul de înclinare minim, ce asigură un debit minim de agent hidraulic, doar necesar ungerii pompei și asigurării pierderilor în pompă.

Pompa fiind fixată în stare normală pe debit minim, aceasta este în permanență în stare de "așteptare" pentru realizarea unei comenzi, iar această stare este denumită STAND BY. În această stare debitul refulat de pompă spre distribuitor este practic nul.

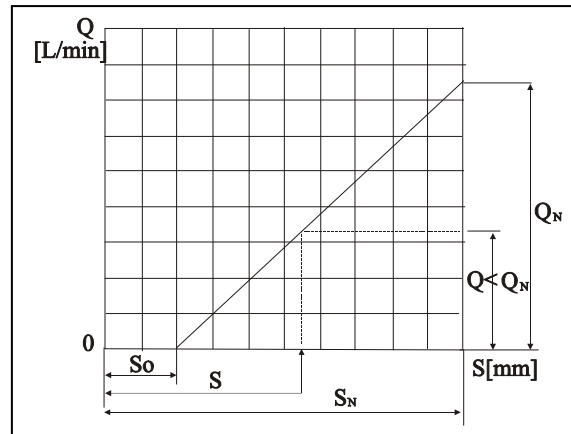
Schema regulatorului LS al pompei este prezentată în fig. 7.



**Fig.7. Regulatorul LOAD SENSING standard (clasic)**

P - pompă cu cilindree variabilă cu pistoane axiale cu bloc sau disc înclinat;  
R - blocul regulatorului de debit; L-limitator de debit minim al regulatorului;  
D - distribuitor proporțional 3/2, comandat hidraulic de semnalul LS.

Caracteristica de comandă a regulatorului, este prezentată în fig.8.



**Fig. 8. Caracteristica de comandă a regulatorului LS - standard**

$S_0$  - cursa de anulare a acoperirii pozitive a distribuitorului proporțional;  $S_N$  - cursa nominală, corespunzătoare deschiderii nominale a distribuitorului;  $S$  - cursa momentană, comandată;  $Q_N$  - debitul nominal al pompei ce corespunde cilindreei maxime a acesteia;  $Q$  - debitul momentan comandat pe regulator

Expresia debitului de agent hidraulic refulat de pompă în sistem este, [1]:

$$Q = \chi_P Q_N; \quad (6)$$

corespunzător legii de variație a cilindreei momentane a pompei, unde  $\chi_P$  este factorul de reglare al cilindreei pompei, care în cazul de față este dat de expresia:

$$\chi_P = \frac{S - S_0}{S_N} \in [0,1]; \quad (7)$$

unde:  $S$  - cursa momentană a distribuitorului regulatorului;  $S_N$  - cursa corespunzătoare deschiderii nominale a distribuitorului;  $S_0$  - cursa pasivă până la deschiderea distribuitorului (egală cu acoperirea pozitivă a secțiunii de distribuție);

Cu datele prezentate, legea de variație a debitului, funcție de cursa distribuitorului este dată de legea

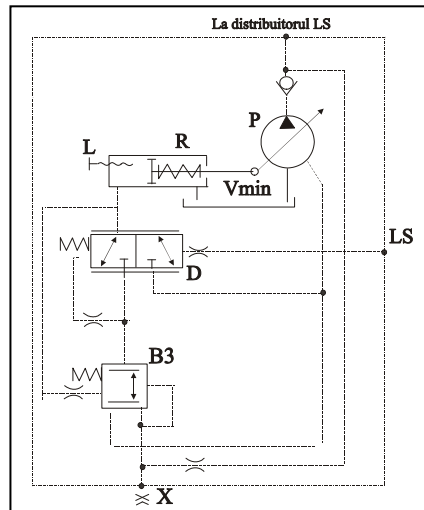
$$Q = \frac{Q_N}{S_N} S - \frac{Q_N S_0}{S_N}; \quad (8)$$

Se remarcă, din relația 8 că panta caracteristicii de reglare a debitului este dată de raportul, constant,  $Q_N/S_N$ , iar  $Q=0$  la  $S=S_0$ ; și  $Q \approx Q_N$  la  $S = S_N$ .

### 2.2.2.SOLUȚIA LUDV-LS-LUDV

În cazul regulatorului LOAD SENSING/LUDV, regulatorul modifică și panta caracteristicii anterioare.[11],[12],[13].

Schema regulatorului, în această situație, este prezentată în fig.9.

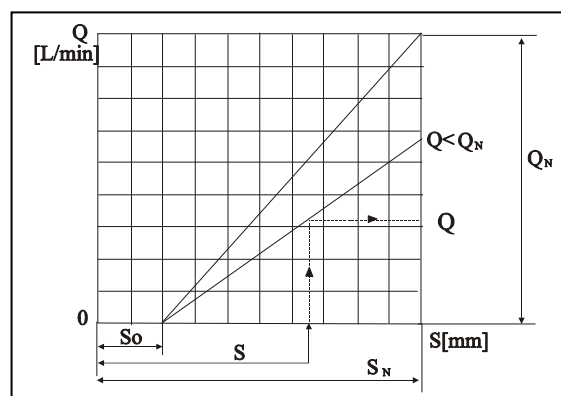


**Fig. 9. Regulator LOAD SENSING – LUDV**

P - pompă cu cilindree variabilă (ca la 7.7); R - blocul regulatorului de debit; L - limitată de debit minim; Distribuitor proporțional 3/2 comandat hidraulic; B3 - balanță de presiune cu 3 căi; LS - semnal LOAD SENSING.

Caracteristica de comandă a regulatorului este prezentată în fig. 10.

Balanțele de presiune, de obicei cu trei căi, se montează în secțiunile de distribuție ale distribuitorilor, câte una pentru fircare consumator sau în pompă ca la fig. 9. Balanțele din distribuitor realizează independența de sarcină pe fiecare consumator, realizând o reglare a debitului mai apropiată de necesitățile reale ale instalației.



**Fig. nr. 10. Caracteristica de comandă a regulatorului LS/LUDV**

$S_0$  - cursa de anulare a acoperirii pozitive a distribuitorului proporțional;  $S_N$  - cursa nominală, corespunzătoare deschiderii nominale a distribuitorului;  $S$  - cursa momentană, comandată;  $Q_N$  - debitul nominal al pompei ce corespunde cilindreei maxime a acesteia;  $Q$  - debitul momentan comandat pe regulator;  $Q'_N$  - debitul comandat la ieșirea din balanța de presiune (independent de sarcina consumatorilor).

- **Deplasarea utilajului**, se realizează în mod identic cu varianta anterioară.



- **Eficiența energetică a acționării hidrostatice LOAD SENSING.**

Se definesc și aici următoarele consumuri energetice:

- **Puterea consumată** în SAH (puterea hidraulică comandată a SAH), este:

$$N_C = Q_N^* p; \quad (9)$$

unde:  $p$  - presiunea pe cel mai încărcat consumator ( $p = \max.(p_I; p_{II}; p_T; p_b)$ );  $Q_N^*$  - debitul de agent hidraulic solicitat prin comandă pe distribuitorul DH1.

- **Puterea utilă**, ce reprezintă puterea efectiv utilizată pentru prestația utilă a macaralei:

$$N_U = Q \cdot p; \quad (10)$$

unde:  $Q$  - reprezintă debitul pe consumator (din fig. 10)

- **Puterea pierdută**, în SAH, cu scopul reglării parametrilor cinetici ai instalației, este:

$$N_p = (Q_N^* - Q) \cdot p; \quad (11)$$

ce reprezintă puterea disipată în balanța de presiune a regulatorului LS - LUDV.

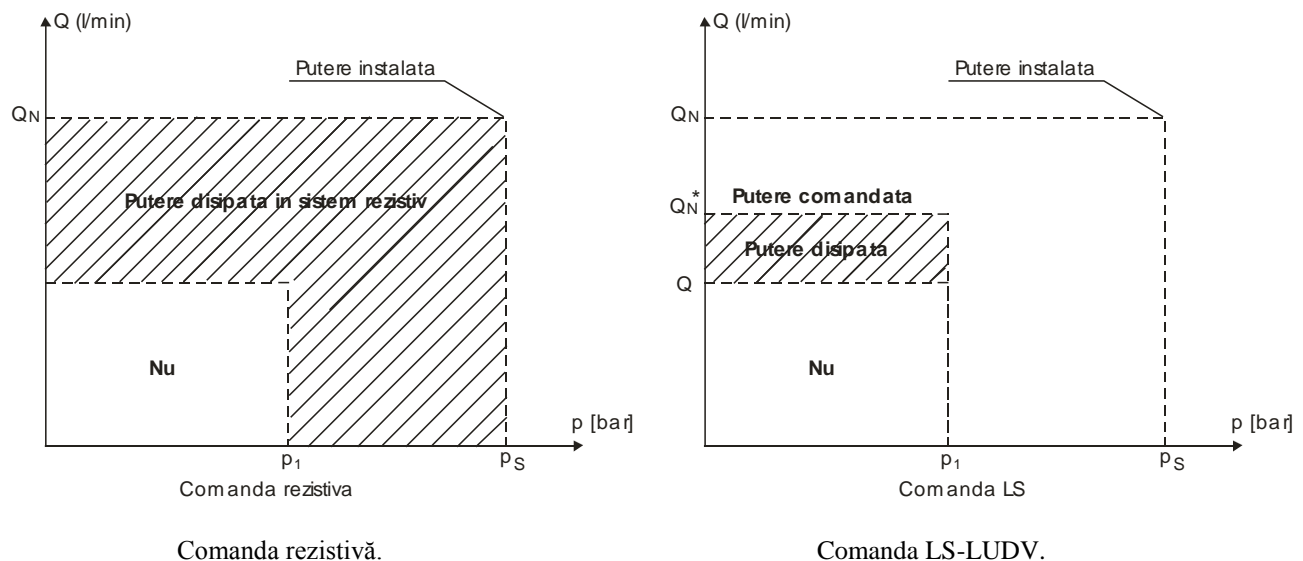
Cu relațiile anterioare se definește randamentul acționării.

$$\eta_{SAH} = \frac{N_U}{N_C} = \frac{Q}{Q_N^*}; \quad (12)$$

de unde rezultă independența randamentului sistemului de acționare, de sarcina de solicitare a echipamentelor.

### 3. CONCLUZII

Comparând puterile pentru comanda rezistivă și LS, se obțin următoarele diagrame:



Din analiza puterilor rezultă o bună utilizare a puterii în acționarea LS față de acționarea rezistivă, în special prin micșorarea puterii disipate în supapa de limitare a presiunii, și deci micșorarea sistemului de răcire a agentului hidraulic al utilajului.

Acționarea LOAD SENSING (standard și LUDV), are următoarele avantaje față de acționarea rezistivă:

- comoditate la montarea componentelor în instalație și service comod;
- posibilități bune de suplimentare a echipamentelor acționate, prin suplimentarea numărului de secțiuni la distribuitor (spre exemplu calare hidraulică, contragreutate activă etc);
- utilizarea balanțelor de presiune individuale pentru fiecare consumator elimină influențele reciproce ale consumatorilor;
- sistemul LOAD SENSING - LUDV oferă o foarte bună finețe de reglare, atât pentru comenzi hidraulice proporționale, cât și pentru comenzi electrohidraulice proporționale.

- sistemul oferă un domeniu maxim disponibil de comandă.

#### 4. BIBLIOGRAFIE

- [1]. Axinti, G. \* \* \* Acționări hidraulice și pneumatice- Note de curs- Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, Fac. de Inginerie Brăila-1994-Ediție Locală;
- [2]. Axinti,G \* \* \* Modelarea numerică a regimului tranzitoriu în elemente de comandă hidraulică proporțională \* \* \* în buletinul centrului interdisciplinar al Asociațiilor Oamenilor de Știință - Brăila 1996;
- [3]. Axinti,G \* \* \* Sisteme moderne de acționare a mașinilor și utilajelor pentru construcții \* \* \* în volumul simpozionului "Echipamente în construcții pentru asigurarea calității, confortului și siguranței mediului construit" – Sinaia 1996;
- [4]. Axinti,G \* \* \* Ansichten des "Operator – Anlage Verhältnis in der Evolution der Steuer – und Antriebssysteme der hydraulischen Baggern \* \* \* în Analele Universității "Dunărea de Jos" din Galați – fasc.XIV – 1996 – ISSN 1224 – 5615;
- [5]. Axinti,G \* \* \* Funcții energetice și informaționale pentru sisteme de acționare la mașini și utilaje tehnologice \* \* \* în buletinul celui de-al III-lea colocviu național tehnic interdisciplinar – Brăila 1997;
- [6]. Axinti,G; Bordea, C; Nastac, S; Axinti, A.S. \* \* \* The Modelling of theFront LoadersBucket Loading Process withtheGranular Materials---Proceedings of The6th International Conference on Hydraulic Machinery and Hydrodynamics, Timisoara, Romania, October21-22,2004.
- [7]. Axinti,G\* \* \* Contributii la modelarea proceselor dinamice din actionarea hidrostatica a sistemului de deplasare a utilajelor tehnologice autopropulsate-- Proceedings of The6th International Conference on Hydraulic Machinery and Hydrodynamics, Timisoara, Romania, October21-22,2004.
- [8]. Beneteau,P; Esnault,F\*\*\* Hydrostatic 1-Transmission de puissance-Cours et Application-edition ELLIPSES-Paris-1997-ISBN2-7298-4776-6-vol I șiII.
- [9]. Constantin, E.\*\*\* Actionari hidrostactice-Editura Tehnica, Bucuresti,1999.
- [10]. Patrut,P; Ionel,N\*\*\* Actionari hidraulice si automatizari- Editura Nausica, Bucuresti,1998.
- [11]. Vasiliu, N; Catana,I.\*\*\*Transmisii hidraulice si Electrohidraulice-Masini hidraulice volumice- Editura Tehnica, Bucuresti,1988.
- [12]. \*\*\* Cataloage ale firmei Mannesman-Rexroth.
- [13]. \*\*\* Cataloage ale firmei Bosch-Rexroth.
- [14]. \*\*\* Hydraulik Triner, vol I,II,III,IV,V- Mannesman-Rexroth.