

# DINAMICA SISTEMULUI DE ACȚIONARE ÎN VARIANTA ACȚIONĂRII HIDRAULICE A GARNITURII DE FORAJ

## DYNAMIC OF SYSTEM DRIVES IN VERSION HYDRAULICS DRIVE DRILL STRING

Ș. I. dr. ing. Petre SĂVULESCU

Universitatea Petrol-Gaze din Ploiesti  
B-dul: București, Nr: 39, Ploiești, Romania  
E-mail: petresavulescu@upg-ploiesti.ro

**Rezumat:** În această lucrare autorul prezintă utilizarea transmisiilor hidrostatice în cadrul sistemelor de acționare a instalațiilor de foraj și de extracție a petrolului. Pentru aceasta este necesară o modelare a sistemului fizic printr-un model matematic ce poate face posibilă soluționarea numerică a sistemului de ecuații.

**Cuvinte cheie:** instalație de foraj, cap hidraulic motor, motor hidrostatic

**Abstracts:** This paper presents the authors using hydrostatic transmission in the drive systems of the drilling rigs and production oil. This requires modeling of physical systems via a mathematical model that can enable numerically solving the system of equations.

**Keywords:** drilling rig, motor hydraulic head, hydrostatic motor

### 1. INTRODUCERE

Studiul și cercetarea sistemelor hidrostatice - ca sisteme de acționare, de comandă și de reglare automată, respectiv ca sisteme mecano-hidraulice și electrohidraulice - au reușit să impună aceste sisteme de neînlocuit în foarte multe aplicații, iar în ultimul timp într-o măsură tot mai mare și în cazul acționării sistemelor de lucru ale instalațiilor de foraj și exploatare a sondelor cum este și cazul sistemului neconvențional de rotire a garniturii de foraj (Top drive system). Nivelul atins în abordarea acestor sisteme este comparabil cu cele din domeniile electric și electronic, mai ales în cadrul sistemelor electrohidraulice. O variantă de cap hidraulic motor pentru antrenarea garniturii de foraj este prezentată în figura 1, [1,2]. Datorită gabaritelor, valorilor puterilor și debitelor care le traversează, mari și foarte mari, precum și a condițiilor specifice de lucru, elementele hidraulice structurale ale acționării capului hidraulic motor, în cele mai multe cazuri, ies în afara accesibilității comerciale, astfel încât studiul lor impune, de asemenea, o abordare specifică, atât teoretică, cât mai ales experimentală.

Dificultățile care apar la utilizarea elementelor hidraulice - generatoare, motoare, de comandă și auxiliare - sunt cauzate de faptul că, în general, pentru aceste elemente sunt garantate caracteristicile care definesc comportarea în regim staționar. În ceea ce privește dinamica unor astfel de sisteme, este cunoscută ca o problemă complexă, deoarece aceste elemente introduc neliniarități care, de cele mai multe ori, sunt greu de neglijat având influențe nedorite asupra preciziei de poziționare și a stabilității structurilor funcționale și constructive create. O cale în măsură să elimine toate aceste neajunsuri, o constituie simularea

cu ajutorul calculatorului. Pentru aceasta este necesară o modelare a sistemului fizic de simulat printr-un model matematic, ce face posibilă soluționarea numerică a sistemului de ecuații dat.

## 2. STABILIREA MODELULUI MATEMATIC AL TRNSMISIEI HIDROSTATICE

Pentru descrierea comportării dinamice a elementelor hidrostatice constitutive ale structurilor funcționale ale sistemului de acționare a garniturii de foraj, în scopul creșterii eficienței simulării, este necesar să fie studiate sursele ce generează neliniaritățile esențiale. Studiul ce urmează va lua în considerare următoarele elemente: modificarea presiunii uleiului în camerele de lucru; caracteristica neliniară presiune – debit. În figura 2 este prezentată structura sistemului de acționare pentru antrenarea garniturii de foraj. Pentru sistemul de acționare, modelul matematic se obține din ecuațiile de echilibru a debitelor și momentelor:

$$Q_p = Q_h + Q_s + Q_z \quad (1)$$

$$M_h = M_I + M_B + M_O \quad (2)$$

în care:

$Q_p$  este debitul pompei;

$Q_h$  - debitul de alimentare a motorului hidrostatic;

$Q_s$  - pierderea de debit cauzată de compresibilitatea uleiului hidrostatic la variațiile de presiune este pusă în evidență de relația:

$$Q_s = \frac{V_s}{E_s} \cdot \frac{dp}{dt} \quad (3)$$

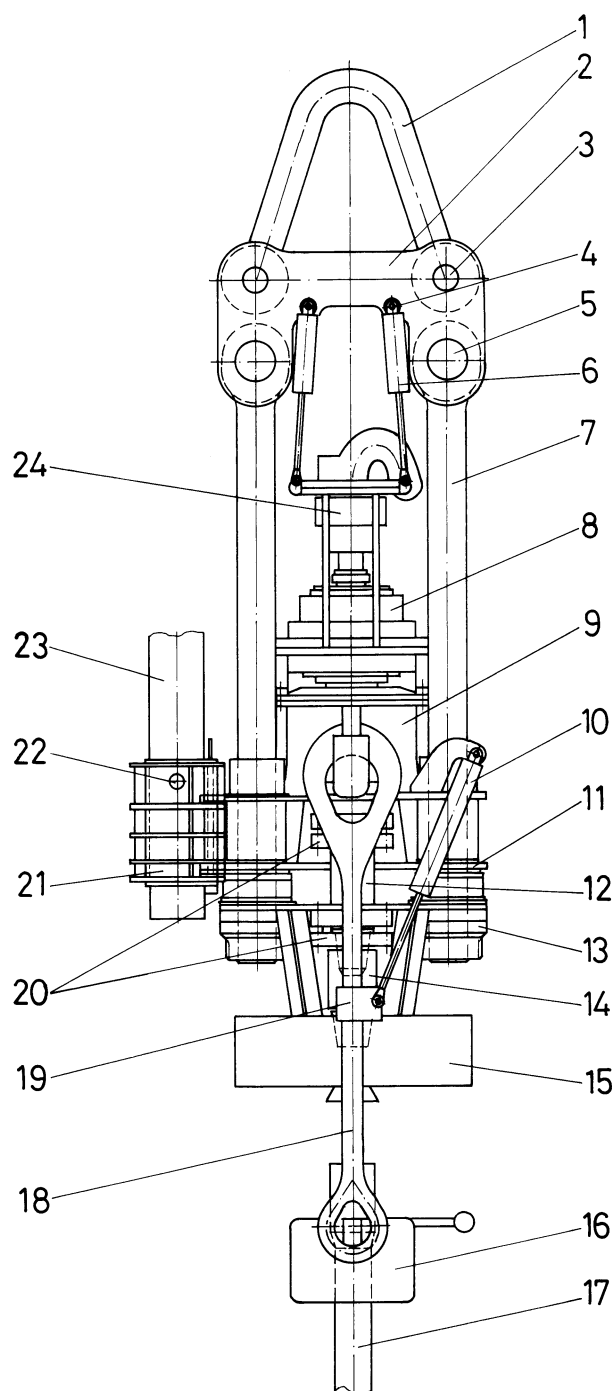
unde:

$V_s$  este volumul de ulei supus comprimării;

$E_s$  - modulul de elasticitate, iar legătura cu presiunea se realizează astfel,

$$p = \frac{E_s}{V_s} \cdot \frac{1}{D} \cdot Q_s \quad (4)$$

$Q_z$  - debitul de scurgere prin supapă.



**Fig. 1. Ansamblul mobil – cap hidraulic motor (Top drive ) al sistemului complex de foraj:**  
1 - Toartă; 2 - Jug; 3 - Bolț jug; 4 - Bolț cilindru; 5 - Bolț coloană; 6 - Cilindri de compensare pentru înșurubări și deșurubări; 7 - Montant; 8 - Motor hidrostatic lent; 9 - Carcasă; 10 - Cilindri de basculare; 11 - Cadru suport; 12 - Fus motor; 13 - Piuliță specială; 14 - Robinet de siguranță cu sferă; 15 - Dispozitiv de înșurubare – deșurubare; 16 - Elevator; 17 - Garnitură de prăjini de foraj; 18 - Chiolbași; 19 - Bridă fixare; 20 - Dispozitiv de siguranță antirotire; 21 - Cadru de ghidare; 22 - Bolț; 23 - Coloană de ghidare; 24 - Sistem de etanșare a țevii de spălare.

Relația (2) se mai poate scrie și astfel:

$$M_h = I_h \cdot D\omega_h + B_h \cdot \omega_h + M_o, \quad (5)$$

unde:

$M_o$  este momentul rezistent tehnologic ( al sapei și garniturii de foraj );

$M_I$  - momentul forțelor de inerție;

$M_B$  - momentul rezistent al forțelor de frecare;

$I_h$  - momentul de inerție al maselor mobile, redus la arborele motorului hidrostatic;

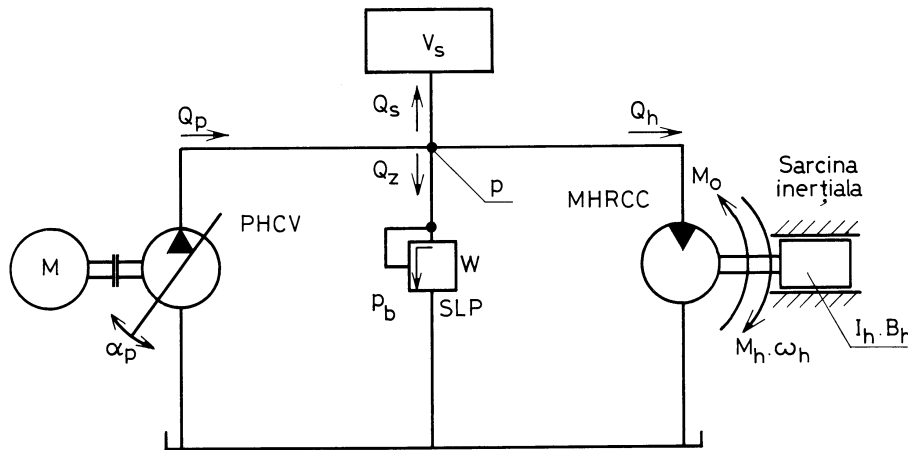
$B_h$  - coeficientul de amortizare.

Din relația (5) se determină expresia vitezei unghiulare la arborele motorului hidrostatic:

$$\omega_h = \frac{1}{D} \left( \frac{M_h - B_h \cdot \omega_h - M_o}{I_h} \right). \quad (6)$$

Prin introducerea relației (4) în relația (1) se obține legea de evoluție a presiunii:

$$p = \frac{E_s}{V_s} \cdot \frac{1}{D} (Q_p - Q_h - Q_z). \quad (7)$$



**Fig. 2. Structura sistemului hidrostatic de acționare:**

**M - Motorul de antrenare; PHCV - Pompă hidraulică cu capacitate variabilă; MHRCC - Motor hidrostatic rotativ cu capacitate constantă; SLP - Supapă de limitare a presiunii.**

### 3. APLICAȚIE NUMERICĂ

În figurile 3 și 4 sunt prezentate modelele de simulare. Valorile pentru modelul de simulare sunt următoarele:

$A_\alpha = 16^0$ ;  $A_m = 250 \text{ N.m}$ ;  $B_h = 15 \text{ N.m.s}$ ;  $E_s = 1,65 \cdot 10^3 \text{ MPa}$ ;  $I_h = 0,04 \text{ N.m.s}^2$ ;  $V_p = 2,68 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ ;  $V_h = 3,97 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ ;  $V_s = 1,41 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ ;  $p_b = 12,0 \text{ MPa}$ ;  $t_\alpha = 0,01 \text{ s}$ ;  $t_m = 0,05 \text{ s}$ ;  $\eta_{vp} = 0,97$ ;  $\eta_{vh} = 0,93$ ;  $\eta_{mh} = 0,95$ ;  $\alpha_p = A_\alpha(t - t_a)$ ;  $M_o = A_m(t - t_m)$ . Rezultatele experimentalelor de simulare, pentru evoluția vitezei unghiulare a motorului hidraulic și a presiunii sunt prezentate în figurile 5 și 6.

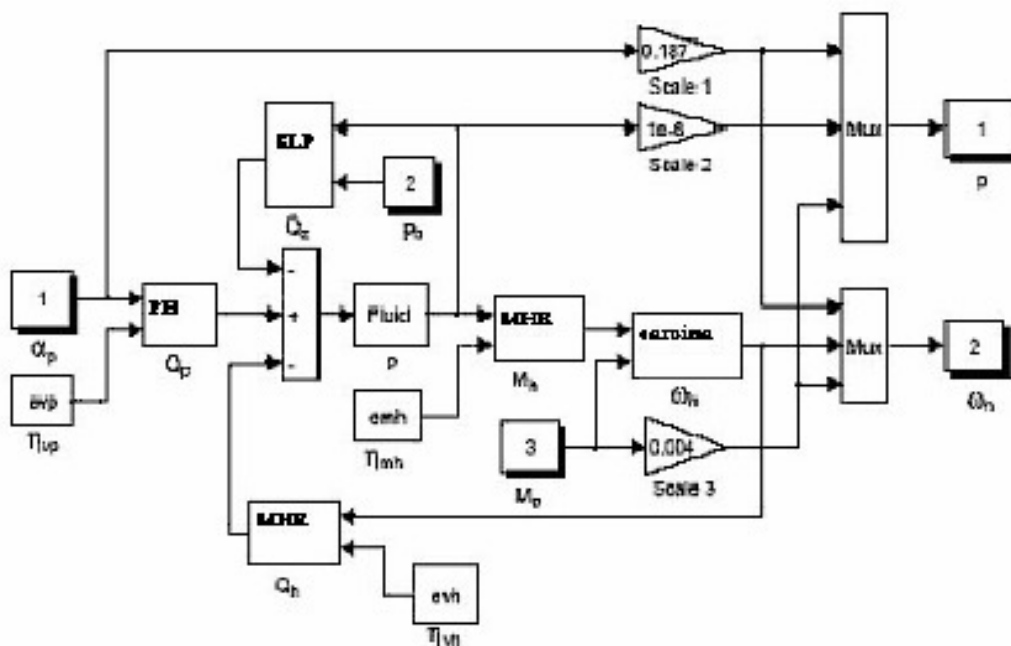


Fig. 3. Elementele de intrare și ieșire din modelul de simulare.

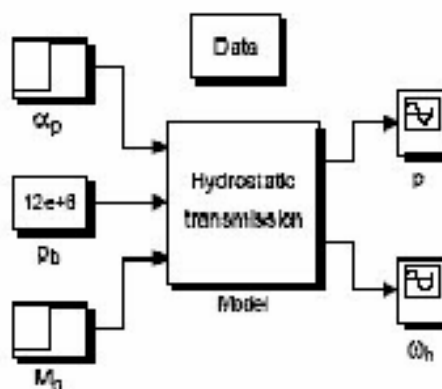


Fig. 4. Modelul de simulare la modificarea cilindrului la pompa cu debit variabil.

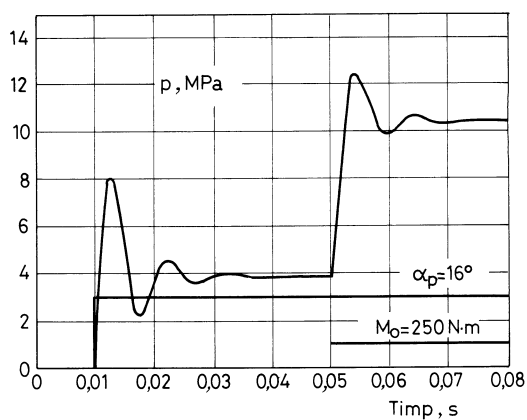


Fig.5. Legea de variație a presiunii.

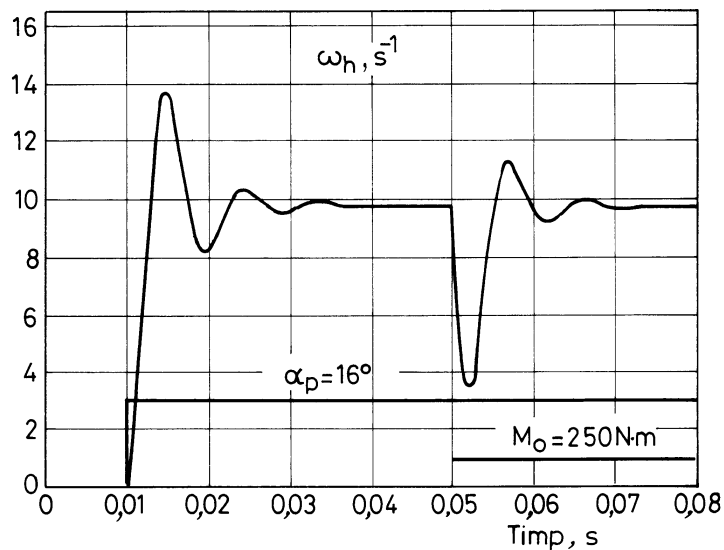


Fig.6. Legea de evoluție a presiunii.

#### 4. CONCLUZII

În urma cercetărilor teoretice și experimentale prin simulare pe calculator s-au desprins o serie de concluzii:

- dinamica instalațiilor hidrostatice de puteri mari și foarte mari este o problemă complexă care introduce multe neliniarități cu influențe nedorite asupra preciziei de poziționare și a stabilității funcționale a elementelor de execuție;
- cercetarea în regim staționar are ca obiectiv determinarea unor gradienti de diferite naturi, ce caracterizează modelul pentru simularea dinamică;
- cercetarea în regim dinamic are două direcții: prima se referă la studiul comportării în regim tranzitoriu, la diferite legi de variație ale intrării și perturbațiilor; a doua se referă la studiul comportării la excitația de frecvență care furnizează date asupra stabilității și caracteristicii de filtrare.

#### BIBLIOGRAFIE

- [1] P. Săvulescu. „Rotary table and top drive system”, Well Academy, OMV-PETROM, Ploiești, 2010.
- [2]\*\*\*. „Documentație a sistemului complex de foraj SFT 2000”, I.P.C.U.P. Ploiești.