

CALCULUL FUNCȚIEI DE TRANSFER A UNUI SISTEM SEMI- ACTIV DE DISIPARE A ENERGIEI SEISMICE

THE CALCULATION OF THE TRANSFER FUNCTION OF A SEMI-ACTIVE SEISMIC ENERGY DISSIPATION SYSTEM

Cristian-Traian DICIANU

Inginer, Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania – Facultatea de Utilaj Tehnologic
e-mail: cdicianu@yahoo.com

Rezumat: Pentru determinarea caracteristicilor unui întreg sistem tehnologic, trebuie pre-determinate funcțiile de transfer ale tuturor sub-sistemelor care intră în alcătuirea acestuia, ținând cont de faptul că modelul matematic al unui sistem se compune din corelarea tuturor ecuațiilor care caracterizează funcționarea fiecărui sub-sistem din care acesta este alcătuit.[1],[2],[3]

Cuvinte cheie: funcție de transfer, model matematic, sistem.

Abstract: To determine the characteristics of the whole technological system, must be pre-determined the transfer function of all the sub-systems that it comprises by taking into account of the fact that the mathematical model of the system consists of the correlation of all the equations that characterize the operation of each sub-system of it is composed. [1],[2],[3]

Keywords: transfer function, mathematical model, system.

1. INTRODUCERE

Pentru calculul funcției de transfer a ”părții hidraulice” a sistemului semi-activ de disipare a energiei seismice, se pornește de la ecuația de curgere în paralel cu distribuitorul proporțional DP, adică a debitului în funcție de viteză, precum și de la schema funcțională din Fig 1., respectiv schema bloc din Fig 2., a sistemului de disipare.

Atât în schema funcțională din Fig 1., cât și în schema bloc din Fig 2. sunt reprezentate principalele elemente constitutive ale sistemului semi-activ de disipare a energiei seismice, astfel:

Pentru componentele electronice:

- C comparator;
- R.A. regulator automat;
- S.C. servocontroler (echipament electronic de comandă al distribuitorului proporțional);

Pentru componentele hidraulice ale sistemului:

- T.P. traductor de presiune;
- DSA disipator;
- DP distribuitor proporțional;

Se notează:

- v_e viteză de etaj;
- K_{RA} factor de amplificare al regulatorului automat;
- K_{SC} factor de amplificare al servocontrolerului distribuitorului proporțional;
- K_R factor de amplificare al buclei de reacție;
- K_{DP} factor de amplificare al distribuitorului proporțional;

- Precum și:
- n număr de disipatori pe o latură a etajului;
 - m număr curent al etajului.

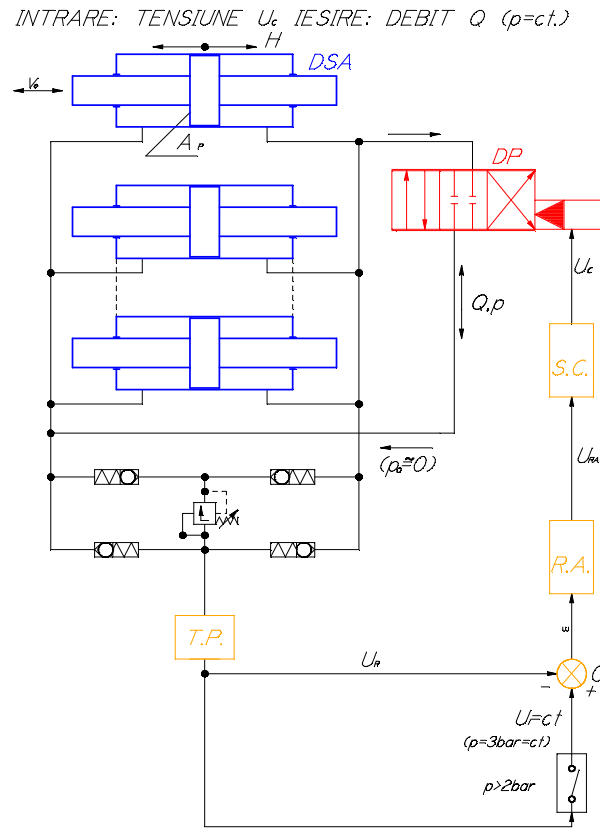


Fig 1. Schema funcțională a sistemului de disipare a energiei seismice [3]

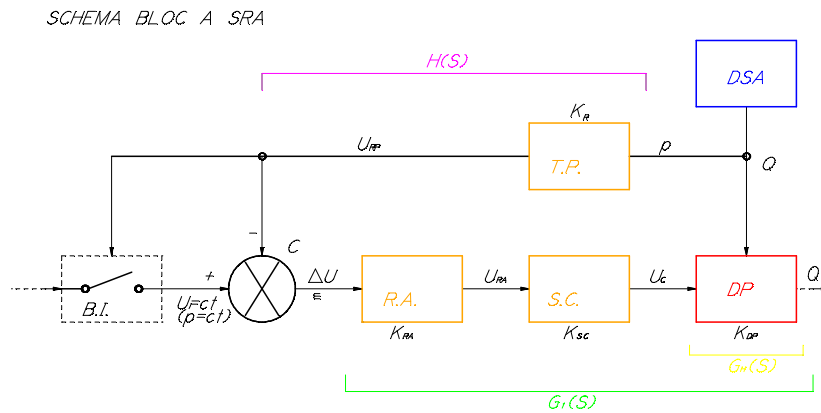


Fig 2. Schema bloc a sistemului de disipare a energiei seismice [3]

2. CALCULUL FUNCȚIEI DE TRANSFER A PĂRȚII HIDRAULICE A SISTEMULUI SEMI-ACTIV

Pentru a putea scrie ecuația de curgere prin distribuitorul proporțional DP se folosește ecuația de debit, considerând similitudinea muchiilor active cu puntea Wheastone [4], astfel:

$$Q = S_c \cdot C_D \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{\Delta p} \quad (1.1)$$

Unde:

- Q debitul prin distribuitorul DP;
- Δp căderea de presiune locală nominală pe distribuitorul DP;
- ρ densitatea lichidului de lucru;
- C_D coeficientul de debit;
- S_c aria de curgere prin distribuitorul DP;

Cu:

$$C_D = \frac{1}{\sqrt{\xi}} \quad (1.2)$$

În care:

- ξ coeficientul de rezistență hidraulică locală;

Dar:

$$S_c = \pi \cdot d \cdot y(t) \quad (1.3)$$

Pentru:

- d diametrul sertarului distribuitorului proporțional;

Din relațiile (1.1) și (1.3):

$$Q(t) = C_D \cdot \pi \cdot d \cdot y(t) \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{\Delta p} \quad (1.4)$$

În care:

$y(t)$ cursa sertarului distribuitorului, reglată automat în funcție de debitul $Q(t)$, astfel încât să se respecte legea de reglaj $p = ct.$, reprezentată în Fig 3.:

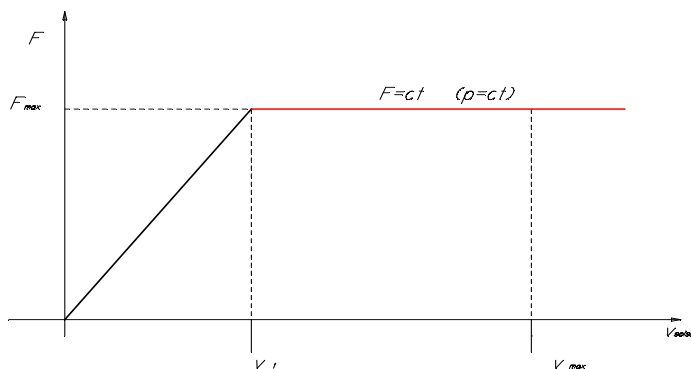


Fig 3. Legea de reglaj a sistemului $F=ct.$ ($p=ct.$)

Dar:

$$\sqrt{\frac{2}{\rho}} = k \quad (1.5)$$

k constantă în funcție de lichidul hidraulic;

Însă, legea de reglaj a acestui sistem impune ca presiunea să rămână constantă, vezi Fig 3., în aceste condiții rezultă:

$$\Delta p = ct. \quad (1.6)$$

Din (1.4), (1.5), (1.6):

$$Q(t) = K_{DP} \cdot y(t) \quad (1.7)$$

$$K_{DP} = C_D \cdot \pi \cdot d \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{\Delta p} \quad (1.8)$$

K_{DP} constanta distribuitorului proporțional DP;

Ecuția de echilibru dinamic al forțelor care acționează asupra sertarului distribuitorului proporțional se poate scrie:

$$F_C = A_C \cdot \Delta p = m \cdot \ddot{y} + f \cdot \dot{y} + K_{EH} \cdot y \quad (1.9)$$

Unde:

F_C forța de comandă aplicată sertarului distribuitorului DP;

A_C aria suprafeței de comandă a sertarului distribuitorului DP;

m masa sertarului distribuitorului proporțional DP;

y cursa instantanee (poziția sertarului) a distribuitorului proporțional DP;

Δp căderea de presiune de comandă pe distribuitor;

f coeficient de frecare vâscoasă sertar-bucșă al distribuitorului proporțional DP;

f are expresia:

$$f = \frac{\pi \cdot \eta \cdot l_s \cdot d}{2 \cdot j_R} \quad (1.10)$$

Unde:

d diametrul sertarului distribuitorului proporțional DP;

η vâscozitatea dinamică a lichidului de lucru;

l_s lungimea de contact efectiv sertar-bucșă;

j_R jocul radial sertar-bucșă;

K_{EH} constanta arcurilor (rigiditatea arcurilor sertarului - inclusiv al celui hidraulic) este formată din:

$$K_{EH} = K_E + K_H \quad (1.11)$$

Cu:

K_E constanta de elasticitate a arcurilor sertarului distribuitorului DP;

K_H constanta “arcului hidraulic”, dat de interacțiunea dintre lichid și sertarul distribuitorului DP;

Calculul funcției de transfer a unui sistem semi-activ de disipare a energiei seismice

Neglijând, pentru procese relativ lente, dinamica sertarului de pilotare ce are o masă foarte mică, se poate scrie:

$$F_c = A_c \cdot \Delta p = K \cdot U_c \quad (1.12)$$

În care:

K constanta de proporționalitate a forței electromagnetice de comandă a sertarului de pilotare al distribuitorului DP;

U_c tensiunea maximă de comandă a distribuitorului DP;

Din (1.9), (1.12):

$$K \cdot U_c = m \cdot \ddot{y} + f \cdot \dot{y} + (K_E + K_H) \cdot y \quad (1.13)$$

Din (1.7) rezultă:

$$Q(t) = K_{DP} \cdot y(t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y(t) = \frac{Q(t)}{K_{DP}} \quad (1.14)$$

$$y = \frac{Q}{K_{DP}} \quad (1.15)$$

$$\dot{y} = \frac{1}{K_{DP}} \frac{dQ}{dt} \quad (1.16)$$

$$\ddot{y} = \frac{1}{K_{DP}} \frac{d^2Q}{dt^2} \quad (1.17)$$

Înlocuind (1.15), (1.16), (1.17) în (1.13):

$$K \cdot U_c = \frac{m}{K_{DP}} \frac{d^2Q}{dt^2} + \frac{f}{K_{DP}} \frac{dQ}{dt} + \frac{K_{EH}}{K_{DP}} Q \quad (1.18)$$

Aplicând transformata Laplace ecuației (1.18):

$$\begin{aligned} K \cdot U_c(S) &= \frac{m}{K_{DP}} \cdot Q(S) \cdot S^2 + \frac{f}{K_{DP}} \cdot Q(S) \cdot S + \frac{K_{EH}}{K_{DP}} \cdot Q(S) \Rightarrow \\ \Rightarrow K \cdot U_c(S) &= \frac{1}{K_{DP}} \cdot Q(S) \cdot (m \cdot S^2 + f \cdot S + K_{EH}) \end{aligned} \quad (1.19)$$

Din (1.19):

$$U_c(S) = Q(S) \cdot \frac{1}{K \cdot K_{DP}} \cdot (m \cdot S^2 + f \cdot S + K_{EH}) \quad (1.20)$$

Dar, funcția de transfer a “părții hidraulice” a sistemului de reglare automată este:

$$G_H(S) = \frac{Q(S)}{U_C(S)} \quad (1.21)$$

Înlocuind (1.20) în (1.21):

$$G_H(S) = \frac{Q(S)}{U_C(S)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow G_H(S) = \frac{Q(S)}{Q(S) \cdot \frac{1}{K \cdot K_{DP}} \cdot (m \cdot S^2 + f \cdot S + K_{EH})} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{G_H(S) = \frac{K \cdot K_{DP}}{m \cdot S^2 + f \cdot S + K_{EH}}} \quad (1.22)$$

Expresia (1.22) reprezintă funcția de transfer a “părții hidraulice” a sistemului de disipare, respectiv funcția de transfer a distribuitorului proporțional DP.

3. CALCULUL FUNCȚIEI DE TRANSFER A SISTEMULUI SEMI-ACTIV DE DISIPARE A ENERGIEI SEISMICE, AVÂND DREPT MĂRIME DE IEȘIRE DEBITUL Q

Ținând cont de expresia (1.22) a funcției de transfer a distribuitorului proporțional, se poate scrie:

$$G_H(S) = \frac{K \cdot K_{DP}}{m \cdot S^2 + f \cdot S + K_{EH}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow G_H(S) = \frac{K \cdot \frac{K_{DP}}{K_{EH}}}{\frac{m}{K_{EH}} \cdot S^2 + \frac{f}{K_{EH}} \cdot S + 1} \quad (1.23)$$

În aceste condiții, funcția de transfer din relația (1.23) se poate scrie, în formă restrânsă, astfel:

$$G_H(S) = \frac{K_{TDP}}{\frac{m}{K_{EH}} \cdot S^2 + \frac{f}{K_{EH}} \cdot S + 1} \quad (1.24)$$

Unde:

$$K_{TDP} = \frac{K \cdot K_{DP}}{K_{EH}} \quad (1.25)$$

În care:

K_{TDP} factorul total de amplificare al distribuitorului proporțional DP;

Se ține cont, în Fig 2. și de următoarele notații:

$G_1(S)$ funcția de transfer a căii directe a sistemului de reglare automată;

$H(S)$ funcția de transfer a căii de reacție a sistemului de reglare automată;

Se poate scrie funcția de transfer a sistemului, în buclă închisă, astfel:

$$Y_0(S) = \frac{G_1(S)}{G_1(S) \cdot H(S) + 1} \quad (1.26)$$

Dar:

$$G_1(S) = K_{RA} \cdot K_{SC} \cdot G_H(S) \quad (1.27)$$

Unde:

K_{RA} constanta regulatorului automat;

K_{SC} constanta servocontrolerului;

Funcția de transfer a căii de reacție este:

$$H(S) = K_R \quad (1.28)$$

Unde:

K_R factorul de amplificare al căii de reacție;

4. CONCLUZII

În final, înlocuind (1.27), (1.28) în (1.26):

$$Y_0(S) = \frac{G_1(S)}{G_1(S) \cdot H(S) + 1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Y_0(S) = \frac{K_{RA} \cdot K_{SC} \cdot G_H(S)}{K_{RA} \cdot K_{SC} \cdot G_H(S) \cdot K_R + 1} \quad (1.29)$$

Relația (1.29) reprezintă funcția de transfer, în buclă închisă, a sistemului semi-activ de disipare a energiei seismice.

În buclă deschisă, funcția de transfer a sistemului se scrie sub forma:

$$Y(S) = G_1(S) \cdot H(S) \quad (1.30)$$

Înlocuind (1.27), (1.28) în (1.30):

$$Y(S) = G_1(S) \cdot H(S) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Y(S) = K_{RA} \cdot K_{SC} \cdot K_R \cdot G_H(S) \quad (1.31)$$

Expresia (1.31) reprezintă funcția de transfer, în buclă deschisă, a sistemului semi-activ de disipare a energiei seismice.

BIBLIOGRAFIE

1. C.T. Dicianu - *Contribuții la optimizarea tip-dimensională a disipatorilor semi-activi de energie seismică în construcții, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții București, București, 2015;*

2. A.I. Popovici - *Contribuții la studiul efectelor uzării asupra performanțelor sistemelor hidraulice de reglare automată, Teză de doctorat, București, 2012;*

3. C.T. Dicianu - *Elaborarea modelelor matematice ale proceselor de disipare a energiei seismice în cadrul disipatoarelor semi-actieve utilizate în construcții, Raport de cercetare, Universitatea Tehnică de Construcții București, București, 2013;*

4. P. Pătruț, N. Ionel - *Acționări hidraulice și automatizări, Editura Nausicaa, 1998.*