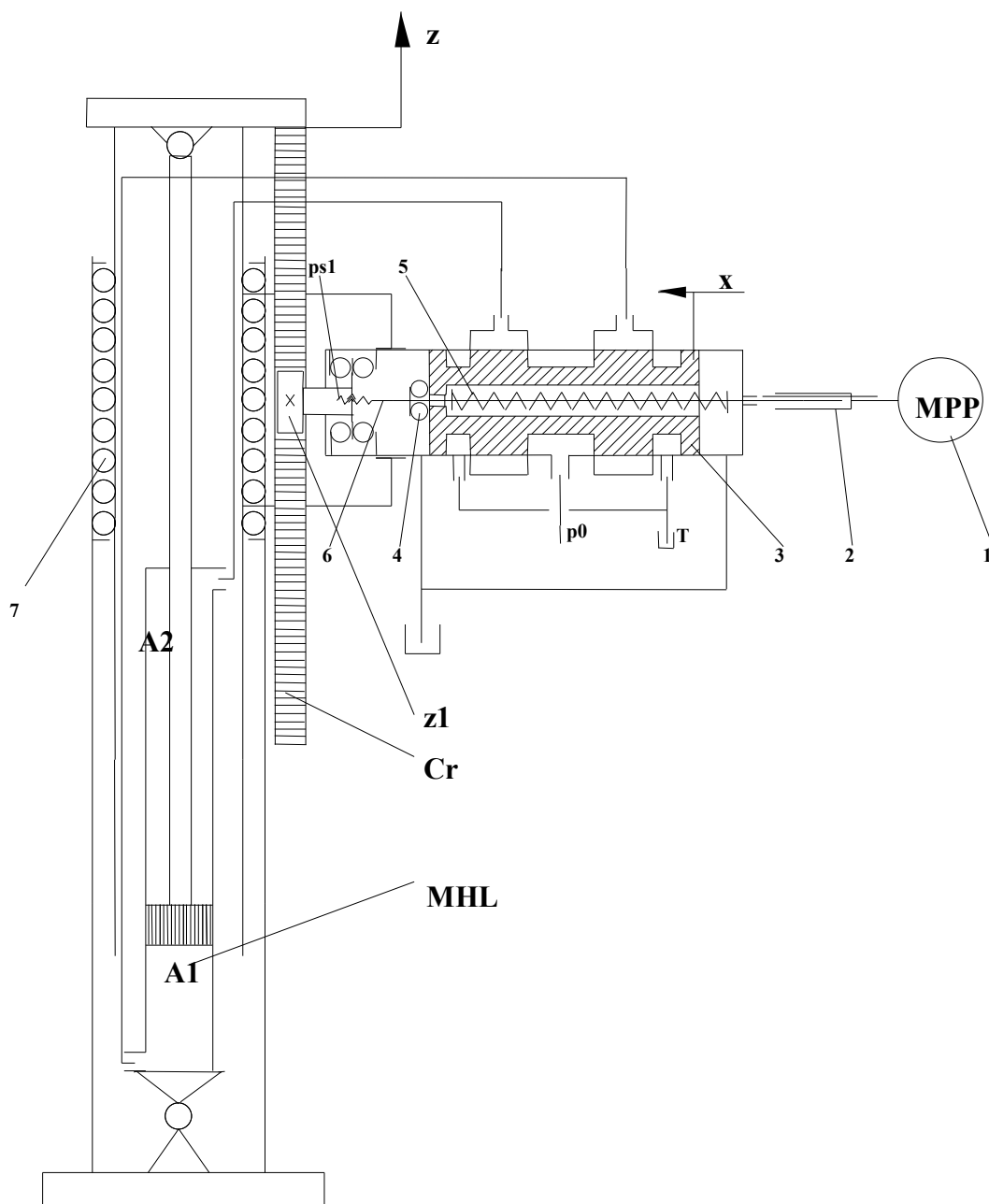


### Servosisteme electrohidraulice cu variație incrementală rezistivă

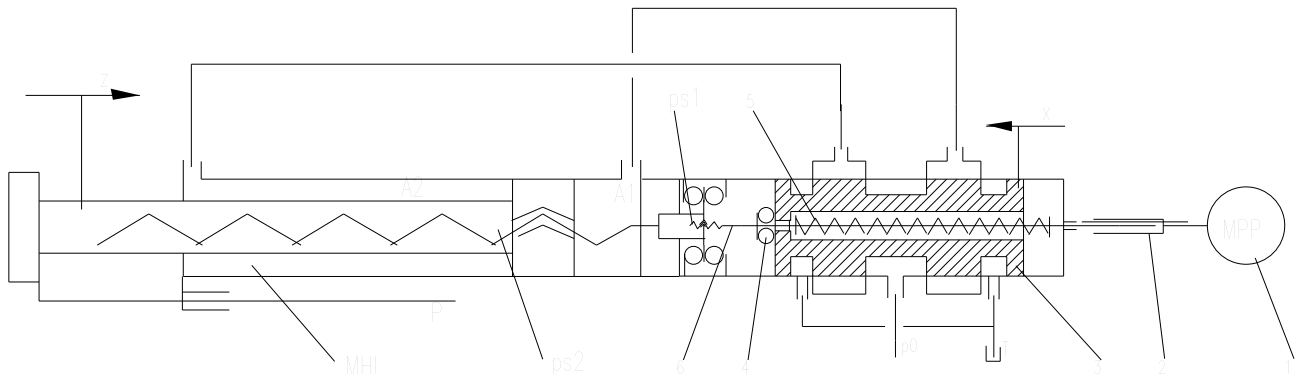
Servosistemele electrohidraulice cu variație incrementală rezistivă asigură variația vitezei de rotație sau de traslație, prin reglarea incrementală a rezistenței hidraulice, rezistență determinată de un distribuitor incremental, cu patru muchii active, fig.5.117, sau cu două muchii active, fig.5.119. De regulă, creșterea preciziei acestor servosisteme, o constituie prezența unei reacții mecanice, determinată de un mecanism pinion-cremalieră, fig.5.117, sau șurub-piuliță, fig.5.118 și fig.5.119, sau combinații ale acestora, cu dezavantajul introducerii neliniarităților suplimentare, de genul jocului între flancurile în contact, respectiv cu angrenaj cilindric și melc-roată melcată, fig.5.120, sau pinion-cremalieră și melc-roată melcată, fig.5.121.



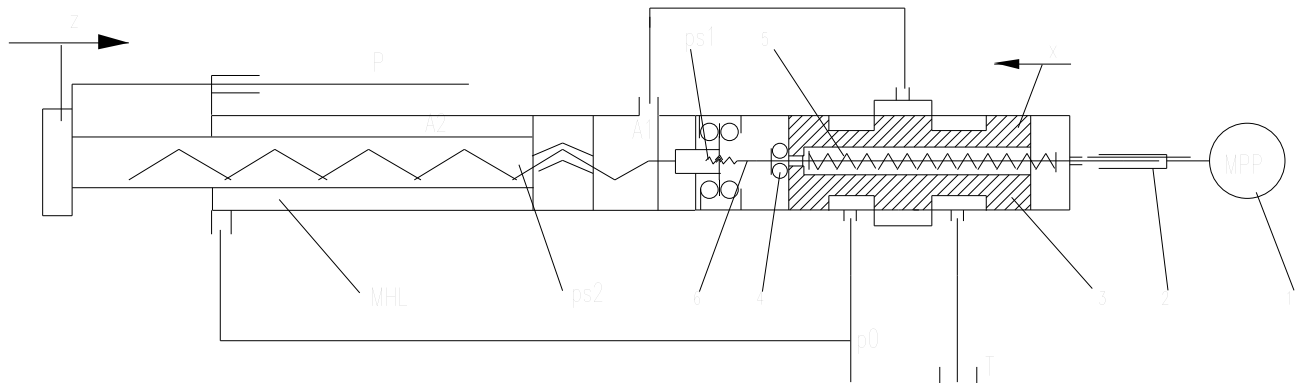
**Fig.5.117** Modul de traslație pe verticală cu servoaționare electrohidraulică pas cu pas cu distribuitor discret cu patru muchii active

Distribuitorul discret poate fi montat în prelungirea cilindrului hidraulic în construcția modulelor de traslație pe orizontală, fig.5.118 și fig.5.119, fie perpendicular pe cilindrul hidraulic la modulele de traslație pe verticală, fig.5.117, sau la modulele de rotație, fig.5.120. Reacția este asigurată prin legatura mecanică rigidă, determinată de cremaliera  $C_r$ , pinionul  $z_1$ , șurubul  $p_{s1}$  și sertărașul distribuitor, fig.5.117, sau de șurubul  $p_{s2}$ , bucșa filetată cu pasul  $p_{s1}$  și sertărașul

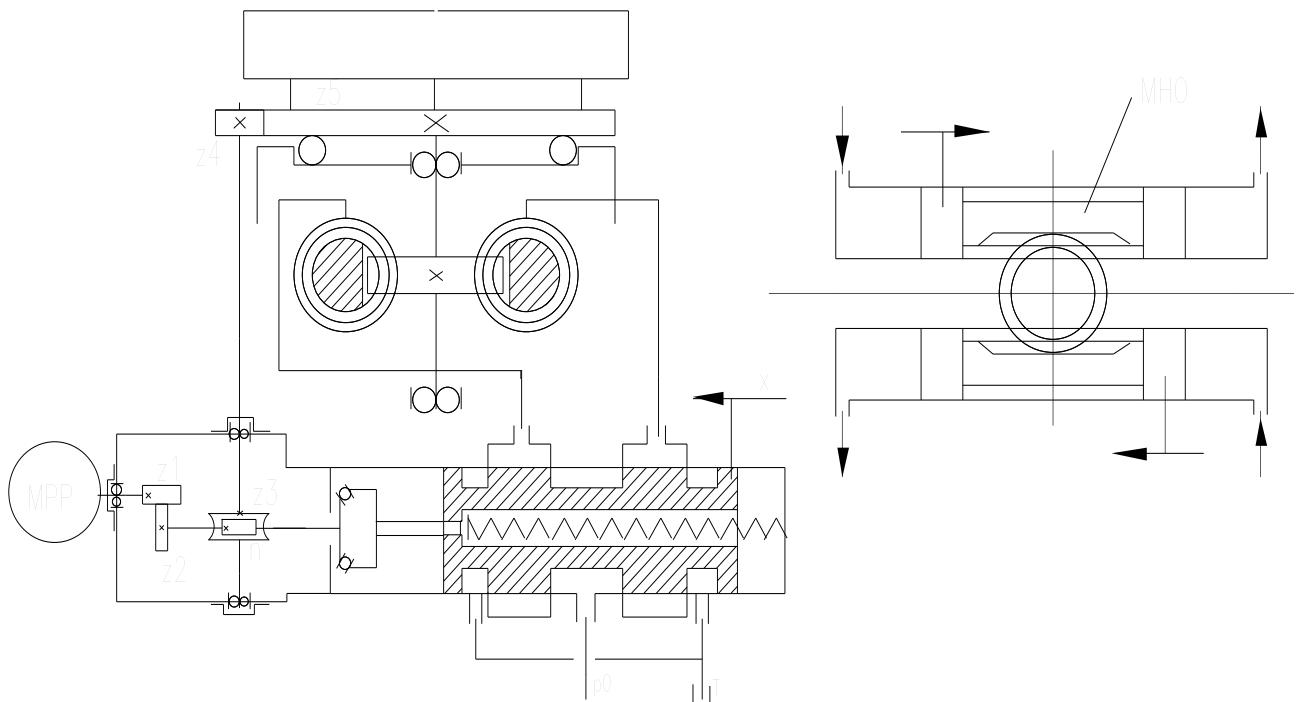
distribuator, fig.5.118 și fig.5.119, sau de roțile dințate  $z_5$ ,  $z_4$ , roata melcată  $z_3$ , melcul cu  $n$  începuturi și sertărașul distribuitor, fig.5.120, sau de cremaliera  $C_r$ , pinionul  $z_4$ , roata melcată  $z_3$ , melcul cu  $n$  începuturi și sertărașul distribuitor, fig.5.121.



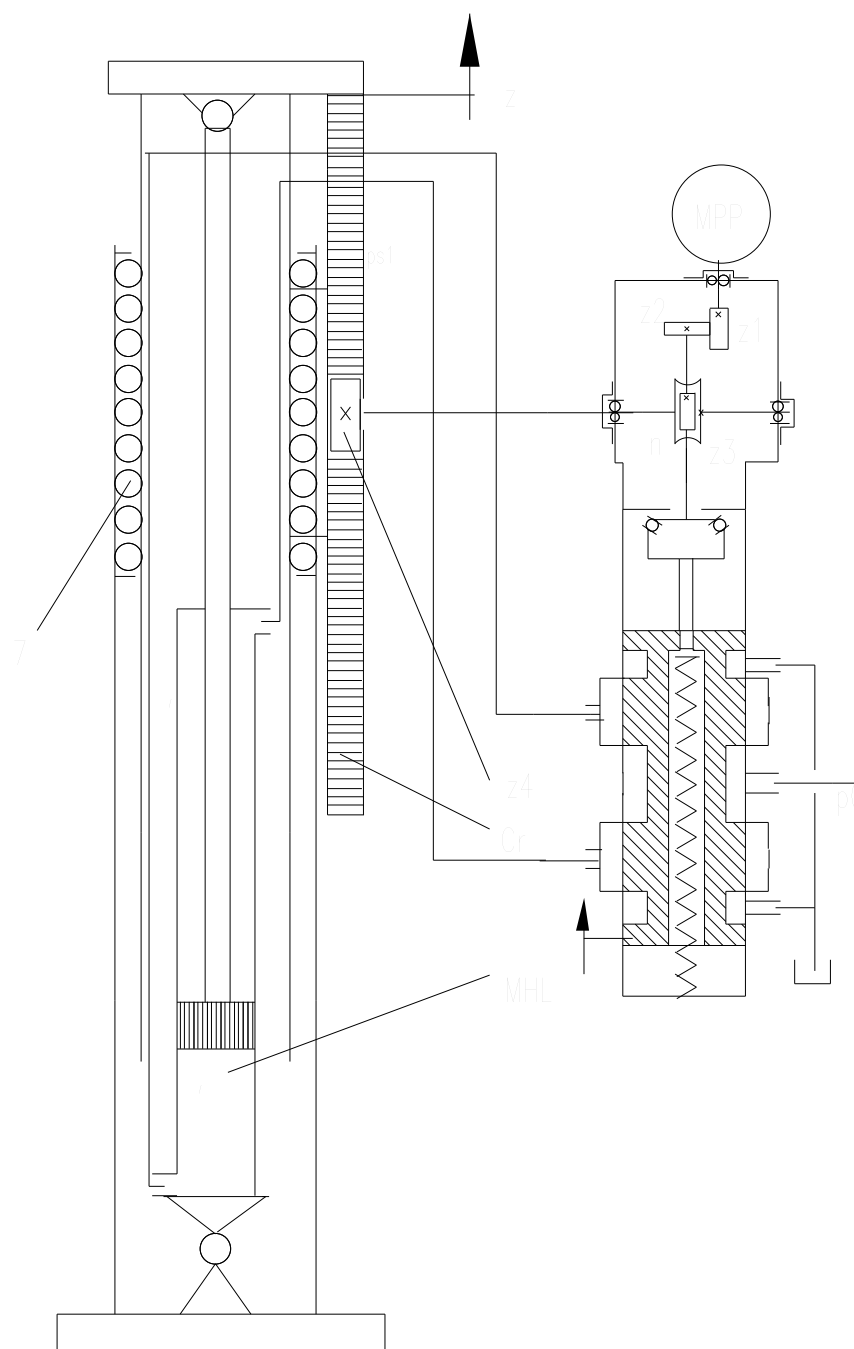
**Fig.5.118** Modul de translație pe orizontală cu servoacționare electrohidraulică pas cu pas cu distribuitor discret și reacție șurub- piuliță



**Fig.5.119** Modul de translație pe orizontală cu servoacționare electrohidraulică pas cu pas cu distribuitor discret cu două muchii active și reacție șurub-piuliță



**Fig.5.120** Modul de rotație la bază cu servoacționare electrohidraulică pas cu pas cu distribuitor discret cu patru muchii active și reacție angrenaj cilindric și roată melcată-melc

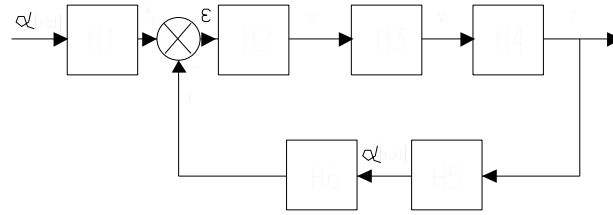


**Fig.5.121** Modul de translație pe verticală cu servoacționare electrohidraulică pas cu pas cu distribuitor discret cu patru muchii active și reacție cremalieră- pinion și roată melcată- melc

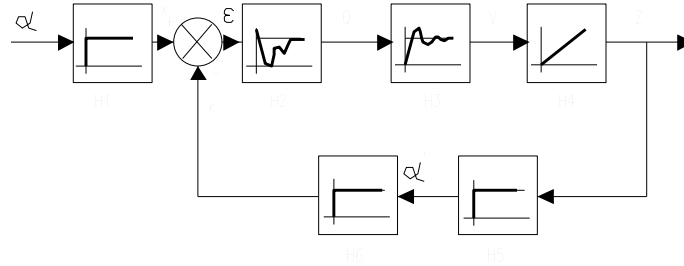
Funcționarea se bazează pe principiul sistemelor de urmărire incrementală. Astfel, prin transmiterea unui impuls de la comanda numerică, motorul pas cu pas *MPP* introduce în sistem mărimea unghiulară  $\alpha$  (unghiul incremental de intrare) care se transformă prin intermediul mecanismului șurub-piuliță, într-o deplasare liniară  $x$  a sertărașului distribuitorului discret, care la rândul ei determină alimentarea într-un sens sau altul a motorului hidraulic liniar. Prin existența legăturii mecanice, determinată de prezența reacției, mișcarea  $z$  a tijei motorului hidraulic liniar, se retransmite la nivelul sertărașului distribuitor și este comparată cu deplasarea inițială  $x$ . Tija *MHL* se va deplasa atâta timp cât mărimea de eroare, determinată de diferența dintre deplasarea inițială  $x$  a sertărașului distribuitor și mărimea de reacție este diferită de zero.

Schemele bloc ridicate în vederea modelării comportării dinamice a servosistemelor electrohidraulice cu variație incrementală rezistivă, sunt prezentate în fig.5.122, 5.123, 5.124, 5.125, 5.126, 5.127.

Schemele din fig.5.122 și 5.123 sunt specifice servosistemelor din fig.5.117, 5.118, 5.119.



**Fig.5.122** Schema bloc de automatizare utilizând funcții de transfer pentru servosistemele din fig.5.117...5.119



**Fig.5.123** Schema bloc de automatizare utilizând caracteristici indiciale pentru servosistemele din fig.5.117...5.119

unde:  $H_1$  este funcția de transfer a mecanismului șurub-piuliță cu pasul  $p_1$ , de tip (P);  $H_2$ - funcția de transfer a distribuitorului discret de tip ( $PD_2T_1$ );  $H_3$ - funcția de transfer a motorului hidraulic linear, de tip ( $PT_2$ );  $H_4$ - funcția de transfer a modului de convertire deplasare- viteză, de tip (I);  $H_5$ - funcția de transfer a legăturii de reacție, determinată de mecanismul pinion  $z_1$ -cremaliera sau șurub-piuliță cu pasul  $p_2$ , de tip (P);  $H_6$ - funcția de transfer a mecanismului șurub-piuliță cu pasul  $p_1$ , de pe calea de reacție, de tip (P).

Aceste funcții de transfer au următoarele expresii:

$$\begin{aligned} H_1(s) &= \frac{p_1}{2\pi}; H_2(s) = \frac{k^{DD}(T_{d2}^{DD}s^2 + \dots)}{T_{i1}^{DD}s + 1}; \\ H_3(s) &= \frac{k^{MH}}{T_{i2}^{MH}s^2 + \dots}; H_4(s) = \frac{1}{s}; H_5(s) = \frac{2}{m_1 z_1}; H_6(s) = \frac{p_1}{2\pi}; \end{aligned} \quad (5.124)$$

Funcția de transfer în circuit deschis va avea expresia:

$$H_d(s) = H_2 H_3 H_4 H_5 H_6 = \frac{p_1 k^{DD} (T_{d2}^{DD} s^2 + \dots) k^{MH} m_1 z_1}{(T_{i1}^{DD} s + 1)(T_{i2}^{MH} s^2 + \dots) s 2\pi m_1 z_1 + k^{DD} (T_{d2}^{DD} s^2 + \dots) k^{MH} p_1} \quad (5.125)$$

Factorul de amplificare în circuit închis va avea expresia:

$$k_i = \lim_{s \rightarrow 0} H_i(s) = \frac{m_1 z_1}{2} \quad (5.126)$$

Cum constanta de întârziere a răspunsului este direct proporțională cu factorul de amplificare în circuit închis, rezultă că pentru minimizarea constantei de timp este necesară minimizarea factorului de amplificare în circuit închis. Deci, pentru mărirea domeniului de frecvență în care va lucra servosistemul, deci pentru obținerea unei precizii și promptitudini bune, este necesară micșorarea la maxim a lui  $z_1$ , și  $m_1$ , pînă la limita determinată din calculele de rezistență, specifice montajului. Pentru servosistemele reprezentate în figurile 5.118 și 5.119, factorul de amplificare în circuit închis va avea expresia:

$$k_i = \lim_{s \rightarrow 0} H_i(s) = \frac{p_2}{2\pi} \quad (5.127)$$

Rezultă că, în acest caz frecvența proprie a servosistemului va crește dacă  $p_2$  va fi minim.

Factorul de amplificare de viteză în circuit deschis va avea expresia:

$$k_{d_{viteza}} = \lim_{s \rightarrow 0} H_d(s) = \frac{k^{DD} k^{MH}}{m_1 z_1} \cdot \frac{p_1}{\pi} \quad (5.128)$$

Acest factor influențează invers proporțional constanta de timp a servosistemului, întrucât constanta de timp se determină cu relația:

$$T = \frac{k_i}{k_d} \quad (5.129)$$

În consecință, pentru micșorarea constantei de timp a răspunsului de viteză, a servosistemului electrohidraulic cu variație discretă, deci în scopul măririi domeniului frecvenței de lucru, deci și a preciziei și promptitudinii, este necesar ca:

$$k_d \uparrow \Rightarrow k^{DD} \uparrow, k^{MH} \uparrow, p_1 \uparrow, m_1 \downarrow, z_1 \downarrow \quad (5.130)$$

Întrucât factorul de amplificare al motorului hidraulic liniar este:

$$k^{MH} = \frac{A_1(1 - c_{fu})}{A_1^2(1 - c_{fu}) + a_m b_m} \quad (5.131)$$

rezultă că:

$$k^{MH} \uparrow \Rightarrow A_1 \downarrow, c_{fu} \uparrow, a_m \downarrow, b_m \downarrow \quad (5.132)$$

unde:  $A_1$  este aria activă a motorului hidraulic liniar;  $c_{fu}$ - factorul de frecare uscată;  $a_m$ - gradientul liniarizat al pierderilor de debit proporționale cu presiunea, din motor;  $b_m$ - gradientul de pierderi de efort proporționale cu viteza tijei motorului.

Întrucât factorul de amplificare al distribuitorului discret are expresia:

$$k^{DD} = \frac{\pi c_d^2 D(x'_0 - x_0) \cos \varphi \frac{2}{3} c_d \pi D \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{p_1^0 - p_2^0} - \frac{1}{3} c_d \pi D \sqrt{\frac{2}{\rho}} \frac{1}{\sqrt{p_1^0 - p_2^0}}}{\pi c_d^2 D(x'_0 - x_0) \cos \varphi} \quad (5.133)$$

unde:  $c_d$  este coeficientul de droselizare prin rezistența hidraulică;  $(x'_0 - x_0)$ - deschiderea liniarizată a sertărașului distribuitorului discret;  $\varphi$ - unghiul de curgere prin sertăraș;  $D$ - diametrul sertărașului;  $(p_1^0 - p_2^0)$ - căderea de presiune liniarizată pe rezistența hidraulică;  $\rho$ - densitatea uleiului hidraulic.

Rezultă că:

$$k^{DD} \uparrow \Rightarrow D \uparrow, p_1^0 \uparrow \quad (5.134)$$

Pentru servosistemele din fig 5.118 și 5.119, factorul de amplificare de viteză în circuit deschis are expresia:

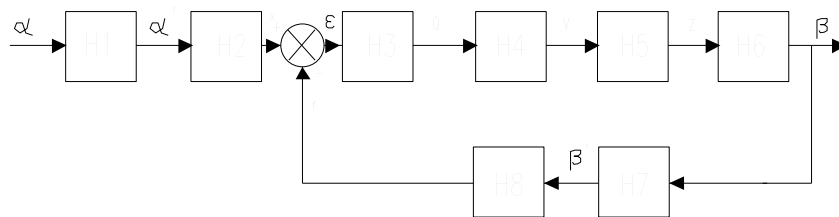
$$k_d = k^{DD} k^{MH} \frac{p_1}{p_2} \quad (5.135)$$

În acest caz, constanta de timp este minimă dacă:

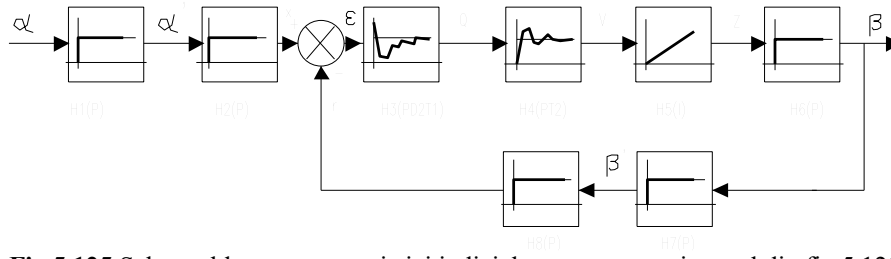
$$T \downarrow \Rightarrow k_d \uparrow \Rightarrow k^{DD} \uparrow, k^{MH} \uparrow, (p_1/p_2) \uparrow \quad (5.136)$$

Deci frecvența proprie crește, dacă raportul dintre pașii șuruburilor crește. În concluzie se poate spune că, pasul șurubului de pe calea de reacție trebuie ales foarte apropiat de pasul șurubului sertărașului.

Schemele bloc pentru servosistemul din fig.5.120 sunt prezentate în fig.5.124 și 5.125.



**Fig.5.124** Schema bloc cu funcții de transfer pentru servosistemul din fig.5.120



**Fig.5.125** Schema bloc cu caracteristici indiciale pentru servosistemul din fig.5.120

unde:  $H_1$  este funcția de transfer a angrenajului reductor  $z_1/z_2$ , de tip (P);  $H_2$ - funcția de transfer a melcului mobil pe o direcție axială, folosind roata melcată ca pe o cremalieră melcată cu pasul  $p_1$ , de tip (P);  $H_3$ - funcția de transfer a distribuitorului discret, de tip (PD<sub>2</sub>T<sub>1</sub>);  $H_4$ - funcția de transfer a motorului hidraulic liniar, de tip (PT<sub>2</sub>);  $H_5$ - funcția de transfer a modulului de conversie viteză-deplasare, de tip (I);  $H_6$ - funcția de transfer a mecanismului pinion-cremalieră motor oscilant;  $H_7$ - funcția de transfer a reacției mecanice determinată de angrenajul  $z_5/z_4$ , de tip (P);  $H_8$ - funcția de transfer a reacției mecanice determinată de roata melcată, care în acest caz lucrează ca un pinion pe o cremalieră melcată, cremaliera fiind constituită de melcul mobil axial, funcție de transfer de tip (P).

Funcțiile de transfer au următoarele expresii:

$$H_1(s) = \frac{z_1}{z_2}; H_2(s) = \frac{p_f}{2\pi}; H_3(s) = \frac{k^{DD}(T_{d2}^{DD}s^2 + \dots)}{T_{i1}^{DD}s + 1};$$

$$H_4(s) = \frac{k^{MH}}{T_{i2}^{MH}s^2 + \dots}; H_5(s) = \frac{1}{s}; H_6(s) = \frac{2}{m_6 z_6}; H_7(s) = \frac{z_5}{z_4}; H_8(s) = \frac{m_3 z_3}{2};$$

Funcția de transfer în circuit deschis va avea expresia:

$$H_d(s) = H_3 H_4 H_5 H_6 H_7 H_8 = \frac{k^{DD}(T_{d2}^{DD}s^2 + \dots)}{T_{i1}^{DD}s + 1} \cdot \frac{k^{MH}}{T_{i2}^{MH}s^2 + \dots} \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{2}{m_6 z_6} \cdot \frac{z_5}{z_4} \cdot \frac{m_3 z_3}{2}$$

Funcția de transfer în circuit închis va avea expresia:

$$H_i(s) = \frac{H_1 H_2 H_3 H_4 H_5 H_6}{1 + H_3 H_4 H_5 H_6 H_7 H_8} = \frac{\frac{z_1}{z_2} \frac{p_f}{2\pi} k^{DD}(T_{i2}^{DD} + \dots) k^{MH} 2z_4}{(T_{i1}^{DD}s + 1)(T_{i2}^{MH}s^2 + \dots) s m_6 z_6 z_4 + k^{DD}(T_{i2}^{DD} + \dots) k^{MH} z_5 m_3 z_3}$$

În acest caz, factorul de amplificare în circuit închis va avea expresia:

$$k_i = \lim_{s \rightarrow 0} H_i(s) = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_4}{z_5} \cdot \frac{1}{z_3}$$

Din această relație rezultă că, constanta de timp este minimă, ceea ce înseamnă că servosistemul lucrează într-un domeniu de frecvență mai larg, cu o mai bună precizie și promptitudine, dacă:

$$T \downarrow \implies k_i \downarrow \implies (z_1/z_2) \downarrow, (z_4/z_5) \downarrow, (1/z_3) \downarrow$$

Factorul de amplificare de viteză în circuit deschis va avea expresia:

$$k_d = \lim_{s \rightarrow 0} H_d(s) = k^{DD} k^{MH} \cdot \frac{m_3 z_3}{m_6 z_6} \cdot \frac{z_5}{z_4}$$

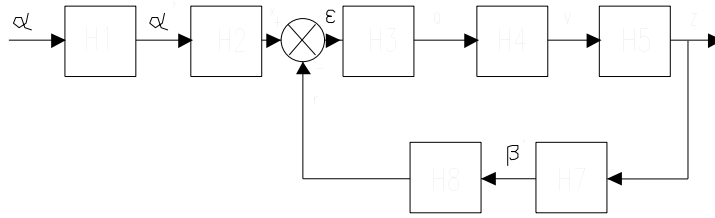
Rezultă că, factorul de amplificare de viteză este maxim, determinând reducerea constantei de timp, cu efect asupra îmbunătățirii preciziei și a promptitudinii, dacă:

$$T_v \downarrow \implies k_d \uparrow \implies k^{DD} \uparrow, k^{MH} \uparrow, (m_3 z_3) \uparrow, (m_6 z_6) \downarrow, (z_5/z_4) \uparrow$$

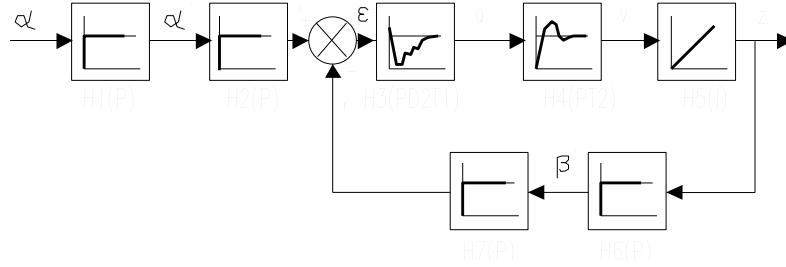
$$\backslash \implies A_1 \downarrow, c_{fu} \uparrow, a_m \downarrow, b_m \downarrow$$

$$\backslash \implies D \uparrow$$

Schemele bloc pentru servosistemul din fig.5.121 sunt prezentate în fig.5.126 și 5.127.



**Fig.5.126** Schema bloc cu funcții de transfer pentru servosistemul din fig.5.121



**Fig.5.127** Schema bloc cu caracteristici indiciale pentru servosistemul din fig.5.120

unde:  $H_1$ - funcția de transfer a angrenajului  $z_1/z_2$ , de tip (P);  $H_2$ - funcția de transfer a melcului mobil pe direcție axială, folosind roata melcată ca pe o cremalieră melcată cu pasul  $p_1$ , de tip (P);  $H_3$ - funcția de transfer a distribuitorului discret, de tip (PD<sub>2</sub>T<sub>1</sub>);  $H_4$ - funcția de transfer a motorului hidraulic liniar, de tip (PT<sub>2</sub>);  $H_5$ - funcția de transfer a modului de conversie viteză-deplasare, de tip (I);  $H_6$ - funcția de transfer a mecanismului cremalieră-pinion, care constituie reacția mecanică de tip (P);  $H_7$ - funcția de transfer a mecanismului roată melcată-melc, cu posibilitatea de deplasare pe orizontală, care constituie reacția mecanică de tip (P).

Funcțiile de transfer au următoarele expresii:

$$\begin{aligned} H_1(s) &= \frac{z_1}{z_2}; H_2(s) = \frac{p_1}{2\pi}; H_3(s) = \frac{k^{DD}(T_{i2}^{DD}s^2 + \dots)}{T_{i1}^{DD}s + 1}; \\ H_4(s) &= \frac{k^{MH}}{T_{i2}^{MH}s^2 + \dots}; H_5(s) = \frac{1}{s}; H_6(s) = \frac{2}{m_4 z_4}; H_7(s) = \frac{m_3 z_3}{2}; \end{aligned} \quad (5.144)$$

Funcția de transfer în circuit deschis va avea expresia:

$$H_d(s) = H_3 H_4 H_5 H_6 H_7 = \frac{k^{DD}(T_{i2}^{DD}s^2 + \dots)}{T_{i1}^{DD}s + 1} \cdot \frac{k^{MH}}{T_{i2}^{MH}s^2 + \dots} \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{2}{m_4 z_4} \cdot \frac{m_3 z_3}{2} \quad (5.145)$$

Factorul de amplificare în circuit deschis va avea expresia:

$$k_d = k^{DD} k^{MH} \frac{m_3 z_3}{m_4 z_4} \quad (5.146)$$

Analizînd această relație și ținînd cont de relația de calcul a constantei de întârziere a unui servosistem calculată pe baza factorilor de amplificare în circuit deschis și închis rezultă că:

$$\begin{aligned} T \downarrow &\Rightarrow k_d \uparrow \Rightarrow k^{DD} \uparrow \Rightarrow D \uparrow \\ &\Rightarrow k^{MH} \uparrow \Rightarrow A_l \downarrow, c_{fu} \uparrow, a_m \downarrow, b_m \downarrow \\ &\Rightarrow (m_3 z_3) \uparrow, (m_4 z_4) \downarrow \end{aligned} \quad (5.147)$$

Funcția de transfer în circuit închis va avea expresia:

$$H_i(s) = \frac{\frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{p_1}{2\pi} \cdot \frac{k^{DD}(T_{i2}^{DD}s^2 + \dots)}{T_{i1}^{DD}s + 1} \cdot \frac{k^{MH}}{T_{i2}^{MH}s^2 + \dots} \cdot \frac{1}{s}}{1 + \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{p_1}{2\pi} \cdot \frac{k^{DD}(T_{i2}^{DD}s^2 + \dots)}{T_{i1}^{DD}s + 1} \cdot \frac{k^{MH}}{T_{i2}^{MH}s^2 + \dots} \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{2}{m_4 z_4} \cdot \frac{m_3 z_3}{2}} \quad (5.148)$$

Pe baza modelelor matematice prezentate și prin utilizarea programelor specifice realizate se vor putea stabili parametrii constructivi și funcționali optimi obținerii unor performanțe impuse.