

Simularea asistată a comportării dinamice a servosistemului MHL-DP2

Modelarea servosistemelor este o etapă importantă din cadrul analizei și sintezei servosistemelor. Modelarea matematică este însoțită de regulă de etapa de cercetare experimentală și simulare asistată, în scopul ajustării modelului matematic. Simularea numerică sau analogică efectuată pe un model matematic corectat față de modelul fizic real, scurtează perioada de cercetare și costurile acesteia, asigurând posibilitatea alegerii foarte ușoare a parametrilor constructivi și funcționali, care să determine o comportare dinamică optimă. Cercetarea evidențiază o modalitate de analiză prin simulare a comportării dinamice a unui servosistem electrohidraulic cu reglare continuă rezistivă cu distribuitor proporțional cu două trepte de amplificare, cu ajutorul unui program realizat în LabView.

Modelarea matematică

O etapă foarte importantă în cadrul simulării și cercetării asistate a comportării dinamice o reprezintă etapa cercetării comportării servosistemului în regim tranzitoriu. În acest scop, s-a considerat servosistemul a cărui structură este prezentată în fig.5.106.

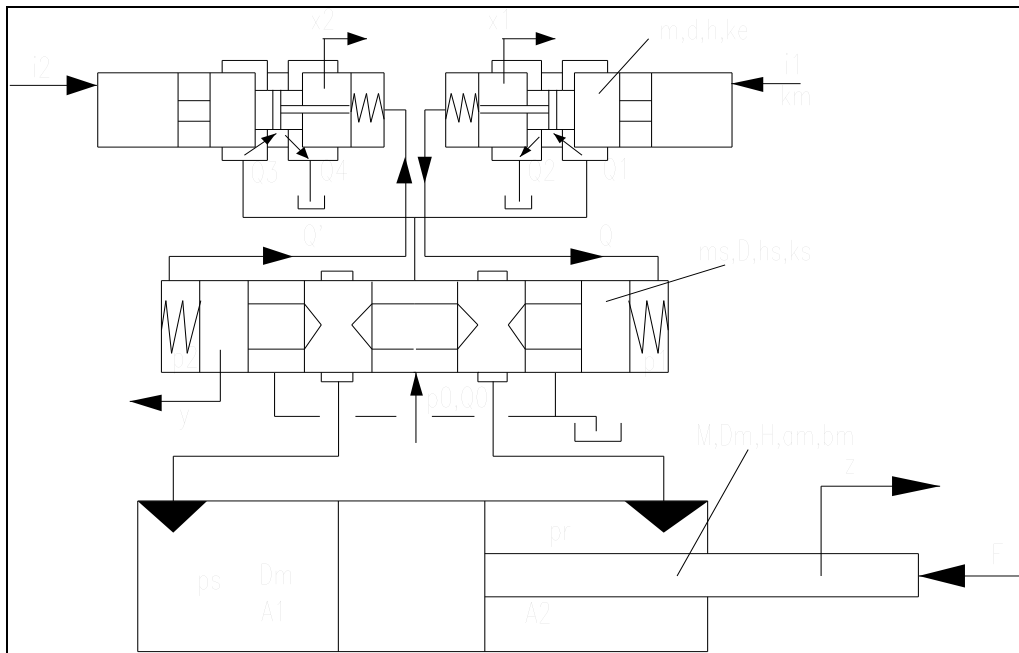


Fig.5.106 Schema de principiu a servosistemului MHL-DP2

Servosistemul a fost excitat cu un semnal de tip treptă, constituit de intensitatea curentului de alimentare a bobinelor electromagneților proporționali.

Modelul matematic, care caracterizează comportarea dinamică a întregului servosistem, este evidențiat în relațiile:

$$\begin{aligned}
 k_m i &= m \frac{d^2 x_1}{dt^2} + h \frac{dx_1}{dt} + k_e x_1 + 2c_d^2 \pi dx_1 (p_0 - p_1); p_1 - p_2 = p_0 \frac{2 \frac{x_1}{x_0}}{1 + \left(\frac{x_1}{x_0}\right)^2} \\
 (p_1 - p_2) \frac{\pi D^2}{4} &= m_s \frac{d^2 y}{dt^2} + h_s \frac{dy}{dt} + ky + 2c_d^2 \pi D (p_0 - p_1) \\
 Q_m &= 4c_d y^2 \operatorname{tg} \varphi \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{p_0 - p_s}; Q_m = A_1 \frac{dz}{dt} + a_m (p_0 - p_r) + \frac{V}{2E} \frac{dp}{dt} \\
 M \frac{d^2 z}{dt^2} + H \frac{dz}{dt} + c_{fu} \operatorname{sgn}\left(\frac{dz}{dt}\right) (A_1 p_0 - A_2 p_r) + F &= A_1 p_0 - A_2 p_r
 \end{aligned} \tag{5.123}$$

unde: k_m este gradientul de variație a forței funcție de intensitatea curentului de alimentare a bobinei, 2 daN/A; d -diametrul pilotului supapei, 10 mm; k_e -constanta de elasticitate a arcului supapei, 0.0454 daN/cm; x_0 -deschiderea maximă a supapei, 0.7 mm; m -masa pilotului, 0.000006 daNs²/cm; h -coeficientul de frecare vîscoasă la nivelul supapei, 0.04 daNs/cm; m_s -masa sertărașului, 0.0002 daNs²/cm; p_0 -presiunea de alimentare cu care a fost testat servosistemul, 20 daN/cm²; D -diametrul sertărașului, 16 mm; φ -unghiul deschiderii fantei triunghiulare, 60°; D_m -diametrul pistonului motorului hidraulic liniar, 63 mm; a_m -gradientul liniarizat al pierderilor de debit proporționale cu presiunea în MHL, 0.3 cm⁵/daNs; b_m -gradientul liniarizat al pierderilor de forță proporționale cu viteza în MHL, 0.3 daNs/cm; V - volumul comprimat (pistonul este considerat în poziția în care rezultă frecvența proprie minimă, fiind simetric, la mijloc), 2500 cm³; M -masa sarcinii cu tijă și piston, 0.030 daNs²/cm; N -numărul de puncte de analiză; t -timpul de observare, s; dt -perioada de eșantionare. Valorile evidențiate corespund modelului fizic existent în laborator.

Acest model matematic a fost generat ținând cont de legea conservării impulsului, legea conservării masei, ecuația continuității, ecuațiile lui Lagrange și D'Alembert, ecuația de debite și legea lui Kirchoff aplicată nodurilor hidraulice, etc.

Cercetarea prin trasarea asistată a caracteristicilor

Pe baza modelului matematic a fost realizat programul în LabView cu ajutorul căruia s-au obținut caracteristicile indiciale de viteză, spațiu și accelerație, considerând ca mărime de intrare semnalul de tip treaptă a curentului i , de alimentare a bobinelor distribuitorului proporțional.

Panoul cu aparatura virtuală de cercetare poate fi urmărită în fig.5.107, caracteristicile indiciale, ca rezultat al simulării, în fig.5.108, iar schema bloc de simulare în fig.5.109.

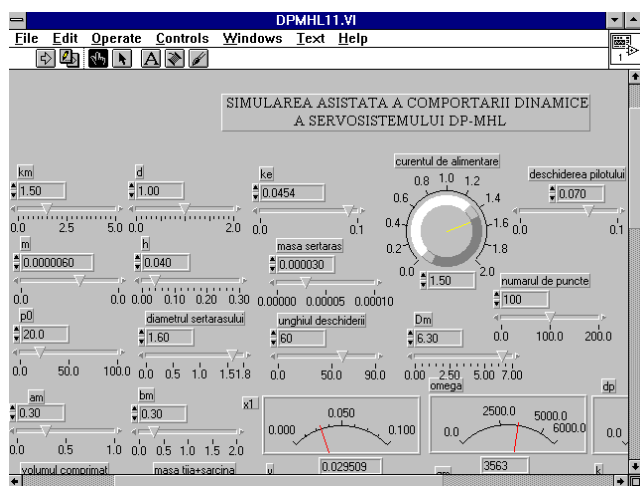


Fig.5.107 Panoul frontal cu datele de intrare

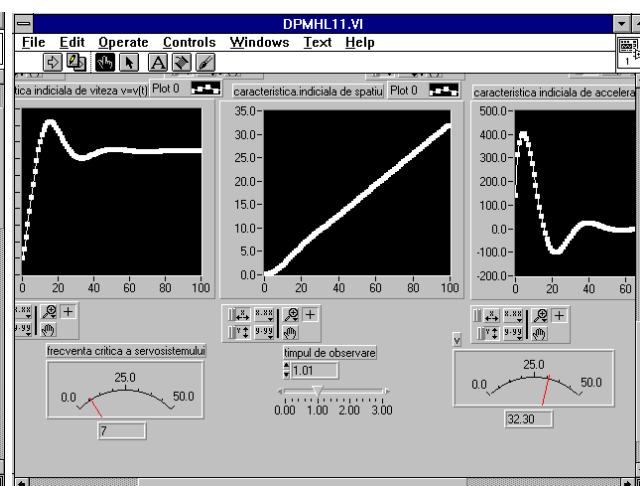


Fig.5.108 Caracteristicile indiciale de viteză, accelerație și spațiu

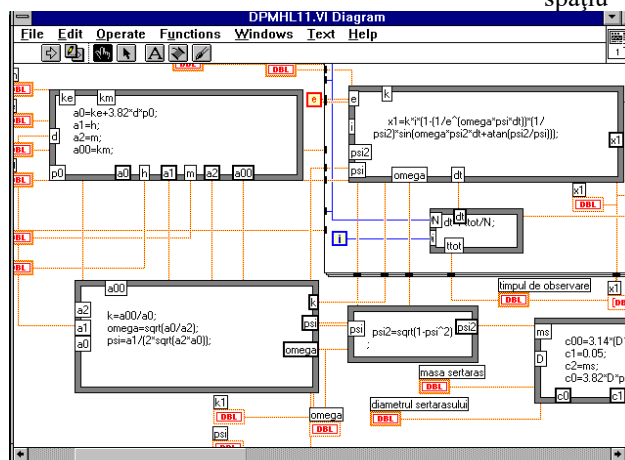


Fig.5.109 Schema bloc a programului de simulare

Rezultatele cercetării comparative, prin modificarea unor parametri constructivi sau funcționali sunt evidențiate în fig.5.110...5.114.

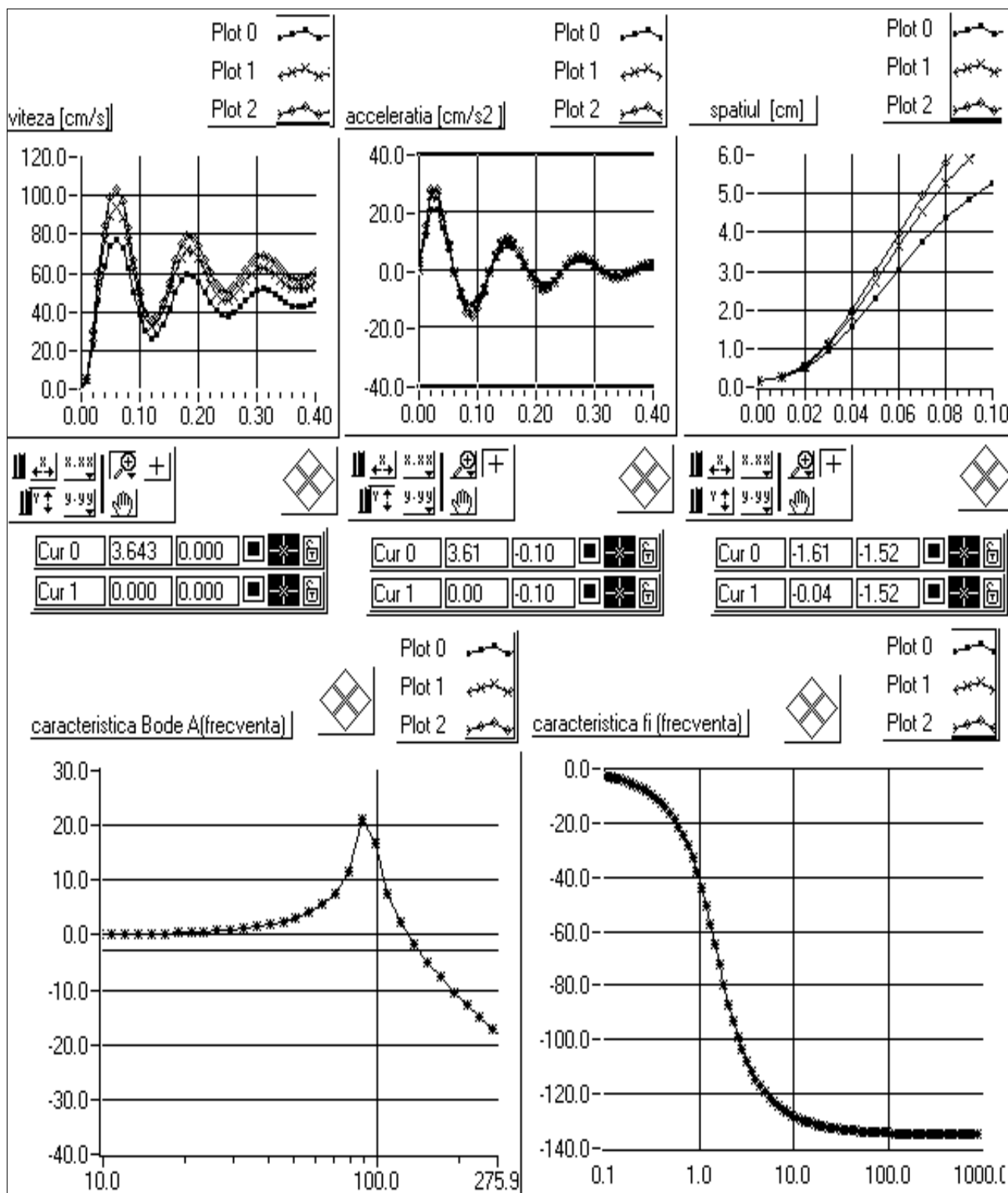


Fig.5.110 Caracteristicile indiciale și de frecvență obținute prin variația gradientului k_m

Prin modificarea gradientului de variație a forței cu curenții k_m , se observă că frecvența servosistemului nu se modifică, crește oscilația de viteză și accelerație, răspunsul este mai rapid, mai precis, dar mai apropiat de limita de stabilitate. Creșterea peste o anumită valoare a acestui gradient, conduce la o funcționare instabilă, pe un anumit domeniu de frecvență. Servosistemul lucrează într-un domeniu de frecvență de 145Hz, ceea ce ne conduce la aprecierea unei limite a timpului de accelerație de cca.0.004s.

Caracteristica indicială a spațiului este specifică unei variații trapezoidale a vitezei, peste care se suprapune o componentă tranzitorie de tip PT₂.

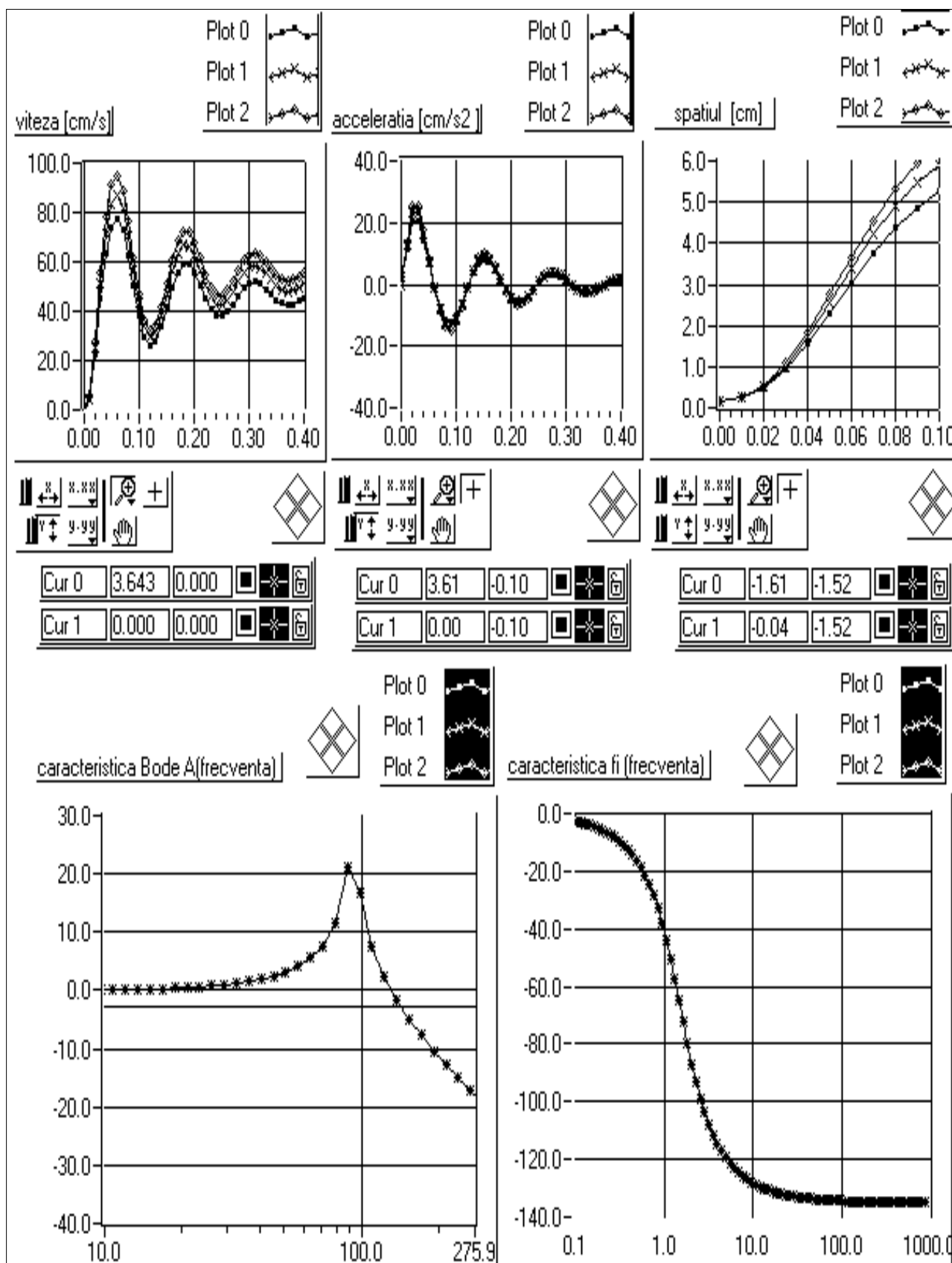


Fig.5.111 Caracteristicile indiciale și de frecvență obținute prin variația curentului i

Prin variația curentului i , de alimentare a bobinelor distribuitorului proporțional, se obține o creștere a promptitudinii și a preciziei, datorită creșterii forței aplicată la nivelul semipunții A. Domeniul de frecvență nu se modifică, acesta fiind de aproximativ 135Hz, iar frecvența de rezonanță scade la 90Hz. Servosistemul se comportă tot ca un element de tip PT₂.

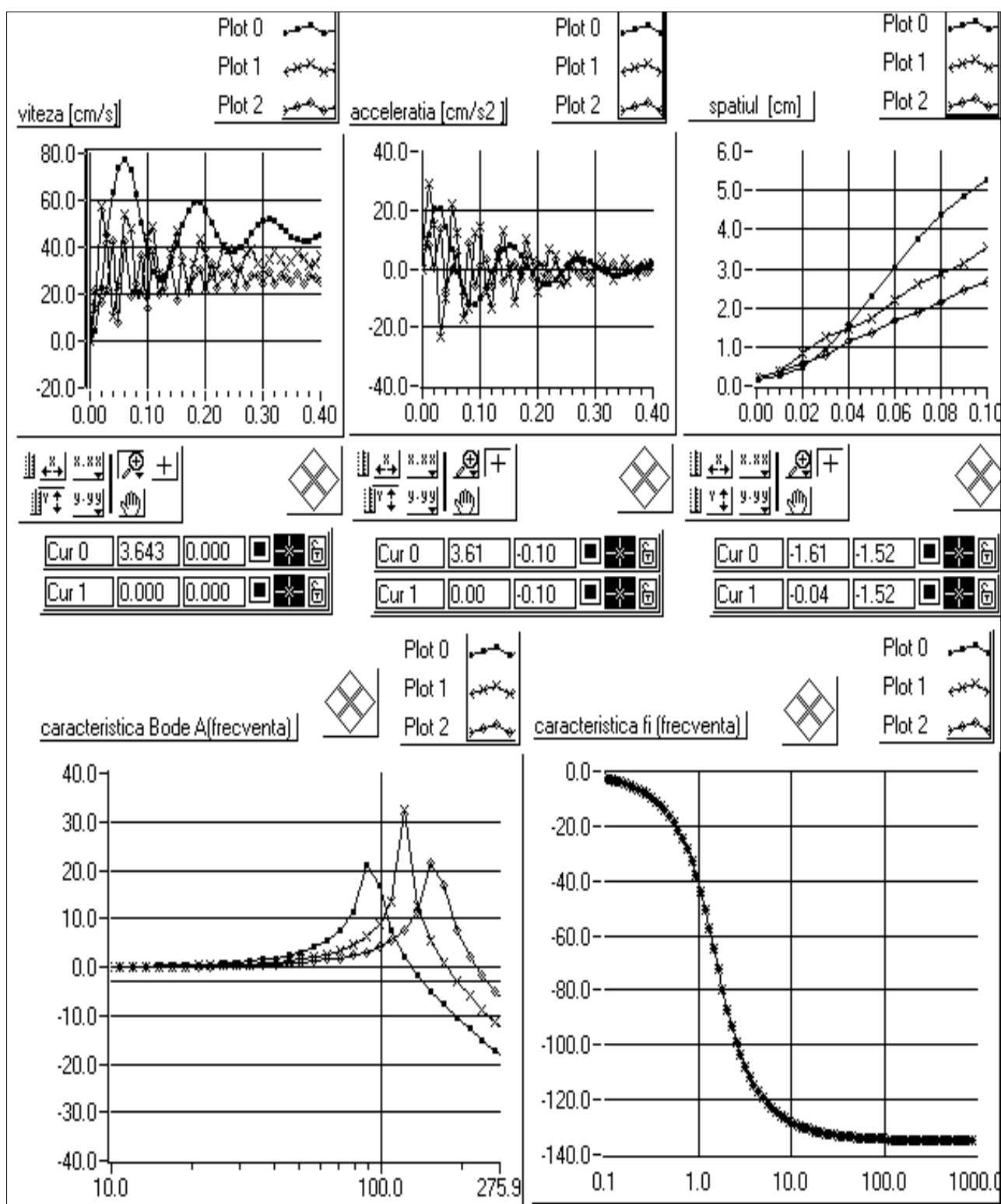


Fig.5.112 Caracteristicile indiciale și de frecvență obținute prin variația diametrului D_m

Prin modificarea diametrului sertărașului D_m , se obține o creștere a domeniului de frecvență, însoțită și de creșterea amplitudinii la rezonanță, ceea ce implică o apropiere de limita de stabilitate. Răspunsul servosistemului oscilează mai mult, timpul tranzitoriu este mai mare, deci în această variantă, servosistemul nu poate fi utilizat la roboți la care este impusă precizia de poziționare și un timp minim, strict determinat, pentru manipularea obiectelor.

În acest caz, comportarea dinamică a servosistemului se modifică dintr-un element de tip PT_2 într-un element de tip anticipație-întârziere.

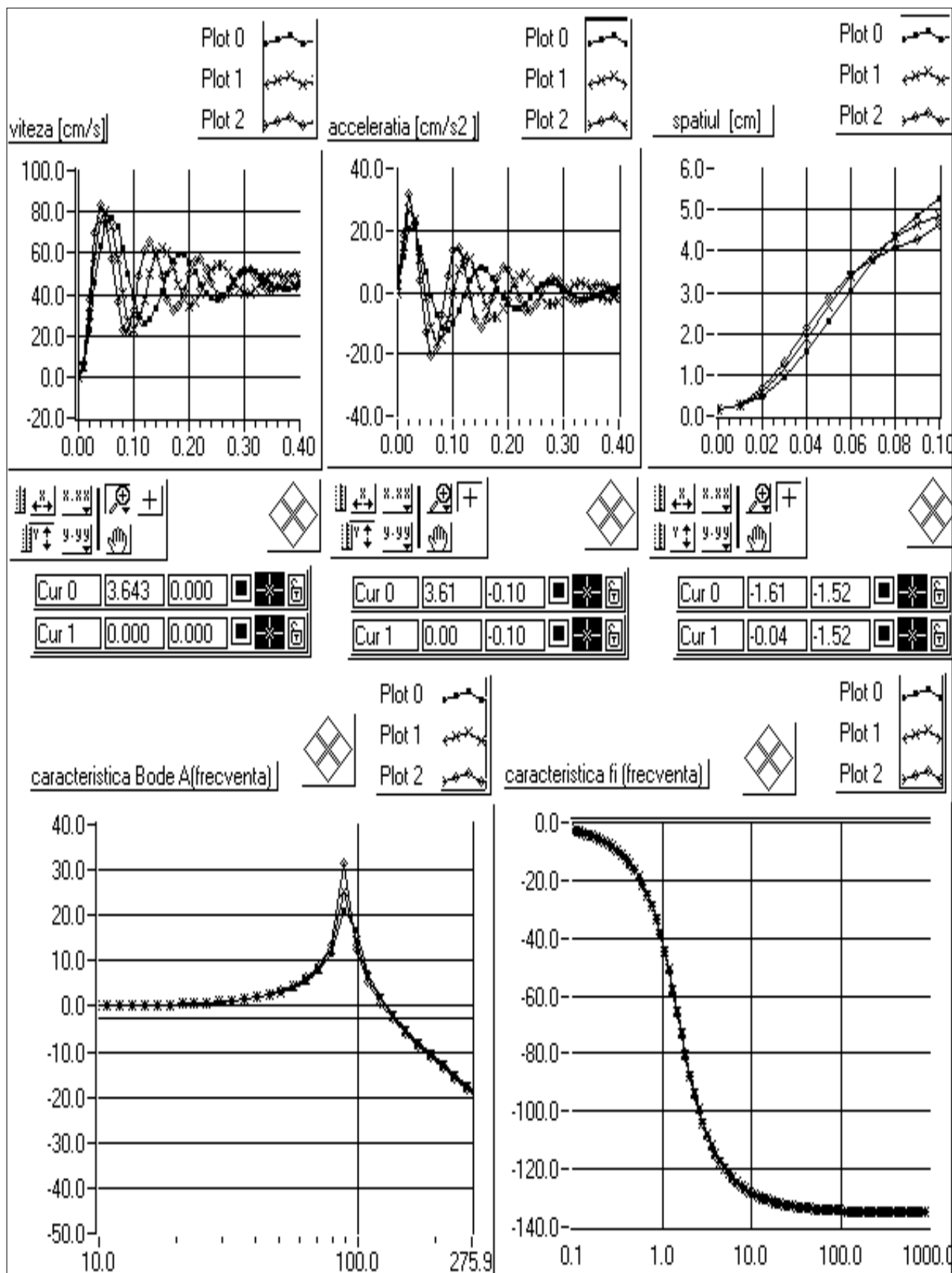


Fig.5.113 Caracteristicile indiciale și de frecvență obținute prin variația volumului V

Prin modificarea volumului camerei active a motorului hidraulic liniar (alegerea unui alt motor) se obține o creștere a amplitudinii oscilațiilor la rezonanță, domeniul de frecvență rămânând constant.

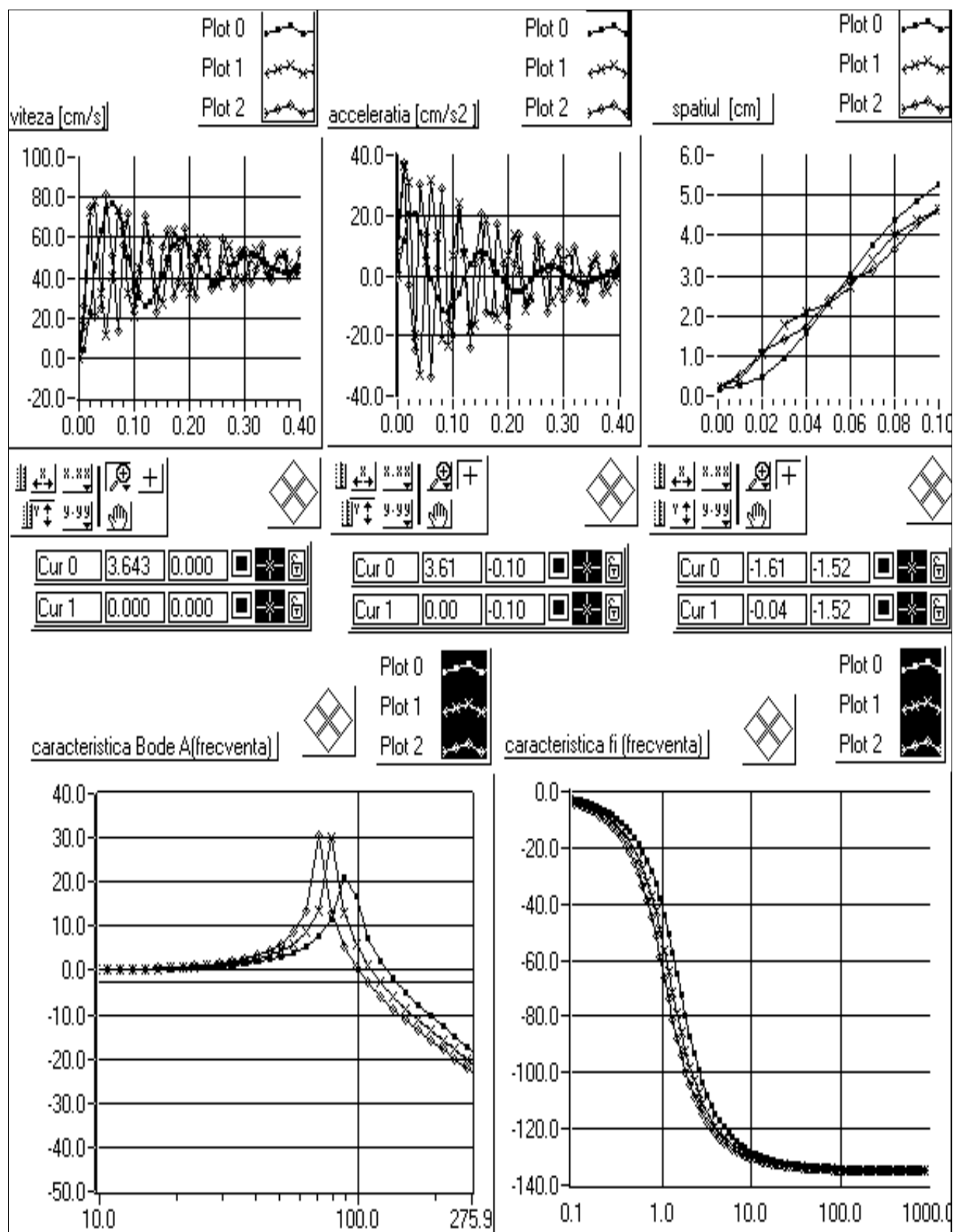


Fig.5.114 Caracteristicile indiciale și de frecvență obținute prin variația masei M

Prin modificarea masei M a sarcinii, se reduce domeniul de frecvență, crește amplitudinea oscilațiilor la rezonanță, scade frecvența de rezonanță, crește întârzierea de fază, deci servosistemul va fi mai lent. Datorită creșterii amplitudinii la rezonanță, cresc și oscilațiile de viteză, deci crește timpul tranzitoriu. Servosistemul se comportă, în această variantă, ca un element de anticipație-întârziere.

Analiza comportării dinamice a acestui tip de servosistem a fost efectuată utilizând două instrumente virtuale realizate sub nucleul LabView și anume, un instrument pentru cercetarea comparativă a caracteristicilor, fig.5.115 cu ajutorul căruia, prin modificarea unui parametru constructiv sau funcțional, se poate observa cum se modifică alura caracteristicilor și deci comportarea dinamică, iar cel de al doilea cuprinzând modelul matematic complet al servosistemului, asigurând trasarea asistată a caracteristicilor indiciale și de frecvență, fig.5.116.

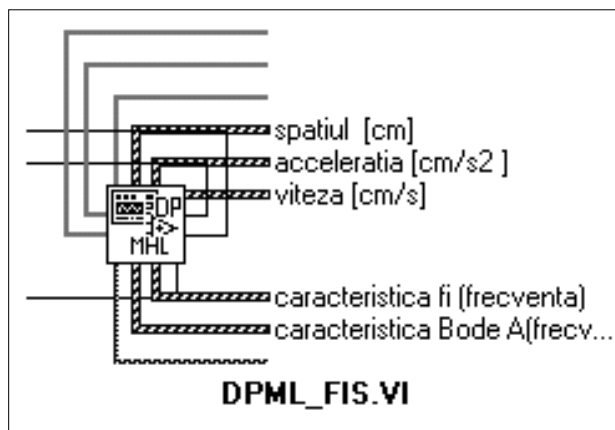


Fig.5.115 Icon-ul instrumentului virtual de analiză comparativă a servosistemelor de acest tip

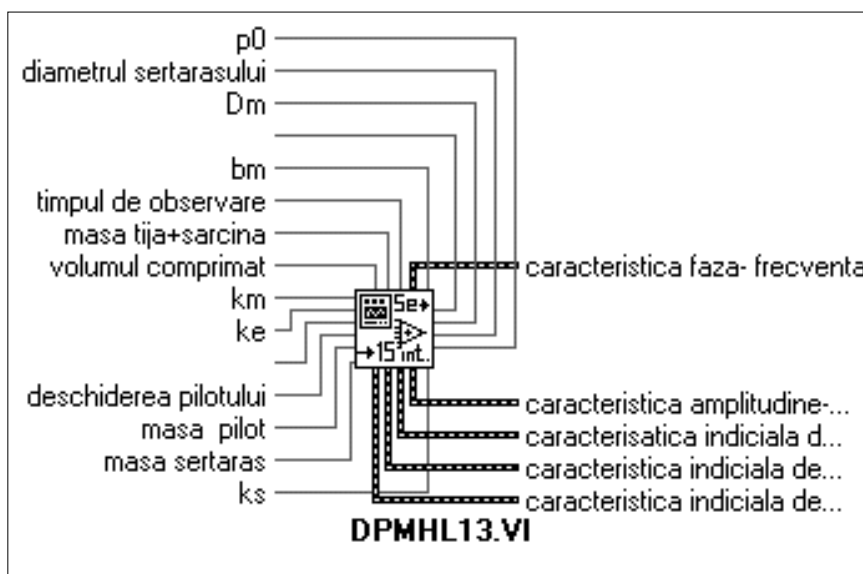


Fig.5.116 Icon-ul instrumentului virtual pentru analiza servosistemelor de tipul MHL-DP2

Utilizarea tehnicilor de modelare-simulare asistată de nucleul LabView, asigură reducerea timpului de analiză și sinteză, deci a costurilor cercetării, iar decizia este mult mai apropiată de realitate.