

INSTITUTUL POLITEHNIC „TRAIAN VUIA”
TIMIȘOARA
FACULTATEA DE ELECTROTEHNICĂ

ing. IACOB NICOLAE TRIF

CONTRIBUȚII LA ACȚIONARILE ELECTRICE
DE CURENȚ CONTINUU COMANDATE CU
MICROSISTEME
- CU APLICAȚII LA ROBOȚI -

-TEZĂ DE DOCTORAT -

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

Conducător științific:

Prof. dr. ing. TOMA DORDEA

TIMIȘOARA
-1987 -

520.191
265

C U P R I N S

NOTAȚII PRINCIPALE	3
1. INTRODUCERE.	5
2. TENDINȚE ÎN ACȚIONARIILE CU MOTOARE ELECTRICE DE CURENT CONTINUU	9
2.1. Structura sistemului de acționare elec- trică	9
2.2. Bousțiile mașinii de curent continuu.	10
2.3. Alimentarea prin variator de tensiune	13
3. MODELUL MATEMATIC AL ACȚIONĂRIILOR CU MOTOARE DE C.C. COMANDATE ÎN IMPULSURI	17
3.1. Schema structurală a motorului de c.c. cu excitație independentă și constantă.	17
3.2. Modelarea matematică a motorului de c.c. cu excitație independentă și constantă.	21
3.3. Sinteza și simularea analogică a acțio- nărilor electrice cu motoare de curent continuu.	25
3.4. Tratarea acționărilor cu motoare de c.c. comandate în impulsuri.	29
4. COMANDA MOTORULUI DE CURENT CONTINUU CU MICRO- SISTEME.	34
4.1. Conectarea calculatorului WANG la siste- mul de acționare.	34
4.2. Conectarea microsistemului MICROPROG 228 la sistemul de acționare.	35
4.3. SEPAMECC - Sistem Experimental cu Micro- procesor pentru Acționarea Motoarelor de Curent ContinuU	42
4.3.1. Modulele microsistemului SEPAMECC.	45
4.3.2. Modulul NGI - Numărător Generator de Impulsuri	47
4.3.3. Programarea modului NGI.	51
4.3.4. Circuite și dispozitive auxiliare SEPAMECC	57
5. PROGRAMAREA MICROSISTEMELOR PENTRU REALIZAREA DIAGRAMELOR DE MIȘCARE	69
5.1. Programarea calculatorului WANG	69
5.2. Programarea microsistemului MICROPROG 228	72
5.3. Implementarea acționărilor cu motoare de c.c. pe SEPAMECC.	74
5.4. Programul de simulare și acționare.	79

6. REALIZARI EXPERIMENTALE	119
6.1. Acționarea motorului electric tip MEF	119
6.2. Instalație de metalizare	122
6.3. Analizer și factorului de comandă	125
6.4. Robotul REIEP	128
6.5. Robotul RENUS	132
6.6. Robotul ROCCOS.	135
6.7. Robotul ROMUS	139
6.8. Robotul REMECC-03	142
6.9. Aplicații și utilizări industriale.	151
7. CONCLUZII SI CONTRIBUTII ORIGINALE	153
8. BIBLIOGRAFIE	157
9. ANEXE	
1. Programul DOTI - 1 - Metoda formelor seriale.	167
2. Programul DOTI - 2 - Modelarea sistemului dat prin schema bloc	170
3. Programul DOTI - 3 - Calculul elementelor sis- temului.	175
4. Programul de simulare - DATE.	177
5. Programul A 1 - Fixarea timpului până la V_n	179
6. Programul A 2 - Testarea vitezei.	181
7. Programul A 3 - Testarea motorului.	183
8. Programul PRINCIPAL SURSA = FP = de acționare și simulare	185
9. Programul PRINCIPAL OBIECT = FP = de acționare și simulare	197.

NOTATII PRINCIPALE

- a - accelerația instantanee, numărul perechilor de căi de curent ale înfășurării rotorice
- a_1 - accelerația de pornire
- a_2 - accelerația de frinare
- B - inducția maximă în întrefier
- D - diametrul exterior al indusului
- E_A - tensiunea electromotoare
- E_d - energia termică dezvoltată în indus
- f_c - factorul de comandă, raportul dintre durata de conducție și perioada de tact
- FI - factorul de inerție
- I - curentul absorbit de motor
- I_A, I_e - curentul din circuitul indusului, respectiv al excitației
- I_a - curentul pe o cale de curent
- I_N - curentul nominal
- $I_{2min}, I_{2max}, I_{2med}$ - curenții minim, maxim, mediu în motor
- J - momentul total axial de inerție
- J_m - momentul de inerție intern al motorului
- K - constante de acționare
- k - constanta electrică a motorului
- K_0 - constante de acționare inițială
- L_A, L_e - inductivitatea circuitului indusului, respectiv a excitației
- l_1 - lungimea idesală a indusului
- l_{med} - lungimea medie a unui conductor
- M - cuplul electromagnetic al mașinii electrice
- M_J - cuplul inerțial sau dinamic
- M_R - cuplul static rezistent
- N - numărul total de conductoare al indusului
- n_c - numărul de conductoare în creștătură
- P - puterea motorului
- P_A - puterea electromagnetică
- P - numărul perechilor de poli
- R - rezistența conectată în serie cu indusul
- R_A, R_e - rezistența înfășurării indusului, respectiv a excitației
- R_N - rezistența nominală a indusului

- R_1 - rezistență echivalentă a VTC în perioada de conducție
- R_2 - rezistență echivalentă a VTC în perioada de blocare
- S - spațiul instantaneu
- S_0 - spațiul inițial
- S_a - spațiul de accelerare
- S_i - spațiul de la care începe frinarea
- S_p - spațiul de mers cu viteză constantă și $a = 0$ (palier)
- S_{cond} - secțiunea standardizată a conductorului
- T - durata impulsului
- T_A - constanta electrică de timp a motorului
- T_c - durata de conducție
- T_m - constanta electromecanică de timp a instalației
- t - timpul
- t_0 - durata de pauză
- t_a - timpul de accelerare
- t_c - durata unui ciclu
- t_f - timpul de frinare
- t_p - timpul de mers cu viteză constantă și $a = 0$ (palier)
- U_A, U_e - tensiunea de alimentare, respectiv a excitației
- U_R - tensiunea nominală
- v - viteza instantanee
- v_1 - viteză de regim tehnologic
- v_2 - viteză finală
- s - numărul de creștături
- k, β - constante de proporționalitate
- Ω - viteză unghiulară
- Ω_0 - viteză unghiulară de mers în gol
- ε - eroare de poziționare
- Φ - fluxul de excitație
- Φ_0 - fluxul la mers în gol ideal
- $\Delta \Phi$ - scăderea fluxului datorită reacției indusului
- Φ_{up} - fluxul util pe pol
- ρ - rezistivitatea materialului la temperatura de lucru
- θ - temperatura de încălzire
- γ - pesul polar
- VTC - variator de tensiune continuă
- MRF - motoreductor

INTRODUCERE

Dezvoltarea economiei țării noastre necesită în prezent, între altele, punerea accentului pe dezvoltarea industriei de mecanică fină, a producției de roboți și manipolatoare care vor încorpora echipamente și aparatură electronică de înaltă performanță [1].

Electronica și calculatoarele electronice, intrate relativ recent în arena mondială, constituie o grupă de bază a „tehnorevoluției” care implică înlocuirea rapidă a industriilor tipice, mari consumatoare de energie cu industrii mult mai modeste în privința consumului energetic.

Vișta a demonstrat că în tot mai multe domenii de activitate se impune cu succes tehnica acționărilor, ca element de bază al industrializării și al progresului tehnic.

Sistemele de acționare electrică au în prezent trei structuri de bază și anume : sisteme de acționare clasice sau elementare, sisteme de acționare automatizate și sisteme de acționare complex automatizate. În componențe lor pot intra acționări cu un singur motor sau cu mai multe motoare.

Progresele rapide realizate în ultimul deceniu de știința electrotehnicii au permis automatizarea complexă a sistemelor de acționare electrică. În sistemele de acționare modernă se utilizează repetat combinații de semnale analogice și numerice realizând astfel sisteme de acționare hibride. Reglajul analogic are sarcina de a elimina rapid modificările dinamice, în timp ce corecția numerică are rolul de a menține stabilitatea sistemului și obținerea unei înalte precizii de reglare. În tehnica acționărilor moderne conceptele clasice analogice se completează sau chiar se înlocuiesc cu cele numerice.

Utilizarea μP în tehnica acționărilor electrice aduce o serie de avantaje. Problema principală în realizarea unui microsistem cu μP constă în implementarea unui algoritmul executabil în timp real care să descrie fenomenul fizic cu o precizie acceptabilă.

Un domeniu nou de aplicabilitate a μP cu multiple posibilități de adaptabilitate sînt acționările electrice cu viteze variabile. Acestea pot fi controlate și automatizate prin programarea unității de comandă.

Lucrarea de față se ocupă tocmai de acest domeniu al acționării motoarelor electrice de curent continuu comandate cu micro sisteme. Sistemul de comandă realizat, are în vedere supervizarea fenomenelor dinamice rapide din unitatea centrală, unitatea de comandă și din sarcină. Dificultatea constă în implementarea în timp real a ecuațiilor de poziționare ale rotorului motorului electric de curent continuu.

Cerințele care au stat la baza studiilor și cercetărilor întreprinse de autor în vederea implementării microprocesorului în acționarea motorului electric de curent continuu au fost :

- posibilitatea simulării fenomenelor fizice complexe (pornire, oprire, accelerare, frinare, reversare etc.) cu precizie numerică în condiții identice cu cele tehnologice,
- eliminarea factorului subiectiv în timpul reglării parametrilor de acționare,
- flexibilitatea funcțiilor sistemului generată de posibilitatea modificării programelor,
- eliminarea variației parametrilor în funcție de timp și mediu ambiant,
- posibilitatea menținerii dialogului între sistemul de acționare și operator,
- reducerea numărului de componente, a consumului de putere, a prețului de cost în condițiile unei fiabilități mărite și a unei întrețineri simple și eficiente,
- luarea unor decizii în exploatare pe baza unor criteriilor optime,
- supravegherea, menținerea și sincronizarea unor parametri externi,
- efectuarea unor temporizări de mare precizie în vederea generării și distribuirii impulsurilor de comandă pentru poziționare,
- utilizarea numai de elemente fabricate în țară.

Lucrarea de față tratează un domeniu nou al acționărilor electrice cu motoare de curent continuu comandate în impulsuri generate de micro sisteme.

Plecând de la stadiul actual al acționărilor electrice cu motoare de curent continuu, în capitolul 2 se prezintă structura sistemului de acționare electrică și ecuațiile mașinii de curent continuu. Se prezintă principiul și avantajele alimentării motorului de c.c. prin varistor de tensiune numeric cu modulație a impulsurilor în durată.

În capitolul 3 se prezintă modelul matematic al acționărilor cu motoare de c.c. comandate în impulsuri. În acest sens se tratează schema structurală a motorului de c.c. cu excitație independentă și constantă, concepându-se în limbajul BASIC un pachet de programe, prezentate în anexele 1-4, care fac sinteza și simularea pe calculatorul WANG.

Capitolul 4 tratează teoretic și aplicativ comanda motorului de c.c. cu micro sistemele: WANG, MICROPROG 228 și SEPAMECC. A fost conceput și realizat micro sistemul SEPAMECC - Sistem Experimental Procesor de Acționare a Motoarelor Electrice de Curent Continu - destinat comensii unui robot electric de sudare. Comanda motoarelor electrice de c.c. se face în impulsuri cu factor de umplere programabil în modulul NGI - Numărător Generator de Impulsuri - urmărind un profil de viteză și accelerație impus. În acest sens la SEPAMECC s-au proiectat și executat o serie de circuite și dispozitive auxiliare controlate prin intermediul software-ului specializat prezentat în subcapitolul 5.4.

În capitolul 5 se prezintă modul de programare pentru cele trei micro sisteme: WANG, MICROPROG 228 și SEPAMECC care comandă motorul de c.c. în vederea implementării unor diagrame de mișcare. Programarea calculatorului WANG se face în limbajul BASIC elaborându-se în acest sens trei programe: A1- de sincronizare, A2- de testare a vitezei motorului și A3- de testare a motorului, programe care sînt prezentate în anexele 5,6 și 7.

Programarea micro sistemului MICROPROG 228 se face utilizînd cele două canale analogice "A1" și "A2" generîndu-se o tensiune liniar variabilă în timp corespunzătoare profilului de viteză impus.

Programarea micro sistemului SEPAMECC se face în limbaj

de asamblare, prezentându-se în acest sens un pachet de programe de simulare și acționare a patru motoare electrice de c.c. după un profil de viteză și accelerație impus.

În capitolul 6 se prezintă o serie de aplicații și realizări experimentale ce au la bază acționări a motoarelor electrice de c.c. cu micro sisteme. În acest sens se prezintă familia celor cinci roboți: RETEP, REMUS, ROCCOS, ROMUS și MEBECC-03 proiectați și realizați experimental.

Rezultatele teoretice și aplicative prezentate pe parcursul acestei lucrări, concluziile și contribuțiile personale sînt prezentate în capitolul 7.

Aplicațiile descrise în lucrare au fost realizate în cadrul catedrei de Tehnologia Metalelor și Sudării a Universității din Brașov.

Soluțiile propuse de prezenta teză de doctorat, rezultatele cercetărilor, pot constitui atât puncte de plecare pentru aprofundarea studiilor în aceste domenii cît și argumente convingătoare pentru factorii de decizie din întreprinderi în vederea aplicării consenzilor cu micro sisteme la acționarea motoarelor electrice de curent continuu, pentru realizarea de roboți industriali.

Autorul își exprimă și pe această cale profunde recunoștință față de conducătorul științific prof.dr.ing.Toma Dorcea pentru sprijinul acordat cu deosebită generozitate și îndrumarea de înaltă competență științifică în finalizarea și redactarea acestei lucrări, adresîndu-i încă odată cele mai calde și sincere mulțumiri.

De asemenea aduc alese mulțumiri tovarășului prof.dr. ing.Petru Tudoran de la Universitatea din Brașov, pentru sprijinul acordat în finalizarea acestei lucrări, asigurîndu-l de întreaga mea considerație și prețuire.

Adresez mulțumiri cadrelor didactice și tehnice ale catedrei TMS din Universitatea Brașov precum și altor colegi care m-au sprijinit în finalizarea acestei lucrări cu importante aplicații și realizări.

De asemenea aduc vii mulțumiri conducerii Institutului Politehnic "Traian Vuia" din Timișoara, personal tovarășei Rector, pentru înțelegerea și încrederea acordată în finalizarea acestei lucrări.

2. TENDINTE ÎN ACȚIONĂRILE CU MOTOARE ELECTRICE DE CURENT CONTINUU

Motorul electric transformă energia electrică în energie mecanică cu un randament bun și prezintă o bună adaptabilitate la diferite condiții de lucru limită. În prezent acționările electrice consumă aproximativ 50-60 % din totalul energiei electrice disponibile.

Motorul asineren, cea mai simplă și robustă mașină electrică nu poate realiza cu ușurință reglarea vitezei, decît cu pierderi mari de energie utilizînd instalații auxiliare complexe și la un preț de cost ridicat.

În prezent eficiența economică, ce are în vedere: prețul de cost, randamentul, simplitatea, siguranța în funcționare, factorul de putere, domeniul de reglaj, precizia de reglaj, ușurința controlului și a întreținerii, raportul putere-greutate, gabarit, etc., este în favoarea acționărilor de curent continuu.

Obiectivele prioritare urmărite de acționările electrice în conducere cu electronica s-au sintetizat prin rezolvarea problemelor legate de: pornirea automată, frînarea electrică, reversarea sensului de rotație, funcționarea cu turație constantă, funcționarea cu cuplu constant, variația turației în limite cît mai largi, reglarea automată a regimului de lucru, poziționarea rotorului, comanda după program complex, protecția etc.

La un sistem de conducere a unui proces tehnologic un loc tot mai important îl deține comanda numerică directă cu ajutorul microprocesorului care este mai avantajoasă decît reglarea individuală deoarece microprocesorul are posibilitatea de-a controla mai mulți parametri în paralel, corespunzători proceselor care intervin.

2.1. Structura sistemului de acționare electrică

Un sistem de acționare electrică se compune din: motorul electric, ce furnizează puterea mecanică necesară mașinii de lucru (sarcina) și elemente mecanice intermediare (cuplaje, transmisii cu curea sau lanț, angrenaje etc.).

Un sistem de acționare electrică (S.A.E.) este descris prin mărimi caracteristice funcție de timp :

$$F(\omega, v, \Omega, \varepsilon, I, U_A, M, P, \theta) = f(t) \quad (2.1)$$

În figura 2.1. este prezentată structura unui S.A.E., fluxul de energie fiind îndreptat de la electromotorul EM spre mașina de lucru ML prin cuplajul K.

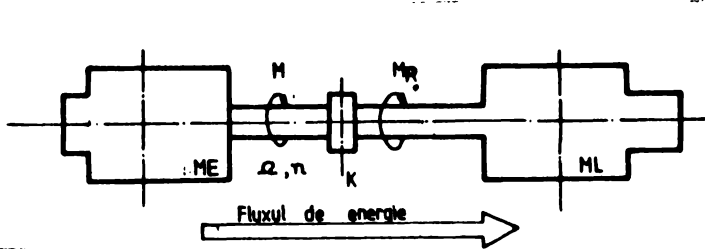


Fig.2.1. Structura unui sistem de acționare electrică - S.A.E. -

Ecuația de mișcare în regim staționar sau stabilizat, când mărimile din relația (2.1) sînt constante este :

$$M - M_R = 0 \quad (2.2)$$

În regim tranzitoriu apare cuplul inerțial sau dinamic, M_J definit ca diferența celor două cupluri:

$$M - M_R = M_J \quad (2.3)$$

unde

$$M_J = \frac{d}{dt} (J\Omega) = J \frac{d\Omega}{dt} + \Omega \frac{dJ}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} \quad (2.4)$$

Dacă J este constant în timp ecuația mișcării devine :

$$M - M_R = J \frac{d\Omega}{dt} \quad (2.5)$$

Această relație definește ecuația generală de mișcare a unui S.A.E.

2.2. Ecuațiile mașinii de curent continuu

Acționările electrice de curent continuu pot fi realizate prin alimentarea cu tensiune constantă sau cu tensiune reglabilă.

În lucrare se tratează modelul matematic al acționărilor electrice cu motoare de curent continuu cu excitație indepen-

dentă, la flux de excitație constant.

Schema electrică a motorului de c.c. cu excitație independentă este redată în figure 2.2.

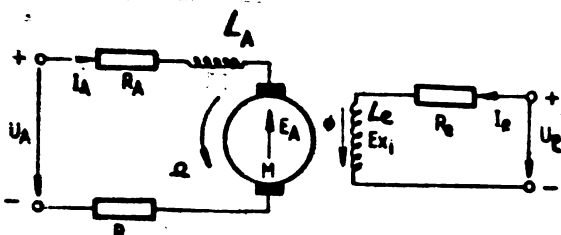


Fig.2.2. Schema electrică a motorului electric de curent continuu

Tensiunea electromotoare este :

$$E_A = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{p}{a} \cdot N \phi \Omega = k \phi \Omega \quad (2.6)$$

unde constanta electrică a motorului are expresia:

$$k = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{p}{a} \cdot N \quad (2.7)$$

Puterea electromagnetică P_A este :

$$P_A = E_A \cdot I_A \quad (2.8)$$

Caplul electromagnetic rezultă din relațiile (2.6) și (2.8)

$$K = \frac{P_A}{\Omega} = k \phi I_A \quad (2.9)$$

În cazul în care curentul I_A din circuitul indusului este variabil, adică în timpul proceselor tranzitorii, ecuația tensiunilor din circuitul indusului în regim de motor este :

$$U_A = E_A + I_A \frac{dI_A}{dt} = (R_A + R) I_A \quad (2.10)$$

La funcționarea stabilă, avînd I_A constant, relația (2.10) devine :

$$U_A - E_A = (R_A + R) I_A \quad (2.11)$$

Dacă $R = 0$ obținem caracteristica mecanică naturală :

$$U_A - E_A = R_A I_A \quad (2.12)$$

Fluxul de excitație la motorul de c.c. depinde, în general, de curentul indusului I_A și de curentul de excitație independentă I_e :

$$\vartheta = \vartheta(I_A, I_0) \quad (2.13)$$

Valoarea fluxului se poate exprima sub formă :

$$\vartheta = \vartheta_0 - \Delta \vartheta \quad (2.14)$$

Din considerarea relațiilor (2.6) și (2.11) la $I_A = 0$, rezultă valoarea vitezei unghiulare de funcționare în gol ideală ω_0 :

$$\omega_0 = \frac{U_A}{k \vartheta_0} \quad (2.15)$$

Pentru o sarcină oarecare, luând în considerație și relația (2.14), rezultă expresia caracteristicii mecanice :

$$\omega = \frac{U_A - (R + R_A) I_A}{k(\vartheta_0 - \Delta \vartheta)} = \frac{U_A}{k \vartheta_0} \cdot \frac{1 - \frac{(R + R_A) I_A}{U_A}}{1 - \frac{\Delta \vartheta}{\vartheta_0}} \quad (2.16)$$

Relația (2.16) pune în evidență faptul că viteza scade pe măsură ce crește sarcina, iar $\Delta \vartheta$ are ca efect creșterea vitezei.

În multe situații se poate considera pentru motoarele de curent continuu cu excitație independentă că $\vartheta = \vartheta_0 = \text{const.}$ deci :

$$c = k \vartheta = k \vartheta_0 \quad (2.17)$$

În aceste ipoteze rezultă relația :

$$\omega = \frac{U_A}{c} - \frac{R_A + R}{c^2} \cdot K \quad (2.18)$$

echivalentă cu :

$$\omega = \frac{U_A}{c} - \frac{R_A + R}{c} \cdot I_A \quad (2.19)$$

Pe baza acestei relații se trasează caracteristicile mecanice ale motorului de c.c. cu excitație independentă, pentru diferite valori ale rezistenței R , ale tensiunii la borne U_A și ale fluxului de excitație ϑ .

Pentru scrierea relațiilor în mărimi raportate se consideră rezistența de raportare, notată cu R_N , rezistența fictivă pe care ar trebui să o aibă indusul mașinii, astfel ca la poziția calculată a acestuia, la tensiunea nominală U_N , indusul să fie per -

curs de curentul nominal I_N . Valoarea lui R_N este :

$$R_N = \frac{U_N}{I_N} \quad (2.20)$$

Constanta electrică σ , coincide cu constanta de cuplu electromagnetice, iar valoarea ei corespunzătoare fluxului nominal este :

$$\sigma = \frac{U_N - R_A I_N}{\Omega_N} \quad (2.21)$$

Pentru reglarea vitezei mașinii de curent continuu sînt cunoscute următoarele metode :

- reglarea vitezei prin introducerea de rezistențe suplimentare în circuitul indusului, metodă limitată la instalații de putere mică datorită pierderilor pe rezistențele de reglare;

- reglarea vitezei prin variația curentului de excitație și deci, a fluxului de excitație, prin introducerea de rezistențe în circuitul de excitație, sau alimentarea înfășurării de excitație de la o sursă de tensiune variabilă. Acest caz este utilizat în special la putere constantă;

- reglarea vitezei prin variația tensiunii de alimentare U_A , reprezintă principala metodă de reglare a vitezei motoarelor de curent continuu cu excitație independentă. Tensiuni de alimentare variabile se pot obține prin diferite metode tehnice: grup Ward - Leonard, tiratronne, convertitoare rotative, redresoare cu vapori de mercur, ventile semiconductor, amplificatoare magnetice, matatoare sau convertitoare statice. Reglarea vitezei motorului de curent continuu se face în principal utilizînd variatoare de tensiune continuă VTC.

2.3. Alimentarea prin variator de tensiune

Variatorul de tensiune continuă VTC este convertizorul care reglează circulația de energie în circuite de c.c. după principiul comenzii prin variația frecvenței și/sau duratei impulsului de tensiune [37]. VTC este de fapt un întreruptor (mecanic sau cu semiconductor) la care se pot comanda timpii de conducție și de tensiune, obținîndu-se impulsuri de tensiune de lățime variabilă.

Valoarea medie a tensiunii de ieșire din variatorul de tensiune continuă se poate modifica teoretic între zero și valoarea tensiunii de alimentare.

Positionarea VTC în schemele de acționare a motoarelor electrice de c.c. se poate face în serie (Fig.2.3) dacă tensiunea U_2 de ieșire este mai mică decât tensiunea U_1 de intrare, sau în paralel (fig.2.4) dacă U_2 este mai mare ca U_1 [78].

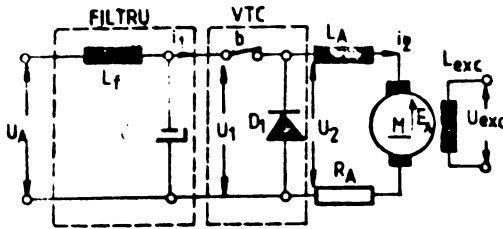


Fig.2.3. Conectarea în serie a VTC. și a ridicării randamentului sursei de alimentare.

În literatura de specialitate [10,70,109] un loc tot mai important îl constituie tratarea VTC în impulsuri. Acestea pot lucra în următoarele regimuri:

- modulație în durată sau lățime, având frecvență constantă;

- cu modulație în frecvență, având durată sau lățimea constantă;

- cu modulație în durată și frecvență.

Variatoarele cu modulație în durată sînt folosite în special la acționările de putere medie și mare avînd următoarele avantaje :

- echipamentul de comandă este mai simplu în realizare pentru toată gama de reglare, deoarece sînt necesare doar circuite de menținere constantă a frecvenței;

- se pot calcula mai ușor filtrele tampon cu rețeaua și

După cum rezultă din figurile 2,3 și 2.4 între sursa de alimentare cu tensiunea U_A și VTC se introduce un filtru tampon (L_f , C_f) cu scopul de a permite o funcționare corectă

factorii de perturbație;

- se poate folosi întreaga putere a motorului de acționare prin slăbirea excitației după stingerea factorului de comandă maxim $f_c \max$.

Dezavantajul acestor VTC cu modulație în durată constă în utilizarea unui filtru tampon și inductanță serie de valori mari.

Pentru variatoare de putere mică, realizate cu tranzistoare unde $T_c \min$ este dat de timpul de comutație al tranzistoarelor, frecvența de lucru a VTC se alege în gama 300 Hz - 3 kHz.

Variatoarele cu modulație în frecvență sunt folosite în special la acționările de puteri mici deoarece filtrul de intrare și inductanța serie sunt de valoare redusă, iar sistemul de comandă mai simplu. Ca dezavantaj apare faptul că la $f_c \max$ frecvența impulsurilor este mare, iar căderea de tensiune ΔU pe variator este mare.

Variatoarele cu modulație în durată și frecvență, urmărind criteriile optime, sunt impuse să lucreze la frecvențe mici, din care motiv filtrul tampon (fig.2.3 și 2.4) trebuie să aibă o valoare mare. Modificarea frecvenței de lucru se face funcție de factorul de comandă f_c .

În acționările electrice reglabile sunt utilizate atât sisteme de reglare analogice SRA sau sisteme de reglare numerice SRN cât și sisteme de reglare hibride. Compararea între cele două sisteme de reglare analogice și numerice se face urmărind precizia valorii măsurate, punctul de zero și performanțele în regim dinamic. Dacă condițiile unui proces tehnologic se referă numai la constanta reglării, se adoptă o soluție de suprapunere a unui SRN peste un SRA. Sarcinile ce revin în acest caz sunt: SRN realizează constanta reglării la precizia dorită, iar SRA asigură performanțele impuse în regim dinamic.

În concluzie, prioritatea sistemelor de reglare numerice SRN, are la bază:

- Precizia reglării foarte bună, față de SRA unde erorile calculate sau apreciate în regim staționar depășesc limitele impuse.

- Din punct de vedere al comportării în regim dinamic, SRN este preferat în acționările unde se produc frecvent perturba-

ții sau salturi de valoare ispușă, al căror efect trebuie determinat într-un timp minim și care duc la un răspuns tranzitoriu calculat sau evaluat. Aceasta în cazul în care amplitudinea și durata sînt de același ordin de mărime ca amplitudinea, respectiv un multiplu al perioadei armonicilor parazite ale semnalelor analogice din proces.

- S.R.N. sînt de preferat în acționările electrice cu motoare de curent continuu unde se urmărește menținerea constantă a vitezei motoarelor de acționare cu o precizie de 0,1 % sau a raportului dintre vitezele mai multor motoare dintr-un proces complex.

- S.R.N. dau posibilitatea realizării unor acționări electrice reglabile capă programe flexibile, ce permit simularea și comportarea reală în cele mai variate regimuri.

3. MODELUL MATEMATIC AL ACTIOZABILOR CU ROTARE DE C.C. COMANDETE IN IMPULSURI

3.1. Schemă structurală a motorului de c.c. cu excitație independentă și constantă

În figura 2.2. a fost dată schemă electrică echivalentă a motorului de curent continuu cu excitație independentă. Se păstrează aceleași notații și în ipoteza neglijării neliniarităților introduse în fenomenele de saturație, considerându-se curentul de excitație constant și variații treptată ale sarcinii. Aplicând calculul operațional cu transformate Laplace ecuațiilor (2.11), (2.6), (2.9) și (2.5) în condiții inițiale nule, ecuațiile devin :

$$J_A(s) - E_A(s) = I_A(s) F_A(1 + sT_A) \quad (3.1)$$

$$E_A(s) = c \Omega(s) \quad (3.2)$$

$$K(s) = c I_A(s) \quad (3.3)$$

$$K(s) = E_f(s) = j s \Omega(s) \quad (3.4)$$

$$T_A = \frac{L_A}{R_A} \quad (3.5)$$

unde T_A reprezintă constanta electromagnetică de timp a circuitului inductiv. E_f este mărimea perturbatoare, iar tensiunea de alimentare U_A este mărimea de reglare, care fiind variată, se obțin viteze de rotație dorite.

În simularea ecuațiilor motoarelor electrice de curent continuu cu excitație independentă și constantă, prezintă interes nouul de variație a vitezei de rotație Ω și a curentului din induct I_A , funcție de tensiunea de alimentare U_A .

Transformate Laplace a vitezei de rotație $\Omega(s)$ se obține prin suprapunerea efectelor datorate tensiunii de alimentare și sarcinii motorului, liniarizând ecuațiile diferențiale ce descriu fenomenele fizice.

Deodă ce cuplul static rezistent este neglijat, $E_r = C_r$, relațiile (3.3) și (3.4) devin:

$$K(s) = j s \Omega(s) = c I_A(s) \quad (3.4')$$

Înlocuind valoarea lui $I_A(s)$ în relație (3.1) rezultă:

$$U_A(s) - E_A(s) = \frac{R_A \Omega(s)}{c} \cdot R_A (1 + sT_A) \quad (3.1')$$

sau

$$\frac{\Omega(s)}{U_A(s) - E_A(s)} = \frac{c}{J s R_A (1 + sT_A)} \quad (3.6)$$

Aplicind algebra schemelor de structură, se poate întocmi schema bloc din figura 3.1, unde F reprezintă coeficientul de frecări viscoase.

Pe baza schemei bloc din figura 3.1 rezultă funcția de transfer pe calea directă :

$$Y_d(s) = \frac{\Omega(s)}{U_A(s) - E_A(s)} = \frac{c}{J s R_A (1 + sT_A)} \quad (3.6')$$

iar pe calea de reacție

$$Y_r(s) = \frac{E_A(s)}{\Omega(s)} = c \quad (3.7)$$

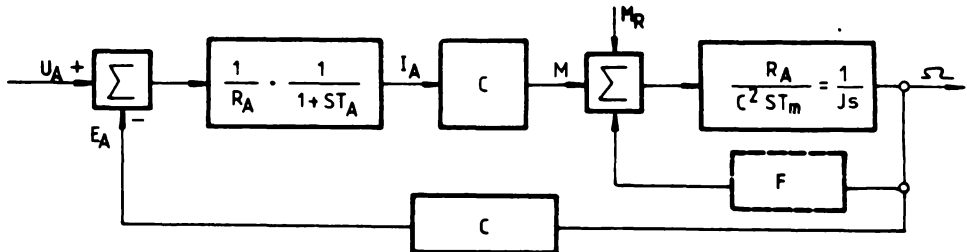


Fig.3.1. Schema bloc a motorului de c.c. cu excitație independentă pentru $\Omega = f(U_A)$

În cazul formării unei bucle de reglere, la conectarea în circuit închis, un element este conectat contrar sensului de acțiune a celuilalt.

Definind $Y_d(s)$ elementul pe calea directă și $Y_r(s)$ elementul pe cale de reacție, rezultă funcția de transfer în circuit închis [58] .

$$Y(s) = \frac{1}{\frac{1}{Y_d(s)} - Y_r(s)} = \frac{Y_d(s)}{1 - Y_d(s) \cdot Y_r(s)} \quad (3.7)$$

Deoarece $E_A(s)$ și $\Omega(s)$ au sensuri opuse, rezultă că $Y_r(s) = -c$.

Funcția de transfer a circuitului închis, considerând ca mărime de ieșire viteza de rotație Ω , iar ca mărime de intrare tensiunea de alimentare U_A conforma [108] este :

$$Y_{\Omega U_A}(s) = \frac{Y_d(s)}{1 + Y_d(s) Y_p(s)} = \frac{1}{c} \cdot \frac{1}{T_m T_A s^2 + s T_m + 1} \quad (3.8)$$

T_m fiind constanta electromecanică de timp a instalației de acționare și are valoarea :

$$T_m = \frac{J R_A}{c^2} \quad (3.9)$$

Deoarece la acționările electrice reglabile concomitent cu reglarea vitezei se face și o limitare a curentului rotoric la pornire și frinare, trebuie studiată și variația curentului rotoric I_A funcție de tensiunea de alimentare, corespunzător schemei bloc din figure 3.2. [108] .

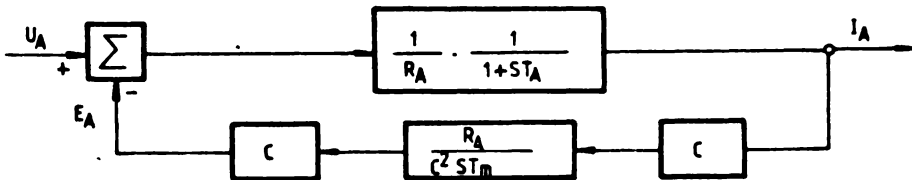


Fig.3.2. Schema bloc a motorului de c.c. cu excitație independentă pentru $I_A = f(U_A)$.

Funcția de transfer corespunzătoare figurii 3.2. este:

$$Y_I(s) = \frac{I(s)}{U(s)} = \frac{1}{R_A} \cdot \frac{s T_m}{T_m T_A s^2 + T_m s + 1} \quad (3.10)$$

iar dacă $T_m \gg T_A$ rezultă o formă simplificată:

$$Y_I(s) = \frac{1}{R_A} \cdot \frac{1}{T_A s + 1} \quad (3.11)$$

Pentru stabilirea funcției de transfer în raport cu mărimea perturbatoare E_S , mărimea de ieșire fiind viteza de ieșire Ω , se consideră $U_A = 0$, rezultă schema bloc din figure 3.3 [108] .

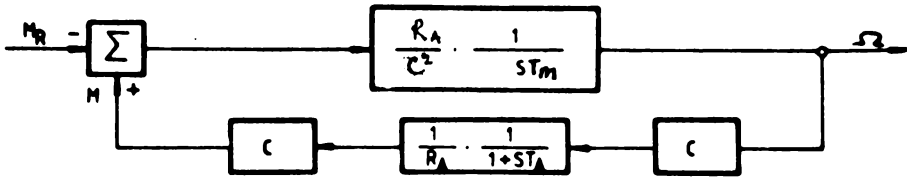


Fig.3.3. Schema bloc a motorului de c.c. cu excitație independentă pentru $\Omega = f(M_R)$

Funcția de transfer pe cale directă este :

$$Y_{dM}(s) = - \frac{R_A}{c^2} \cdot \frac{1}{s T_m} \quad (3.12)$$

iar pe calea de reacție avem :

$$Y_{rM}(s) = \frac{c^2}{R_A} \cdot \frac{1}{1 + s T_A} \quad (3.13)$$

Pe baza relațiilor (3.12) și (3.13) și a figurii 3.3, rezultă funcția de transfer a circuitului închis, în raport cu perturbația M_R :

$$Y_{\Omega M_R}(s) = \frac{1}{c} \cdot \frac{1 + s T_A}{T_m T_A s^2 + T_m s + 1} \quad (3.14)$$

Din relațiile (3.8) și (3.14) rezultă transformata Laplace a vitezei de rotație Ω în raport cu tensiunea de alimentare U_A a motorului.

$$\Omega_U(s) = \frac{1}{c} \cdot \frac{1}{T_m T_A s^2 + T_m s + 1} \cdot U_A(s) \quad (3.15)$$

și în raport cu cuplul perturbator M_R :

$$\Omega_{M_R}(s) = - \frac{R_A}{c^2} \cdot \frac{1 + s T_A}{T_m T_A s^2 + T_m s + 1} M_R(s) \quad (3.16)$$

Prin superpoziția celor două viteze Ω_U și Ω_{M_R} rezultă transformata Laplace a vitezei unghiulare :

.

$$\Omega(s) = \frac{1}{c} \cdot \frac{1}{T_m T_A s^2 + T_m s + 1} \left[U_A(s) - \frac{R}{c} (1 + s T_A) M_R(s) \right] \quad (3.17)$$

Transformata Laplace a curentului indus este :

$$I_A(s) = \frac{\frac{1}{R_A} s T_m U_A(s) + \frac{1}{c} M_R(s)}{T_m T_A s^2 + T_m s + 1} \quad (3.18)$$

Tratarea funcțiilor de transfer, utilizând transformatele Laplace este un mijloc util prin care urmăm comportarea dinamică a sistemelor electrice de acționare, deci implicit a motorului de curent continuu.

3.2. Modelarea matematică a motorului electric de curent continuu cu excitație independentă și constantă

Studiul sistemelor fizice cu ajutorul calculatorului implică reproducerea funcțiilor de transfer ale elementelor componente ale sistemelor. Simularea pe calculator a sistemelor fizice, în speță motorul electric de curent continuu cu excitație independentă și constantă, se bazează pe stabilirea schemei bloc a sistemului, reprezentat separat printr-o schemă care modelează funcția de transfer. Prin aceasta se simplifică studiul influenței parametrilor diverselor elemente asupra comportării sistemului, precum și interpretarea rezultatelor. În modelarea unei funcții de transfer se pot folosi metode bazate pe soluționarea ecuației diferențiale corespunzătoare funcției de transfer cu ajutorul unui singur element operațional, având în intrare și reacție impedanțe operaționale corespunzătoare [14].

Funcția de transfer $Y_1(s)$ se poate modela urmărind următorul curs de calcul :

$$Y_1(s) = \frac{E_o(s)}{E_1(s)} = - \frac{T}{1 + sT} \quad (3.19)$$

unde : E_o este mărimea de ieșire, E_1 este mărimea de intrare, s este variabila complexă, iar T constanta de timp electromagnetică. Relația (3.19) corespunde ecuației diferențiale scrisă

sub formă operațională :

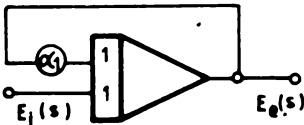
$$(sT + 1) E_2(s) = -T E_1(s) \quad (3.20)$$

Analog, relația (3.20) se poate pune sub forma :

$$E_2(s) = -\frac{E_1(s)}{s} - \frac{E_2(s)}{T \cdot s} \quad (3.21)$$

Relația (3.21) corespunde schemei bloc reprezentate în figura 3.4.

În figura 3.4 modelarea a inclus un element integrator și un potențiomtru α_1 ce realizează constanta de timp T de valoare $\alpha = \frac{1}{T}$.



Pentru funcția de transfer $Y_2(s)$ reprezentată prin raportul a două polinoame :

$$Y_2(s) = \frac{E_2(s)}{E_1(s)} = \frac{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}{s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.22)$$

Fig.3.4. Schema bloc a funcției de transfer $Y_1(s)$. modelarea se face urmînd următo- rul algoritim [62].

- se împarte polinomul de la numărător și cel de la numitor cu operatorul s la puterea cea mai mare întîlnită la numărător:

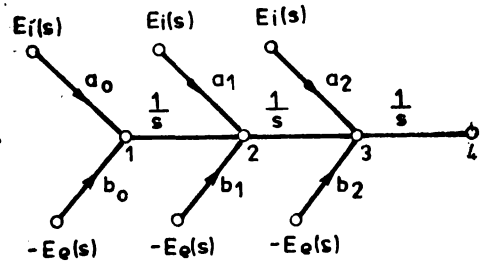
$$Y_2(s) = \frac{E_2(s)}{E_1(s)} = \frac{a_2 + a_1 \frac{1}{s} + a_0 \frac{1}{s^2}}{s + b_2 + b_1 \frac{1}{s} + b_0 \frac{1}{s^2}} \quad (3.23)$$

- se separă în membrul stîng derivatele de ordinal cel mai mare, iar în membrul drept termenii se grupează după puterile lui s,

$$sE_2(s) = a_2 E_1(s) - b_2 E_2(s) + \frac{1}{s} [a_1 E_1(s) - b_1 E_2(s)] + \frac{1}{s^2} [a_0 E_1(s) - b_0 E_2(s)]$$

Pentru această ecuație se întocmește graficul de semnale din figura 3.5.

La graful reprezentat se formează în nodurile (1), (2), (3), (4), succesiv următorii termeni :



- în nodul (1) termenul:

$$\{ a_0 E_i(s) - b_0 E_o(s) \}$$

- în nodul (2) termenul: Fig. 3.5. Graful de semnal

$$\left\{ \frac{1}{s} [a_0 E_i(s) - b_0 E_o(s)] + [a_1 E_i(s) - b_1 E_o(s)] \right\}$$

- în nodul (3) termenul :

$$\left\{ [a_2 E_i(s) - b_2 E_o(s)] + \frac{1}{s} [a_1 E_i(s) - b_1 E_o(s)] + \frac{1}{s^2} [a_0 E_i(s) - b_0 E_o(s)] \right\}$$

- în nodul (4) termenul :

$$\{ E_o(s) \}$$

Se întocmește apoi schema analogică pentru realizarea funcției de transfer $Y_2(s)$ conforma figurii 3.6.

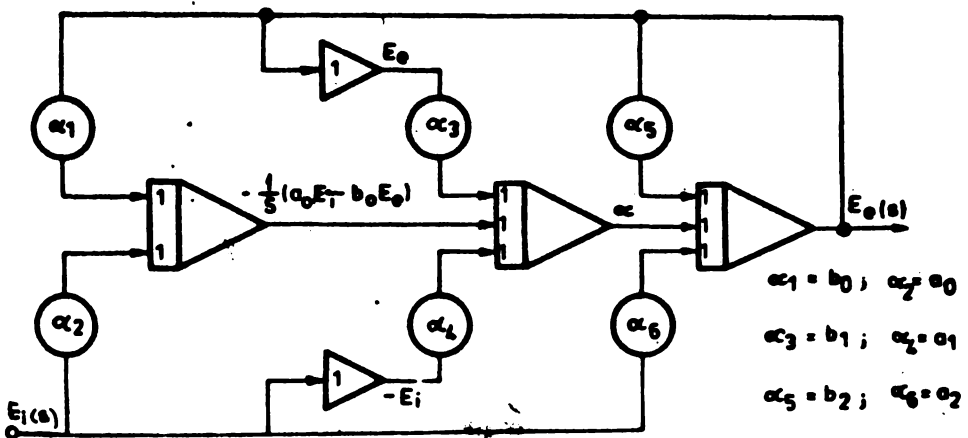


Fig. 3.6. Schema bloc a funcției de transfer $Y_2(s)$

Coefficienții polinoamelor de la numărător și numitor se reglescă cu potenționetrele $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_6$.

În schema din figura 3.6 se observă că valorile coeficienților polinoamelor $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ ale căror valori sînt date în figură, se pot regla prin potenționetre $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$.

Relația 3.15 ce stabilește formulele lui $\Omega_U(s)$ poate fi identificată cu funcția de transfer $Y_3(s)$:

$$Y_3(s) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{(1 + sT_1)(1 + sT_2)} \quad (3.24)$$

Căreia îi corespunde schema bloc din figura 3.7.

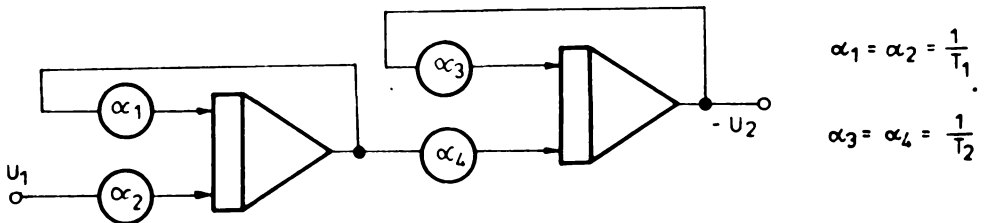


Fig.3.7. Schema bloc a funcției de transfer $Y_3(s) = \Omega_U(s)$

Relația (3.24) ce stabilește formulele lui $\Omega_U(s)$ poate fi identificată cu funcția de transfer $Y_4(s)$

$$Y_4(s) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1 + sT_1}{(1 + sT_2)(1 + sT_3)} \quad \text{avînd } T_1 > T_2 \quad (3.25)$$

Căreia îi corespunde schema bloc din figura 3.8.

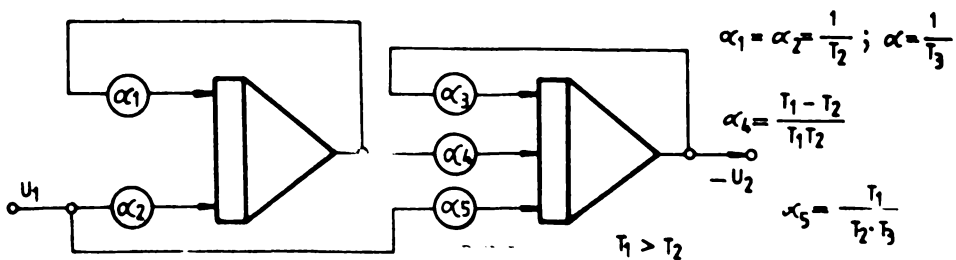


Fig.3.8. Schema bloc a funcției de transfer $Y_4(s) = \Omega_{M_R}(s)$

Schemele bloc din figurile 3.7 și 3.8 au inclus câte două elemente integratoare și un număr de potențiometre $\alpha_1 \dots \alpha_5$ cu valori precizate în figură. Modelarea s-a făcut în accepțiunea unor condiții inițiale nule. Condițiile inițiale nule implică înaușarea unor tensiuni corespunzătoare termenilor ce apar în plus, aplicând transformata Laplace ecuației ce generează funcția de transfer.

3.3. Sinteza și simularea analogică a acționărilor electrice cu motor de curent continuu

Studiul funcțiilor de transfer ale sistemelor de acționare electrică cu motor de c.c. se poate face aproximativ identic pentru toate cele trei tipuri de excitație: independentă, serie și mixtă.

Simularea a fost concepută pe baza unui pachet de trei programe care se apelează între ele, numite „Determinarea optimă a transferului intern” pe scurt „DOTI”, deoarece ele pot servi la simularea numerică cit și la optimizarea acționărilor reglabile, urmărind comportarea dinamică la modificările vitezilor prescrise și la modificările mărimilor perturbatoare.

Programul de calcul din pachetul de programe pentru simulare se bazează pe 16 funcții continue și discontinue. Sunt utilizate funcțiile: treaptă unitară „CON”, rampă „IDN”, potențiometrul „GAIN”, sinus „SIN”, cosinus „COS”, întârziere „LAG”, releu ideal „BANG”, limitator „LIM”, zonă moartă „DEAD”, absolut „ABS”, releu cu zonă moartă „RLY”, releu cu histerereză „RLYH”, multiplicator „MUL”, divisor „DIV”, sumator „SUM”, integrator „INT”. Aceste funcții elementare însoțite de mnemonice (simbol), ecuații descriptive, constante caracteristice și reprezentări grafice (prezentate în [85]) sunt descrise de subrutine de calcul ce realizează comportarea intrare - ieșire a elementului respectiv. Subrutinele sunt apelate de programul principal ori de câte ori este necesar. Calculul comportării sistemului la diferite semnale de intrare se face pornind de la elementele cărora le cunoaștem starea ieșirii la momentul inițial (aceasta pentru integrator, elementul de întârziere și funcțiile de semnal) continuând apoi cu celelalte elemente fără memorie ale sistemului.

La elaborarea pachetului de programe pentru simulare "DOTI", compus din cele trei programe: "DOTI - 1", "DOTI - 2" și "DOTI - 3" s-a avut în vedere schema logică prezentată în figura 3.9 din [95].

Programele în ordine 1,2,3 au fost înregistrate pe o casetă cu bandă magnetică. Ele sînt elaborate în limbajul BASIC [116] și au fost testate și rulate pe calculatorul WANG - 2200 al Centrului de Calcul al Universității din Brașov. Este suficientă încărcarea programului "DOTI - 1" prin comanda (ICAD) și lansarea lui în execuție prin comanda (RUN) și ele se vor apela unul pe altul ori de cîte ori este nevoie.

Programul Doti-1 de modelare a sistemului prin funcția de transfer

Caprinde un număr de 33 instrucțiuni și se bazează pe metoda formelor seriiale.

Pentru sistemele date sub formă funcției de transfer :

$$Y_K(p) = \frac{A_0 p^n + A_1 p^{n-1} + A_2 p^{n-2} + \dots + A_{n-1} p + A_n}{B_0 p^n + B_1 p^{n-1} + B_2 p^{n-2} + \dots + B_{n-1} p + B_n} \quad (3.26)$$

programul DOTI-1, folosind metoda formelor seriiale, prezentată în anexa 1, elaborează schema bloc, din elemente discrete simple.

Programul cere introducerea gradului numitorului, a numărătorului, coeficienții $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$ și $B_0, B_1, B_2, \dots, B_n$ în ordine crescătoare.

Dialogul se poartă la DISPLAY și calculatorul cere introducerea funcțiilor de transfer $Y_K(p)$ și numărul K . Dacă au fost introduse toate funcțiile de transfer din sistem, programul elaborează schema bloc cu elemente discrete comențind numărul intrării și numărul ieșirii din schema bloc. Totdeauna numărul intrării este 1, indiferent de gradul funcției de transfer $Y_K(p)$.

Programul DOTI - 1 poate simula în formă în care a fost conceput (dimensiunile atribuite matricilor), pentru simularea unui sistem cu maximum 16 elemente discrete din care 6 elemente pot fi elemente integrate. Programul complet este dat în anexa 1.

Programul DOTI-2 de modelare a sistemului
dat prin schema bloc.

Programul DOTI - 2 face introducerea și definirea elementelor discrete și efectuează sortarea elementelor. Programul cuprinde un număr de 147 instrucțiuni. Dialogul cu calculatorul se face la DISPLAY cere cere :

TIP ELEMENT ? - se introduce mnemonicul

NUMARUL IESIRII ? - se introduce Y din schema bloc

NUMARUL INTRARILOR ; - se introduc intrările x_1, x_2, x_3
in ordinea din schema bloc.

CONSTANTA CARACTERISTICA ? - se introduce constanta c_1 , apoi dacă este cazul c_2 . Dacă elementul introdus nu are constantă caracteristică se introduce zero "0".

In continuare programul formează matricile $A(1,Y) = Y$;
 $A(2,Y) = I$; $A(3,Y) = x_1$; $A(4,Y) = x_2$; $A(5,Y) = x_3$; $A(6,Y) = c_1$;
 $A(7,Y) = c_2$; $A(8,Y) = 0$.

Calculatorul cere pe rind introducerea tuturor tipurilor de elemente. Dacă s-au terminat de introdus se clapează instrucțiunea END.

După aceasta începe sortarea elementelor, elaborind secvența corectă de calcul a sistemului, ținând cont de legătura dintre elementele sistemului. Dacă numărul unei intrări sau ieșiri a fost introdus greșit, programul nu poate elabora secvența corectă de calcul și se oprește și dă mesajul "NU SE POATE FACE SORTAREA ELEMENTELOR".

După realizarea secvenței corecte de calcul, programul cere introducerea următoarelor date de la consolă :

"TIMPUL MAXIM DE SIMULARE", T

"PASUL DE INTEGRARE", P_1

"PASUL DE TIPARIRE", P_2

"ARZAREA DE INTEGRARE", E_2

"IESIRI CE VOR TIPARI", $C(L_1)$.

Se pot tipări pentru ieșiri la alegere. După tipărirea numărului ieșirilor ce se cer tipărite, programul cere apăsarea lui DOTI - 3. Programul detaliat DOTI-2 este dat în anexa 2.

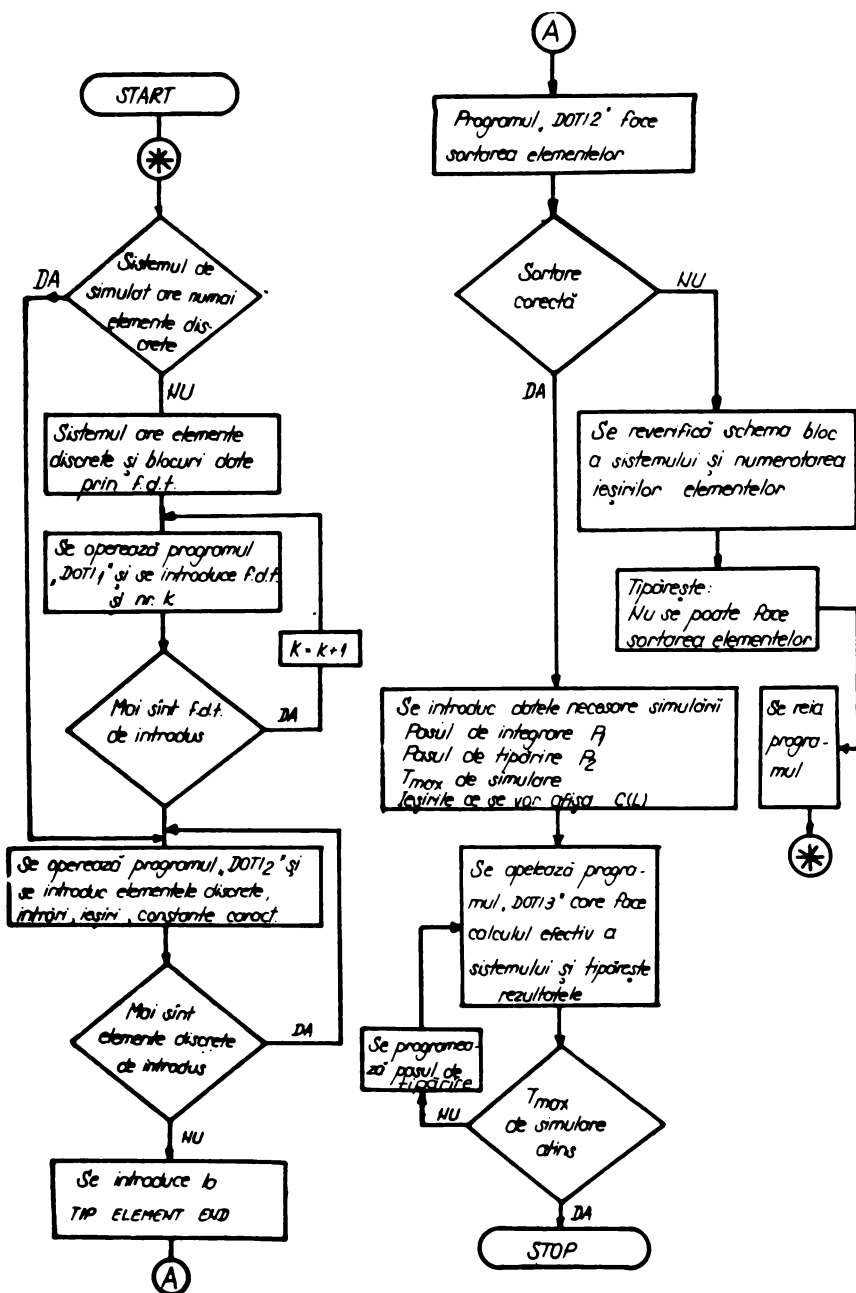


Fig.3.9. Schema logică pentru elaborarea programelor "DOTI".

Programul DOTI-3 de calcul efectiv al elementelor sistemului

Acest program are un număr de 186 instrucțiuni și face calculul elementelor discrete din care este format sistemul. Sint apelate pe rând ori de câte ori este nevoie, subrutine pentru calculul funcțiilor elementare [28].

Subrutina integrator realizează integrarea sumei mărimii de la intrare, folosind o metodă predictor-corrector. Există mai multe metode de integrare. Metoda Runge-Kutta, este din cele mai eficiente metode cu pași separați, dar prezintă dezavantajul că pentru calculul fiecăreiordonate e necesară evaluarea funcției pentru mai multe valori ale lui x , ceea ce conduce la o mărime a timpului de lucru. Metodele de predicție-corecție cu pași legați sint, din acest punct de vedere, mult mai avantajoase. Principalul avantaj al acestor metode este că nu se autopornesc. Acesta este un avantaj pentru metodele cu pași separați. Dificultatea de a nu se putea determina valorile inițiale pentru pornire se poate înlătura prin calcularea valorilor inițiale de pornire cu ajutorul unei metode cu pași separați.

De aceea pentru calculul elementului integrator se folosește metoda predictor-corrector a lui Adams-Moulton [27].

Programul este prevăzut cu instrucțiuni de tipărire (PRINT) pentru valorile în timp a patru ieșiri. După atingerea timpului maxim de simulare programul se oprește.

Programul DOTI-3 este dat în anexa 3.

3.4. Tratarea acționărilor cu notarea de c.c. comandate în isprăvuri

Factorul de comandă, notat cu f_c , este raportul dintre durata de conducție T_c și durata de test a isprăvului T :

$$f_c = \frac{T_c}{T} \quad (3.27)$$

Schemă principală din figura 2.3 poate funcționa la o frecvență constantă, comanda făcându-se prin variația factorului de comandă f_c , sau cu o frecvență variabilă, păstrînd constantă durata de conectare T_c . Păstrînd ipotezele adoptate în subcapitolul 3.1 și notațiile din figura 2.3 se determină valorile curen-

tului maxim, minim și media din motor $I_2 \max$, $I_2 \min$ și $I_2 \text{ med}$. Presupunem că motorul se află în regim staționar de curent neîntrerupt ($I_2 \min > 0$) și că viteza de rotație este practic constantă.

Pentru $0 \leq f_c \leq 1$, în intervalul de la 0 la $f_c T$:

$$U_1 = R_A i_1 + L_A \frac{di_1}{dt} + E_A \quad (3.28)$$

În intervalul de la $f_c T$ la T avem relația :

$$0 = R_A i_2 + L_A \frac{di_2}{dt} + E_A \quad (3.29)$$

Conform relației (3.5) $T_A = \frac{L_A}{R_A}$ și introducând valoarea constantei electrice de timp a rotorului rezultă :

$$I_2 \max = \frac{1}{R_A} U_1 \left[\frac{1 - e^{-\frac{f_c T}{T_A}}}{1 - e^{-\frac{T}{T_A}}} \right] - E_A \quad (3.30)$$

$$I_2 \min = \frac{1}{R_A} U_1 \left[\frac{e^{-\frac{1-f_c}{T_A}} - e^{-\frac{f_c T}{T_A}}}{1 - e^{-\frac{T}{T_A}}} \right] - E_A \quad (3.31)$$

$$I_2 \text{ med} = \frac{f_c U_1 - E_A}{R_A} \quad (3.32)$$

Relațiile de mai sus sînt valabile în cazul regimului de curent neîntrerupt adică $I_2 \min > 0$.

Deoarece :

$$U_2 = \frac{1}{T} \int_0^T U_1 dt = \frac{1}{T} \int_0^{f_c T} U_1 dt = f_c U_1 \quad (3.33)$$

rezultă că se poate obține o variație a tensiunii medii de ieșire din varistor și implicit o reglare a curentului prin motor cu pierderi relativ mici de energie prin varierea factorului de comandă f_c .

Pentru acționarea motorului electric de c.c. cu VTC care lucrează cu frecvență constantă, se adoptă schema simplificată din figura 3.10.a.

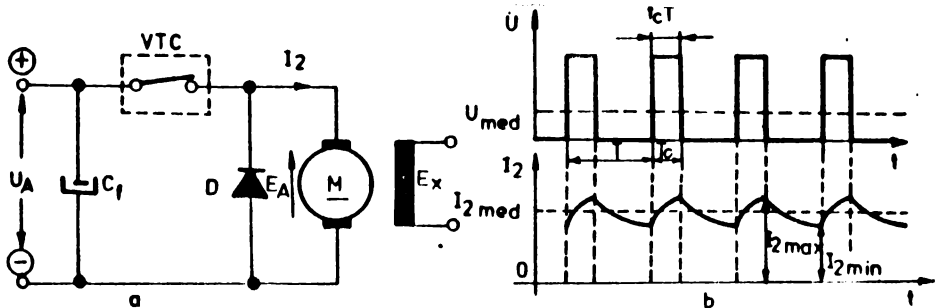


Fig.3.10. Acționarea cu VTC cu frecvență constantă.

În figura 3.10.b sînt date formele de undă ale tensiunii și ale curentului prin motor. Pentru un regim stabilizat sînt valabile relațiile [70] :

$$E_A = J_A \frac{T_c}{T} = f_c J_A \quad (3.34)$$

$$I_{2 \max} = I_{2 \min} + (U_A - E_A) \frac{T_c}{L_A} \quad (3.35)$$

$$I_{2 \min} = I_{2 \max} - E_A (T - T_c) \frac{1}{L_A} \quad (3.36)$$

$$I_{2 \text{ med}} = \frac{1}{2} (I_{2 \max} + I_{2 \min}) \quad (3.37)$$

La curent neîntrerupt, adică $I_{2 \min} \geq 0$, rezultă în cazul cel mai defavorabil :

$$I_{2 \max} = 2 I_{2 \text{ med}} \quad (3.38)$$

$$I_{2 \max} = f_c (1 - f_c) U_A \frac{T}{L_A} \quad (3.39)$$

Pentru $f_c = 0,5$ rezultă valoarea maximă a lui $I_2 \text{ max}$ iar valoarea duratei de tact este :

$$T = 8 I_2 \text{ med} \frac{L_A}{U_A} \quad (3.40)$$

Relația (3.40) permite determinarea perioadei maxime de lucru a VTC pentru un motor det, deci implicit determinarea frecvenței limită pentru impulsurile de comandă pentru ca motorul să lucreze în regim de curent neîntrerupt. Valoarea lui $I_2 \text{ med}$ se ia de obicei valoarea curentului maxim de pornire a motorului.

Din relațiile (3.34), (3.38) și (3.39) rezultă expresia $I_2 \text{ max} = f(I_2 \text{ med})$ sub forma :

$$I_2 \text{ max} = I_2 \text{ med} (1 + 4 f_c - 4 f_c^2) \quad (3.41)$$

Relația (3.41) este redată grafic în figura 3.11.

Pentru o durată de tact dată, tensiunea minimă de legire pe variator depinde de $f_c \text{ min}$ deoarece :

$$U_{\text{min}} = f_c \text{ min} U = \frac{T}{T} U \quad (3.42)$$

Factorul de comandă f_c depinde de tipul de variator adoptat și de puterea lui. Valoarea lui $f_c \text{ max}$ dă practic căderea de tensiune pe variator [35], și are :

$$U = U - f_c \text{ max} U = U (1 - f_c \text{ max}) \quad (3.43)$$

La variatoarele de putere ΔU este cuprins între 2-5 % din Spectrul curentului prin motor este pulsator, de formă triunghiulară, suprapus peste componenta continuă a curentului [65].

Motorul de curent continuu comandat prin impulsuri de tensiune dreptunghiulară de frecvență constantă este indicat a lucra în regim de curent neîntrerupt. Regimul de curent întrerupt, în afara faptului că prezintă caracteristici mecanice de sarcină mai puțin dure, are unele dezavantaje de-a lucra cu pierderi mari [79]. În practică regimul de curent întrerupt trebuie evitat.

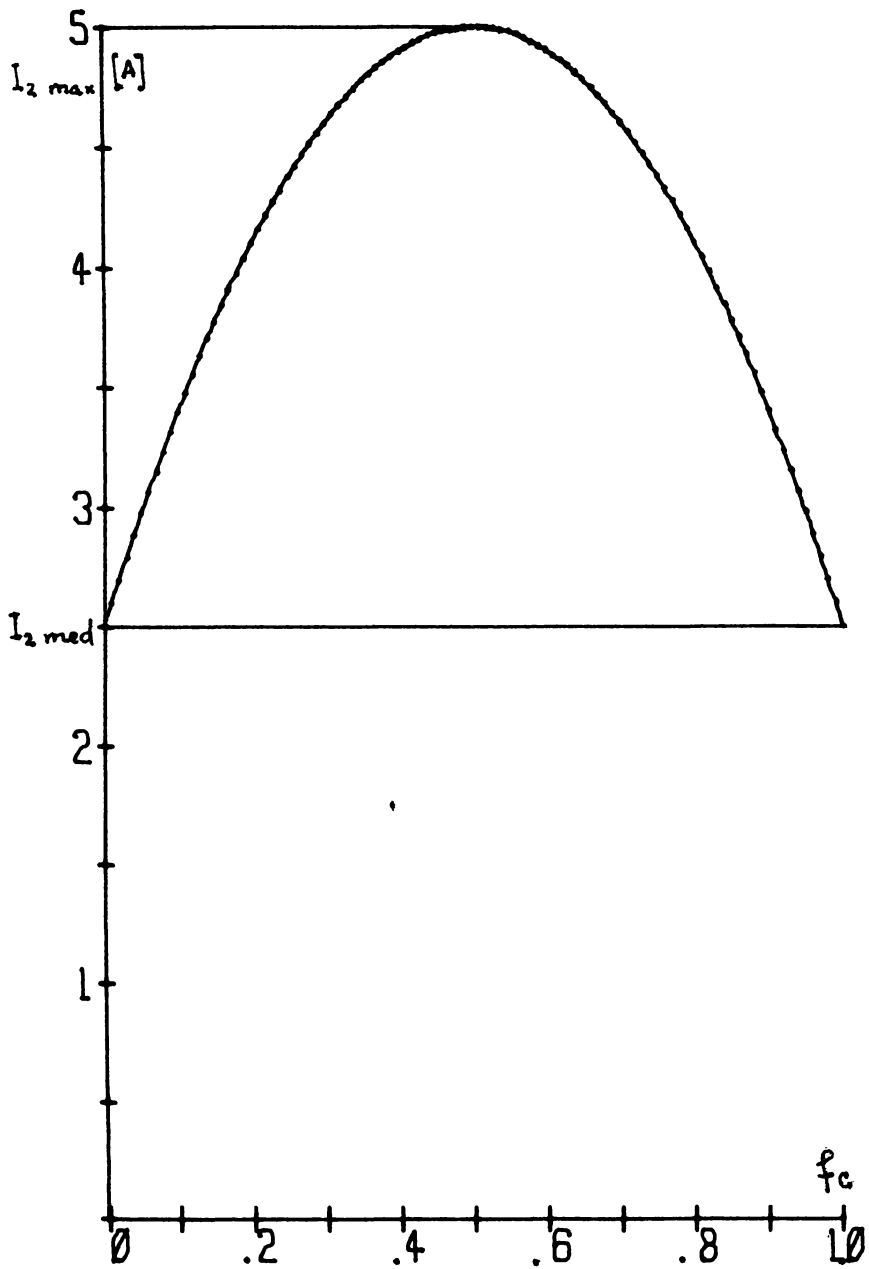


Fig.3.11. Variația curentului din motor funcție de f_c .

4. COMANDA MOTORULUI DE CURENT CONTINUU CU MICROSISTEME

In cele ce urmează se urmărește comanda unui motor de
curent continuu în trei variante utilizând :

- calculatorul WANG
- microsistemul MICROPROB 228
- microsistemul SEPAMECC

4.1. Conectarea calculatorului WANG la sistemul de acționare

Schema de conectare a calculatorului WANG la un motor e-
lectric de curent continuu este dată în figura 4.1.

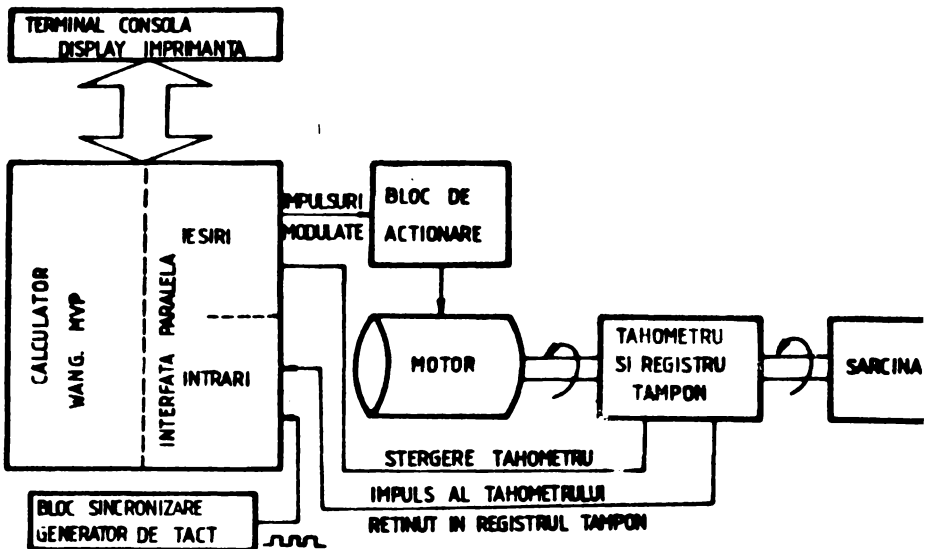


Fig.4.1. Conectarea calculatorului WANG la
un motor electric de c.c.

Legătura dintre calculator și motor se face printr-o in-
terfață paralelă de intrare/ieșire. La calculator sunt conec-
tate două ieșiri paralele și două intrări paralele. O ieșire
comandă modulul de acționare a motorului, cu impulsuri de a-
ceeași amplitudine dar factor de umplere variabil, impulsuri
generate de calculator, iar cealaltă ieșire comandă registrul
tampon. La o intrare sunt aplicate impulsurile generatorului

de tact, iar la cealaltă scese impulsurile de la tahometru ce au fost reținute în registrul tampon. Aceste impulsuri culese de calculator constituie baza de calcul a v. tezei de rotație a motorului.

Blocul de sincronizare emite impulsuri dreptunghiulare cu factor de comandă 50 %. În scopul de a sincroniza anumite evenimente trebuie să existe acces în fiecare moment la numărul impulsurilor de tact captate de la tahometru.

Tahometrul este realizat dintr-un disc cu fante rotit de un motor și dintr-un cuplu fotodiodă - fototransistor ce generează impulsuri proporționale cu turația, transmise calculatorului. Dacă calculatorul nu prelucurează semnalele primite prin interfațe paralelă suficient de rapid, el poate pierde impulsuri. Pentru înlăturarea acestui inconvenient este prevăzut un circuit de tip registru tampon, ce memorează faptul că a apărut un impuls. Registrul tampon este principal similar cu cel prezentat în subcap.4.3.4.

4.2. Conectarea microsistemului MICROPRGG 228 la sistemul de acționare

Programatorul analogic cu microprocesor Microprog 228, este un aparat care utilizează un microprocesor INTEL-8080, pentru generarea, prin segmente, a două mărimi analogice variabile în timp și comutarea a 1 - 8 relee la anumite momente de timp în conformitate cu programele introduse.

Microprog 228 este destinat să furnizeze două mărimi analogice variabile în timp, sub formă unor tensiuni în gamele : 0 - 10 V sau 0 - 5 V sau 1 - 5 V sau curenți în gamele 2 - 10 mA sau 4 - 20 mA. Microsistemul poate genera la ieșirile sale analogice orice funcție ce poate fi aproximat prin segmente de tip „pelier” și/sau „reapă”, modificabile prin program.

Chipșanzantul este compus din 5 module funcționale:

- modulul unitate centrală „MINI 1”
- modulul pentru efișaj „AFRO-AF”
- modulul tastatură „AFRO-TAS”
- modulul ieșiri numerice și analogice „AFRO-INA”
- modulul cu relee „AFRO-REL”.

Modulul unitate centrală MIN11 a fost conceput ca un SBC (Single Board Computer) având următoarea structură: microprocesorul 8080; generatorul de tact, logica de READY, RESET și CLOCK; logica de întreruperi și generare comenzi; controller de întreruperi; ceas programabil; logica de decodificare adrese; bloc de memorie EPROM (de 8 Koct) cu logica de selecție; bloc de memorie RAM CMOS (de 4 Koct) cu logica de selecție; 2 interfețe de comunicație serială (UART 1 - UART 2); 2 interfețe periferice paralele programabile (IPF-1, IPF-2); interfețe programabilă pentru tastatură și display.

Modulul pentru afișaj AFRO-AF permite operatorului să vizualizeze detale introduse, să urmărească evoluția parametrilor în timpul execuției automate, să identifice diferitele stări și regimuri ale echipamentului. El prezintă următoarele elemente: 28 de leduri organizate în 4 grupuri GL 1 - GL 4; 6 celule duble de afișare cu 7 segmente; logica de selecție și comandă celule sau grup de leduri; interfața cu registrul de date a sistemului.

Modulul tastatură AFRO-TAS permite operatorului să transmită sistemului date și comenzi. Acest modul cuprinde: tastatură cu logica aferentă și logica de comandă a 8 becuri introduse în tastele T1 - T8.

Modulul ieșiri numerice și analogice AFRO-ENA asigură conversia numeric-analogică pentru cele două ieșiri analogice, prelucrarea celor două semnale analogice precum și comanda celor 8 ieșiri numerice de tip contact. Acest modul cuprinde următoarele elemente: interfața periferică programabilă IPF-3; două convertoare numeric-analogice pe 8 biți pentru ieșirile analogice; două convertoare curent tensiune; două amplificatoare de curent; un generator de tensiune și curent.

Modulul cu relee AFRO-REL asigură comanda celor 8 ieșiri numerice de tip contact, comanda a încă 1 - 3 ieșiri de tip contact utilizate în alte scopuri, precum și citirea unor condiții din exterior. El conține logica de comandă a celor 8 + 1 ÷ 3 relee de tip RM 5, precum și logica de citire a ocetului de condiții externe.

Echipamentul prezintă din punct de vedere funcțional trei regimuri de lucru: „Programare”, „Execuție automată” și „Manual”.

În regiul „Programare” se pot programa: două vârfuri analogice pe cele 2 canale analogice apelînd programele „A1” și „A2”; comutarea în timp a celor 2 relee apelînd programul „A3”; programarea momentului de lansare în execuție automată și fixarea numărului de reluări apelînd programul „A4”; trecerea în regiu manual apelînd programul „A5”.

În regiul „Execuție automată” se intră prin comutarea cheii de regiu la sfîrșitul programului „A5”, echipamentul intrînd în execuție automată după primirea confirmării din exterior prin închiderea butonului SYNC.

În regiu „Manual” se intră numai cînd echipamentul se află în regiu execuție automată, stare care este sîrită. Fișajul de derulare al programelor și starea celor 2 relee rămîn „închegate”, iar valorile parametrilor pe cele 2 canale analogice pot fi modificate, succesiv, cu ajutorul tastelor „increment” și „decrement”; după orice modificare introdusă cu una din aceste taste, noua valoare este imediat transmisă calculului respectiv.

Conectarea microsistemului MICROFROG 22b pentru comanda unui motor de curent continuu are loc conform schemei din figura 4.2.

În comparatorul analogic intră tensiunea U_p programată pe canalul A1 al microsistemului și tensiunea U_r de reacție rezultată din convertorul numeric analogic la care scese impulsurile de la traductorul numeric.

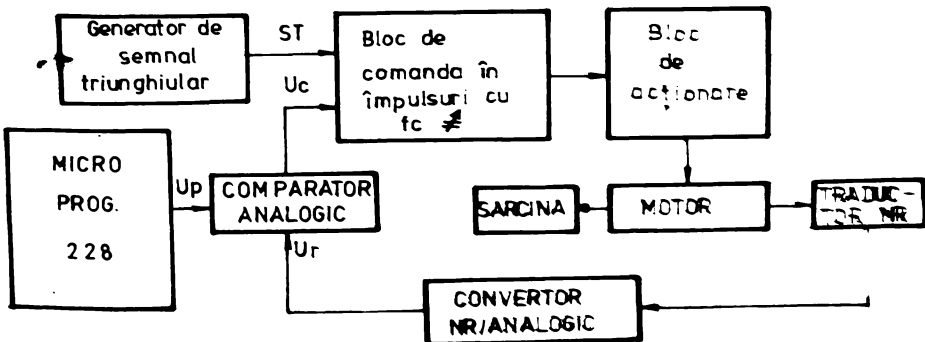


Fig.4.2. Conectarea microsistemului MICROFROG 22b la un motor electric de c.c.

Blocul de acționare cuprinse în principiu un variator de tensiune continuă (VIC)(chopper) care transformă tensiunea continuă aplicată la intrare, în impulsuri dreptunghiulare de tensiune la ieșire, cu ajutorul unui comutator static (CS). Comutatorul static poate fi un tiristor sau un tranzistor, conectat în paralel cu o diodă de fugă, care preia curentul sarcinii inductive (a motorului) când CS este deconectat [9].

Valoarea medie a tensiunii de ieșire a variatorului poate fi variată între 0 și valoarea tensiunii de alimentare în funcție de factorul de comandă f_c . Comutatorul static poate comanda timpul de conectare și de deconectare a tensiunii de alimentare a motorului.

Reglarea puterii motorului poate fi realizată prin comanda variatorului ce lucrează în regim de comutație. Cel mai avantajos mod de comutație îl constituie variația duratei de conectare, deoarece la frecvență constantă de lucru netezirea curentului prin motor se poate realiza în condiții optime [41].

La variatoarele de tensiune continuă, VIC, dacă sarcina este pasivă poate fi realizat doar un singur sens de tensiune a energiei de la sursă la sarcină. Deoarece sarcina este un motor electric de c.c. aceasta poate avea două regimuri, de motor și de generator. În regimul de generator sensul de transmisie a energiei se inversează, variatorul lucrând în două cadrane. Pentru a realiza ambele sensuri de rotație și ambele regimuri de funcționare ale mașinii electrice de curent continuu este necesară adoptarea unui variator în patru cadrane.

Realizarea funcționării în cele patru cadrane este posibilă cu un variator de tensiune continuă care conține patru tranzistoare cu rol de comutatoare statice și patru diode de fugă. Schema unui astfel de variator este reprezentată în figura 4.3.a.

În figura 4.3.b. este reprezentată caracteristica de conducție în cele patru cadrane. Schema electrică constituită din patru tranzistoare una conectată în punte are într-o diagonală conectat motorul de c.c.

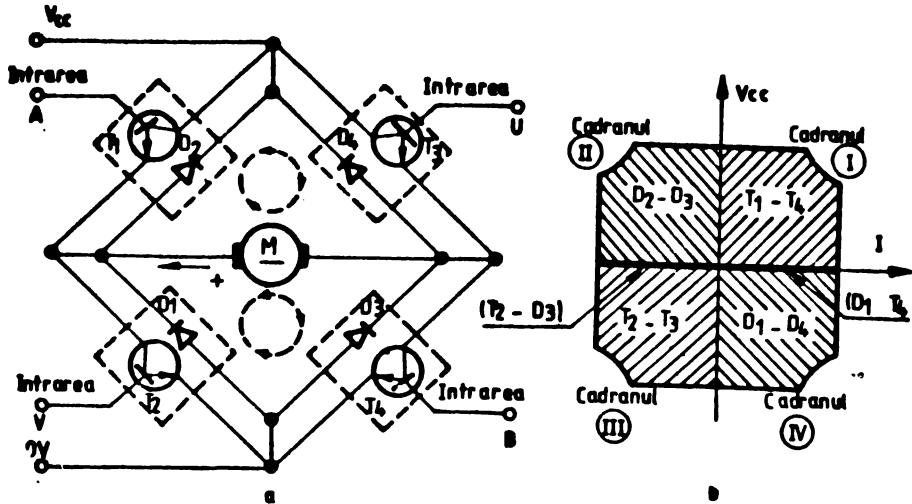


Fig.4.3.Scheza variatorului cu tranzistoare în patru cadrane.

Pentru funcționarea în cadranele I și II tranzistorul T_4 este în conducție permanentă iar tranzistorii T_1 și T_2 conduc în stifeză. În cadrantul I curentul sarcinii se închide prin T_4 și alternativ prin T_1 și diode D_1 . Trecerea din canalul I în II se realizează cu ajutorul sarcinii (mașina de c.c. schimbând regimul de motor în regim de generator cu $\Omega > 0$) fără pericolul conducerii întrerupte. În cadrantul II conduc în mod alternativ T_2 și D_2 iar D_3 este amorsat tot timpul. La trecerea dintr-un cadran în altul lucrează toate cele patru dispozitive T_1, D_1, T_2 și D_2 .

La funcționarea în cadranele III și IV tranzistorul T_2 este comandat continuu, iar T_3 și T_4 sînt în comutație în anti-fază. În cadrantul III curentul sarcinii se închide prin T_2 și alternativ prin T_3 și D_3 , iar mașina este în regim de motor cu $\Omega < 0$. În cadrantul IV conduc în mod alternativ T_4 și D_4 , iar D_1 este amorsat tot timpul, mașina funcționînd în regim de generator cu $\Omega < 0$. La trecerea din cadrantul III în IV conduc toate cele patru dispozitive T_3, D_3, T_4 și D_4 la fel ca în cazul anterior.

Funcționarea în cele patru cadrane se face în cazul comenzi punții cu impulsuri de tensiune unidirecționale. Avantajul

acestui mod de comandă constă în necesitatea utilizării unor bobine de filtrare mai mici decât în cazul comenzii cu impulsuri de tensiune bidirecționale [43]. Dezavantajul apare în trecerea din cadranele I și II (cu $V_{c.c.} > 0$), în cadranele III și IV (cu $V_{c.c.} < 0$), deoarece trebuie modificat modul de comandă.

O variantă de comandă - program a tranzistoarelor în punte o constituie transformarea semnalelor analogice în semnale digitale, în vederea realizării unui control corespunzător asupra varistorului [5]. Scheme de principiu pentru comanda punții cu tranzistoare a varistorului este dată în figura 4.4.

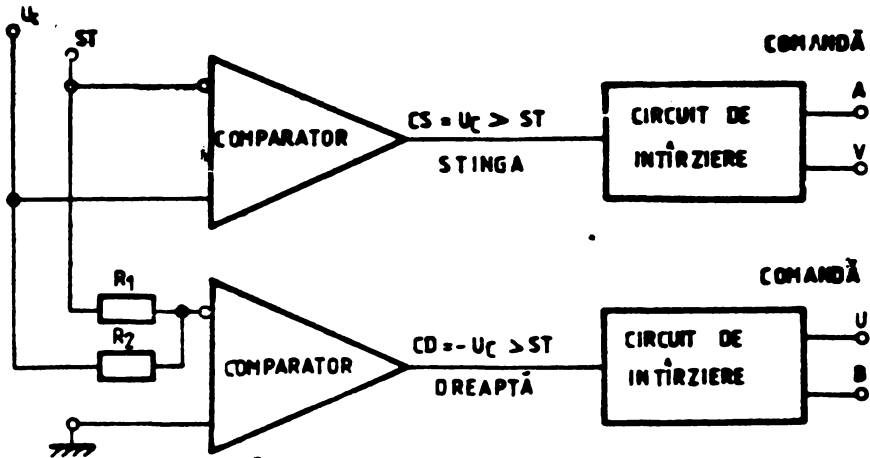


Fig.4.4. Scheme bloc de comandă a varistorului.

Scheme de comandă cuprinde două circuite identice formate din câte un comparator și un circuit de întârziere. Unul din circuite comandă semipuntea din stînga (CS), iar celălalt comandă semipuntea din dreapta (CD). Semnalul de comandă a duratei impulsurilor U_c , este aplicat la una din intrările comparatorului. La cealaltă intrare se aplică un semnal triunghiular (ST) avînd o frecvență de 1 kHz [11].

Comparatorul care comandă semipuntea stîngă, dă la ieșirea CS un impuls pozitiv dacă semnalul de comandă U_c este mai mare decât semnalul triunghiular ST.

Comparatorul care comandă semipuntea dreaptă, dă la ieșirea CD, un impuls pozitiv dacă semnalul de comandă negativ U_c este mai mare decât semnalul triunghiular ST.

Tranzistorii T_1 și T_2 precum și T_3 și T_4 nu se comandă simultan. La comutare instantanee, are loc scurtcircuitarea sursei. De aceea este necesar un circuit de întârziere sau defazor între semnalele A și V respectiv B și C.

În figura 4.5. sînt reprezentate formele de undă ale semnalului de comandă U_c , semnalului triunghiular ST precum și a impulsurilor de comandă stînga - dreapta (CS - CD) pentru un factor de comandă $i_c = 33\%$.

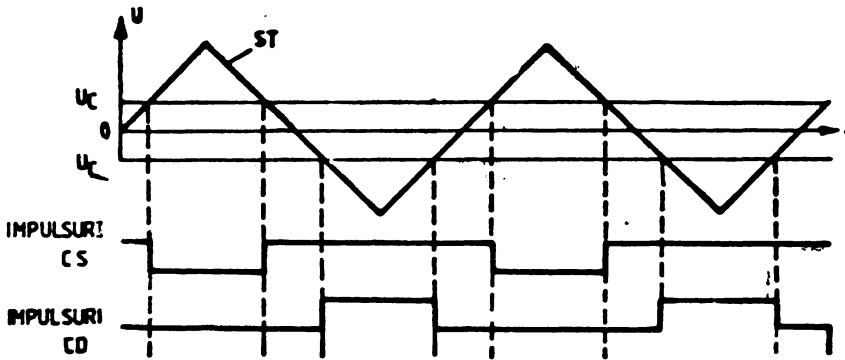


Fig.4.5. Impulsuri de comandă stînga-dreapta pentru $i_c = 33\%$.

În figura 4.6 sînt reprezentate aceleași semnale pentru un factor de comandă $i_c = 66\%$.

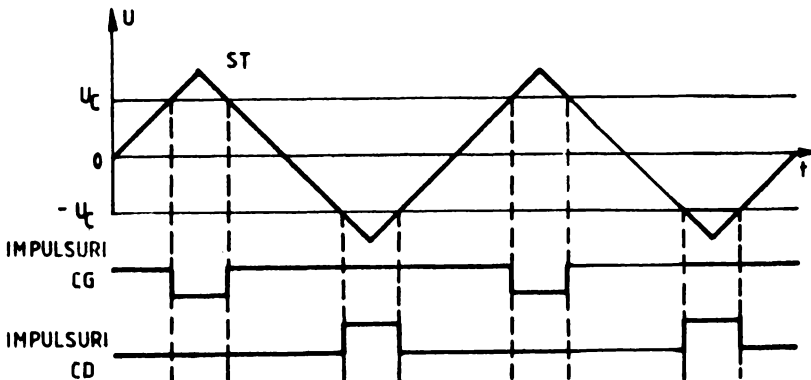


Fig.4.6. Impulsuri de comandă stînga-dreapta pentru $i_c = 66\%$.

Modul de producere a impulsurilor de comandă defazate pentru evitarea scurtcircuitării este ilustrat în figura 4.7.

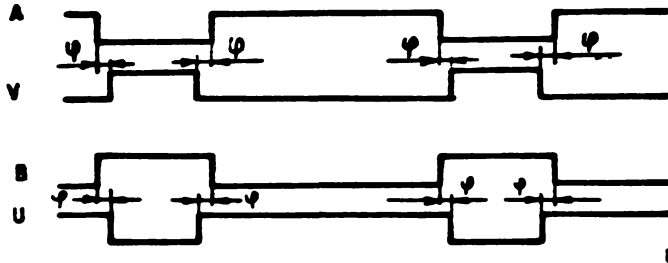


Fig.4.7. Defazarea impulsurilor de comandă.

Defazajul se face atât în frontul descrescător cit și la frontul crescător cu aceeași valoare φ odată după, respectiv înainte.

4.3. SEPARECC - Sistem experimental cu Microprocesor pentru Acționarea Motoarelor de Curent Continu

SEPARECC este un sistem experimental cu microprocesor pentru acționarea motoarelor electrice de curent continu, constituind partea de comandă a unui robot electric de sudare. Comanda motoarelor electrice de curent continu se face în impulsuri, cu factor de umplere variabil, urmărind un profil de viteză și accelerație impus.

Plecând de la configurația sistemului LCAROM-800 și ținând seama de scopul microsistemului de a gestiona și superviza acționările electrice cu motoare de curent continu s-a conceput o structură hardware în două configurații.

I. Configurația minimă se compune din următoarele module funcționale:

- UC - modul unitate centrală
- RAM - modul memorie RAM de 4 k
- EPROM - modul memorie EPROM de 4 k
- MP - modul panou
- CDT - modul comandă dispozitiv de test
- GI - modul numărător generator de impulsuri
- I/O - modul intrare/ieșire.

Acastă configurație s-a denumit - SEPARECC -

II. Configurația extinsă cuprinde în plus față de configurația minimă următoarele module funcționale :

- RAM - modul memorie RAM de 4 k
- CNA - modul convertor numeric analogic
- CAN - modul convertor analog numeric
- IN - modul intrări numerice
- EN - modul ieșiri numerice
- MAS - modul multiplexor static
- CAS - modul comandă esincron sincron

SEPAECC - conține în afara modulelor funcționale expuse anterior, module de alimentare și module magnetice. Acestea sînt:

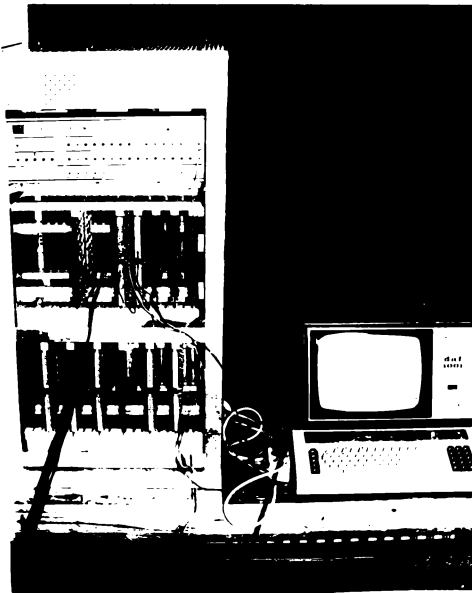
- MSG - modul sursă generală alimentată la: 220 V \pm 10 %, 50 Hz \pm 1 %, cu monitor pentru supravegherea alimentării echipamentului și cu următoarele tensiuni de ieșire: + 5 V c.c. \pm \pm 5 % la 30 A; - 9 V c.c. \pm 5 % la 5 A și \pm 12 V c.c. \pm 5 % la 1 A;

- MSA 1 - modul sursă auxiliară alimentată la 220 V \pm 10 %, 50 Hz \pm 1 %, avînd tensiunea de ieșire + 5 V c.c. \pm 5 % la 30 A;

- MSA 2 - modul sursă auxiliară alimentată la 220 V \pm 10 %, 50 Hz \pm 1 %, avînd tensiunea de ieșire \pm 15V c.c. \pm 3% la 1,5 A;

Modul surse alimentare

- Ansamblu șasiu
- Modulul de test
- Modul I/E
- Modul UC
- Modul memorie RAM
- Modul memorie EPROM
- Modul NGI
- Modul CAS
- Modul CNA
- Modul CAN
- Modul MI
- Modul I/O
- Modul adaptor



Ventila-
toare

DAF 1ool

Testatură

Fig.4.8. Echipamentul SEPAECC

- MUS - modul magistrală universală de sistem;
- MUP - modul magistrală universală de proces.

Peste aceste module au fost utilizate vertical într-un du-lap cu două sertare avînd la primul nivel variante I, de configurație minimă, iar la nivelul inferior variante II, de configurație extinsă. Realizarea experimentală a echipementului SEPAMECC este ilustrată în figura 4.8.

Schema bloc modulară a structurii hardware a microsiste-mului SEPAMECC și a circuitelor auxiliare este dată în figura 4.9.

Conform figurii 4.9, la echipamentul SEPAMECC sînt conec-tate o serie de dispozitive auxiliare: display, testatură și imprimantă precum și o serie de circuite auxiliare: traductoare, bloc de intrări, registru tampon, bloc de ieșiri, bloc defazor, blocul de acționare și sursa de putere.

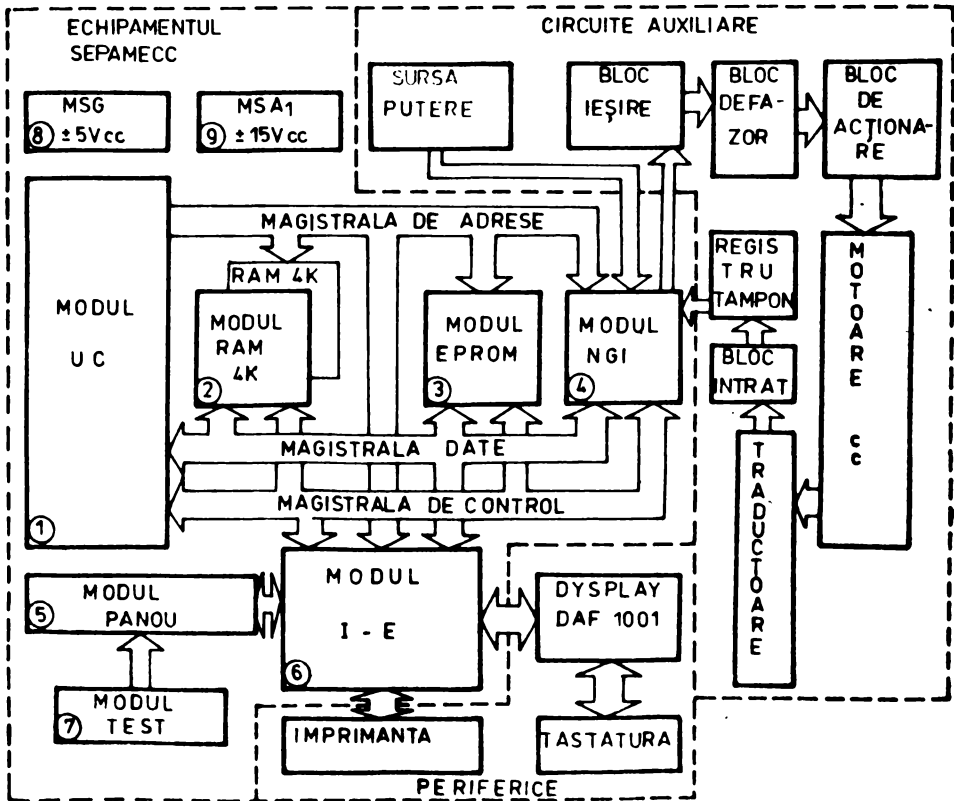


Fig.4.9. Schema bloc modulară SEPAMECC și circuitele auxiliare.

4.3.1. Modulele microsistemului SIFA-MCC

1. Modulul unitate centrală - UC - asigură funcționarea automată a întregului sistem pe baza instrucțiunilor primite de la memorie.

Funcțiunile îndeplinite de UC sînt: controlul operațiilor intrare/ieșire; prelucrarea informațiilor; execuția corectă a întregului set de instrucțiuni; generarea a două baze de timp real; comunicarea directă cu memoria perifericelelor; lansarea activității prioritare și asigurarea comunicării cu panoul de test și consola.

Modulul UC cuprinde din punct de vedere funcțional următoarele blocuri, între care se află o permanentă legătură:

- microprocesorul INTEL - 8080 ;
- generatorul de tact ;
- logica de „READY” ;
- logica de „HOLD” ;
- logica de „RESET” ;
- generatorul de comenzi ;
- bloc emițător comenzi;
- bloc emițător/receptor date;
- bloc emițător de adrese ;
- bloc emițător semnale de sincronizare și semnalizare;
- ceas de timp real;
- sistem de intreruperi.

Caracteristicile modulului UC sînt : [122, 123]

- setul de instrucțiuni în număr de 78 ;
- durata unei instrucțiuni 2 - 10 μ s . ;
- unitatea de informație prelucrată este de 8 biți;
- operații executabile pe 16 biți;
- formatul instrucțiunii 1,2 sau 3 octeți;
- capacitatea de adresare: 64 Kocteți de memorie, 256 porți de intrare și 256 porți de ieșire;
- sistem de intreruperi cu 16 nivele ierarhizate cu posibilitatea de mascare și demascare;
- orologiu de timp real cu 7 frecvențe programabile în gama 100 μ s - 1 minut.

2. Modulul memorie-RAM - 4 Kocteți - este destinat memorării informațiilor variabile din proces în funcție de necesități și a unor programe nepermanente. Constituie o memorie cu conținut aleatoriu în timp, permițând păstrarea datelor variabile în timp și transmiterea și - sau recepția acestora de către UC. În același timp permite citirea sau modificarea datelor stocate [12] .

Modulul RAM - 4 K - este alcătuit în principal din următoarele blocuri funcționale :

- bloc recepție adrese;
- bloc emisie-recepție date;
- bloc recepție comenzi;
- bloc emisie/recepție semnale de sincronizare;
- logica de selecție și comandă;
- logica de "READY" ;
- 4 blocuri de memorie RAM, fiecare cu o capacitate de 1 Koctet ;

- un bloc de memorie EPROM cu o capacitate de 256 octeți;

Caracteristicile tehnice ale modulului RAM sînt [119,123]

- memorie semiconductoră cu acces aleatoriu;
- posibilitatea de înscris și citire;
- capacitate 4 Kocteți;
- 256 octeți EPROM, suprapuși ca adresă peste primii 256 octeți RAM ;
- timp de acces : 650 μ sec.;
- numărul maxim de module RAM, direct adresabile de către modulul UC : 16.

Modulul RAM este realizat fizic ca circuite integrate pe scară largă (LAI) tip INTEL 2162 A - 2 (memorii MOS - statice), fiecare avînd o capacitate de 1624 biți.

3. Modulul memorie EPROM - 4 k - asigură păstrarea datelor și programelor permanente și transmiterea lor către unitatea centrală. Constituie o memorie a cărui conținut nu se pierde la oțderea tensiunilor de alimentare și care nu poate fi deșit citită.

Modulul EPROM - 4 k - este alcătuit în principal din următoarele blocuri funcționale [25] :

- bloc recepție adrese;
- bloc emisie date;
- bloc recepție comenzi;
- bloc emisie/recepție semnale de sincronizare;
- logica de selecție și comandă;
- logica de „READY”;
- 16 blocuri de memorie EPROM.

Caracteristicile tehnice ale modulului EPROM sînt [118, 123] :

- memorie semiconductoră cu acces aleatoriu;
- posibilitate numai de citire;
- reprogramare electrică;
- memorie indestructibilă la căderea tensiunii;
- numărul maxim de module EPROM direct adresabile de către UC : 16;
- capacitate 4 octeți;
- timp de acces: $1,3 \mu \text{ sec.}$

4. Modulul panou - MP - asigură interfață între echipament și dispozitivul de test. El asigură 5 regimuri de lucru: automat, manual pas cu pas, oprire pe adresă, acces direct și substituție. Acest modul asigură afișarea de stări, cicluri, adrese și date.

5. Modulul comandă dispozitiv de test - CDT - este destinat verificării bunei funcționări a echipamentului și a executării corecte a programelor implementate. El asigură selecția oricărui regim de lucru și permite afișarea mărimilor de stare ale echipamentului. Modulul se interconectează cu dispozitivul de testare.

4.3.2. Modulul NGI - Numărător Generator de Impulsuri

Modulul NGI - numărator generator de impulsuri - asigură numărarea impulsurilor din proces în registre de 16 biți sau generarea de impulsuri pentru comanda echipamentului. Acest modul este o componentă esențială a sistemului SELFANEC și a stat la baza concepției de realizare a comenzilor de simulare a acționărilor cu motoare electrice de curent continuu.

Utilizarea modului NGI în sistemul de microprocesor în aplicațiile privind prelucrarea unor semnale sub formă de trenuri de impulsuri simplifică în mod considerabil software-ul necesar acestor prelucrări.

Modulul NGI conține următoarele blocuri funcționale [120, 121] :

- 1 - bloc receptor adrese;
- 2 - bloc receptor comenzi;
- 3 - bloc emițător/receptor date;
- 4 - bloc "READY" ;
- 5 - bloc intreruperi;
- 6 - bloc registre NGI ;
- 7 - bloc de intrări/ieșiri cu izolare galvanică;
- 8 - bloc de intrări/ieșiri fără izolare galvanică;
- 9 - bloc logică de selecție și comandă;
- 10 - bloc multiplexare ieșiri (OUT 0 - OUT 14).

Aceste 10 blocuri funcționale precum și legăturile de interconectare sînt reprezentate în schema bloc a modului NGI din figura 4.10.

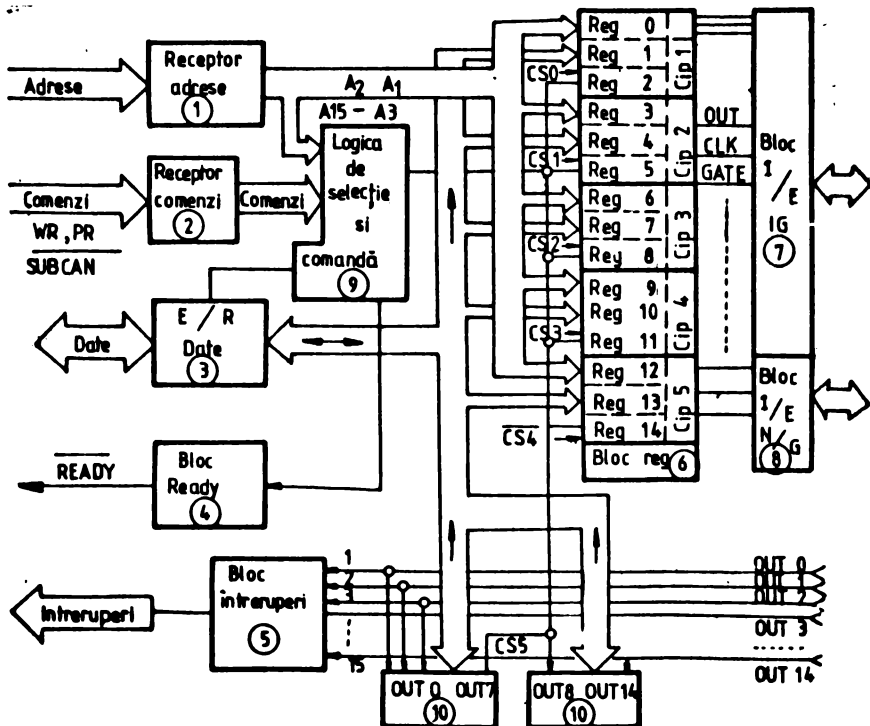


Fig.4.10. Schema bloc a modului NGI.

Blocul receptor de adrese 1 (fig.4.10), asigură interfața între magistrala de adrese și modulul NGI. Este constituit din circuitele INTEL 3404 în număr de trei. Blocul receptor de comenzi 2 (fig.4.10), asigură interfața între magistrala de comenzi și modulul NGI. Este realizat cu circuitul INTEL 8226. Comenzile utilizate sînt: AF pentru înscriere, RP pentru citire și SUBCAN pentru selectarea modului NGI.

Blocul emițător receptor date 3 (fig.4.10), asigură interfața între magistrala bidirecțională de date și modulul NGI, realizînd înscrierea și citirea în/și din registrele circuitelor 8253. Realizarea acestui bloc este făcută cu două circuite INTEL 8216.

Blocul READY 4 (fig.4.10), transmite către magistrala de comenzi semnalul READY, generat de o memorie mai lentă în funcționare decît microprocesorul și indică acestuia să-și suspende ciclul pînă cînd nu se realizează citirea. Transmiterea semnalului READY se face prin circuitul INTEL 8226, iar ceșul intern # 2 și semnalul RESET se transmite la modulul NGI prin circuitul INTEL 3404.

Blocul intreruperi 5 (fig.4.10), realizează eterea de intreruperi prin semnalele OUT 0 - OUT 14 pe oricare din cele 16 nivele de intreruperi, ca subnivele, sau fiecare semnal OUT pe cite un nivel de intreruperi. În funcție de numărul de intreruperi legate de un singur nivel, rezistențe de sarcină corespunzătoare colectorului emițătorului de intreruperi, trebuie recalculată.

Blocul registre NGI 6 (fig.4.10) se compune din cinci circuite INTEL 8253, circuit contor/periodizator programabil. Fiecare cip 8253 conține 3 registre numărătoare generatoare de impulsuri de 16 biți, avînd două intrări (CLOCK și GATE) și o ieșire (OUT) și un registru de control de 8 biți. În total modulul NGI are 15 registre numărătoare generatoare de impulsuri și trei registre de control.

Blocul de intrări/ieșiri cu izolare galvanică 7 (fig.4.10) realizează izolarea galvanică a ieșirilor și intrărilor primelor 12 registre, utilizînd elemente optocaptoare electronice de tipul HP 2531.

Blocul de intrări/ieșiri fără izolare galvanică 8 (fig.

4.10) scoate ieşirile OUT 12 - OUT 14 direct la cupla de proces fără izolare galvanică.

Blocul logică de selecție și comandă 9 (fig.4.10) primește adresele A 3 - A 15 de la receptorul de adrese și comenzile de la receptorul de comenzi, realizând logica pentru blocul excitator/receptor date.

Blocul multiplexare ieşiri 10 (fig.4.10) realizat cu 4 circuite INTEL 8226 citește cele 15 semnale de ieşire

OUT 0 - OUT 14 ale registrelor R0 - R 14 a circuitelor 8253. Aceste semnale prin două circuite INTEL 8212 pot fi comandate cele 16 intrări DATA (DATA 0 - DATA 14) ale registrelor circuitelor 8253. Atât citirea semnalelor OUT cit și comanda intrărilor DATA sînt validate de semnalul CS 5.

Modulul numărător generator de impulsuri - NCI - este prezentat în figura 4.11.

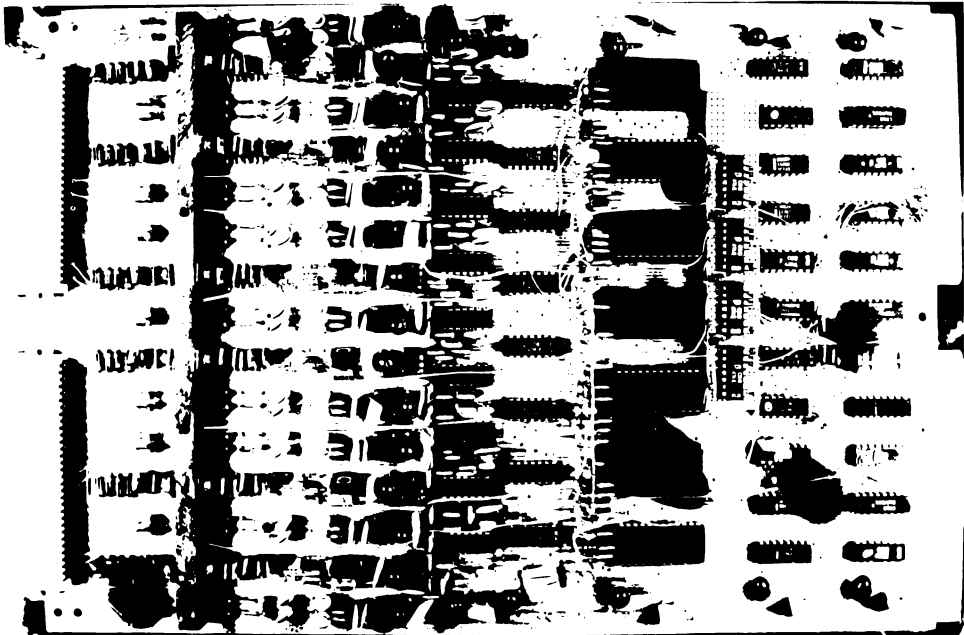


Fig.4.11. Modulul NCI

4.3.3. Programarea modului 8251

Componenta principală a modului 8251 este circuitul electronic INTEL 8253, numărator divizor programabil, realizat în tehnologia CMOS pe o pastilă de 24 terminale, alimentat la tensiunea de + 5 V c.c. Acest circuit este organizat sub formă a trei registre independente, de câte 16 biți, având asociată logica corespunzătoare pentru comunicația cu unitatea centrală de prelucrare și cu mediul exterior. Căma bloc internă a circuitului 8253 este dată în figura 4.12.

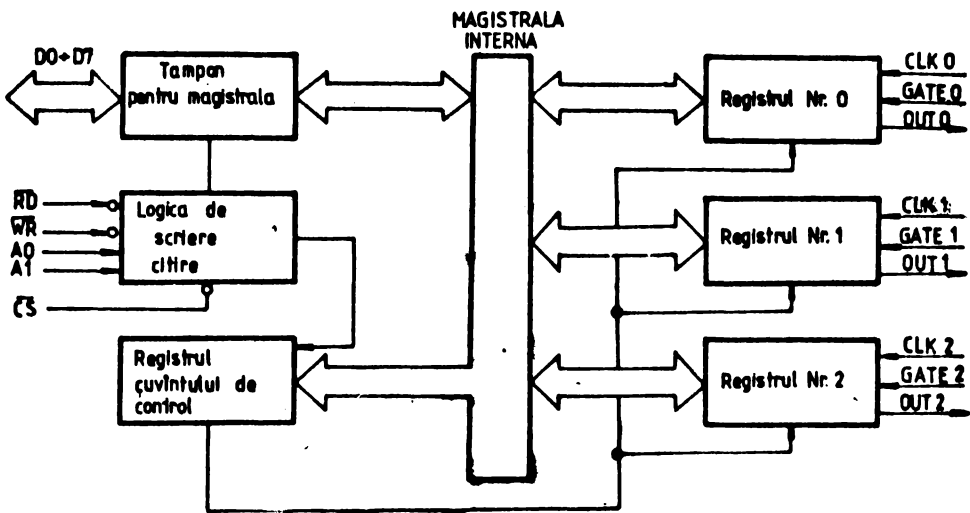


Fig.4.12. Schema bloc internă a circuitului 8253.

În structura internă a circuitului 8253 avem următoarele componente [61]: tamponul (buffer) registrului de date, logica scrie/citește, registrul cuvintului de control, cele trei registre 0, 1, 2 număratoare și magistrala internă.

Tamponul sau bufferul registrului de date este bidirecțional organizat pe 8 biți cu elemente cu trei stări și realizează interfața circuitului 8253 cu registrul de date a unității centrale de prelucrare. Prin intermediul acestui tampon se realizează: programarea adurilor de lucru pentru circuitul 8253 încălcarea contorilor, citirea valorilor datelor din contor.

Logica scrie/citește primește semnale de la registrul

echipamentului și generează comenzi pentru funcționarea corectă a circuitului 8253. Blocul de logică este selectat sau deselectat prin semnalul CS, astfel că nu poate avea loc nici o operație de scriere sau citire cu circuitul 8253 decât acesta nu este selectat. Pentru CS = "0" circuitul este selectat, iar pentru CS = "1" este deselectat. Un alt semnal RD (Read) = "0" informează circuitul că UC (unitatea centrală) primește date de la registrele numărătoare. Semnalul WR (Write) = "0" informează circuitul că UC trimite informații (date) către registrele numărătoare. Linile A₀ și A₁ sunt conectate la registrul de adrese și servesc la selectarea unui dintre registrele numărătoare sau la cel de control.

Registrul cuvintului de control, primește de la unitatea centrală informația prin care se comandă modul de lucru al fiecărui contor, în cod binar sau BCD și comandă încălzirea cu o valoare prestabilită a fiecărui registru numărător. Selectarea se face prin adresa A_{1A₀} = "11". Conținutul registrului de control poate fi născris sau și citit. Informația transmisă pe registrele de adrese pentru înscrisul registrului de control furnizează cuvintul de control.

Registrele 0,1 și 2 sunt identice, fiind implementate fiecare printr-un numărător, de 16 biți, programabil, numărătoare făcându-se prin decrementare. Registrele sunt independente și pot fi programate să opereze în cod binar sau BCD, în diverse configurații, privind intrarea de ceas, poarta de comandă și ieșire. Citirea conținutului fiecărui registru numărător poate fi făcută direct printr-o operație de READ sau în timpul numărării fără perturbarea intrării de ceas.

Registrul intern de date are trei funcțiuni: programarea modurilor de lucru ale circuitului 8253; încălzirea valorii dorite în registre; citirea valorii registrelor.

Modurile de funcționare ale circuitului 8253, în număr de 6 pot fi stabilite complet prin software, încălzind registrul de control cu un cuvint corespunzător, după care se înscris valoarea prestabilită. Cele două operații de înscris se fac prin două instrucțiuni EHLD de proces, iar citirea se realizează prin instrucțiunea LHLD de proces.

Modurile de funcționare ale circuitului 8253 sunt :

- Mod 0 : numărător de impulsuri
- Mod 1 : monopuls programabil
- Mod 2 : generator de impulsuri
- Mod 3 : generator de impulsuri cu factor de umplere 1/2
- Mod 4 : strob triggerabil software
- Mod 5 : strob triggerabil hardware.

Pentru scopul propus de a comanda 4 motoare electrice de c.c. în impulsuri de tensiune cu factori de umplere variabili, din modulul MGI avem nevoie de 5 registre unul lucrând în mod 2 iar 4 lucrând în mod 1.

Modul 1 este definit ca monopuls programabil sau monocsta-bil programabil. Ieșirea registrului trece de la un nivel ridicat la unul coborât numai după ce cuvântul de comandă și control au fost încărcate și semnalul aplicat la poartă are o tranziție pozitivă. Această tranziție declanșează decrementarea, care la stingerea valorii finale (zero) duce la nivel ridicat ieșirea registrului selectat, conform diagramei din figura 4.13.

Dacă în timp cu ieșirea este la nivel coborât, o nouă valoare este înscrisă în contor, aceasta nu afectează durata monocimpulsului, pînă la următoarea declanșare, valoarea curentă a contorului poate fi citită în orice moment, fără a afecta monocimpulsul.

Dacă intrarea la poarta G are o tranziție pozitivă, indiferent de faptul că decrementarea s-a terminat sau nu, registrul este relansat cu valoarea încărcată inițial. În cazul în care pe parcursul decrementării, se încarcă o nouă valoare în registru, aceasta este luată în considerare la prima tranziție pozitivă a semnalului la poarta G.

Modul 2 este definit ca generator de impulsuri divizate cu un număr N. Ieșirea este forțată la nivel coborât, după încărcarea cuvântului de comandă și a numărătorului selectat cu constanta N, pe o perioadă egală cu cea a semnalului de cesa. Perioada impulsurilor astfel generate este egală cu N. În figura 4.14 este dată diagrama de funcționare în mod 2 la divi-

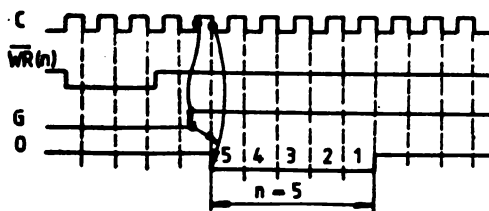


Fig.4.13. Modul 1 de funcționare a circuitului 8253.

zării impulsurilor cu $N = 5$.

Dacă pe parcursul operării, intrarea G (poarta) este forțată la nivel coborât, ieșirea O este adusă la nivel ridicat, iar la revenirea lui G la un nivel ridicat, registrul se decrementează din nou, dar la valoarea inițială.

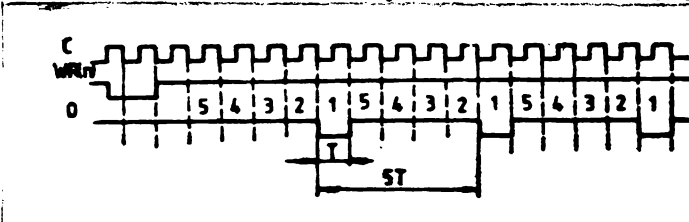


Fig.4.14. Modul 2 de funcționare a circuitului 8253.

Acosta începe decrementarea imediat ce a avut loc octetul cel mai semnificativ. Pentru a obține o sincronizare dorită a începutului operării, se poate comanda poarta G a registrului selectat.

Pentru comanda directă a unui motor electric de c.c., printr-un convertor de putere, comandat prin impulsuri de tensiune dreptunghiulare, de amplitudine constantă, dar de durată variabilă, se conectează două registre numărătoare ca în figura 4.15.

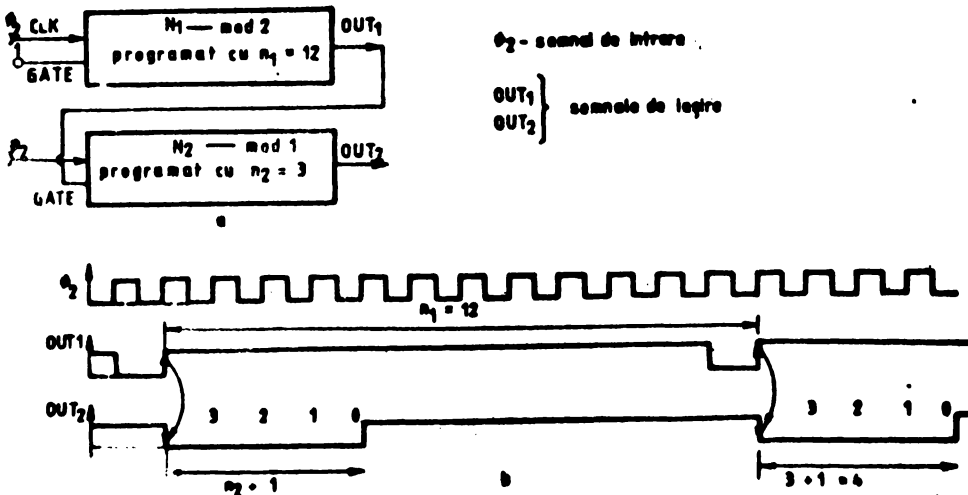


Fig.4.15. Conectarea a două registre numărătoare și diagrama de semnal.

În figura 4.15, a, registrul N_1 lucrează în mod 2 fiind programat cu $n_1 = 12$, iar registrul N_2 lucrează în mod 1 fiind programat cu $n_2 = 3$. Diagramele impulsurilor la ieșirile OUT 1 și OUT 2 sînt date în figura 4.15, b.

Dacă n_1 este constant și n_2 este variabil se obțin impulsuri de frecvență constantă cu factori de umplere (de comandă) $\frac{n_2}{n_1}$ variabili. Aplicîndu-se acest semnal unui circuit inversor, rezultă complementul lui. Cu semnalul direct și cu cel complementat se comandă tranzistoarele în montaj push-pull, rezultînd în final o variație comandată a motorului de curent continuu.

Pentru comanda în impulsuri a patru motoare electrice de curent continuu cu factor de comandă variabil, $f_c = n_2/n_1$; n_3/n_1 ; n_4/n_1 ; n_5/n_1 se realizează schema de principiu din figura 4.16, a. Registrul numărător N_1 ce realizează baza de timp este același pentru toate intrările (GATE) a registrelor N_2 , N_3 , N_4 , N_5 ce sînt programate cu valorile n_1 , n_2 , n_3 , n_4 , n_5 . Registrul N_1 lucrează în mod 2, iar N_2 , N_3 , N_4 și N_5 în mod 1. La toate intrările CLOCK este aplicat același semnal sincron Φ . Aplicînd la ieșiri cite un circuit inversor rezultă atât semnalul direct cit și cel inversat. În figura 4.16, b sînt date diagramele în timp ale semnalelor de ieșire OUT 2, OUT 3, OUT 4 și OUT 5 și valoarea factorului de comandă f_c .

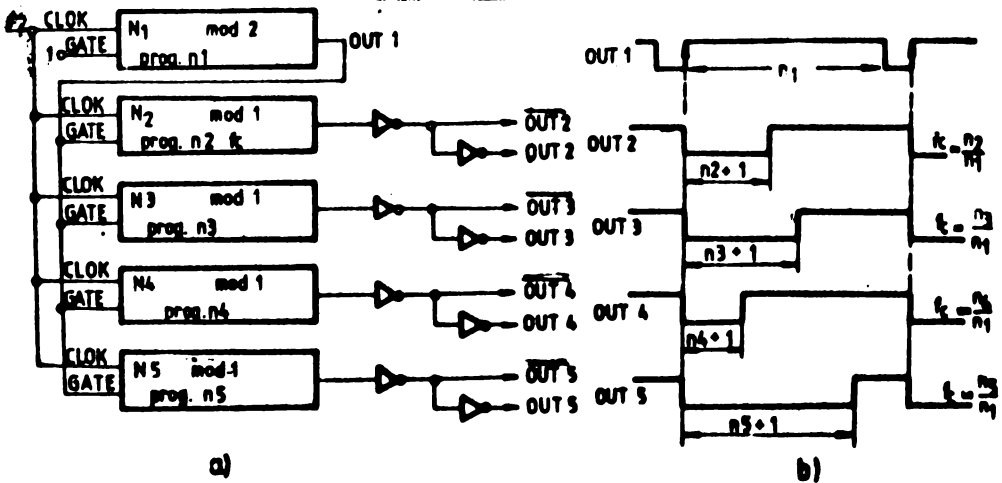
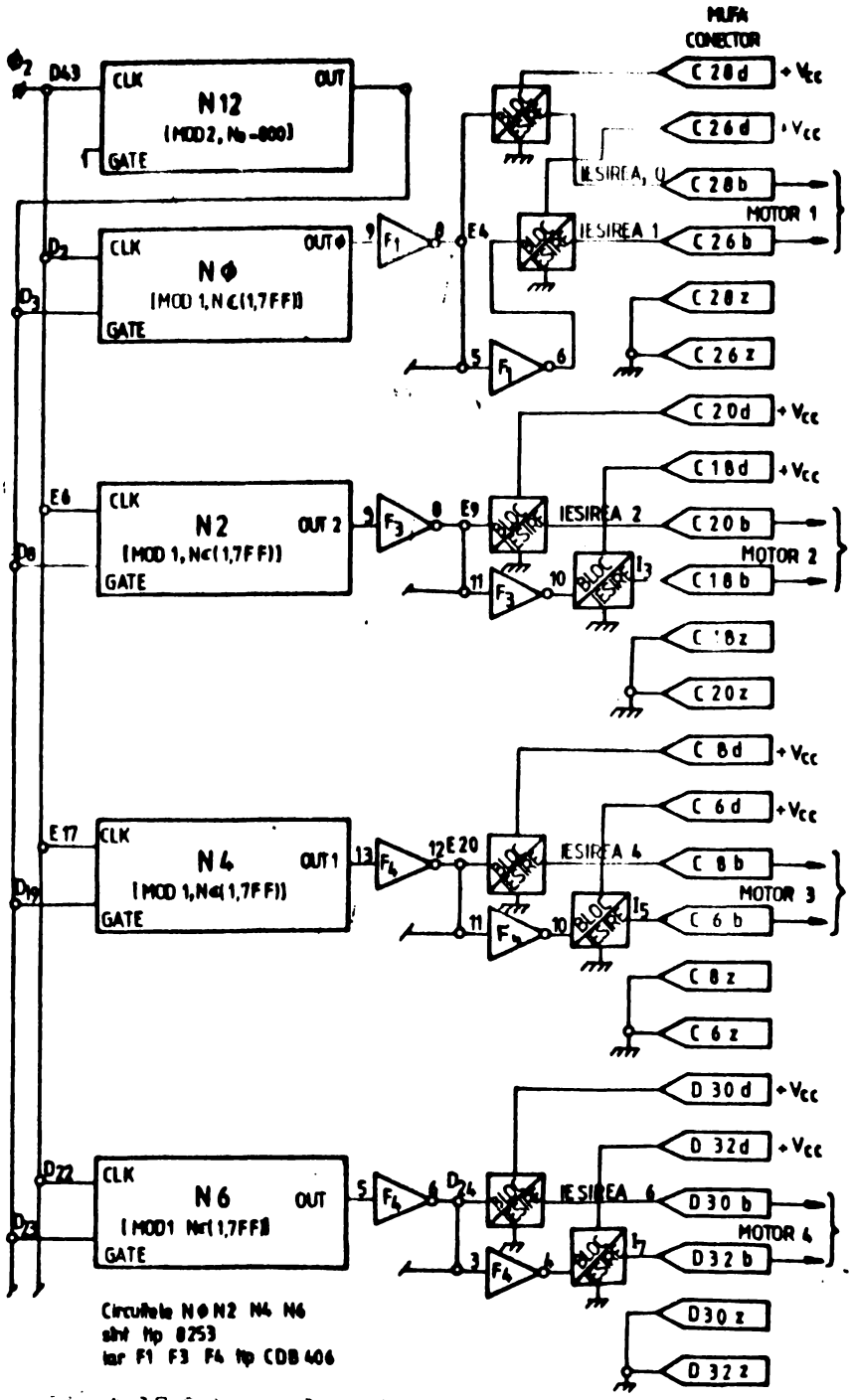


Fig.4.16. Schema de conectare și diagrame impulsurilor pentru comanda a patru motoare.



Circuitele N0 N2 N4 N6
sunt tip 8253
iar F1 F3 F4 tip CDB 406

Fig. 4.17. Schema electrică programată a modului PLC.

În figura 4.11 s-a prezentat plăcheta modului NGI iar în figura 4.17 schemă electrică programată a modului NGI. Pe schemă electrică sînt notate și bornele mufei conector de ieșire a plăchetei la care se aduc tensiunile de alimentare ale motoarelor precum și bornele la care se conectează cele patru motoare de acționare ale robotului.

4.3.4. Circuite și dispozitive auxiliare SEPAMECC

La echipamentul SEPAMECC sînt conectate următoarele dispozitive auxiliare: terminalul DAF lool și testatura MICRO - SWITCH 75 SW 12 și imprimata AER 5692.

Dispozitivul DAF lool este un terminal destinat conversației cu calculatorul. Textul se transmite la microsistem în cod ISO printr-o interfață serie cu o viteză de 110 sau 300 bauds. Sistemul cu μ P transmite mesajele afișate pe același ecran [6]. Afișarea informației se poate face numeric, grafic și grafic alfa numeric. Frecvența de regenerare a imaginii este de 50 cadre/secunde. Operatorul și microsistemul dispun de 24 operații pentru redactarea, transmiterea mesajelor și comutarea registrelor. Operatorul poate stabili 5 registre de funcționare prin comutare [26].

În locul acestui terminal se poate conecta dispozitivul DAF 2ole. Acest terminal alfanumeric, semigrafic, conțutit pe o structură cu microprocesor care, sub controlul firware rezident într-o memorie PROM, permite: introducerea, prelucrarea, transmiterea și recepționarea informațiilor. El este conectat la microsistem direct sau prin modem, ca terminal de tip ASCII, schimbul de date făcîndu-se asincron sau sincron. Transferul de informații se face în timp real, iar sincronizarea cu un sistem de întreruperi tratate secvențial [60].

Celelalte circuite auxiliare cuplate la echipamentul SEPAMECC în vederea realizării acționării motoarelor electrice de curent continuu, asistate de microprocesor sînt: traductorul de turație, blocul de intrare, registrul tampon, blocul de ieșire, blocul de acționare, blocul defazaj și sursa de putere.

Traductorul de turație este un traductor numeric realizat pe principiul optic bec - fantă - fototransistor. Impulsurile

date de traductor sînt obținute pe două canale separate, ele rezultînd de la un sistem dublu de fototransistoare, pentru a se putea sesiza sensul de rotație a motorului. Pe axul motorului este prevăzut un disc opac cu un număr de fante stabilit în funcție de precizia necesară măsurării turației.

Traductorul de turație a motorului este realizat dintr-un disc cu fante prin care trece impulsul luminos, de la un bec, care este captat de un fototransistor. Numărul de fante ale discului poate fi mai mic sau egal cu 20 pentru o turație de 3000 de rot/min. În acest caz se asigură o poziționare teoretică a rotorului cu o eroare de 18 grade. Pentru a se putea stabili sensul de rotație spre dreapta sau spre stînga au fost montate două becuri și două fototransistoare captoare de tipul BC103. Discul este prevăzut cu patru fante, asigurînd o precizie a poziției rotorului cu plus-minus 90°. Discul și poziția celor două fototransistoare A_1 și B_1 sînt reprezentate în figura 4.18.

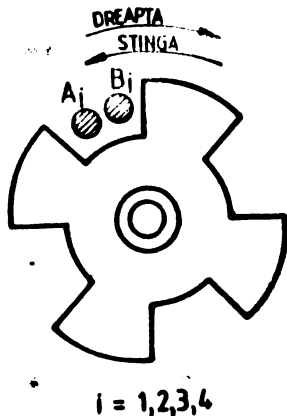


Fig.4.18. Discul traductorului de turație.

În unele cazuri frontal posterior al semnalului este dermat prin semnalul de sincronizare 1 A.

Impulsurile generate de traductorul numeric, purtătoare de informații privind viteza de rotație și sensul, sînt generate într-un circuit formator, realizat cu porți logice TTL de tipul CDB 413, după care sînt introduse în registrul temporar care este o memorie de dimensiuni reduse, nu lucrează pe semnalul de orologie a microsistemului și poate păstra un timp predeterminat, informația utilă rezultată de la traduc -

În figura 4.19,a, este reprezentat modul de formare a impulsurilor de comandă și control, pentru sensul de mers spre dreapta fiind semnificative impulsurile generate de celula B, rezultînd impulsurile CU. În figura 4.19,b, sînt reprezentate impulsurile pentru sensul de mers spre stînga, semnificative fiind impulsurile generate de celula A și rezultînd semnalul CD la mersul spre stînga.

torul mecanic. Registrul tampon sau circuitul de zăverire are rolul de a păstra impulsurile generate de fototransisto-

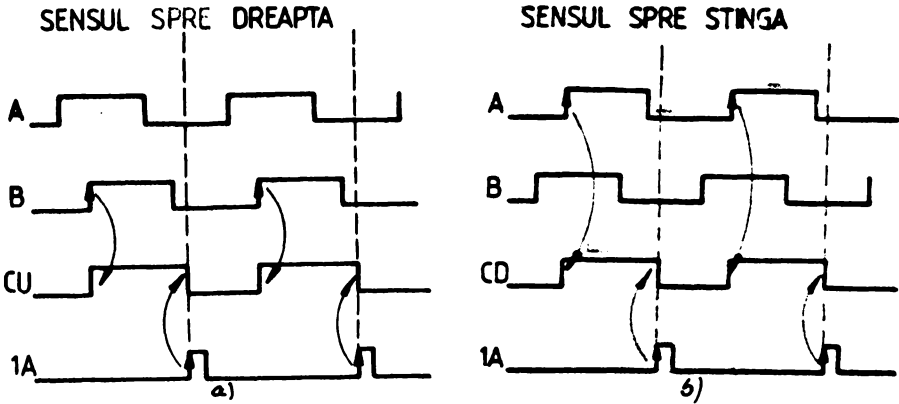


Fig.4.19. Impulsurile transductorului de turație.

ro în vederea numărărilor corecte. Dacă μP nu prelucrează suficient de rapid impulsurile determinate de transductorul numeric, unele din acestea pot fi pierdute. Soluția înfățișării acestui neajuns se face prin registrul tampon, iar ilustrarea modului de detecție este prezentată în figura 4.20.

În figura 4.20,a, este reprezentat semnalul de intrare (impulsurile de la transductorul numeric). În figura 4.20,b,

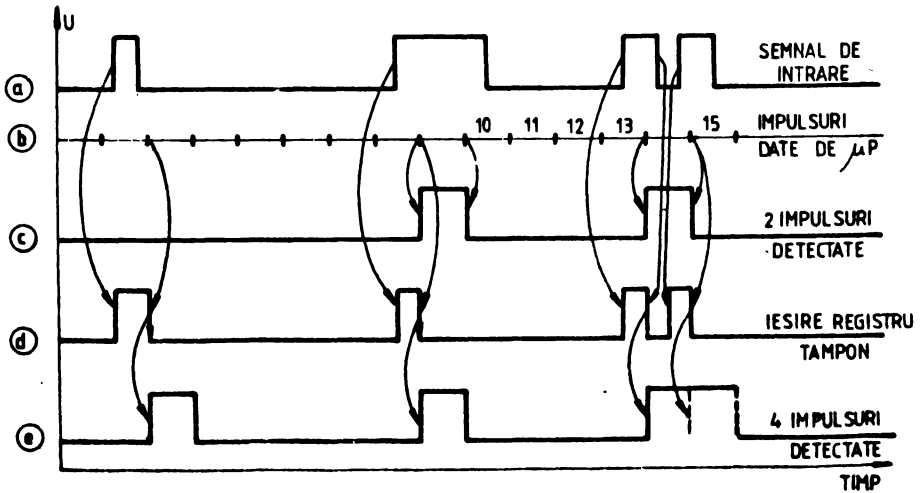


Fig.4.20. Diagrama detecției impulsurilor cu și fără registrul tampon.

sînt figurate impulsurile de tact ale microprocesorului. În cazul lipsei registrului tampon μP detectează doar două impulsuri (fig.4.20,e), iar dacă registrul tampon există, la ieşirea lui rezultă impulsurile ilustrate în figura 4.20,d. Rezultă că utilizarea registrului tampon conduce la detectarea corectă a semnalului de intrare, respectiv la detectarea a patru impulsuri după cum se observă în figura 4.20,e.

Registrul tampon este realizat cu circuitul CDB 474, care conţine două bistabile tip D cu comutaţie pe front [117]. Pentru comanda celor patru motoare ale robotului sînt necesare patru canale de tip traductor-formator-registru tampon a căror scenă electrică se prezintă în figura 4.21.

În figura 4.21 sînt marcate bernele de intrare de la traductor şi cele de ieşire spre microsistem precum şi semnalele de intrare pentru cele patru motoare ale robotului.

Impulsurile de ieşire din registrul tampon îşi formează frontul anterior din frontul crescător al impulsului de ieşire din traductor, iar frontul posterior din frontul crescător al semnalului de sincronizare de repunere a registrului. Acest lucru este ilustrat în figura 4.22.

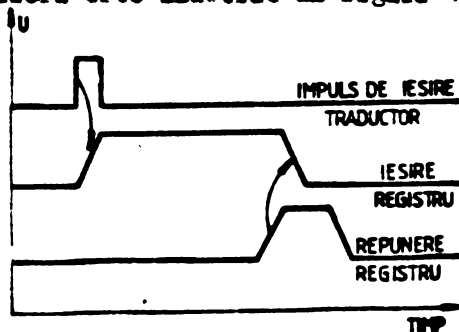
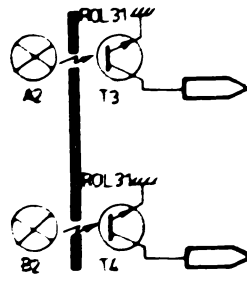
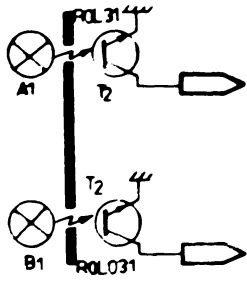


Fig.4.22. Formarea impulsului de ieşire.

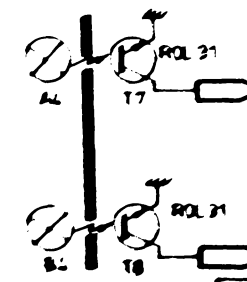
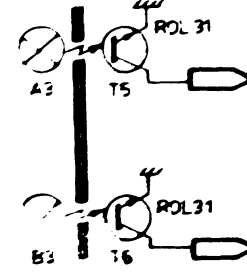
Semnalele rezultate din registrul tampon sînt aplicate blocului de intrare ce realizează cuplarea galvanică între lanţul circuitelor de intrare şi circuitele $\alpha 253$. Cuplarea se face prin optocuploare de tipul HP2531.

Blocul de intrare, reprezentat în figura 4.23 pentru două canale, realizează izolarea galvanică prin elemente optoelectronice H1 de tipul HP 2531 a intrărilor CLOCK şi GATE a primelor 12 registre (Ro - H11).

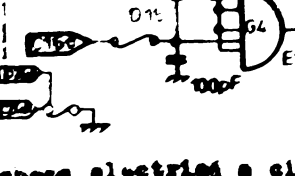
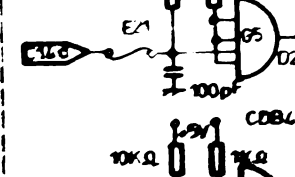
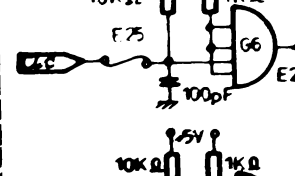
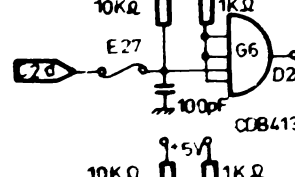
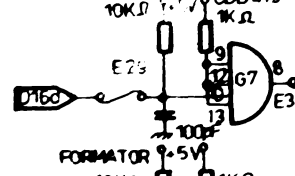
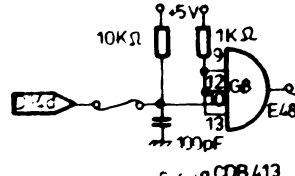
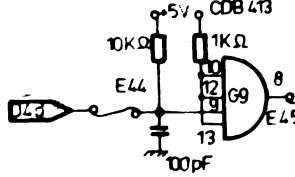
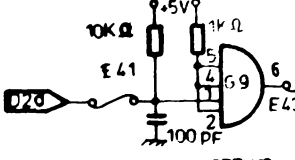
TRADUCTOR IMPULSURI



TRADUCTOR IMPULSURI



FORMATOR



REGISTRU TAMPON

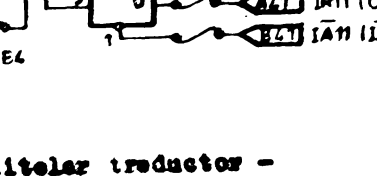
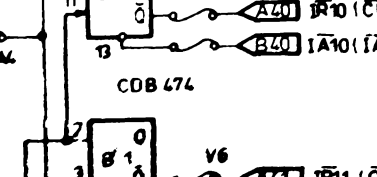
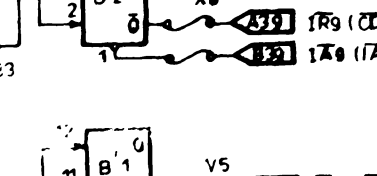
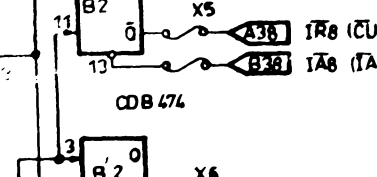
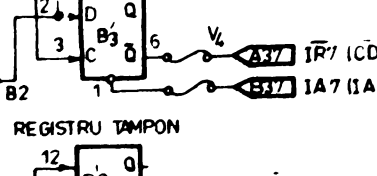
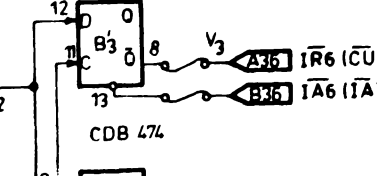
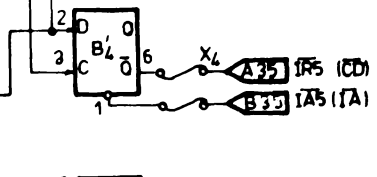
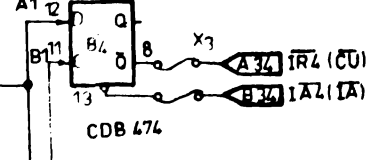


Fig. 4.21. Schema electrică a circuitelor traductor - formator - registru tampon.

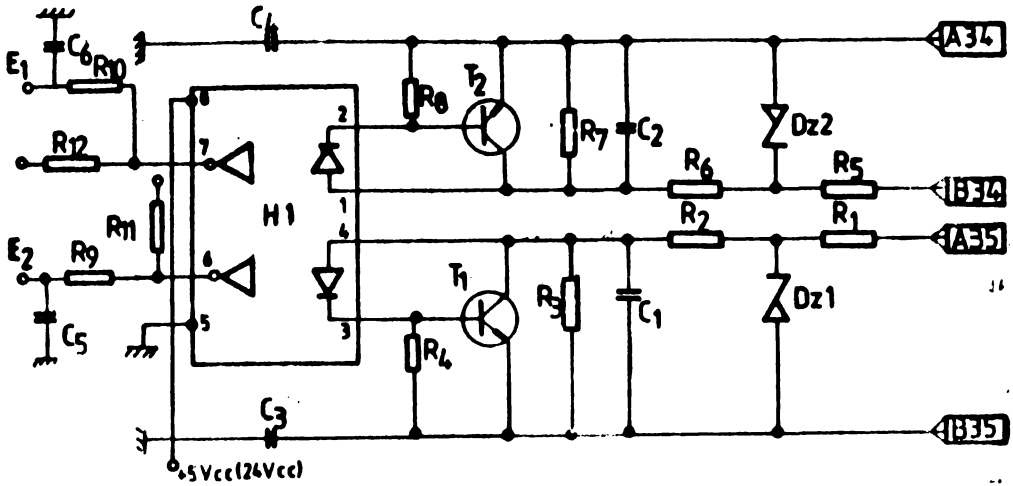


Fig.4.23. Blocul de intrare pentru 2 canale.

Cele 12 registre Ro - R11 au 18 intrări și anume CLOCK 0 - CLOCK 11 și GATE 0,2,4,6,8,10, grupate câte două. Celelalte intrări sînt comandate numai intern. Figure 4.23 se referă doar la 12 canale (intrări) din cele 18 care sînt accesibile, realizînd 18 astfel de linii de intrare. Fiecare linie de intrare conține cite un stabilizator format din dioda Zener Dz1 (Dz2) și rezistența R1 (R5), un filtru RC format din condensatorul C1 (C2) și rezistența R2 (R6); opțional o rezistență R3 (R7) pentru filtrarea semnelor parazite, în cazul comenzilor prin relee; un regulator de tensiune realizat cu tranzistorul T1 (T2) și cu rezistența R4 (R8) pentru limitarea curentului de intrare în optocuplor. Fiecare linie de intrare mai conține un filtru suplimentar RC, după optocuplor, realizat cu componentele R9 - C5 (R10 - C6) și un condensator C3 (C4) pentru tensiunea de mod comun. Intrările sînt la bornele A-34 și B-34 (A 35 - B 35), iar ieșirea se poate face direct la borna E 1 (E 2) sau pe rezistența R 12 (R11). Tensiunea de alimentare poate fi 5 V c.c. (20 mA) sau 24 V c.c. (40 mA).

În figura 4.24 se prezintă schema electrică a blocului de intrare pentru două canale, respectiv pentru două motoare ale robotului.

Conform schemei bloc din figura 4.9, impulsurile pentru

acționarea unui motor electric rezultate la ieșirea modulu-
lui NGI parcurg circuitele : blocul de ieșire - circuitul de
fazor - motor.

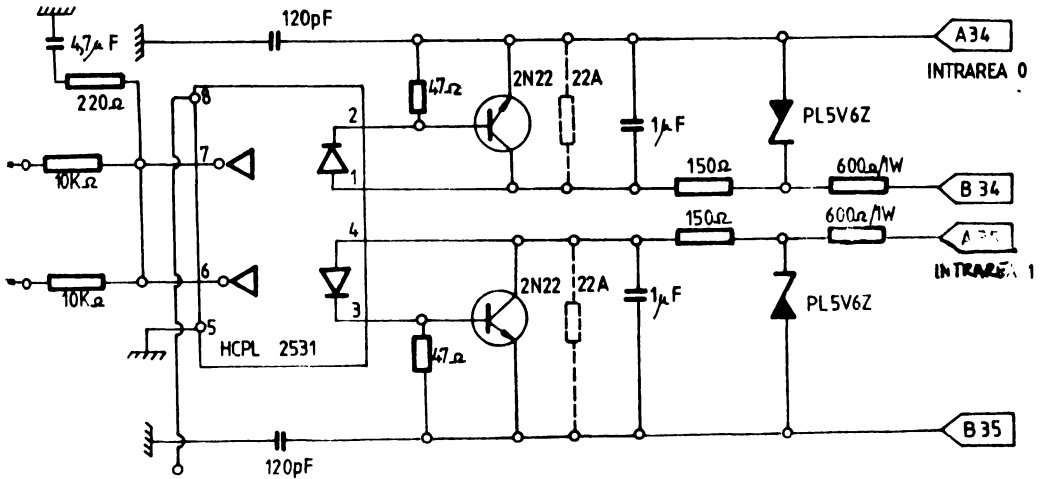


Fig. 4.24. Schema electrică a blocului de intrare
pentru două canale.

Blocul de ieșire realizează izolarea galvanică a ieșirilor
OUT pentru elemente optoelectronice. In figura 4.25 este
prezentată schema electrică principală a blocului de ieșire

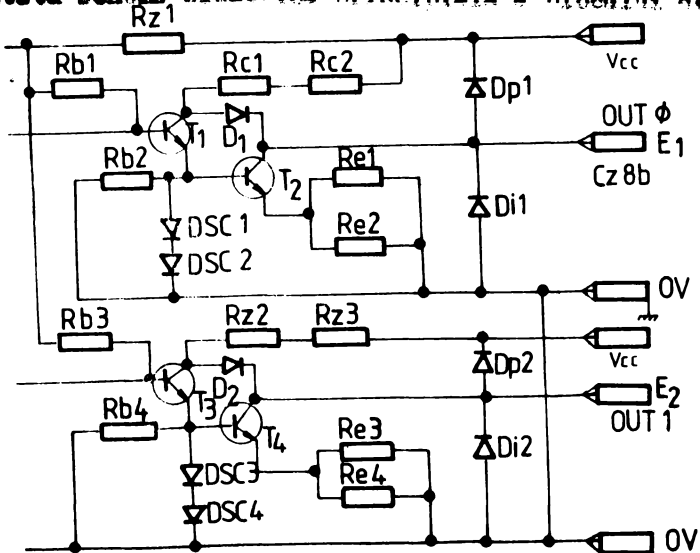


Fig.4.25. Blocul de ieșire pentru două canale.

pentru două canale (ieșiri) OUT 0 și OUT 1. Optocuplerul H_2 este de tipul HP 2531.

Fiecare canal sau linie de ieșire conține: etajul final al semnelului de comandă pentru variabilele din proces; un stabilizator parametric pentru două canale necesar alimentării optocuplearelor; circuite de protecție la sarcină inductivă, la conectarea inversă a tensiunii externe și la supra-sarcină pe ieșire. Alimentarea etajelor de ieșire se poate face la 5 V, 24 V sau 28 V. Fiecare din cele 12 ieșiri ale registrelor Ro-R11, pot fi alimentate fie cu aceeași tensiune fie cu tensiune de valori diferite.

Stabilizatorul parametric care asigură + 15 V pentru optocuplare este prevăzut cu rezistențe de balast R_{s1} (sau R_{s2} , R_{s3}), a cărei valoare depinde de tensiunea de alimentare. Diodele Zener D_z poate fi strapătă, iar condensatoarele C_2 și C_3 asigură filtrarea tensiunii. Pentru ieșirea OUT 0 stabilizatorul se compune din tranzistoarele T_1 și T_2 ce sînt polarizate de rezistențele R_{b1} și R_{b2} , protecția la sarcină inductivă de către dioda D_{p1} , iar protecția la conectarea inversă a tensiunii externe se realizează cu dioda D_{i1} . Ieșirile E_1 și E_2 fiind de tipul "open-collector", sarcina poate fi comandată atât în curent cît și în tensiune. Cînd avem ieșire în curent se montează dioda D_{p1} (D_{p2}), iar dacă ieșirea este în tensiune se va monta o rezistență. Dacă se dorește o protecție la tensiunile de mod comun cu fronturi mai abrupte se poate introduce condensatorul C_1 între masa blocului logic și masa blocului de ieșire.

Blocul de ieșire realizează separarea galvanică între SEPAMECC și circuitele de putere. Izolarea galvanică se realizează tot prin optocuplare de tipul HP 2531. Schema electrică completă a blocului de ieșire pentru două canale este redată în figura 4.26.

Alimentarea blocului de ieșire se face de la tensiunea $V_{cc} = + 42 V_{cc}$.

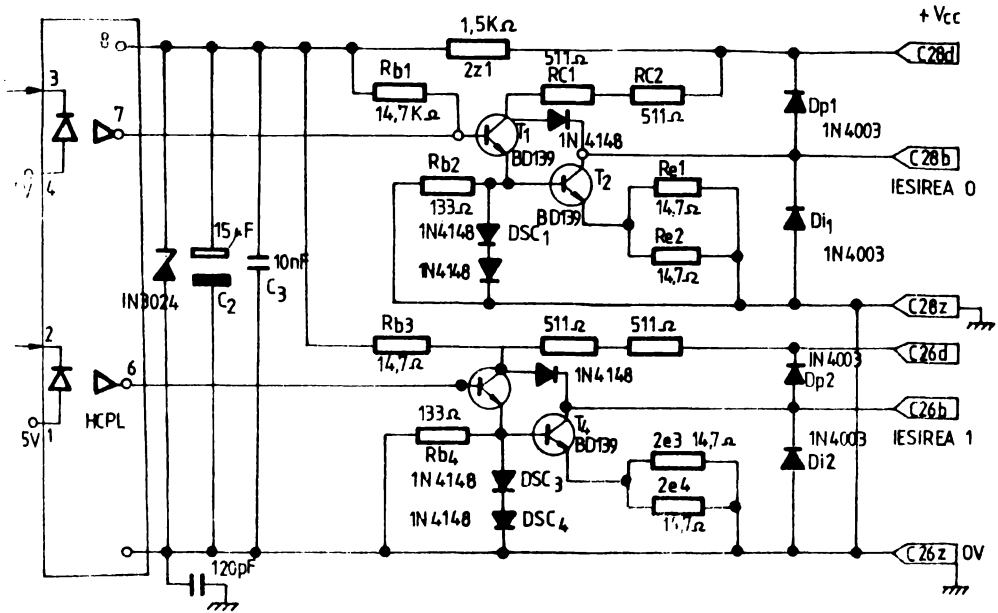


Fig.4.26. Schema electrică a blocului de ieşire pentru două canale.

În figure 4.27 se prezintă blocul intrării-ieşirii pentru acţionarea celor patru motoare ale robotului.

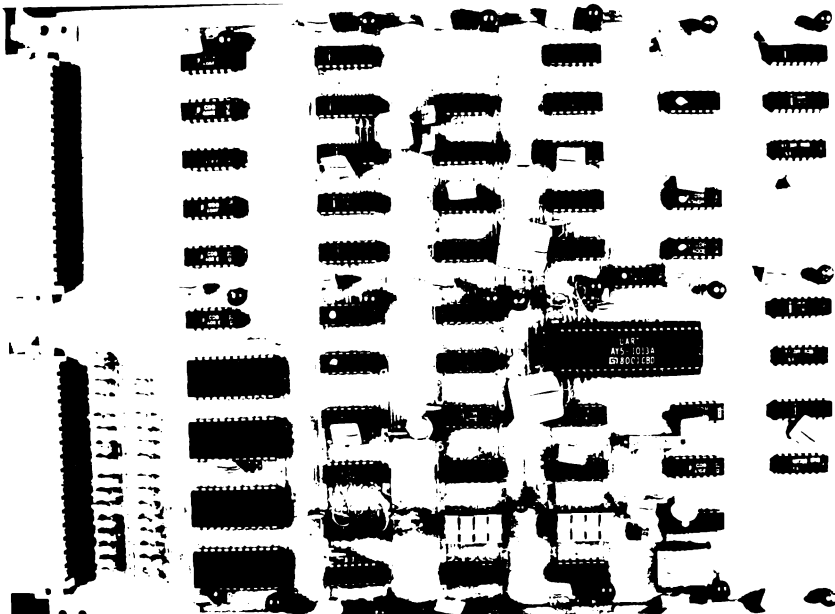


Fig.4.27. Blocul de intrări-ieşiri.

Circuitul defazor avînd rolul de a întîrziia impulsurile aplicate tranzistoarelor în punte, care comandă motorul, este realizat cu monostabilul CDB4121. Declanșarea de la o tranziție „Jos - Sus” este realizată prin aplicarea impulsului de intrare pe pinul 5 (intrarea B). Intrarea B a triggerului Schmitt permite bascularea monostabilului pentru semnalele de intrare cu durată de tranziție de ordinul 1 V/s. După declanșare, ieșirile sînt independente de tranzițiile ulterioare ale semnalelor de intrare și depind numai de constanta de timp [117]. Schema electrică a circuitului defazor este prezentată în figura 4.28.

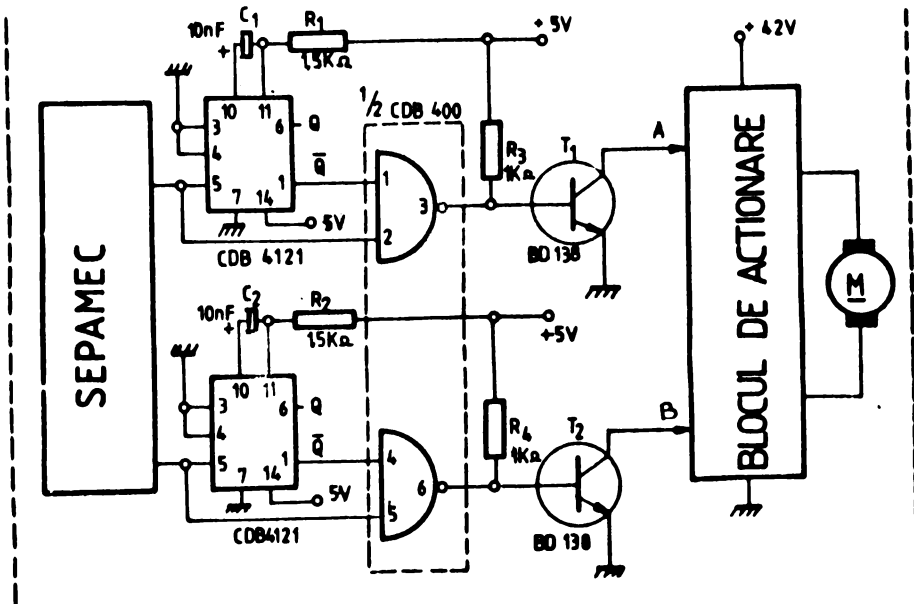


Fig.4.28. Schema electrică a circuitului defazor.

Circuitul defazor este intercalat între blocul de ieșire a echipamentului SEPAMECC și blocul de acționare. În vederea obținerii unor impulsuri de ieșire cu o durată precis repetabilă, se conectează între pinii 11 și 14 ai circuitului o rezistență externă $R_1 = 1,5 \text{ k}\Omega$, pinul 9 fiind în gol. Între pinii 10 și 11 se conectează un condensator electrolitic $C_1 = 10 \text{ nF}$.

Durata impulsului de ieșire este dată de relația : [53]

$$t_1 \approx C_1 R_1 \ln 2$$

Ieșirile A și B din circuitul defazor, figura 4.28, se fac la colectorul a două tranzistoare T_1 și T_2 de tip BD138, care etacă bazele tranzistorilor din blocul de acționare.

Blocul de acționare realizează acționarea în patru cadrane a motorului electric de curent continuu utilizând un montaj în punte cu tranzistoare. Funcția de puterea motorului, fiecărui latură a punții este formată dintr-un tranzistor de putere 2N3055 sau mai multe în paralel și protejate printr-o diodă rapidă de putere de tip DR6 [77].

Impulsurile de comandă modulate în durată, din circuitul defazor, rezultate la bornele A și B se aplică printr-un tranzistor inversor tip BD140 pe baza tranzistorului de putere ce va lucra în regim de comutație [110]. Schema electrică a blocului de acționare este dată în figura 4.29. Tranzistorii de putere și dioda de protecție sînt montate pe radiator.

Blocul de acționare este alimentat de la o sursă de tensiune stabilizată de 42 V cu limitare de curent la 10 A.

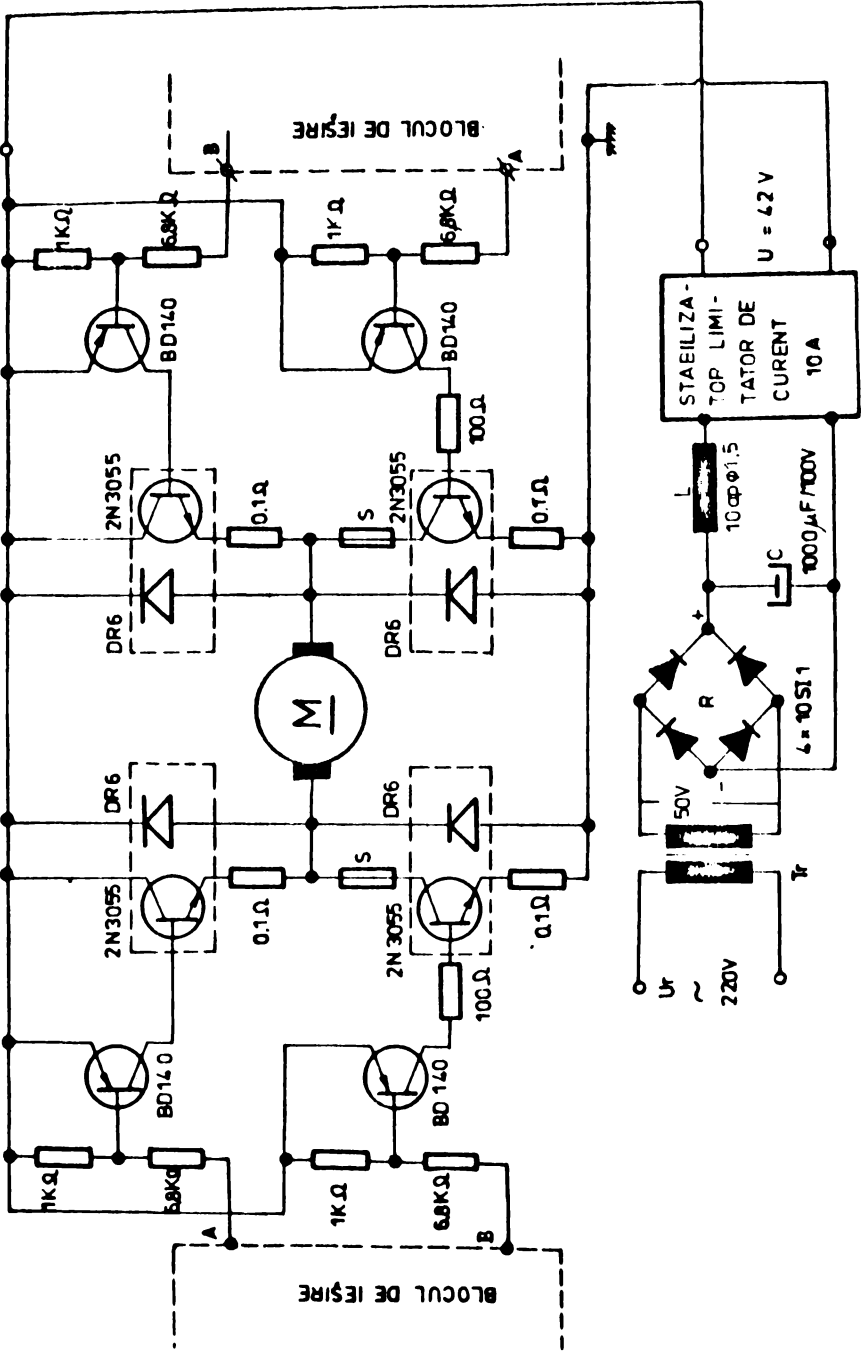


Fig.4.29. Schema electrică a blocului de acționare.

5. PROGRAMAREA MICROSISTEMELOR PENTRU REALIZAREA DIAGRAMELOR DE MIȘCARE

S-au elaborat programe pentru cele trei micro sisteme :
- WANG; - MICROPROG 228 și - SEPALECC, care comandă motorul
de curent continuu în vederea implementării unor diagrame
de mișcare.

5.1. Programarea calculatorului WANG.

Programarea calculatorului WANG se face prin trei pro-
grame : A_1 - de sincronizare; A_2 - de testare a vitezei și
 A_3 - de testare a motorului.

Programul de sincronizare A_1 , fixează timpul necesar
stingerii vitezei nominale. El a fost întocmit pe baza sche-
mei de tranziție a stărilor, prezentat în figura 5.1.

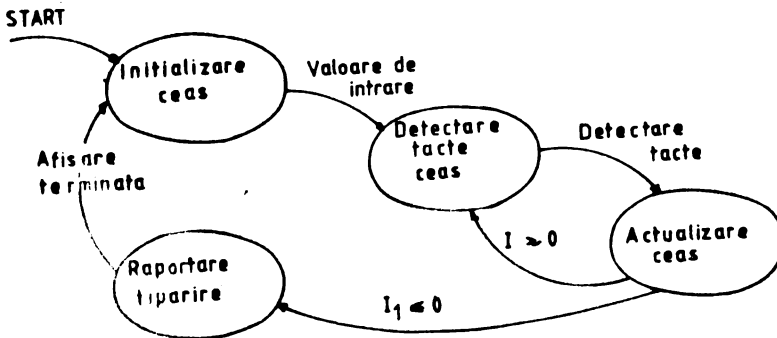


Fig.5.1.Schemă de tranziție a programului de sincronizare.

Programul a fost întocmit pe baza schemei logice prezen-
tată în figura 5.2.

Programul începe cerind utilizatorului introducerea numă-
rului de tacte ale sincronizatorului care trebuie să treacă
înainte elaborării unei raportări. Acest timp de așteptare
este necesar pentru ca motorul să ajungă la o viteză consten-
tă. Raportarea este un mesaj tipărit sau afișat de către ter-
minal, imprimată sau display, că timpul a trecut ("Timp terminat").

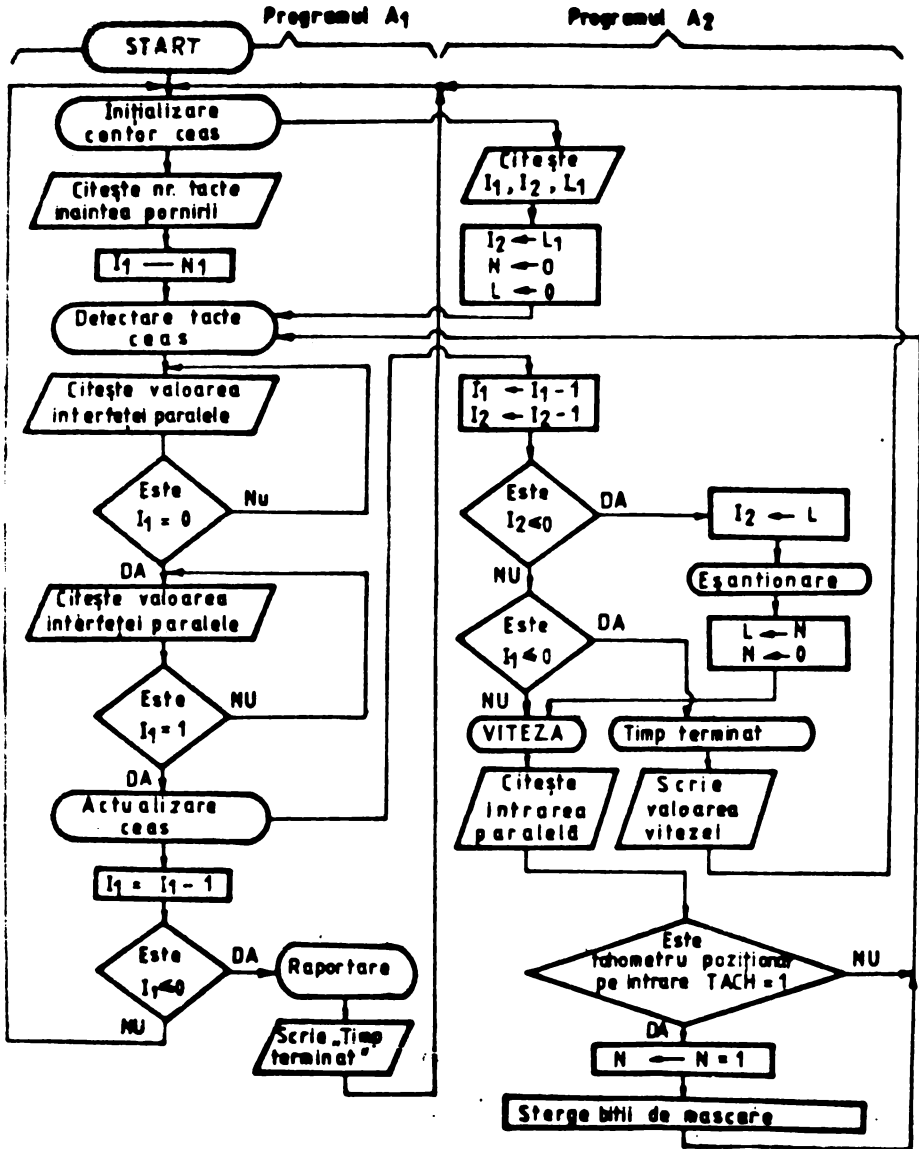


Fig. 5.2. Schema logică a programului de sincronizare.

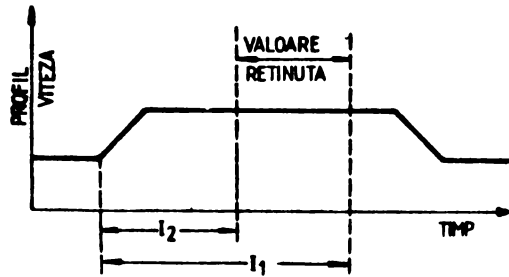
Frecvența sincronizatorului este redusă, ce programul să înceapă căutarea unei tranziții nivel jos-nivel sus, a impulsului, înainte ca acesta să fi avut loc. După detectarea unui tact, modulul "Actualizare ceas" decrementează cu o unitate

numărul de tacte I_1 , comparând apoi valoarea cu zero. Dacă I_1 nu este zero, modulul de detecție a tactelor așteaptă tactul următor. Dacă $I_1 \leq 0$ se efectuează raportarea la numărul de impulsuri culese din tahometru, făcându-se în acest fel un control al vitezei motorului în timp real.

Programul în extenso este dat în anexa 5.

Programul A_2 de implementare a algoritmului de calcul al vitezei se bazează pe numărarea impulsurilor date de discul cu fante într-o perioadă de timp stabilită și viteze de rotație a motorului în rotații/minut obținută din înmulțirea valorii anterioare cu raportul număr impulsuri tact/minut.

Algoritmul a fost astfel proiectat încât să eșantioneze repetat viteza motorului, dar să comunice utilizatorului numai ultimul eșantion luat pentru a nu include și faze de accelerare. Figura 5.3 stabilește relația temporală între impulsul de sincronizare I_1 și impulsul de sincronizare a turăției I_2 , pe profilul de viteză a motorului, determinând valoarea reținută. De fiecare dată când programul primește un tact al sincronizării externe, re-



duce ambele variabile de sincronizare I_2 și I_1 cu o unitate. Dacă nici o variabilă nu este zero, programul consideră impulsul de intrare dat de tahometru. Dacă I_2 este redus la zero în blocul actualizare ceas,

Fig.5.3. Modul de sincronizare a impulsurilor I_1 și I_2 .

ține valoarea curentă într-o variabilă L . Dacă I_1 este zero, programul intră în starea „timp terminat” și tipărește ultima valoare a numărului de impulsuri L (corespunzătoare valorii vitezei) după care reîntră în starea inițială.

Programul de testare a vitezei - A_2 - a fost elaborat pe baza schemei logice din figura 5.2 și este dat în extenso în anexa 6. Acest program cere utilizatorului să introducă următoarele valori: timpul de testare, frecvența de eșantionare, frecvența și factorul de comandă a impulsurilor de

ecționare a motorului.

Programul - A_3 - de test al motorului adaugă stările de motor oprit și motor pornit. Intrarea în program se face la starea motor oprit, pentru a putea permite utilizatorului să introducă parametrii testului. Aceștia sînt : 1) frecvența generatorului de test (sincronizare): extern, în Hz; 2) lungimea intervalului de timp pentru testare, în secunde; 3) timpul de ecționare, în secunde; 4) frecvența impulsurilor de comandă a motorului, în Hz; 5) factorul de comandă, în %.

După comanda START, motorul pornește lucrînd cu viteză impusă de condițiile inițiale. La sfîrșitul timpului de testare viteză este afișată și motorul se oprește.

Programul - A_3 - este dat în extenso în anexa 7.

5.2. Programarea microsistemului MICROPROG 228

Din sistemul de programe al echipamentului MICROPROG 228 se utilizează următoarele componente:

- „ A_1 ” și „ A_2 ” care permite programarea mărimii analogice de pe canalul A_1 , respectiv A_2 .

- „St” care permite programarea lansării în execuție automată a programelor „ A_1 ” și „ A_2 ”.

- „MA” care permite variația celor 2 ieșiri analogice în regim anual direct de la tastatura echipamentului.

Pentru programarea unei mărimi analogice se aproximează variația acesteia prin segmentele de dreaptă cu o eroare de neliniaritate impusă, reținîndu-se perechile date : „timp - valoare”. Prin „nod” se înțelege punctul de pe curbă în care se intersectează două segmente alăturate. În timpul programării se folosesc cele 23 taste, cele 12 celule de afișare, cele 25 de leduri, precum și cheia de regim RUN/PROG, toate dispuse pe panoul frontal al echipamentului.

În figura 5.4. se prezintă două diagrame de mișcare cu reprezentarea corespunzătoare a variației în timp a spațiului S , vitezei V și accelerației a .

În figura 5.4.a. este prezentată o diagramă de mișcare implementată pe canalul analogic A_1 avînd un spațiu de acce-

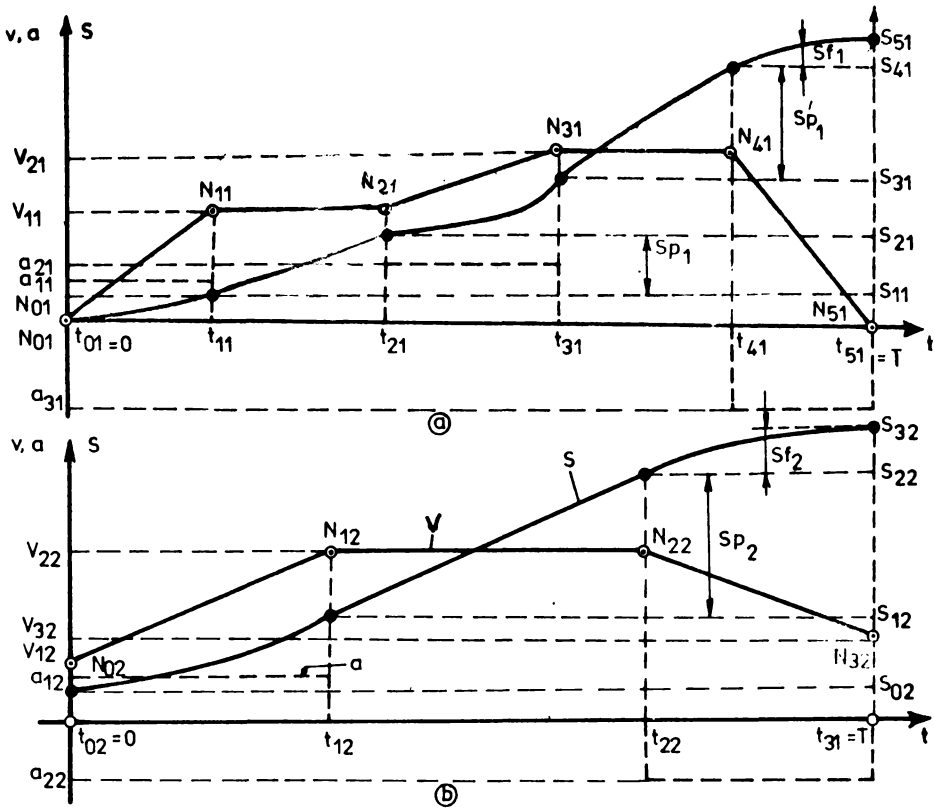


Fig.5.4. Diagrama de mișcare implementată.

lerare $S_{a1} = S_{11}$; un spațiu parcurs cu viteză constantă $S_{p1} = S_{21} = S_{11}$; un nou spațiu de accelerare $S_{a1} = S_{31} - S_{21}$; un nou spațiu parcurs în viteză constantă $S_{p1} = S_{41} - S_{31}$ și un spațiu de frinare $S_{f1} = S_{51} - S_{41}$. Acestei variații în timp a spațiului îi corespunde o diagramă a vitezei formată din segmente de dreaptă duse între nodurile $N_{01} - N_{51}$ și o diagramă a accelerației de tip treaptă, de valori a_{11} , a_{21} și a_{31} .

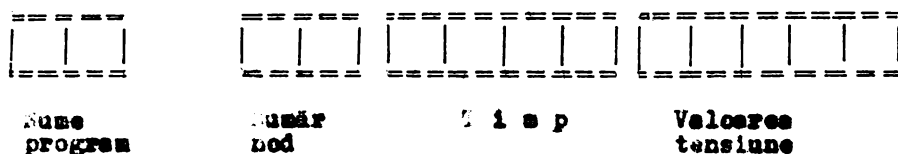
Programarea profilului de viteză din figura 5.4.a. se face prin testele „A₁” și „BNT”, înscriindu-se timpul și tensiunea pentru fiecare din nodurile: $N_{01}(t_{01}, V_{01})$; $N_{11}(t_{11}, V_{11})$; $N_{21}(t_{21}, V_{11})$; $N_{31}(t_{31}, V_{21})$; $N_{41}(t_{41}, V_{21})$; $N_{51}(t_{51}, V_{01})$.

Programarea canalului A₂ prin operarea testelor A₂ și BNT,

cu înscrierea valorilor timp tensiune ale nodurilor:
 $N_{02}(t_{02}, V_{12})$; $N_{12}(t_{12}, V_{22})$; $N_{22}(t_{22}, V_{22})$; $N_{32}(t_{31}, V_{32})$,
 se face pentru deplasarea din figura 5.4,b, caracterizată
 prin diagrama de tip treaptă a accelerației a , căruii îi
 corespund diagrama V a vitezei și S a spațiului.

Capacitatea programelor este definită între 1 și 99
 număr de noduri pentru canalul analogic A_1 și între 0 și
 99 număr de noduri pentru canalul analogic A_2 . Programele
 pentru cele două ieșiri analogice se pot relua de un nu-
 măr de ori cuprins între 1 și 99.

Semnificația cipurilor afișajului în timpul operă-
 rii sub control programului A_1 respectiv A_2 este următo-
 rea:



5.3. Implementarea acționărilor cu motoare de c.c. pe SEPAMECC

Prin microsistemul SEPAMECC se reglează automat în
 cod incremental (prin deplasări elementare) poziția moto-
 rului de curent continuu.

Schema principală de reglare incrementală este dată
 în figura 5.5, în care se scot în evidență SEPAMECC ca
 bloc multifuncțional, motorul de c.c. și traductorul nume-
 ric de poziție.

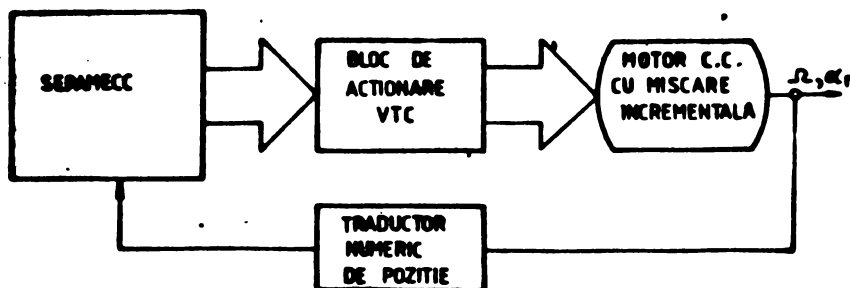


Fig.5.5. Sistemul de reglare incrementală a poziției.

Elementele de referință ale mișcării sînt date de: poziția sau spațiul, reprezentate prin numărul de incremente de deplasare S_0 ; accelerația de pornire a_1 ; viteză maximă atinsă V_1 ; accelerația de frinare a_2 ; viteză finală V_2 ; viteza de succesiune a incremenților, respectiv numărul de fante ale traductorului și eroarea de poziționare ε .

În dimensionarea acționărilor electrice cu motoare de c.c. urmărind poziționarea punct cu punct intermitentă, cu ciclu de viteză, se ține seama de următorii factori [42, 74] :

- profilul de viteză iapuz;
- acordarea raportului de transmisie motor-sarcină;
- durata minimă sau frecvența de repetare a ciclului de poziționare.

În toate cazurile se urmărește ca solicitarea termică a indusului să nu depășească limitele admise, fapt pentru care se calculează energia termică dezvoltată în indus E_d , pe durata unui ciclu de poziționare t_c :

$$E_d = \int_0^{t_c} R_A I_A^2(t) dt = \frac{R_A}{c^2} \int_0^{t_c} (M_R + J \frac{d\Omega}{dt})^2 dt \quad (5.1)$$

sau :

$$E_d = \frac{R_A}{c^2} \left[\int_0^{t_c} M_R^2 dt + \int_0^{t_c} 2M_R J a(t) dt + \int_0^{t_c} J^2 a^2(t) dt \right] \quad (5.2)$$

unde prin $a(t) = \frac{d\Omega}{dt}$ s-a notat accelerația unghiulară.

În marea majoritate a aplicațiilor ciclul de poziționare, reprezentat prin curbele $S(t)$, $\Omega(t)$ sau $v(t)$ și $a(t)$, are o formă simetrică pe durata unui ciclu $0 - t_c$. În acest caz diagrama accelerației $a(t)$ are o porțiune de arie pozitivă egală cu una negativă. Rezultă atunci că termenul din mijloc al expresiei (5.2) este nul, rezultînd pentru energia termică :

$$E_d = \frac{R_A}{c^2} \left[M_R^2 t_c + J^2 \int_0^{t_c} a^2(t) dt \right] \quad (5.2')$$

Expresia (5.2') este valabilă pentru aplicații cu $M_R =$ constant, frecări viscoase nule și în ipoteza $\int_0^c a(t)dt = 0$

Diagrama de mișcare reprezintă o legătură funcțională în timp între parametrii: $(a, v, \Omega, s, \alpha) = f(t)$.

Sînt cunoscute profilele de viteză: dreptunghiular, parabolic, trapezoidal și triunghiular [13,40] cu intervalele t_a - de accelerare, t_0 - de mers cu viteză constantă și t_p - de pauză.

Pe SEPAMECC s-a implementat diagrama de mișcare conform figurii 2.6, avînd un profil de viteză trapezoidal.

În figura 2.6 s-a reprezentat diagrama spațiului, vitezei, accelerației și a constantei de acționare ΔK , precum și mărimile care intervin.

Din relația (2.18) rezultă:

$$U_A = c \Omega + (R_A + R) M \quad (5.3)$$

Iar din relația (2.5), rezultă:

$$M = M_R + J \frac{d\Omega}{dt}$$

Înlocuind în relația (5.3) valoarea cuplului electromagnetic al mașinii electrice și neglijînd cuplul de sarcină $M_R = 0$, rezultă:

$$U_A = c \Omega + \frac{R_A + R}{e} \cdot J \cdot \frac{d\Omega}{dt} \quad (5.4)$$

În ipoteza $e = e_0 =$ constant, introducem notațiile:

$$\alpha = c = k \phi = K \phi_0 \quad \text{și,}$$

$$\beta = J \cdot \frac{R_A + R}{e}$$

Rezultă că pentru obținerea unei diagrame de mișcare în care se impune viteza și accelerația este necesară o tensiune de alimentare:

$$U_A = \alpha v + \beta a$$

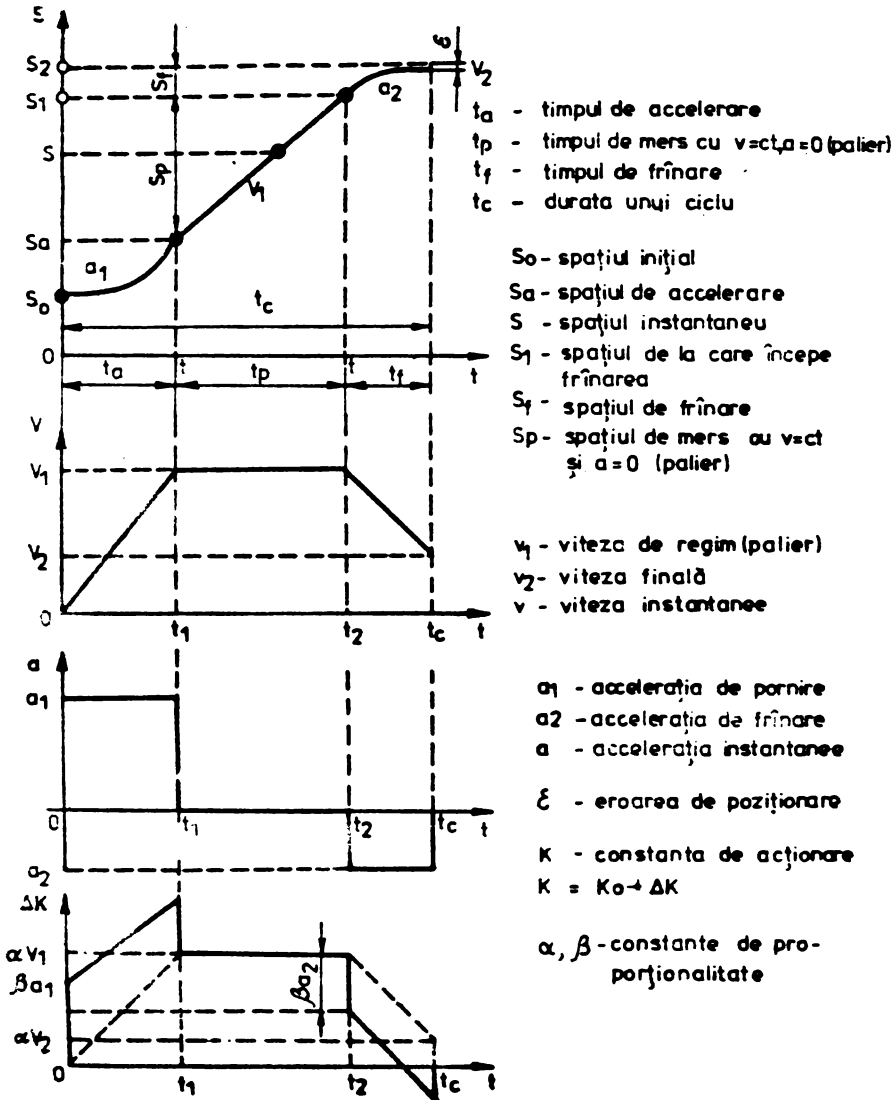


Fig.5.6. Diagrama de mișcare implementată.

Această velocitate de tensiune o generează microsistemul SEPAMECC calculind constanta de acționare:

$$\Delta K = \frac{\alpha v + \beta a}{2\omega} \quad (5.5)$$

Divizarea cu 20 rezultă din valorile impuse maxime pentru $\alpha v + \beta a < 8000$. Pentru introducerea în gamă 800, valoarea cu care sînt generate impulsurile de comandă ce au frecvența de 1 kHz, se adună valoarea $K_0 = 400$.

Rezultă valoarea constantei de acționare :

$$K = \Delta K + K_0 \quad (5.6)$$

În proiectarea mișcării intermitente de poziționare se consideră cunoscute următoarele date ce se introduc de la consola terminalului:

- ε - eroarea de poziționare,
- α și β - constante de proporționalitate,
- S_2 - spațiul final parcurs pe durata unui ciclu t_0 ,
- v_1 - viteza de regim (de palier),
- v_2 - viteza finală la sfîrșitul ciclului,
- a_1 - accelerația de pornire,
- a_2 - accelerația de frinare.

Equipamentul SERAMECC testează în fiecare moment poziția motorului calculînd spațiul necesar frînării în subrutina de acționare **ACT**, conform relației :

$$S_f = \frac{v^2 - v_2^2}{2 a_2} \quad (5.7)$$

Optimizarea diagramei de mișcare se face în funcție de aceste date impuse, unde un rol determinant îl are viteza de palier v_1 care este viteza de lucru tehnologică, ce trebuie atinsă și menținută pe durata t_p .

Caracteristic poziționării incrementale este faptul că distanța programată S_2 se obține urmărind profilului de viteză impus. S-a conceput astfel programul de simulare a acționărilor, redat în subcap.5.3, încît fiecare linie de program să realizeze un "pas" de deplasare, adică de la un spațiu S_0 la un spațiu S_2 .

Poziționarea intermitentă de la o poziție la alta se face printr-o reglare discretă a poziției, pe durata unui ciclu de poziționare unde are loc o reglare continuă a vitezei.

5.4. Programul de simulare și acționare

Modul de operare constă în : inițializarea sistemului de la panoul de comandă al echipamentului "SEPAECC", apăsând scurt întrerupătorul "INIT". Pe ecranul terminalului DAF apare :

E . V 1. (Monitor versiunea 1).

Se apasă clapa "G" a tastaturii, introducând adresa F 0 0 0 la care se află deus programul principal **FP** în memoria ROM. Comanda este : - G F 0 0 0

Este apelat programul de încărcare **PI**, ce execută transferul programului principal **PP**, aflat în memoria EPROM la adresa F 0 0 0, în zona de memorie RAM începând de la adresa 200.

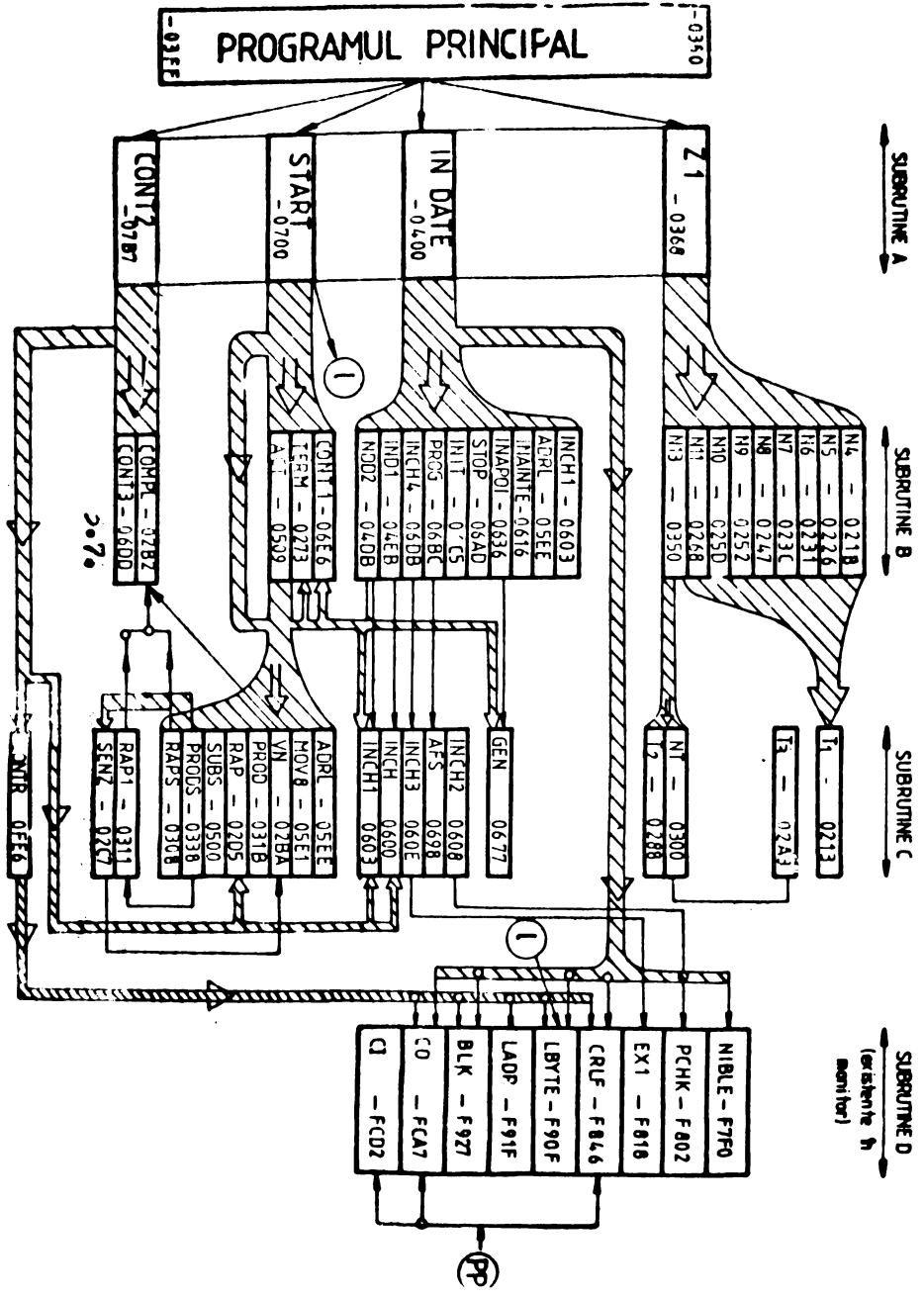
Programele elaborate se prezintă desfășurate conform capului de tabel :

Numărul pe- șilor din program	CODUL mașină al in- strucțiunilor (ASCII)	PROGRAMUL SURSA (scris în limbaj de asamblare) MNEMONICUL și ADRESA	COMENTARIU (cu referințe la seturi de instrucțiuni și subrutine apelate)
-------------------------------------	--	---	---

Programul de încărcare **PI**

```
21  LXI H F000
11  LXI D 0200 ←
7E  MOV A,M
12  STAX D
23  INX H
13  INX D
7A  MOV A,D
FE  CPI 08
C2  JNZ F006 →
C3  JMP 0300 → PP
```

PP Programul principal începe la adresa 0300, se termină la adresa 03FF și conține un număr de 58 subrutine grupate pe patru nivele A, B, C, D. Intreg programul de simulare, mai puțin subrutinele D ce sînt apelate din con-



tor, este implantat de la adresa 200 la 07FE.

Biblioteca de subrutine elaborate și grupate pe cele patru nivele, ordinea de înălțare și adresele lor de implantare sînt date în figura 5.7.

După cum rezultă din figura 5.7, în grupe subrutinelor tip A: este Z₁, o subrutină ce conține o listă a adreselor subrutinelor N₄ - N₁₅ pentru tratarea intreruperilor, subrutinelor de nivel B.

IN DATE - subrutină pentru introducerea datelor care apelează alte subrutine de nivel B, C și D.

START - subrutină care declanșează acționarea, apelînd la rîndul ei alte subrutine de nivel B, C și pe BYTE.

CONT 2 - subrutină care tipărește, cu posibilitate de modificare a constantelor de acționare. Această subrutină apelează și ea alte subrutine de nivel B, C și D conform figurii 5.7.

După încărcarea programului principal pe ecranul terminalului apare semnul "ç", moment ce marchează inițializarea ceasului de timp CTR.

În cadrul rubricii COMENTARIU s-au introdus următoarele înseamne prin notațiile :

- XXXX NNNN - nume de subrutină de nivel A, B, C existentă la adresa XXXX.
- XXXX (NNNN) - nume de subrutină - de nivel D existentă în monitor la adresa XXXX.
- (PP XX) sau (XX) - numărul pasului de program marcat pe schema bloc.
- XXXX (Px) - numărul pasului de program aflat la adresa XXXX.
- (" "), ("U") - caracter alfa numeric, cu tastă la consolă.

Programul de simulare a acționărilor electrice cu motor de curent continuu a fost întocmit pe baza schemei logice prezentate în figura 5.8.

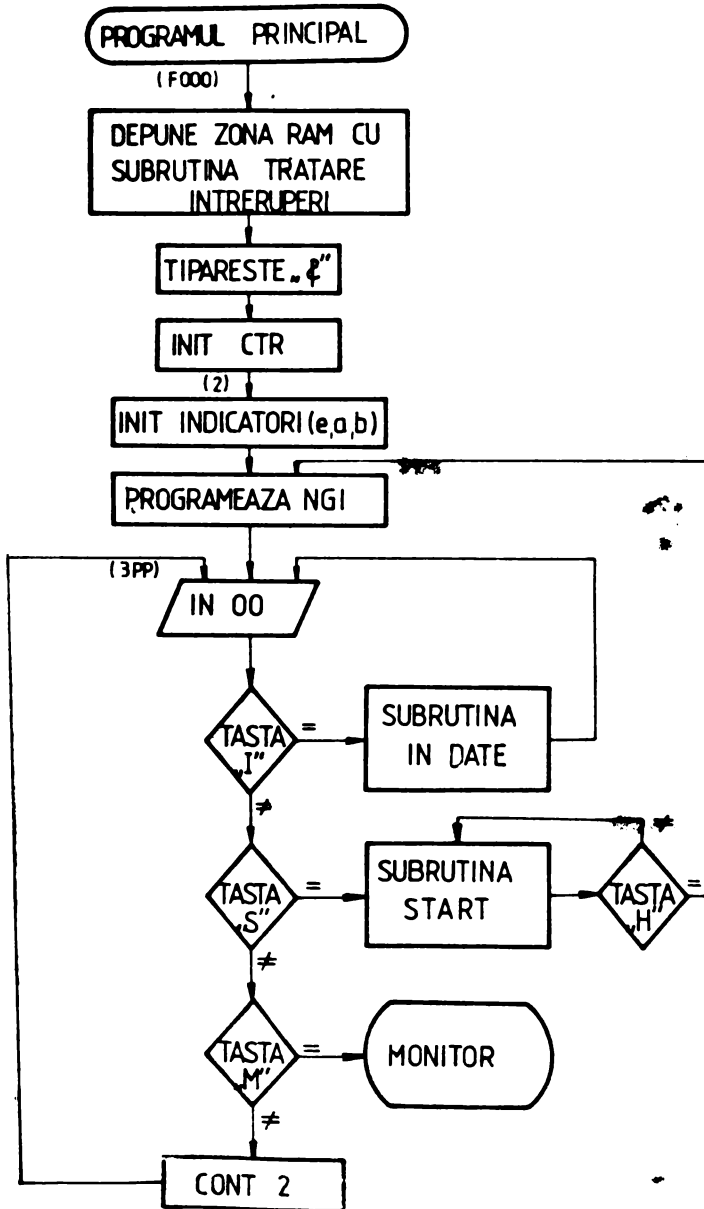


Fig.9.9. Schema logică a programului principal.

Programul principal P F

(1PP)	01 Lx1 B <u>0006</u> 21 Lx1 H <u>0020</u> 11 Lx1 D <u>0369</u> 3E MUI A C3 77 MOV M,A 23 INX H 1A LDAX D 77 MOV M,A 13 INX D 23 INX H 1A LDAX D 77 MOV M,A 13 INX D 09 DAD B 7D MOV A,L FE CPI 00 C2 JNZ <u>0389</u> 0E MVI C 26 CD CALL <u>FCA7</u> CD CALL <u>F846</u> 3E MUI A A0 DA OUT FE AF XRA A D3 OUT FF FE EI 21 Lx1 H <u>0120</u> AF XRA A 77 MOV M,A 20 INR L 7D MOV A,L FE CPI 00 C2 JNZ <u>03AE</u> 21 Lx1 H <u>3434</u> 22 SHLD C026 21 Lx1 H <u>0800</u> 22 SHLD C020 21 Lx1 H <u>3232</u> 22 SHLD C006 22 SHLD C016	Depanarea adreselor sub- rutinelor nivele de in- trerupere în zona RAM 0000 - 0100 Z₁ (1PP) ("&") Marcarea inceputului de (CO) program CRIF Programează CTR (ceasul de timp) Programează cursorul, EI Sterge indicatorii de la adresa M 120 la M 147 . (2PP) (4PP) Programează numărătorul N 12 din nodulul HCI în nod 2, ca generator de im- pulsuri divizate cu N=800
-------	---	---

21	Lxl H B2E2	}	Programează numărato-
22	SHLD Coo6		rele 0,2,4 și 6 din modu-
21	Lxl H 7272		lul NGI, în mod.1, ca memo-
22	SHLD CooB		stabile programeabile divi -
21	Lxl H 0400		zat cu N = 400
22	SHLD Cooo		
22	SHLD Coo4		
22	SHLD CooA		
22	SHLD Cole		
21	Lxl H FFFF		}
22	SHLD Co28		
(3PP)	CD	CALL FOD2	(CI)
	FE	CPI 49	("I")
	CA	JZ 0400	IN DATE
	FE	CPI 53	("S")
	CA	JZ 0700	START
	FE	CPI 40	("M")
	C2	JNZ 07B7	CONT 2
	C7	RST 0	

În ordinea apelării de către **PP** a subrutinelor de tip A, este tratată întâi **Z₁** ce conține lista adreselor subrutinelor tip B pentru tratarea întreruperilor notate cu **N₄** - **N₁₅**.

Subrutina **Z₁** se află la adresa **0368** și conține următoarea listă de adrese:

<u>021B</u>	-	N₄
<u>0226</u>	-	N₅
<u>0231</u>	-	N₆
<u>023C</u>	-	N₇
<u>0247</u>	-	N₈
<u>0252</u>	-	N₉
<u>025D</u>	-	N₁₀
<u>0268</u>	-	N₁₁
<u>0350</u>	-	N₁₅

Modulul unitate centrală - UC - are un sistem de întreruperi cu 16 nivele ierarhizate cu posibilitate de mascare și demascare.

Subrutina **IN DATE** de tip A, are 64 de linii de program pentru simularea a 4 motoare electrice și este utilizată pentru introducerea datelor de intrare: S_2 = spațiu final; V_1 = viteză maximă pe palier; V_2 = viteză finală; a_1 = accelerația de pornire; a_2 = accelerația de frinare. Pentru spațiu și viteze a fost rezervat cite un cuvint de 16 biți, iar pentru accelerații cite un cuvint de 8 biți. Modul de dispunere a datelor de intrare pentru o linie de program este ilustrat în figura 5.9.

		$S_2(0)$	$V_1(0)$	$V_2(0)$	$a_1(0)$	$a_2(0)$	ADRESA
LINIA 0	MOTOR 1	x x x x	x x x x	x x x x	x x	x x	800
	MOTOR 2	x x x x	x x x x	x x x x	x x	x x	
	MOTOR 3	x x x x	x x x x	x x x x	x x	x x	
	MOTOR 4	x x x x	x x x x	x x x x	x x	x x	
LINIA 1	MOTOR 1	$S_2(1)$ x x x x	$V_1(1)$ x x x x	$V_2(1)$ x x x x	$a_1(1)$ x x	$a_2(1)$ x x	820
	MOTOR 2	x x x x	x x x x	x x x x	x x	x x	
	MOTOR 3	x x x x	x x x x	x x x x	x x	x x	
	MOTOR 4	x x x x	x x x x	x x x x	x x	x x	
LINIA 64	MOTOR 1	$S_2(64)$ x x x x	$V_1(64)$ x x x x	$V_2(64)$ x x x x	$a_1(64)$ x x	$a_2(64)$ x x	F000
	MOTOR 2	x x x x	x x x x	x x x x	x x	x x	
	MOTOR 3	x x x x	x x x x	x x x x	x x	x x	
	MOTOR 4	x x x x	x x x x	x x x x	x x	x x	

Fig.5.9. Dispunerea datelor de intrare.

Programul pentru subrutina **IN DATE** are schema logică prezentată în figura 5.10.

Modul de formare a adresei curente la programul mașină este ilustrat în figura 5.11. Indicatorul din M 120, păstrează informația de bază de la care se pleacă în calculul adresei curente la programul mașină.

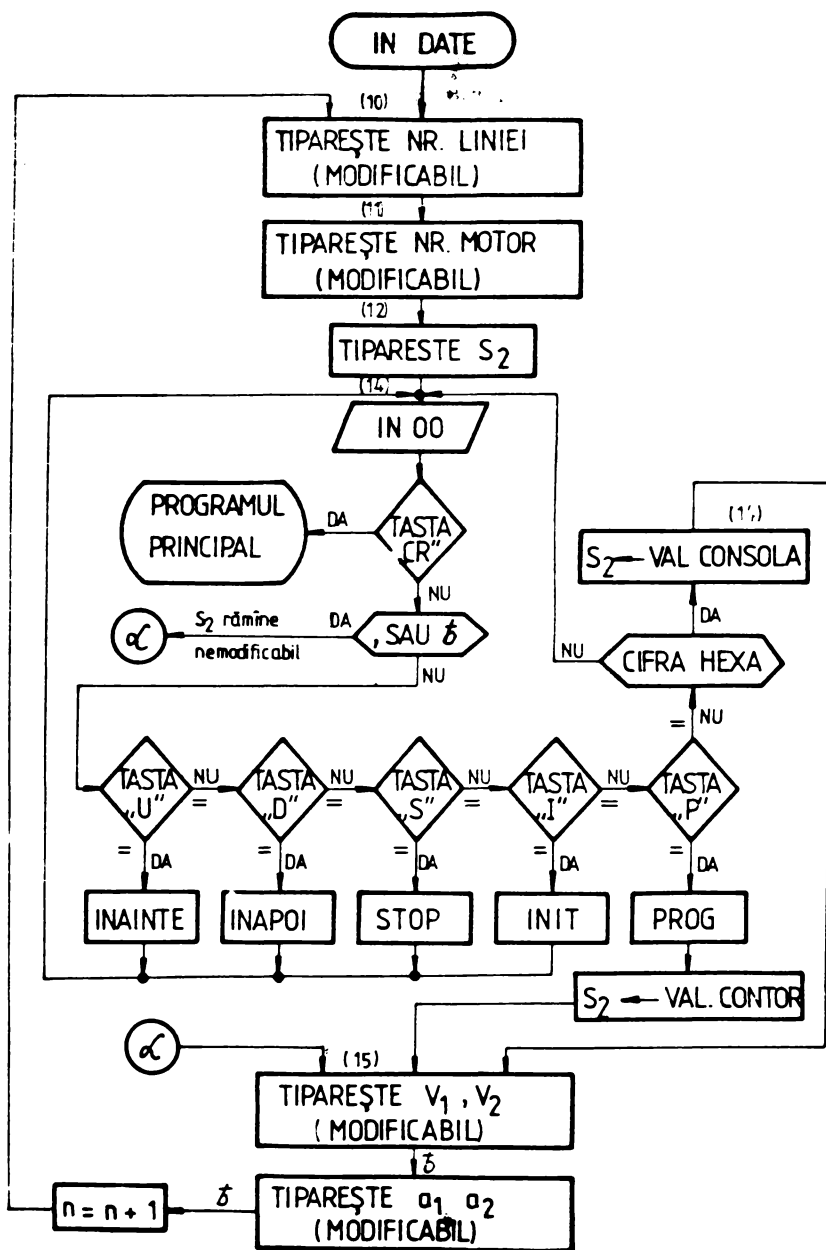


Fig.5.10.: chema logică a subrutinei IF DATE.

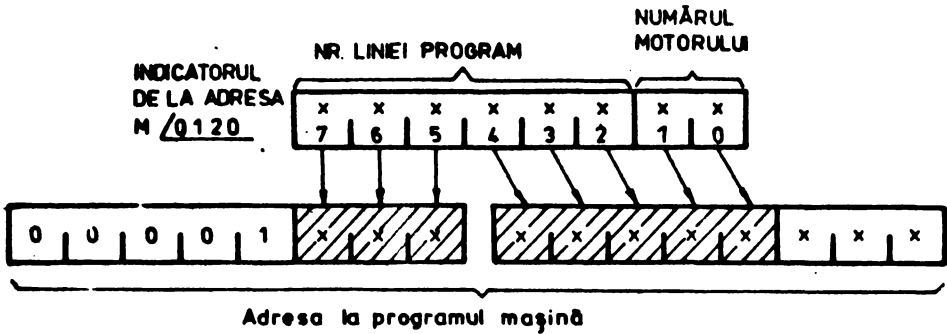


Fig.5.11. Adresa la programul mașină.

	<u>Subrutina</u>	<u>IN DATE</u>
(10)	0D CALL <u>F846</u>	(CRLF)
	3A LDA <u>0120</u>	
	E6 ANI <u>Fc</u>	A ← nr.liniei program
	0F RRC	
	0F RRC	
	CD CALL <u>190F</u>	(LEYTE) tipărește nr.liniei la consolă
	CD CALL <u>0603</u>	<u>INCH₁</u>
	0D DCR C	
	CA JZ <u>0421</u>	(11) nu s-a modificat
	3A LDA <u>0120</u>	
	E6 ANI <u>03</u>	
	47 MOV B,A	(Modifică nr.liniei program)
	7D MOV A,L	
	07 RLC	M 120 M 120 ∩ 03 la nr.motorului anterior care se edună nr.liniei (nou)
	07 RLC	
	B0 DRA B	
	32 STA <u>0120</u>	
(11)	CD CALL <u>F927</u>	(ILK)
	3A LDA <u>0120</u>	A ← nr.motorului
	E6 ANI <u>03</u>	
	CD CALL <u>F90F</u>	(LEYTE) afișează nr.motorului
	CD CALL <u>0603</u>	<u>INC HL</u> încarcă opțional nr. altui motor.
	0D DCR C	
	CA JZ <u>0440</u>	(12) - nr.motorului nu s-a modificat
	3A LDA <u>0120</u>	

	E6	ANI Fc		M 120	M 120	Fc la care
	47	MOV B,A				nr.liniei (anterioare) se
	7D	MOV A,L				adună nr.motorului (nou)
	E6	ANI 03				
	B0	ORA B				
	32	STA 0120				
(12)	CD	CALL 1927	(BLK)			
	0E	MVI C 53	"S"			} formează adrese spa- țiului s din linie de program
	CD	CALL FCA7	(CO)			
	0E	MVI C 34	":"			
	CD	CALL FCA7	(CO)			
	CD	CALL 05EE	ADRL			
	5E	MOV B,A				
	23	INX H	[H,L]	← S		
	56	MOV D,M				
	EB	X CHG				
	CD	CALL F91F	(LADR)			
	0E	MVI C 2D	"-"			
	CD	CALL FCA7	(CO)			
(14)	CD	CALL F802	(PCHK)			se poate cere (b ,
	C2	JNZ 0468	(13)			, CR)
	DA	JC 03ED	(3PP)			- revine in PP dacă
	C3	JMP 0493	(15)			a fost "CR"
(13)	FE	CPI 55	"U"			S nu s-a modificat, a
	CA	JZ 061C	INAINTE			fost sau ; se trece
	FE	CPI 44	"D"			la programarea viteză
	CA	JZ 0636	INAPOI			Acționare manuală
	FE	CPI 53	"S"			
	CA	JZ 06AD	STOP			
	FE	CPI 49	"I"			
	CA	JZ 0605	INIT			
	FE	CPI 50	"P"			
	CA	JZ 06B0	PROG			
	47	MOV B,A				
	CD	CALL F7F0	(NIBL)			→ a se vedea dacă este
	DA	JC 045c	(14)			→ caracter hexa
	78	MOV A,B				a fost eroare (adică un caracter
	CD	CALL 06D8	INC HA			neutilizat) încărcarea lui S de la consolă.

(16)	ED	WCHG		
	CD	CALL 05EE	ADRL	
	73	MOV M,E		K ← spațiu S (nou)
	23	INX H		
	72	MOV M,D		
(15)	CD	CALL F927	(BLK)	
	DE	MVI C 56	"V"	
	CD	CALL FCA7	(CO)	tipărește expresia "V ₁ "
	0E	MUI C 31	"1"	
	CD	CALL FCA7	(CO)	
	CD	CALL F927	(BLK)	
	CD	CALL 05EE	ADRL	
	23	INX H		
	23	INX H		
	CD	CALL 04BB	IND 1	tipărește V ₁ anterior (și încarcă opțional valoarea nouă.
	0E	MVI C 32	"2"	
	CD	CALL FCA7	(CO)	tipărește expresia V ₂ respectiv "2"
	CD	CALL F927	(BLK)	
	CD	CALL 04BB	IND 1	tipărește V ₂ anterior (și încarcă opțional valoarea nouă.
	0E	MUI C 41	"A"	
	CD	CALL FCA7	(CO)	
	0B	MVI C 31	"1"	tipărește expresia "A ₁ "
	CD	CALL FCA7	(CO)	
	CD	CALL F927	(BLK)	
	CD	CALL 04DB	IND 2	tipărește A ₁ anterior (și încarcă opțional valoarea nouă
	0E	MVI C 32	"2"	
	CD	CALL FCA7	(CO)	tipărește expresia A ₂ respectiv "2"
	CD	CALL F927	(BLK)	
	CD	CALL 04DE	IND 2	tipărește A ₂ anterior (și încarcă opțional valoarea nouă
	21	LXI H 0120		
	34	INR M		- pregătește linia de program(respectiv nr. motorului)urătoare
	C3	JMP 0400	(10)	

Urmărind schema logică rezultă că între pașii de program (10) și (11) are loc modificarea numărului liniei de program; între pașii (11) și (12) are loc modificarea numărului motorului ce va fi acționat; între pașii (12) și (16) are loc o modificare opțională a spațiului cu posibilitatea acționării manuale.

Subrutina **START**, tot de tip A, este implantată la adresa H 700 și se apelează prin clape „S” de la claviatură. Prin această subrutină este declanșată de fapt acționarea motoarelor. Aceaste la rândul ei apelează alte subrutine de tip B, C și D printre care și subrutinole **ACT** și **GEN** pentru fiecare linie de program specificată și pentru fiecare motor în parte.

Modul de operare în vederea declanșării acționării se face astfel: după ce au fost introduse datele E_2 , V_1 , V_2 , a_1 și a_2 , prin apelaarea subrutinei **IN DATE** cu clape „I”, se iese din această subrutină prin clape „CR”, după care se testează clape „S”. Programul subrutinei **START** a fost elaborată pe baza schemei logice din figura 12.

Subrutina **START**

	3A	LDA 0120	}	afixează numărul liniei de program
	0F	RRC		
	0F	RRC		
	46	ANI 3F		
	6F	MOV L, A		
	CD	CALL F90F		
	CD	CALL 0603		
	00	NOP		
	00	NOP		
	00	NOP		
	DA	JC 03ED		
	7D	MOV A, L		
	E6	ANI 3F		
	07	RLC		
	07	RLC	}	- depune noul nr. al liniei de program roteste acumulatorul spre stinga
	32	STA 0120		
	C3	JMP 0744	}	(203) pentru a tipări „CR” și „LI” - inițializează fenicanele de acționare cu el
(200)	21	LXI H 0101		
	22	SHLD 0170		
	22	SHLD 0172	}	- este apelată „interruperea” de la consolă, ei - tind portul ei.
(202)	DB	IN 01		
	E6	ANI 01		
	C2	JNZ 06B6		
				CONT 1

(204)	CE	CALL <u>0273</u>	} TERM - dacă acțiunea s-a terminat funcțiile sînt 00,00,00,00 sau timpul impus la CTR=30 sec.a expirat
	DA	JC <u>074E</u>	
	3A	LDA 0120	
	C6	ADI 04	
	B6	ANI FC	
	32	STA 0120	
	0F	RRC	
	0F	RRC	
	CD	CALL <u>190F</u>	
(203)	CD	CALL <u>F846</u>	} (LEYTE) tipărește locul nr. al liniei (CRLF) de program
	AF	XRA A	
	32	STA 0168	
	C3	JMP 071F	
			inițializează controlul cec-sului de timp (CTR)
(201)	CD	CALL <u>0509</u>	} ACT acționează motorul m ₁ GEN
	CD	CALL <u>0677</u>	
	3A	LDA 0120	} - modifică pe i-1+1 fără a altera nr.liniei de program
	47	MOV E,A	
	3C	ISR A	
	B6	ANI 03	
	4F	MOB C,A	
	78	MOV A,B	
	BA	ANI FC	
	E1	ORA C	
	32	STA 0120	
	C3	JMP <u>0728</u>	
			(202)

După cum rezultă din schema logică a subrutinei START, figură 5.12 din programul prezentat, la pasul 202 este apelată „întreruperea” de la consolă, citind portul 01. Interfața pentru consolă folosește 4 adrese de intrare/ieșire și anume: adresa de ieșire FD/16, FE/16 și adresa de intrare FD/16, FE/16. La adresa de intrare numai biții 0 și 1 sînt semnificativi pentru o interfață de consolă și anume bitul 1, (R X RDY = RECEIVER READY) cînd este „1” arată că receptorul a terminat recepționerea bitilor transmiși de o consolă [49].

Ultima subrutină de tip A ce este apelată direct de programul principal **FF** este subrutina **CONT 2** ce se află la adresa 0707. Această subrutină tipărește la consolă avînd și

posibilitatea de a modifica valorile constantelor de acționare : ϵ - eroarea de oprire (spațiul sau numărul de turații ce se impune a fi acceptat pînă la oprire); α și β constante multiplicative pentru viteză respectiv accelerație. Aceste date inițiale sînt depuse astfel :

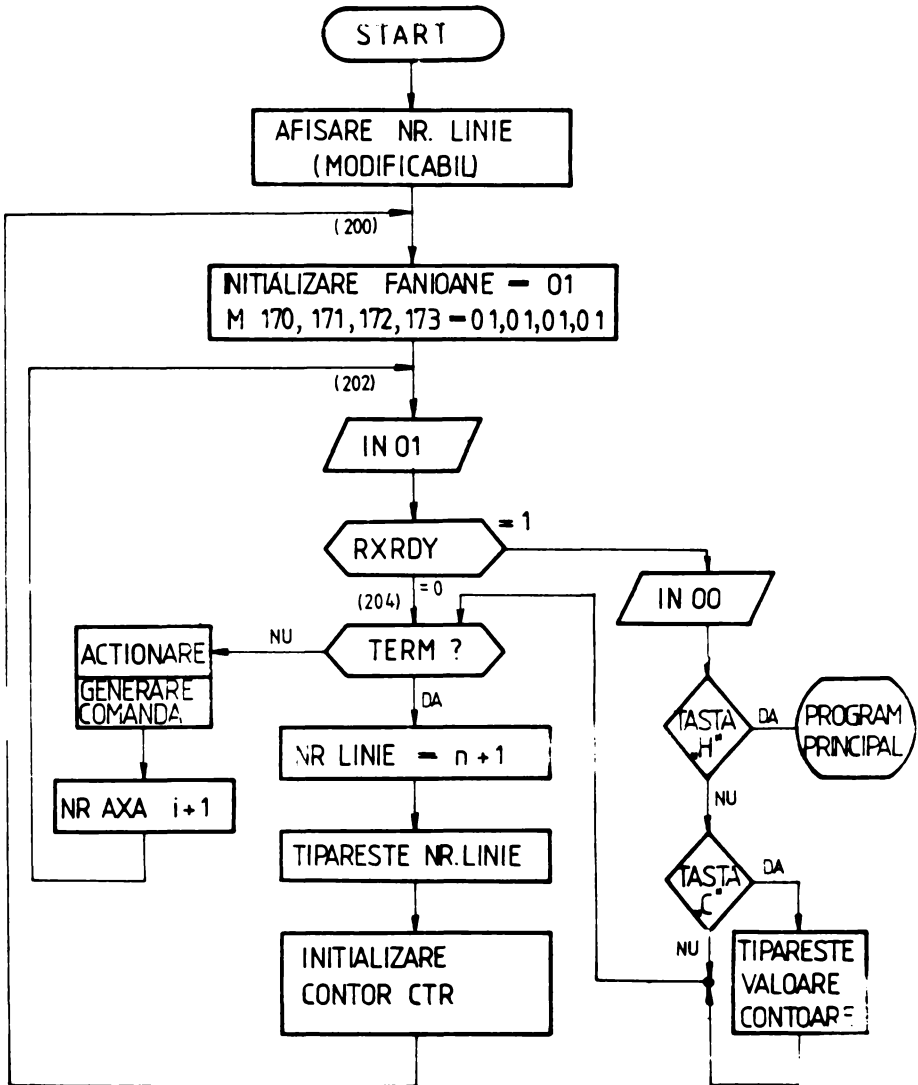


Fig.5.12. Schema logică a subrutinei START.

ξ în M|160, 161 ; α în M|162 și β în M|164. Valorile se introduc în hexa și pot fi pentru ξ maxim FFFF, iar pentru α și β maxim 7F.

SUBROUTINA

CONT 2

	CD	CALL <u>F846</u>	(CRLF)	
	oE	MVI C 65	"a" } tipărește "a"	
	CD	CALL <u>FCA7</u>	(CO) }	
	2A	LHLD <u>0160</u>	- se încercă pe ξ }	tipărește
	CD	CALL <u>0282</u>	<u>COMPL</u> }	valoarea lui
	CD	CALL <u>0600</u>	<u>INCH</u> }	ξ cu posibili-
	oD	DCR C		litates de
	CA	JZ <u>07D2</u>	(6) - ξ nu trebuie modificat	modificare
	CD	CALL <u>0282</u>	<u>COMPL</u>	
	22	LHLD <u>0160</u>	- stochează valoarea lui ξ	
(6)	oE	MVI C 61	"a" } tipărește "a"	
	CD	CALL <u>FCA7</u>	(CO) }	
	3A	LDA <u>0162</u>	- încercă pe α	
	CD	CALL <u>F90F</u>	(LEYTE) }	tipărește valoarea
	CD	CALL <u>0603</u>	<u>INC HI</u> }	lui α cu posibili-
	oD	DCR C		tates de modificare
	CA	JZ <u>07E8</u>	(7) - α nu trebuie modificat	
	7D	MOV A,L	- stochează valoarea lui α	
	32	STA <u>0162</u>	"b" } tipărește "b"	
(7)	oE	MVI C 62	(CO) }	
	CD	CALL <u>FCA7</u>	- încercă pe β	
	3A	LDA <u>0164</u>	(LEYTE) tipărește valoarea	
	CD	CALL <u>F90F</u>	<u>INCH1</u> }	lui β cu posibili-
	CD	CALL <u>0603</u>		tates de modificare
	oD	DCR C		
	CA	JZ <u>0610</u>	(8) (8 CONT 3)	
	7 D	MOV A,L		
	C3	JMP <u>06DD</u>		

CONT 3

Subrutina

CONT 3

B2 STA 0164 - stochează valoarea lui
C0 CALL F846 (CRLF)
C3 JMP 03ED (3PF) → salt în programul principal la pasul (3PF) de adresă 03ED

Subrutinele de nivel B se prezintă după locul de instalare în memorie.

Subrutina N4 - tratare întrerupere nivel 4, executată incrementarea contorului notorului 1, aflat la adresă #100.
B5 PUSH H
2A LHL D 100
23 INX H
22 SHLD 100
C3 JMP 213 T₁

Subrutina N5 - tratare întrerupere nivel 5, executată decrementarea contorului notorului 1, aflat la adresă #100.
B5 PUSH H
2A LHL D 100
2B DCX H
22 SHLD 100
C3 JMP 213 T₁

Subrutina N6 - tratare întrerupere nivel 6, executată incrementarea contorului notorului 2, aflat la adresă #100.
B5 PUSH H
2A LHL D 100
23 INX H
22 SHLD 100
C3 JMP 213 T₁

Subrutina N7 - tratare întrerupere nivel 7, executată decrementarea contorului notorului 2, aflat la adresă #100.
B5 PUSH H
2A LHL D 100
2B DCX H
22 SHLD 100
C3 JMP 213 T₁

Subrutina N8 - tratare întrerupere nivel 8, executată incrementarea contorului notorului 3, aflat la adresă #110.
B5 PUSH H
2A LHL D 110

23	INX H		
22	SHLD 110		
C3	JMP 213	T ₁	
Subrutina	N9		- tratare intrerupere nivel 9, execu-
E5	PUSH H		tă decremențarea contorului moto-
2A	LHLD 110		rilor 3, aflat la adresa M 110.
2B	DCX H		
22	SHLD 110		
C3	JMP 213	T ₁	
Subrutina	N10		- tratare intrerupere nivel 10, execu-
E5	PUSH H		tă incrementarea contorului moto-
2A	LHLD 118		rilor 3, aflat la adresa M 118.
23	INX H		
22	SHLD 118		
C3	JMP 213	T ₁	
Subrutina	N11		- tratare intrerupere nivel 11, execu-
E5	PUSH H		tă decremențarea contorului moto-
2A	LHLD 118		rilor 4, aflat la adresa M 118.
2B	DCX H		
22	SHLD 118		
C3	JMP 213	T ₁	
Subrutina	N15		- execută actualizarea ceasului de
F5	PUSH DW		timp CTR
CD	CALL 100	N15	- incrementezi contor, reface
E5	PUSH H		cursor, ET.
21	LXI H 100		
CD	CALL 286	T ₂	- pentru motorul 1
CD	CALL 288	T ₂	- pentru motorul 2
CD	CALL 288	T ₂	- pentru motorul 3
CD	CALL 288	T ₂	- pentru motorul 4
E1	POP H		
F1	POP PSW		
C9	RET		

La adresele M|170, 171, 172, 173 sînt rezervate funcțiile pentru acționarea celor patru motoare. Dacă aceste funcții sînt ce motorul este oprit, iar dacă sînt xx el este pornit.

La adresa M 168 este depus contorul ceasului de timp, CRT, pe un octet. Dacă valoarea lui este mai mare decât F9 (TIME OUT) se consideră timpul afectat acționării unei linii de program terminat și acționarea motorului pentru acea linie de program încheiată. Se trece în acest caz în PF la executarea pasului următor, adică la o nouă linie de program .

Subrutina TERM

```
01 LXI B FFFF
2A LHLD 0170
09 DAD B
DA JC 0282 (*)
2A LHLD 0172
09 DAD B
(*) Do RNC → nici una din adunările indexate
3A LDA 0168 nu a dat carry = 1 deci semna -
lul [H,L] = 00 00.
FE CPI F9 → valoarea contorului CTR
C9 RET
```

Dacă cy = 1 acționarea nu s-a terminat, iar dacă cy = 0 acționarea s-a încheiat pentru acea linie de program.

Subrutina COMPL completează [H,L] și transferă [H,L] → [H,L]

```
7D MOV A,L
2F CMA
6F MOV L,A
7C MOV A,M
2F CMA
67 MOV H,A
23 INX H
C9 RET
```

Subrutina IND 2 tipărește valoarea veche de un octet (M [H,L]) cu posibilitatea de modificare (LBYTE)

```
7 E MOV A,M
CD CALL F90F
```

EB XCHG
CD CALL 0603 INC H1
EB XCHG
ED DCR C
CA JZ 0486 (121)
73 OV E,E
(121) 25 INX H - se pregătește pasul următor
CD CALL F927 (BLK)
C9 RET

Subrutina IND 1 - tipărește valoarea veche de doi
octeți (M[H,L+1, K[H,L) cu po-
sibilitatea de modificare.

5E MOV E,M
2E INX H
56 MOV E,M
EB XCHG
CD CALL 0609 INC H
EB XCHG
ED DCR C
CA JZ 0478 (111) → nu s-a modificat
2B DCX H
73 MOV E,E
25 INX H
72 MOV M,D } - dau pregătirea adresei următoare
25 INX H }
CD CALL F927 (BLK)
C9 RET

O subrutină foarte importantă de tip B este subrutina **ACT** care calculează valoarea de acționare K a motorului. Această subrutină este implementată începând de la adresa M[509 și folosește la rândul ei alte subrutine ce sînt specificate stît în partea de comentariu cit și prin adresele respective [54]. Programul de asamblare a fost întocmit pe baza schemei logice prezentate în figura 5.15.

Subrutina ACT

(P1) CD CALL 05EE ADDR - furnează adresa la linia
45 MOV B,L program

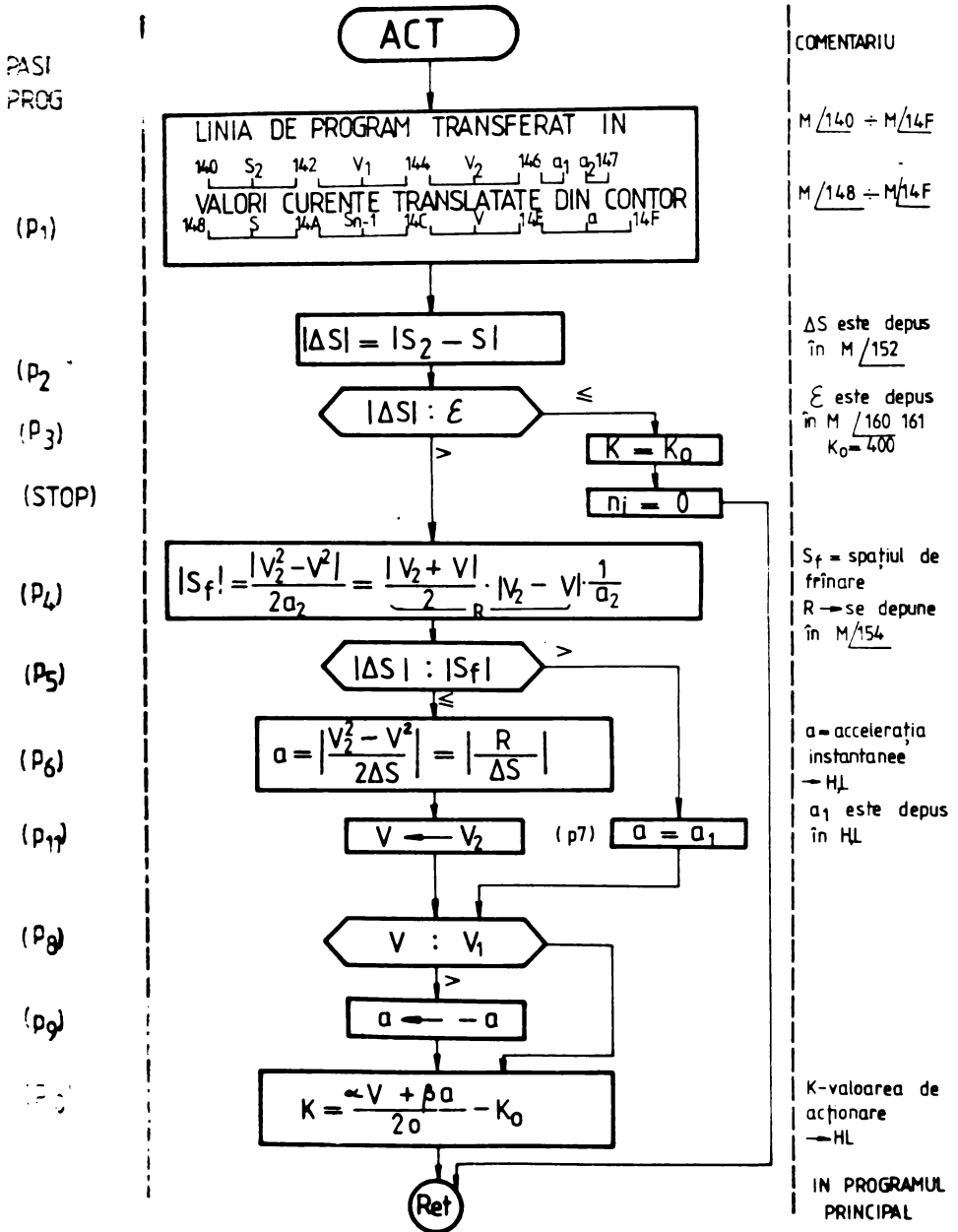


Fig. 5.13. Schema logică a subrutinei ACT.

11	LXI D 0140		
CD	CALL 05E1	MOV8	- linia de program a motorului 1,2,3,4 este translatată la adresele :
26	MVI H 01		M 140 - M147
78	MOV A,B		
86	ANI 18		
6F	MOV L,A		
(P2)	CD	CALL 05E1	MOV8 - valorile curente sînt
2A	LHLD 0148	H,L ← S	translatate în M 148 - M 14F
CD	CALL 02B2	COMPL	
EB	XCHG	[D,E] ← S	
2A	LHLD 0140	[H,L] ← S ₂	
19	DAD D	[L,I] ← S ₂ - S	
CD	CALL 02BA	VN H,L ← S ₂ - S	- stochează S ₂ - S
22	SHLD 0152		
(P3)	EB	XCHG	
2A	LHLD 0160	[R,I] ← - ε	
19	DAD D	[R,I] ← ΔS - ε	
D2	JNC 05D1	(STOP) ΔS < ε	
(P4)	2A	LHLD 0144	- încarcă pe V ₂
EB	XCHG		
2A	LHLD 014C		- încarcă pe V
19	DAD D		- adună V + V ₂
CD	CALL 02BA	VN V + V ₂	
AF	XRA A	}	$[R,C] \leftarrow \frac{ V + V_2 }{2}$
7C	MOV A,H		
IF	RAR		
47	MOV B,A		
7D	MOV A,L		
IF	RAR		
4F	MOV C,A		
2A	LHLD 014C		- încarcă pe V
CD	CALL 02B2	COMPL [H,L] ← -V	
19	DAD D	V ₂ - V	
CD	CALL 02BA	VN	
EB	XCHG	[D,E] ← V ₂ - V	
CD	CALL 031B	PROD calculează pe R: $\frac{ V_2+V }{2} \cdot V_2-V $	
22	SHLD 0154	[L,I] ← R,C'. DE = R	

	3A	LDA 0147	- stochează pe R în H,L
	5F	MOV B,A	- încarcă pe a ₂
	16	MVI D 00	$[D,E] \leftarrow 000_2$
	CD	CALL 02D5	$RAP [H,L] \leftarrow [H,L] : DE = \frac{ v^2 - v_2^2 }{2a_2} = \varepsilon_f$
(F5)	EB	XCHG	
	2A	LHLD 0152	- încarcă Δs
	CD	CALL 0200	$SUBS$ calculează $\Delta s - \varepsilon_f$
	07	RLC	
	D2	JNC 057E	(7) $\Delta s \geq \varepsilon_f$
(F6)	2A	LHLD 0152	- încarcă Δs
	EB	XCHG	
	2A	LHLD 0154	- încarcă pe B
	CD	CALL 02D5	$RAP [H,L] \frac{ v^2 - v_2^2 }{2 \Delta s } = \bullet$
	44	MOV B,H	
	4D	MOV C,L	
	2A	LHLD 0144	- se încarcă pe V ₂
	C3	JMP 0588	(12)
(F7)(7)	2A	LHLD 0146	- încarcă pe a ₁
	26	MVI H 00	$[H,L] \leftarrow 000_2$
(F8)	44	MOV B,H	
	4D	MOV C,L	
	2A	LHLD 0142	- încarcă pe V ₁
	EB	XCHG	
	2A	LHLD 014C	- încarcă pe v
	CD	CALL 0200	$SUBS$ calculează $v - V_1$
	07	RLC	
	DA	JC 054B	(10) $v - V_1$
	CD	CALL 02BA	$VN v - V_1 $
(12)	EB	XCHG	$[D,E] \leftarrow v$
	2A	LHLD 0160	- încarcă pe ε
	19	DAD D	
	DA	JC 0544	(9) $ \Delta v > \varepsilon$
	01	LXI B 0000	
	03	JMP 054B	(10)
(F9)(9)	78	MOV A,B	
	2F	CMA	
	47	MOV B,A	
	79	MOV A,C	

2F	CMA	
4F	MOV C,A	
03	INX B	
(Flo)(1c) 3A	LDA 0164	- încercă pe β (un octet)
5F	MOV I,A	
16	MVI D 00	$[D,E] \leftarrow 00 \beta$
CD	CALL 0389	$\boxed{\text{PRODE}}$ H,L \leftarrow D,E . E,C = β a
85	PUSH H	
3A	LDA 0162	- încercă pe α
4F	MOV C,A	
06	MVI B 00	$[B,C] \leftarrow 00 \alpha$
2A	LHLD 214C	- încercă pe v
8B	XCHG	$[D,E] \leftarrow v$
CD	CALL 0338	$\boxed{\text{PROD E}}$ H,L \leftarrow D,E . E,C = αv
8B	XCHG	
E1	POP H	
19	DAD D	$[H,L] \leftarrow \alpha v + \beta a$
11	LXI D 0020	$[H,L] \leftarrow \frac{\alpha v + \beta a}{20}$ pentru a fi în memoria ± 400
CD	CALL 0308	$\boxed{\text{RAP E}}$
01	LXI B 0400	
09	DAD B	
C9	REI	$[H,L] \leftarrow \frac{\alpha v + \beta a}{20} + 400 = K$ valoarea de acționare
00	NOP	
(STOP) 3A	LDA 0120	
86	ANI 03	- Șterge funcțiile de acționare pentru fiecare motor 1,2,3,4, K [170, 171, 172, 173] \leftarrow 0
C6	ADI 70	
6F	MOV L,A	
26	MVI H 01	
36	MVI M 00	
21	LXI H 0400	$[H,L] \leftarrow 400$ intrerupe acționarea
Subrutina	$\boxed{\text{ADRL}}$	- furnează adresa reală la linia de program
3A	LDA 0120	
6F	MOV L,A	
26	MVI H 01	
29	DAD H	
29	DAD H	
29	DAD H	

C9 RET
01 LII B 0000 - corecție în [ACT] face pe a = 0
C3 JMP 05A4 P(9)

Subrutina INAINTE - execută acționarea manuală prin taste „U”, înainte.

3A LDA 0124 - adresa din M 124 folosită în formarea comenzii.
A7 ANA A
C2 JNZ 0622 (141)
3E MVI A 01 - dacă este zero se face 01
C3 JMP 0653 (142) - are loc acționarea
(141) F2 JP 062D (143)
0F RRC - dacă este negativ are loc rotația seroului spre dreapta
DA JC 0653 (142)
AF XRA A - depășire, seroul a ajuns în poziția cy, nu mai are ce roti și se va face 00.
(143) C3 JMP 0653 (142) - dacă este pozitiv are loc rotația spre stînga pe 1.
07 RLC
AF ANA A
F2 JP 0653 (142) - depășire deoarece 1 ajuns pe poziția D7.
0F RRC
C3 JMP 0653 (142)

Subrutina INAPOI - execută acționarea manuală prin taste „D”, înapoi.

3A LDA 0124 - adresa din M 124 folosită în formarea comenzii.
A7 ANA A
C2 JNZ 06A2 (144)
3E MVI A FF - dacă este zero se face FF
C3 JMP 0653 (142)
(144) FA JK 06AD (145)
0F RRC - dacă este pozitiv are loc rotația spre dreapta pe 1.
D2 JNC 0653 (142)
AF XRA A - depășire, 1 a ajuns în cy, se face 00
(145) C3 JMP 0653 (142) - dacă este negativ are loc rotația spre stînga a seroului.
07 RLC
AF ANA A
FA JK 0653 (142)
0F RRC - depășire, seroul a ajuns în poziția D7.
32 STA 0124

11 LXI D 0000 - memoranță nouă vitoare
A7 ANA A
F2 JF 0660 (146)- comanda este pozitivă
11 LXI D 0C07 - comanda este negativă
07 RLC conform fig. 5.14.
07 RLC
07 RLC
F5 PUSH PSW
E6 ANI 03
E2 ORA D
57 MOV D, A
F1 POP PSW
E6 ANI 03
E3 ORA E
5F MOV E, A
21 LXI H 0400
19 DAD D
CD CALL 0677 GEN - subrutină de generarea co-
C3 JFM 0456 (PF14) mentii de acționare.

Subrutina STOP - execută oprirea acționării în
comandă manuală .

21 LXI 0400
CD CALL 0677 GEN
CD CALL 0927 (BIK)
CD CALL 0698 AFS
C3 JMP 0156 PF(14)

Modul de realizare a comenzii de acționare manuală înainte și înapoi și formarea adreselor corespunzătoare acționării sunt date explicit în figura 5.14, în care este dată starea con-
torului M [124] ce caracterizează starea de comandă. Deplasarea înainte (dreapta) sau înapoi (stînga) se face prin „defilarea” lui „1” respectiv „0” în cele 7 poziții posibile realizîndu-se în ultima treaptă, viteză maximă de rotație în sensul comandat. Primul bit dă semnul de rotație și semnalizează depășirea din gamă.

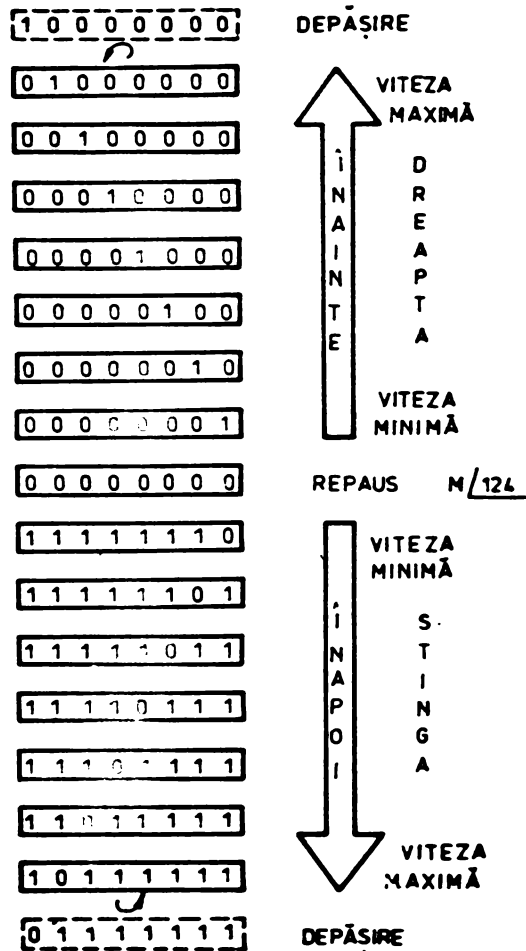


Fig.5.14. Realizarea comenzilor de secționare manuală INAINTE - INAPOI

Subrutine **PROG** - execută memorarea spațiului parcurs S în program mașinii.

CD **CALL 5927** (BLK)

CD **CALL 5693** **AVE** - citește, afixează și reține S în contor

CB **CALL 5491** **(VF16)** - revine în **PROG** în subrutine **INDATE** cu memorarea spațiului S.

Subrutina **INIT** - execută punerea pe zero a con-
 3A LDA 0120 terului S pentru fiecare motor.
 36 ANI 03
 07 RLC
 07 RLC
 07 RLC
 6F MOV L,A
 26 MVI H 01
 36 MVI M 00
 23 INX H
 36 MVI M 00
 03 JMP 045C **(PPI4)** - revine în **PF** în subru-
 tine **INDATE** cu posibili-
 tatea altor acționări
 asupra motorului.

Subrutina **INC H4** - execută încărcarea registrelor
 (H,L) de la consolă când primul
 0E MVI C 01 caracter a fost testat și se a-
 03 JMP 060E flă în A.

INC H3
 Subrutina **CONT 1** - exercită intreruperes acționă-
 rii și este spulată din subru-
 tine **START**
 DB IN 00 - tasta „H” intrerupe acționarea
 FE CPI 48
 CA JZ 03B7 **(4FP)**

Exemplificarea și tratarea subrutinelor de tip C este pre-
 zentată în figura 5.7.

Sistemul de intreruperi are rolul de a permite sincroni-
 zarea activității procesorului cu evenimentele externe care
 pot surveni la momente de timp aleatoare față de derularea
 programului principal din microprocesor. Subrutinele aritme-
 tice calculează spațiul, viteza și accelerația momentană ci-
 clic la $\Delta t = 100 \text{ ns}$ prin semnale generate de cessul de timp
 (CTR). Notind cu S_n spațiul la momentul de timp t_n și cu S_{n-1}
 spațiul la timpul t_{n-1} , iar prin analogie v_n și a_n viteza, res-
 pectiv accelerația la momentul t_n , valorile momentane ale vi-
 tesei și ale accelerației sînt :

$$v_n = \frac{S_n - S_{n-1}}{\Delta t} \quad \text{și} \quad a_n = \frac{v_n - v_{n-1}}{\Delta t} \quad (5.8)$$

Condiția preliminară obligatorie pentru intrarea în secțiune a sistemului de întreruperi, pentru a calcula v_n și a_n , este ca el să fie activat de către programul procesorului pentru executarea unei instrucțiuni EI (Enable Interrupts) ce produce poziționarea bistabilului intern INTE (Interrupt Enable).

În subrutinele de tratare a întreruperilor s-a utilizat subrutina T_1 implantată la adresa 0213.

Subrutina T_1 - reprogramază cursorul și generează instrucțiunea EI.

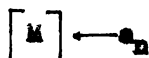
B1	POP H	
B5	PUSH PSW	
AF	XRA A	
D3	OUT FF	
F1	POP PSW	
FE	EI	- instrucțiune de validare a întreruperilor (întreruperile care intervin în program după această instrucțiune pot fi acceptate).
C9	RET	

Subrutina T_2 - calculează $v_n = S_n - S_{n-1}$ și $a_n = v_n - v_{n-1}$

C5	PUSH B		
D5	PUSH D		
4E	MOV C, M		
23	INX H		
46	MOV B, M	$[E, C] \leftarrow S_n$	
23	INX H		
CD	CALL <u>02A5</u>	T_2 $[D, E] \leftarrow \Delta S_n$	
71	MOV M, C	}	
23	INX H		
70	MOV M, B		$[M] \leftarrow S_{n-1}$
23	INX H		
4B	MOV C, E	}	
42	MOV B, D		$[B, C] \leftarrow v_n$
CD	CALL <u>02A5</u>	T_3	
71	MOV M, C	}	
23	INX H		$[M] \leftarrow v_n$

```

70  MOV M,B
23  INX H
73  MOV M,E
23  INX H
72  MOV M,D
23  INX H
D1  POP D
C1  POP B
C9  RET
    
```



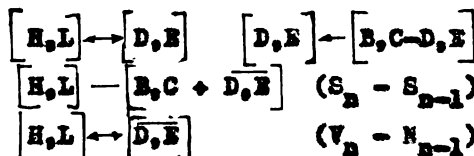
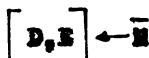
Subrutina



- este o anexă a subrutinei T_2 pentru calculul $\Delta S_n = S_n - S_{n-1}$ și al lui $\Delta V = V_n - V_{n-1}$

```

7E  MOV A,M
2F  ORA
5F  MOV E,A
23  INX H
7E  MOV A,M
2F  ORA
57  MOV D,A
2B  DCX H
13  INX D
EB  XCHG
C9  DAD B
EB  XCHG
C9  RET
    
```



La adresa M 100 din subrutinele N4 și N5 se află datele de stare ale motorului 1 (subrutinele N4 și N5), la adresa M 108 datele motorului 2 (subrutinele N6 și N7), la adresa M 110 datele motorului 3 (subrutinele N8 și N9), iar la M 116 datele motorului 4 (subrutinele N10 și N11).

Valoarea repartizării datelor de stare pentru fiecare motor și adresele la care se află implantate sînt date în figura 5.15.

După stabilirea notării comenzii, dacă este pozitivă se sare la adresa 966a, iar dacă este negativă se încarcă registrul pereche D cu valoarea FC07 și se adună valoarea constantei de acționare inițială $K_0 = 400$.

Modul de pregătire a registrelor H, L în vederea generării comenzii de acționare spre NGL este dată în figura 5.16.

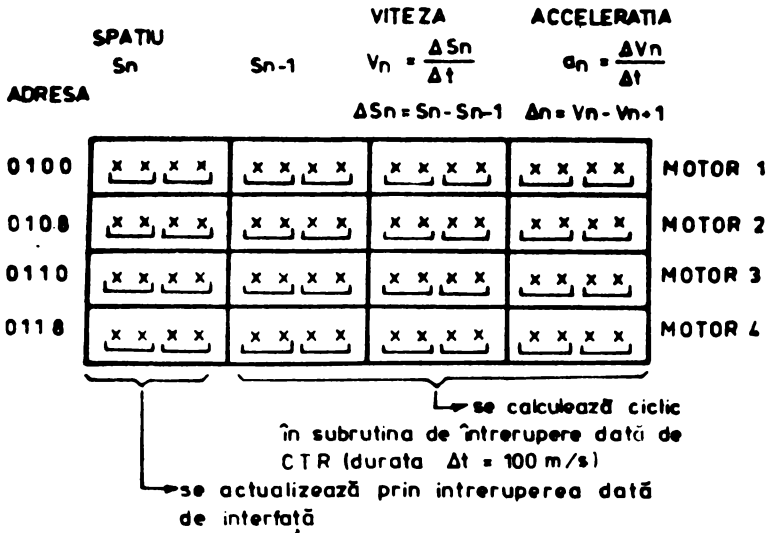


Fig.5.15. Implantarea datelor de stare.

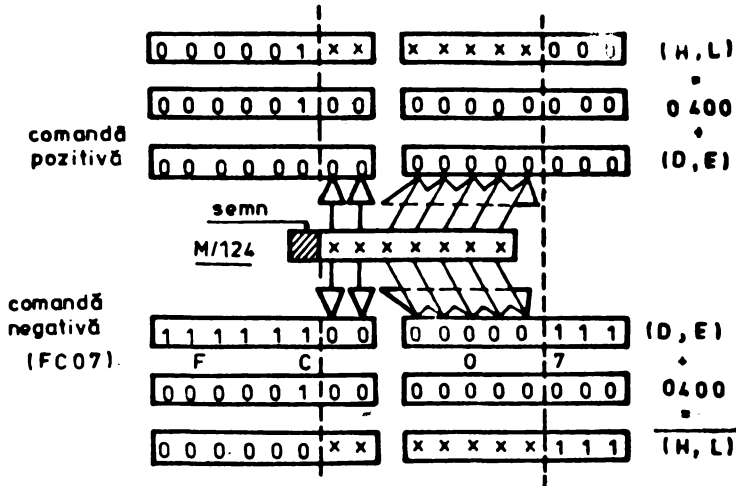


Fig.5.16. Pregătirea registrelor pentru acțiunea NGI.

Subrutina VN - calculează funcția modul pentru valorile registrelor [H,L] ←HL

7C MOV A,H

07 RLC

D0 RNC

```

CD   CALL o2B2      COMPL
E5   PUSH H
21   LXI H o166    complementează indicatorul de semn
34   INR M           din M|166, folosit la înmulțirea și
E1   POP H          împărțirea cu semn.
C9   RET

```

```

Subrutina SGRZ - pregătește operanții pentru înmul-
                                     țirea, respectiv împărțirea, fără
                                     semn. Semnul rezultatului este depus
                                     în M 166 al, adică bitul 0 din M 166.
3E   MVI A 00
32   STA o166
CD   CALL o2EA      VN      H,L ← |H,L|
EB   XCHG
CD   CALL o2EA      VN      D,E ← |D,E|
EB   XCHG
C9   RET

```

Pentru efectuarea împărțirii se folosește metoda „fără re-
facerea restului” 55. Dacă X este împărțitul, Y împărțitorul,
Z citul, iar R restul acestei împărțiri, operația ce se efectuea-
ză este :

$$X = Z \quad Y \div R \quad (5.9)$$

Presupunem că în momentul apelării subrutinei de împărți-
re, de împărțitul și împărțitorul se află deja introduși în sti-
vă. Algoritmul care se implementează cuprinde următoarele etape:

a) cei doi operanți se citesc din stivă și se introduc
în registrele microprocesorului; de împărțitul introducându-se
în B,C iar împărțitorul în D,E. Se anulează registrele [H,L]
în care se asamblează biții citului.

b) se stabilește bitul de semn al citului; acesta va fi
egal cu \overline{XE} dacă $YE = 0$ sau va fi egal cu \overline{YE} dacă $YE = 1$. Bitul
de semn se introduce în L_0 (rângul cel mai puțin semnificativ
al perechii de registre H,L în care se constituie citul).

c) se verifică posibilitatea de efectuare a împărțirii;
pentru aceasta se efectuează etapele:

- se adună împărțitorul la împărțit, dacă $\overline{XE} \neq \overline{YE}$ sau se
scade împărțitorul din de împărțit dacă $\overline{XE} = \overline{YE}$;

- dacă $(D_7) = 0$ și $(E_7) = (L_0)$ sau dacă $(D_7) = 1$ și $(E_7) \neq$
 (L_0) sau dacă $(D_7) = 1$ și $(E_6 \dots E_0, C_7 \dots C_0) \neq 0$ nu se poate
efectua împărțirea și se semnalizează D C R (depășire, capacitate,
registru).

d) se calculează cifrele curente ale citului parcurgându-se următoarele etape :

- se deplasează cu o poziție spre stînga registrele B,C,H,L considerate în prelungire;

- dacă $(L_7) = 0$ se adună împărțitorul (aflat în D,E) la conținutul registrelor B,C iar dacă $(L_7) = 1$ se scade împărțitorul din conținutul acestor registre;

- dacă $(D_7) = 0$ se înregistrează $(\overline{E_7})$ în L_0 , iar dacă $(D_7) = 1$ se înregistrează (E_7) în L_0 ;

această etapă se repetă de 15 ori.

e) se corectează citul conținut în registrele $[H,L]$ prin adunarea la conținutul acestor registre a unei unități de ordin cel mai puțin semnificativ;

f) se înregistrează în stivă rezultatul, adică citul Z din registrele H,L și restul R din registrele B,C.

Subrutină **RAF**

- 01 LXI B 0000
- 05 PUSH B
- (3) 29 DAD H
- 79 MOV A,C
- 17 RAL
- 4F MOV C,A
- 7B MOV A,B
- 1F RAR
- 47 MOV B,A
- 05 PUSH B
- 79 MOV A,C
- 93 SUB L
- 4F MOV C,A
- 7B MOV A,B
- 9A SBB D
- 47 MOV B,A
- DA JC 02F0
- F1 POP FEW
- 3E MVI A 01
- C3 JMP 02F2
- (1) 01 POP B
- AF XRA A

- efectuează împărțirea fără semn: $[H,L] [H,L] : [D,E]$, utilizînd metoda „împărțirii fără refacerea restului”.

- Se face $[B,C] = 0000$ și se deplasează spre stînga cîte 1 bit al registrelor $[E,C,H,L]$ considerate în prelungire.



- Se încearcă scăderea $E,C - D,E$ și dacă este posibilă se adaugă 1 la rezultat. Dacă nu se adaugă 0.

$$[BC] \leftarrow [B,C] - [D,E]$$

(1)- Resultatul se formează în „ceada” registrelor $[H,L]$, care împreună cu $[E,C]$ conține în final valoarea acestuia.

(2) În registrele $[B,C]$ rezultă restul împărțirii.

(2) B5 ORA L
6F MOV L,A
E3 XTHL
24 INR H
7C MOV A,H
A3 XTHL
FE CPI 10
C2 JNZ 02D9 (3)
F1 POP PSW
C9 RET

Subrutina **RAPE** - efectuează împărțirea cu semn
CD CALL 02C7 **SGNZ** $\overline{[H,L]} - \overline{[H,L]} : [D,E]$.
CD CALL 02D5 **RAP**
7C MOV A,H
07 NIC
DB RC - depășire, CY = 1

Subrutina **RAP 1** - depune semnul rezultatului în M166.
3A LDA 0166
1F RAR
D0 RNC
CD CALL 02E2 **COMPL**
AF XRA A
C9 RET

Pentru efectuarea înmulțirii a doi operanzi X și Y se folosește metoda „Booth - Booth” [63]. Rezultatul înmulțirii $Z = X \cdot Y$ se obține în modul :

a) se citește din stivă cei doi operanzi și se introduc în registrele microprocesorului, de înmulțitor se introduce în $[B,C]$, iar înmulțitorul în $[D,E]$;

b) se anulează registrele $[H,L]$ în care se constituie produsul și bitul CY care prelungește înmulțitorul spre dreapta ;

c) se detectează și se semnalizează apariția DCR (depășire capacitate registru) în cazul când $X = 8000 H$ și $Y = 8000 H$.

d) se inspectează perechea formată din bitul cel mai puțin semnificativ al registrului înmulțitorului, E_0 și bitul suplimentar CY care prelungește spre dreapta acest registru. Se pot întâlni următoarele cazuri :

- dacă cei doi biți sînt identici se face deplasarea aritmetică cu o poziție spre dreapta a registrelor pentru produs și înmulțitor considerate în prelungire (deplasarea aritmetică este deplasarea în care se păstrează bitul de semn, în cazul considerat primul bit din stînga al produsului) ;

- dacă cei doi biți considerați $[E_0, CY]$ au valoarea 01 se adună deîmpărțitul cu produsul parțial, rezultatul înscrindu-se în registrele $[H,L]$ pentru produs, iar apoi se face deplasarea aritmetică spre dreapta a registrelor pentru produs și înmulțitor considerate în prelungire;

- dacă perechea celor doi biți considerați are valoarea 10 se scade deîmpărțitul din produsul parțial, iar apoi se face deplasarea aritmetică spre dreapta a registrelor produsului și înmulțitorului considerate în prelungire.

Această etapă se repetă de 16 ori, ultima dată neutralizîndu-se însă deplasarea aritmetică spre dreapta.

e) se înscrie în stivă rezultatul înmulțirii, rezultat în registrele $[H,L,D_0,L]$.

Subrutina **PROD** - efectuează înmulțirea fără semn;
 $[D,S,H,L] \leftarrow [E,C] \times [D,E]$
 $H,L \quad \text{cccc}$

```

21  LXI H cccc
25  PUSH H
(2) 29  DAD H
7B  MOV A,E
17  RAL
5F  MOV E,A
17  RAL
57  MOV D,A
D2  JNC 032h
09  DAD B
D2  JNC 032h
13  INX D
    
```



$$CY = 0 \quad \boxed{[E,S,H,L] \leftarrow [D,S,H,L] + [A,C]}$$

(1) cont = cont + 1 ←

```

F1 POP PSW
3C INR A
F5 PUSH PSW
FE CPI 10
C2 JNZ 031F (2)
F1 POP PSW
C9 RET
    
```

Subrutina **PROD** - efectuează înmulțirea cu semn:

```

60 MOV H,B
69 MOV L,C
CD CALL 02C7 SGNZ
44 MOV B,H
4D MOV C,L
CD CALL 031B PROD
7A MOV A,D
A7 ANA A
CO RNZ
7B MOV A,E
A7 ANA A
CO RNZ
7C MOV A,H
E6 ANI 80
CO RNZ
C3 JMP 0311 RAP 1 se pune semnul
    
```

→ avem depășire

C altă subrutină aritmetică utilizată este subrutina de scădere a doi operanzi X și Y. Rezultatul scăderii $Z = X - Y$ se obține urmărind următorul algoritm :

- a) se citesc din stivă cei doi operanzi și se introduc în registrele microprocesorului ;
- b) se efectuează scăderea octet cu octet a celor doi operanzi;
- c) se detectează și se semnaleză apariția DCR (depășirea capacității registrelor);
- d) se înscrie în stivă rezultatul.

Subrutina **SUB S** - efectuează scăderea

```

7D MOV A,L }  $[H,L] \leftarrow [H,L] - [L,H]$ 
    
```

```
93 SUB E
6F MOV L,A
7C MOV A,H
9A EBE D
67 MOV H,A
C9 RET
```

} Z (= X-Y) → [H,L]

Subrutina **MOV 8** - copiază 8 octeți din M[H,L]
în M[D,E]

(1)

```
3E MVI A,08
F5 PUSH PSW
7E MOV A,M
12 SMAX D
23 INX H
13 INX D
F1 POP PSW
3D DCR A
C2 JNZ 05E3 (1)
C9 RET
```

Subrutina **INC H** - afișează conținutul regis-
trilor H,L cu posibilitatea
de modificare
LADR

CD CALL F91F

Subrutina **INCH 1**

```
0A MVI C 2D - introduce semnal „-“
CD CALL FC47 (CO)
```

Subrutina **INCH 2**

CD CALL F802 - opțional poate cere semnale:
virgulă,blanc, CR (, , CR)
(PCHK)

Subrutina **INCH 3** - se înscrie în registral [C]
valoarea 1

```
0E MVI C 01
C6 RE
21 LXI H 0000
CD CALL F818
E1 POP H
C9 RET
```

Subrutina	GEN	- execută generarea comenzii de acționare; conținutul registrului [H,L] → se transferă modului NGI (numărător generator de impulsuri) pentru motoarele 1 - 4 - se caută numărul motorului ca va fi acționat.	
3A	LDA 012	}	
B6	ANI 03		
3D	DCR A		
CA	JZ 068C		
3D	DCR A		
CA	JZ 0690		
3D	DCR A		
CA	JZ 0694		
22	SHLD C000		}
C9	RET		
22	SHLD C004	}	
C9	RET		
22	SHLD C00A		
C9	RET		
22	SHLD C010		
C9	RET		

Cu **H,L** pregătiți în prealabil are loc comanda modului NGI corespunzător numărului de motor care este acționat.

Subrutina	AF E	- afișează la display spațiul S pentru fiecare motor.
3A	LDA 0120	}
B6	ANI 03	
07	RLC	
07	RLC	
07	RLC	
6F	MOV L,A	
26	LVI H 01	
5E	MOV B,M	
23	INX H	
56	MOV D,M	
EB	CHG	
E5	PUSH H	
CD	CALL F91F	LADR afișează [H,L] la display.
E1	POP H	- LADR deteriorează conținutul lui [H,L]
C9	RET	

Subrutina	CONTR	- realizează vizualizarea contoarelor în care se stochează valoarea spațiului, vitezei și accelerației.
2A	LHLD 011E	}
45	PUSH H	
2A	LHLD 011C	

	B5	PUSH H			
	2A	LHLD 011B	}	- Instrucțiunea LHLD <u>ADR</u> încercă registrul pereche, H cu conținutul locației de memorie de adresă <u>ADR</u> .	
	E5	PUSH H			
	2A	LHLD 0116			
	B5	PUSH H			
	2A	LHLD 0114		- Instrucțiunea PUSH H, salvează în stivă registrul pereche H.	
	E5	PUSH H			
	2A	LHLD 0110			
	E5	PUSH H			
	2A	LHLD 010E			
	B5	PUSH H		- are loc salvarea valorii conținuturilor în timpul cel mai scurt („fotografieră”)	
	2A	LHLD 010C			
	B5	PUSH H			
	2A	LHLD 0108			
	B5	PUSH H			
	2A	LHLD 0106			
	B5	PUSH H			
	2A	LHLD 0104			
	B5	PUSH H			
	2A	LHLD 0100			
	B5	PUSH H			
	16	MVI D 04			
(206)	CD	CALL <u>F046</u>	}	(CRLF)	
	1E	MVI E 03			
(205)	K1	POP H			are loc vizualizarea
	CD	CALL <u>F91F</u>		(LADR)	valorilor din conținuturi, la display
	CD	CALL <u>F927</u>		(HLR)	
	1D	DCR E			
	C2	JNZ <u>07A5</u>		(205)	
	15	DCR D			
	C2	JNZ <u>07A0</u>		(206)	
	C3	JMP <u>F046</u>		(CRLF)	

Subrutina (CRLF) conține la sfârșit și instrucțiunea RET care este apelată la sfârșitul subrutinei CONTE. Din această cauză subrutina de tip C (CRLF) aflată în memorie nu se mai apelează cu CALL.

Ultime familie de subrutine sînt cele de tip D, care sînt existente în MONITOR. Urmărind vedul lor de implantare în biblioteca de subrutine prezentată în figura 5.7 rezultă că ele sînt apelate de mai multe ori în diverse subrutine.

Subrutinele MONITORULUI utilizate sînt în număr de 9 și ele sînt date în tabelul nr.5.1 [125].

La subrutinele rezidente în monitor este dat mnemonicul, adresa de implantare în hexa, descrierea sau rolul subrutinei precum și locul unde sînt utilizate.

Tabelul 5.1

Subrutine ale Monitorului

Nr. crt.	Mnemonic subrutină	Adresă hexa	Descriere a subrutinei	Subrutina unde este folosită
1	NIBL	F7F0	- Conversie ASCII în HEXA în acumulator	INDATE,
2	CHK	F802	- Citește caracterul CR de la consolă	INDATE, INCH2,
3	E x 1	F818	- Modifică H,L de la consolă	INCH3,
4	CRLF	F846	- Tipărește „CR” și „LF”	PP, IN DATE, CONT3, START,
5	LLYTE	F90F	- Tipărește la consolă conținutul hexa a lui A .	IN DATE, IND2, START,
6	LADR	F91F	- Tipărește în consolă conținutul hexa a lui H,L	IN DATE, INCH, AFS,
7	BLK	F927	- Tipărește în „ ” la consolă	IN DATE, IND2 IND1, PROG,
8	C O	FCA7	- scrie la consolă conținutul din registrul C	PP, IN DATE, INCH 1,
9	C I	FCD2	- Citește un caracter (ASCII) de la consolă cu rezultatul în A	PP,

Listingul complet al programului sursă de simulare și secționare este dat în anexa 8.

În anexa 9 este dat programul obiect ce este memorat în memoriile EPROM.

6. REALIZARI EXPERIMENTALE

In acest capitol se prezintă o serie de realizări experimentale legate de acționările electrice cu motoare de curent continuu comandate cu microprocesoare. Majoritatea exemplificărilor se referă la aplicații din domeniul sudării.

Experimentările au fost făcute pe mai multe tipuri de motoare electrice de curent continuu fabricate în țară. Motoarele care au stat la baza aplicațiilor sînt de tipul MRF, SUC, SMUTI, KP1, KP2 și KP3.

Prezentarea realizărilor experimentale se face gradat începînd cu acționarea unui motor de curent continuu tip MRF și finalizînd prin prezentarea robotului, REMECC - 03, aflat sub controlul echipamentului SEPAMECC.

6.1. Acționarea motorului electric tip MRF

Motorul electric de curent continuu tip MRF are următoarele date tehnice de catalog :

- cuplu 0,29 N.m
- putere utilă 150 W
- tensiunea de alimentare 42 V c.c.
- curent rotoric 4,5 A \pm 10 %
- tensiunea de excitație 42 V c.c.
- curentul de excitație 0,4 A + 10 %
- turația în sarcină 5000 rot/min \pm 15 %
- turația în gol 5200 rot/min \pm 15 %
- randamentul 80% - 15 %
- serviciul tip continuu S1

Acest motor este echipat cu un reductor 1 : 30. Motoreductorul are următoarele date tehnice de catalog:

- cuplu 3,6 N.m
- turația în sarcină 166 rot/min \pm 15 %
- turația în gol 170 rot/min \pm 15 %
- randamentul 45 % - 15 %
- serviciul tip continuu S1.

Pe baza acestor date s-au calculat următoarele mărimi :

[17, 75]

Φ_{up} - fluxul util pe pol

L_A - inductivitatea circuitului indusului

R_A - rezistența înfășurării indusului

$$\Phi_{up} = \alpha_i \cdot \tau \cdot l_i \cdot B_f \quad (6.1)$$

unde : $\alpha_i = 0,65$ - coeficientul de acoperire ideală a polului polar

$B_f = 0,3$ T - inducție maximă în întrefier

$l_i = 60$ mm - lungimea ideală a indusului

τ = pasul polar ce are expresia :

$$\tau = \frac{\pi \cdot D}{2p} = \frac{\pi \cdot 43}{2 \cdot 1} = 67,54 \text{ mm} \quad (6.2)$$

unde $D = 43$ mm - diametrul exterior al indusului

p = numărul de poli

Înlocuind datele cunoscute în relația (6.1) rezultă :

$$\Phi_{up} = 0,65 \cdot 67,54 \cdot 60 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6} = 7,9 \cdot 10^{-4} \text{ wb}$$

Numărul total de spire N este :

$$N = n_c \cdot z \quad (6.3)$$

unde : n_c - numărul de conductoare în creștătură

z - numărul de creștături

Înlocuind rezultă :

$$N = 36 \cdot 12 = 432 \text{ spire.}$$

Inductivitatea circuitului indusului este :

$$L_A = \frac{\Phi_{up}}{I_a} \cdot n_c \quad (6.4)$$

unde : I_a este valoarea curentului pe o cale de curent, calculată cu relația :

$$I_a = \frac{I_A}{2a} = \frac{4,5}{2} = 2,25 \text{ A}$$

iar

$$L_A = \frac{7,9 \cdot 10^{-4}}{2,25} \cdot 432 = 0,16 \text{ H}$$

Rezistența înfășurării indusului se calculează cu relația : [36]

$$R_A = \rho_{\theta} \cdot \frac{N \cdot l_{med}}{(2a)^2 \cdot S_{cond}} \quad (6.5)$$

unde :

ρ_{θ} - rezistivitatea materialului la temperatura de lucru

l_{med} - lungimea medie a unui conductor

$2a$ - numărul de căi de curent în paralel ale înfășurării indusului

S_{cond} - secțiunea standardizată a conductorului

Din (6.5) rezultă valoarea rezistenței indusului

$$R_A \approx 0,4 \Omega .$$

Aceste valori au fost necesare ca date de intrare în simularea analogică prezentată în subcapitolele 3.3 și 3.4.

Pentru acest motor s-a trasat grafic pe ploterul calculatorului WANG în figura 3.10 , relația (3.41).

Din studiul regimului de curent neîntrerupt al variatorului de tensiune continuă VTC, prezentat în subcapitolul 2.2 și din lucrarea [78], rezultă expresia caracteristicii mecanice a mașinii de curent continuu de forma :

$$\frac{\Omega}{\Omega_0} \approx f_c - \frac{I_2 \cdot med}{I_{K1}} \left[f_0 + (1 - f_c) \gamma \right] \quad (6.6)$$

unde :

$$I_{K1} = \frac{U}{R_1} \quad \text{și} \quad (6.7)$$

$$\gamma = \frac{R_1}{R_2} \quad (6.8)$$

iar : R_1, R_2 - reprezintă rezistența echivalentă VTC în perioada de conducție și respectiv în perioada de blocare.

Expresia (6.6) a fost trasată grafic pe ploterul calculatorului WANG pentru $\gamma = 2$ și diferite valori ale factorului de comandă f_0 . Caracteristica mecanică pentru patru cadrane la acționarea cu VTC este dată în figura 6.1.

La acest tip de motor s-a montat un traductor numeric de poziție de concepție și construcție originală a cărei intrare este conectată la echipamentul SEPAMECC. Motorul este comandat de SEPAMECC prin intermediul unui bloc de selecționare, realizat cu tranzistoare.

Motorul de tip MRF precum și cel de tip SUC au fost testate la diferite regimuri de funcționare utilizând programul descris în subcapitolul 5.4, introducându-se date de simulare, în hexa, de la consolă.

6.2. Instalație de metalizare

Metalizarea se face cu o instalație a cărei schemă bloc este dată în figura 6.2.

Cele două sârme S sînt conectate la bornele transformatorului electric de sudură T_p , avansînd paralel de pe cei doi colși de sîrmă CS prin două ghidaje izolate electric. Sîrmele sînt antrenate de două role presoare ce sînt rotite de un motor electric de curent continuu cu reductor, tip MRF - 1. Durata motorului reglabilă, de la blocul de comandă BC, este în corelație cu intensitatea curentului de sudare. În urma formării arcului electric, sîrmele se topesc la vîrf, iar picăturile de metal sînt antrenate de aerul comprimat, edus prin pistoletul P. Arcul electric se intrerupe prin expulzarea materialului topit și se restabilește periodic, prin avansul sîrmelor. Numărul secvențelor poate ajunge la 100 pe secundă și depinde de curentul alternativ sau continuu de alimentare.

În figura 6.3 este prezentată instalația de metalizare realizată.

Acționarea sîrmelor la instalația prezentată se face cu motor electric de curent continuu cu reductor tip MRF, comandat electronic în impulsuri.

În realizarea experimentală a instalației de metalizare prezentată s-a avut în vedere : corelarea vitezei de avans a sîrmelor cu valoarea intensității curentului; comanda eficientă și condițională; alegerea distanței optime de

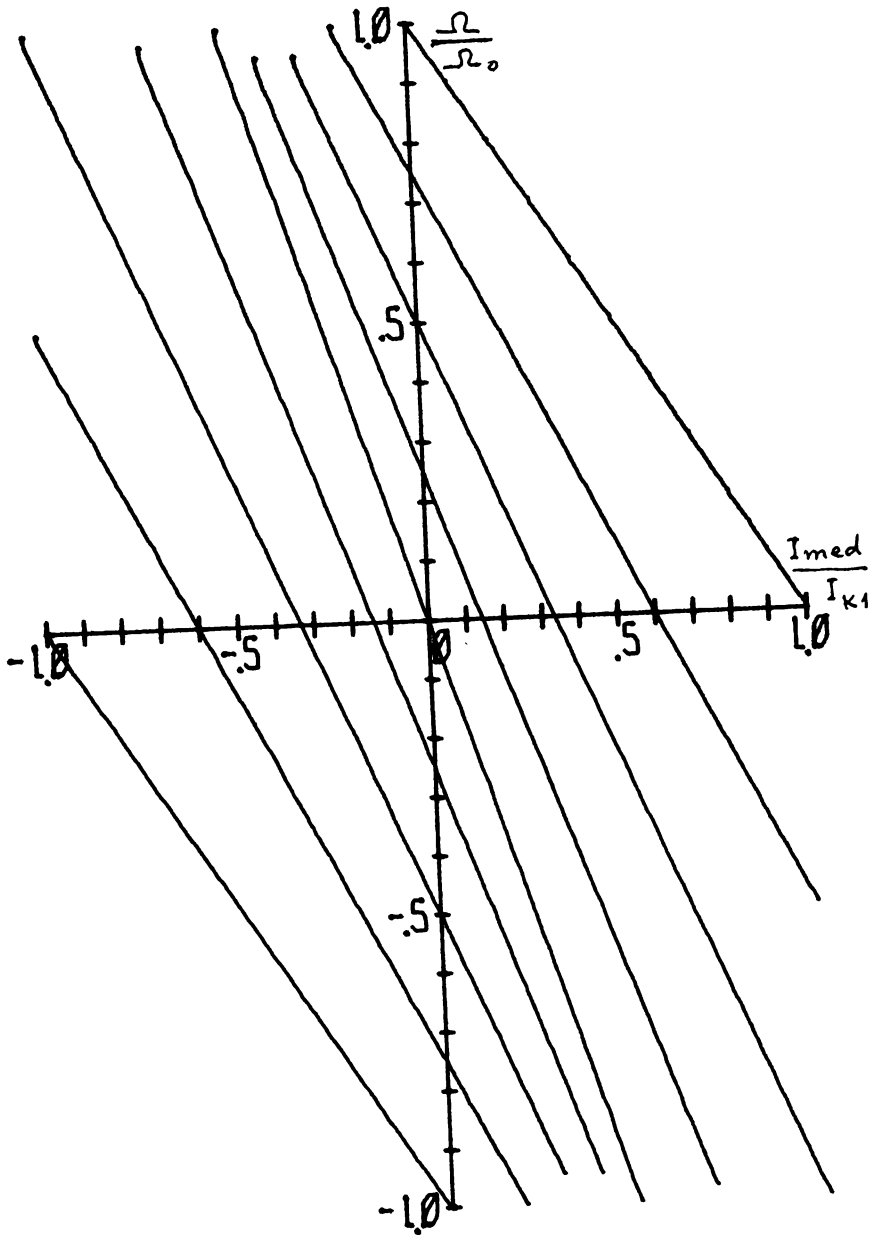


Fig.6.1. Caracteristică mecanică pentru patru cadrane la acționarea motorului MRF cu VTC.

pulverizare; formarea unor dimensiuni în straturi cu rugozitate mare; mobilitatea și eficiența mare a instalației cu un consum de materiale și energie redus.

6.3. Analizor al factorului de comandă

În cadrul contractului de cercetare științifică nr.10/1981 cu Întreprinderea Electroprecizie Săcele [103] a fost realizat un aparat capabil de a măsura și afișa numeric, factorul de comandă f_c . Determinarea lui este importantă în vederea cunoașterii valorii cu care este comandat blocul de acționare, respectiv variatorul de tensiune continuă, VEC, la care este conectat motorul de curent continuu.

Aparatul se compune din următoarele blocuri principale: bloc selectare impulsuri, bloc de calcul, bloc de afișare și bloc de alimentare [94].

Blocul de alimentare îl constituie două surse de tensiune stabilizată cu protecție de scurtcircuit, una de + 5 V și alta de + 12 V c.c. Blocul de selectare impulsuri se compune dintr-un formator și un registru tempor realizat cu circuite basculante bistabile și circuite logice TTL [84].

Blocul de calcul, ce stabilește valoarea numerică a factorului de comandă, respectiv raportul dintre durata de conducție și durata de teat a impulsului în procente, este prezentat în figura 6.4. [85].

Blocul de afișare a valorii numerice pentru f_c este prezentat în figura 6.5. [89].

Aparatul construit realizează și alte funcții ca : numărător de impulsuri, frecvențmetru și poate determina coeficientul de alunecare „s” al motoarelor asineroane. Are o precizie de 2 % și o bună fiabilitate.

În figura 6.6 este prezentat aparatul pentru determinarea factorului de comandă.

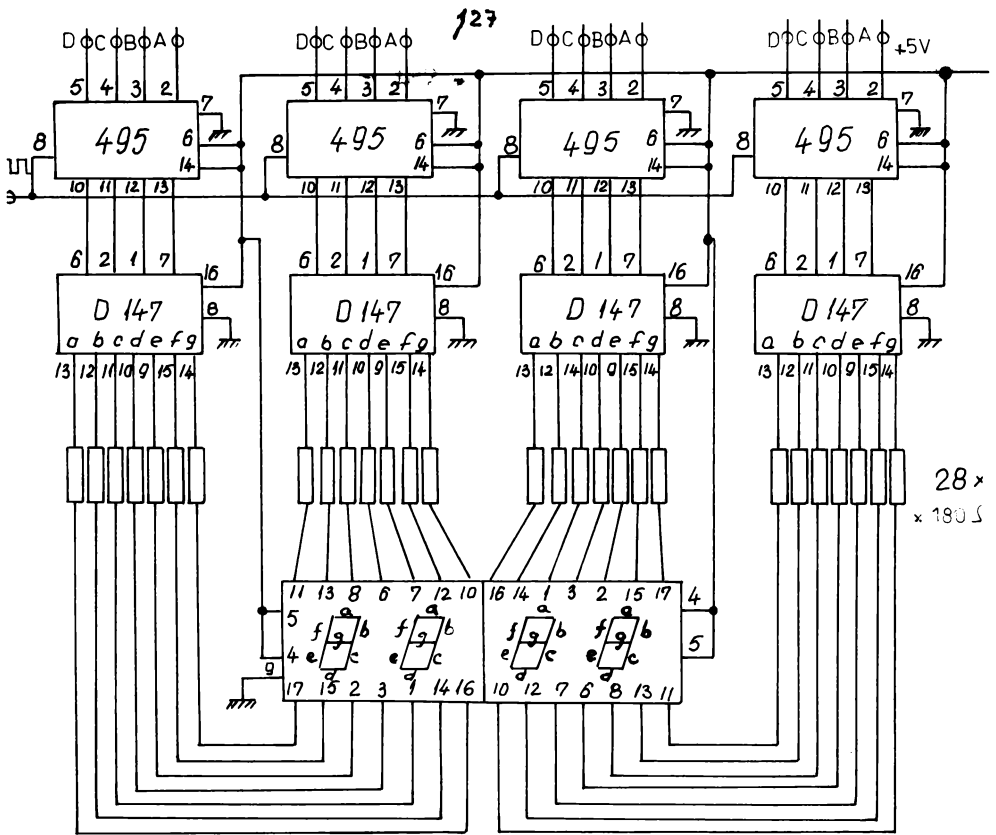


Fig. 6.5. Blocul de afișaj

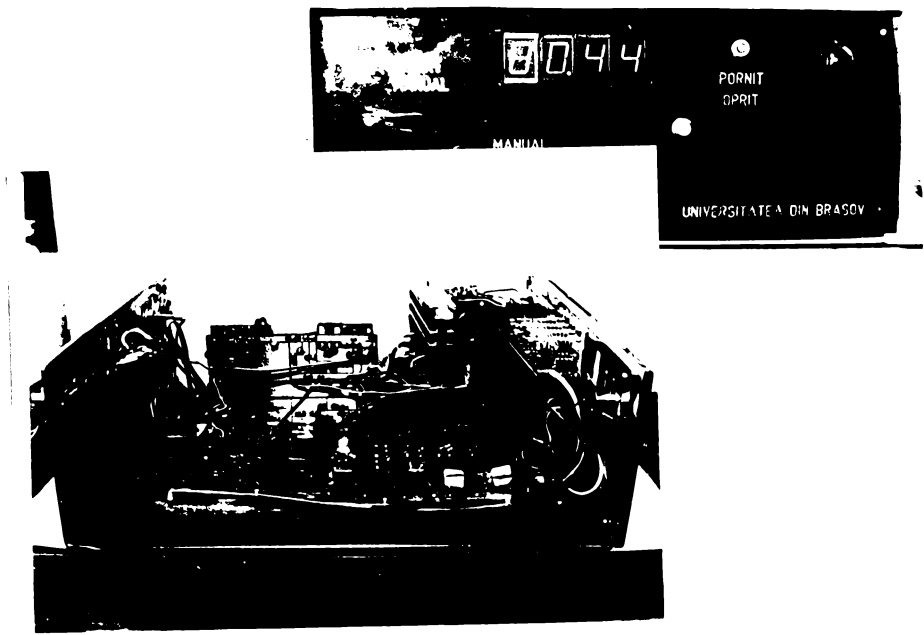


Fig. 6.6. Aparat de determinare a factorului de comandă

6.4. Robotul RATEP

Robotul RATEP - Robot Experimental de Tăiere Electrică cu Plasă - este destinat tăierii și sudării cu plasă în coordonate plane pe baza unui program prestabilit urmărind un contur impus.

Robotul are la bază o configurație tip masă de poziționare, două grade de libertate în coordonatele x - y și un al treilea grad de libertate pentru poziționarea pe verticală a pistolului.

Caracteristicile tehnice sînt [103] :

Grade de libertate	3
Sistem de coordonate	carteziane
Varianta constructivă	T T T

Gradul de libertate	Curse pe axă	Viteză pe axă
Translație pe x	1050 mm	65 - 470 mm/min.
Translație pe y	1450 mm	65 - 470 mm/min.
Translație pe z	200 mm	30 - 80 mm/min.

Capacitatea de încărcare	2 pistoale
Acționarea	electrică cu motoare de c.c.
Comanda	cu MICROPROG 228 cu SEFANECC cu automat programabil
Dimensiuni de gabarit	1500 x 1200 x 800 mm
Greutatea totală	150 kg
Spațiul de lucru	cub (1450x1050x200 mm)

Schemă cinematică structurală se prezintă în figura 6.7.

În figura 6.7. se prezintă următoarele elemente :

- 1 - calea de rulare
- 2 - cremalieră
- 3 - echipaj mobil pe axa x
- 4 - traversă de ghidare

- 5.- șurub conducător
- 6 - șurub de poziționare pe verticală a capului
- 7 - port cap tăiere sau sudare
- 8 - cap tăiere - sudare
- 9 - roți dințate
- 10 - echipaj mobil
- 11 - ax pentru antrenare
- 12 - echipaj mobil condus axe y
- 13 - masă suport piese.

Instalația are o autonomie de deplasare de 1000 mm pe axa X și 1500 mm pe axa Y. Deplasarea pe axa X este asigurată de motorul electric M_1 de curent continuu cu reductor tip RVF cuplat la un șurub pe care culisează echipajul mobil, pe care este montat capul de tăiere sau sudare. Deple-

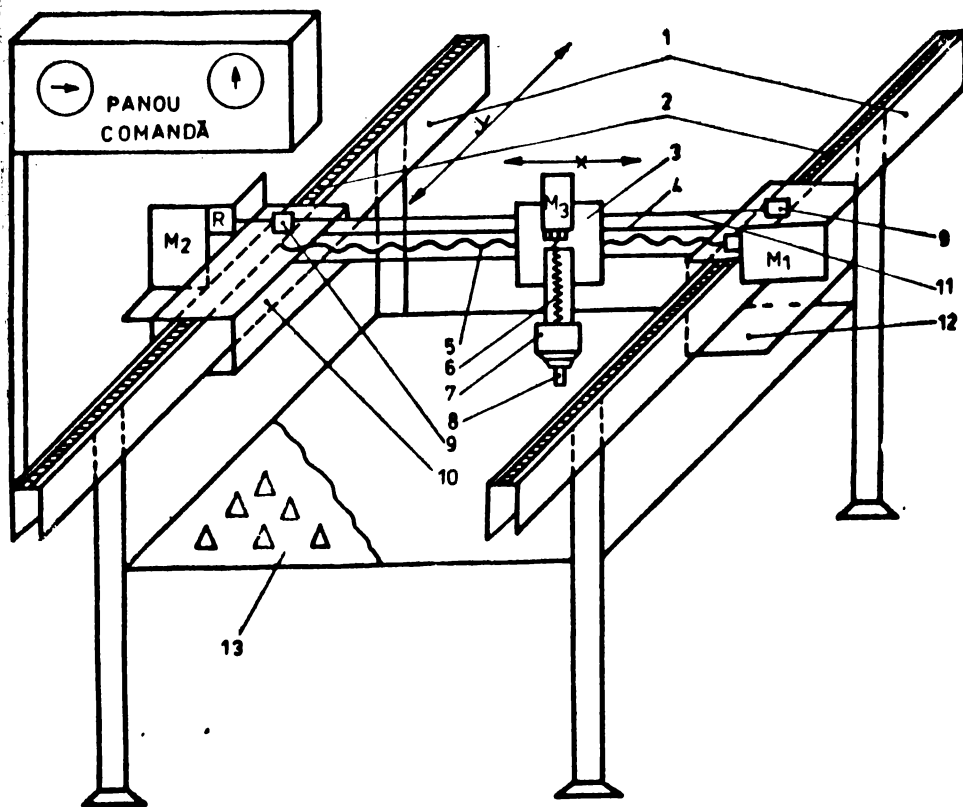


Fig.6.7. Scheme cinematică structurală a robotului RETHF

sarea pe axa Y este asigurată de motorul M_2 cu reductor tip MRF ce antrenează un sistem de roți dințate pe două cremaliere prin intermediul unui ax. Poziționarea pe verticală a capului de tăiere sau sudare se face prin motorul M_3 de tipul SUC cu reductor ce antrenează șurubul 6. Capul de tăiere sau sudare se fixează într-un suport ce realizează și înclinarea corespunzătoare. Semifabricatele ce urmează a fi debitate sau sudate se așează pe masa suport, prevăzută cu conuri de așezare. Fiecare motor electric de c.c. are pe rotor un disc cu traductor optic ale cărui impulsuri sînt introduse în echipamentul СЭРАКСС. Aceste comandă prin blocuri de acțiune individuale fiecare motor. Comanda se face în impulsuri dreptunghiulare de tensiune cu frecvență constantă și cu factor de comandă f_c (de umplere) impus prin program [100].

Pe această instalație s-a montat senziorul de sudare СЭСС-3 al cărui pistol a fost fixat în suportul mobil, în coordonate X - Y. Realizarea practică este prezentată în figura 6.8.

Pentru debitare, instalația de tăiere în coordonate a fost cuplată cu echipamentul de microplasmă care a fost realizat de autor în cadrul catedrei de Tehnologia

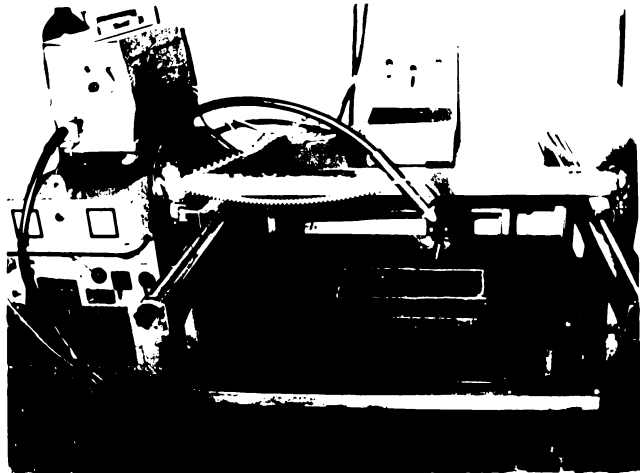


Fig.6.8. Robotul RETAP.

metalelor și a sudării. Surse de curent pulsat a generatorului cu microplasmă precum și circuitele de comandă sînt prezentate în figura 6.9.

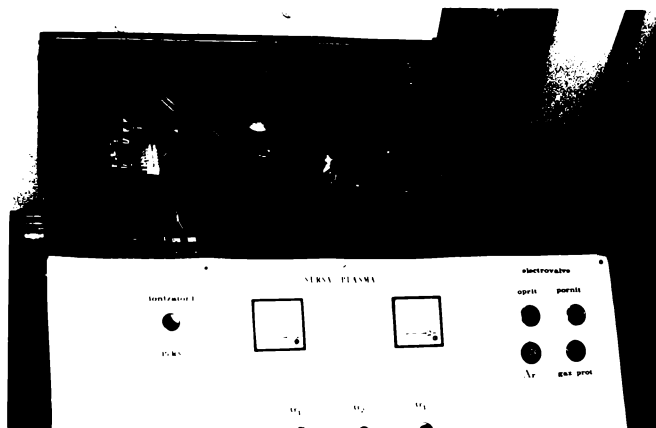


Fig. 6.9. Surse de curent pulsat a sculptorului de microplasmă.

În elaborarea tehnologiei de tăiere cu microplasmă a metalelor s-au avut în vedere următorii parametri : viteza de tăiere v_t ; curentul electric al plasmăi I_p ; tensiunea jetului de plasmă U_p ; surtecul de gaze plasmagen; debitul de gaze D și poziționarea generatorului față de materialul de tăiat. Determinarea vitezei de tăiere v_t se face în baza bilanțului energetic al procesului de tăiere prin topire [106].

Viteza de tăiere se optimizează experimental, astfel încît să aibă loc relația :

$$v_{\text{pr}} < v_{\text{pr}} < v_t < v_L \quad (6.9)$$

unde : v_{pr} este viteza la care fețele tăieturii sînt paralele,

v_{pr} - viteza la care netezimea feței tăieturii este maximă, nesparînd pe fețe de jos picături solidificate,

v_L - viteza pentru care tăierea nu are loc.

Regizurile de tăiere cu plasmă se stabilesc diferențiat în funcție de natura metalului sau a aliajului metalic de tăiat și de natura gazelor plasmagene folosite.

6.5. Robotul REMUS

Robotul REMUS - Robot experimental de Metalizare Uniformă și Sudare - este destinat operațiilor de recondiționare prin metalizare și încărcare prin sudare.

Robotul are patru grade de libertate : trei translații și o rotație, lucrând în coordonate cilindrice.

Caracteristicile tehnice sînt $[10^4]$:

Grade de libertate 4
Sistem de coordonate cilindric
Variantă constructivă T R T T

Gradul de libertate	Cursa pe axă	Viteze pe axă
Translația 1	2000 mm	0,25 - 1,25 m/min.
Rotația 2	360° nelimitat	2 - 20 % s.
Translația 3	1200 mm	0,06 - 0,1 m/min.
Translația 4	750 mm	0,25 - 1,25 m/min.

Capacitatea de încărcare 4 kg
Acționare electrică cu motoare de c.s.
Comandă cu MICROFROG 228
cu SEPARECC manuală
Suprafața de bază 700 x 700 mm
Greutate totală 70 kg
Spațiul de lucru toroid (1650x900x1100 mm)

Schemă cinematică structurală este reprezentată în figura 6.10.

Cele patru grade de libertate, conform figurii 6.10, sînt realizate astfel :

Translația 1 pe axa x este realizată de motorreductorul MR1 printr-un angrenaj select AM1 avînd raportul de angrenare : 1 : 40. Rosta dințată este solidară cu arborele de antrenare a reților conduse. Împreună cu celelalte două reți conduse ansamblul formează un cărucior ce se deplasează pe două căi de rulare CR.

Rotația θ în jurul axei Z se face cu un unghi de 360°

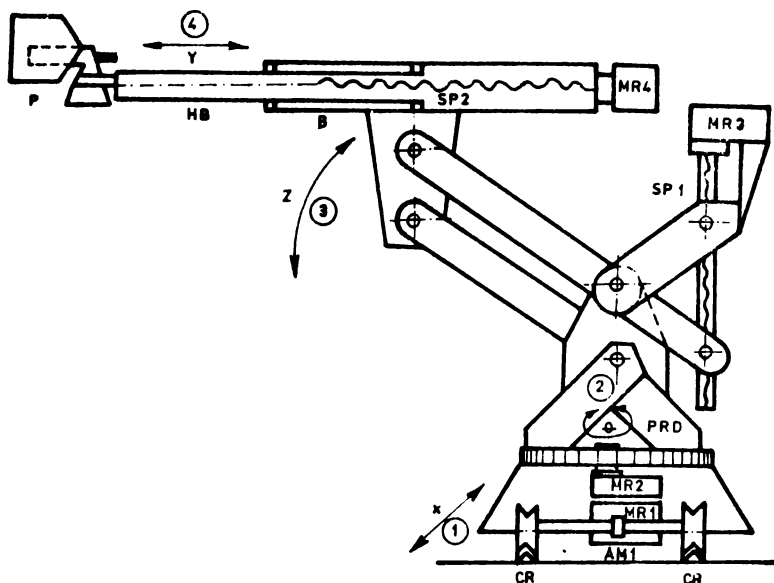


Fig.6.10. Schema cinematică a robotului RMUC.

in ambele sensuri. Aceasta se realizează cu motoreductorul MR2 printr-un pinion-roată dințată PRD. Pinionul are 9 dinți și este antrenat de motoreductorul solidat pe cărucior. Roata dințată are 140 dinți și este solidară cu platforma robotului.

Translația 3 pe axa Z este realizată printr-un mecanism paralelogram articulat care realizează menținerea permanentă a brațului în poziție orizontală. În acest fel se obține cu un singur motor atât deplasarea pe axa Z cât și pe axa y. Mișcarea se realizează prin acționarea mecanismului șurub-piuliță SP1, ce are pasul de 1,5 mm, de către motoreductorul MR3.

Translația 4 pe axa y este realizată de motoreductorul MR4 care antrenează mecanismul șurub-piuliță SP2 cu pasul de 6 mm. Pe antebrațul AB este fixat pistolul de metalizare P.

Robotul este acționat cu motoreductoare de curent continuu de tipul EP1 și EP2, alimentate cu tensiune variabilă liniar, în timp, în cazul când comanda se face cu micro-

sistemul MICROPROG 228 sau în impulsuri de tensiune cu factor de umplere programabil, dacă comanda se face cu microsistemul SEPAMECC.

Instruirea se face prin învățare de la panoul de comandă manuală, memorându-se comenzile și traiectoriile, stanci când robotul este cuplat la microsistemul SEPAMECC.

Dacă robotul este cuplat cu două microprogramatoare MICROPROG 228 se face programarea în timp a celor patru canale analogice de tensiune.

Robotul REMUS lucrează într-o celulă flexibilă împreună cu instalația de metalizare prezentată în subcapitolul 6.2. și un manipulator cu două posturi de lucru. Manipulatorul realizat cu motoare electrice de curent continuu are 5 grade de libertate și poate fi cuplat la microsistem. Cele două posturi de lucru pot lucra individual sau simultan.

În figura 6.11 este prezentat robotul REMUS.

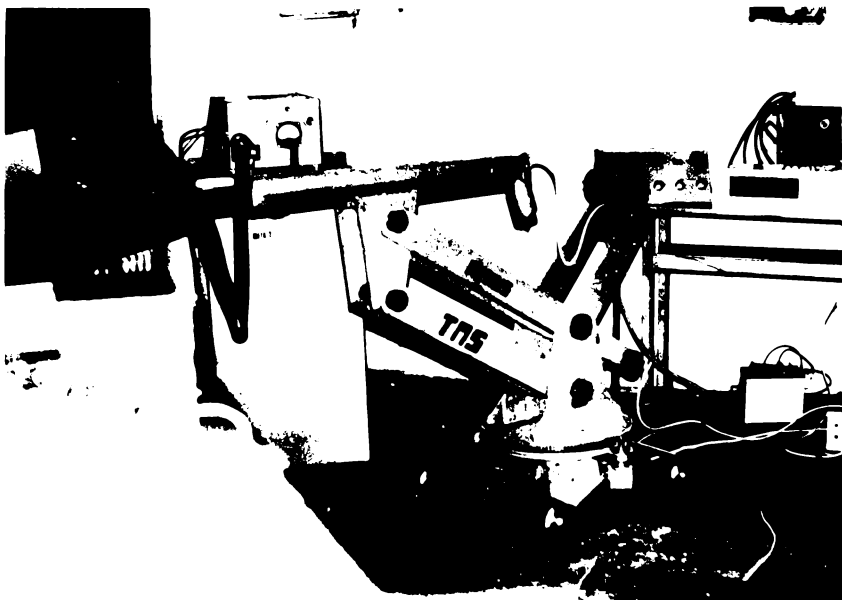


Fig.6.11. Robotul REMUS.

6.6. Robotul ROCCOS

Robotul ROCCOS - Robotul Organizat în Coordonate Cilindrice Opțional pentru Sudare - este destinat operațiilor de sudare în mediu de CO_2 .

Sudarea cu electrod fuzibil în mediu de gaz protector - MIG - MAG - constituie procedeul cel mai convenabil de robotizat în aplicațiile de sudare cu arc electric. Protecția băii de metal topit și a arcului se face cu gaz activ (CO_2).

Robotul are patru grade de libertate : două translații și două rotații, lucrând în coordonate cilindrice.

Caracteristicile tehnice sînt [105] :

Grade de libertate	4
Sistem de coordonate	cilindrică
VARIANTĂ CONSTRUCTIVĂ	RTR

Gradul de libertate

Rotația 1	360° nelimitat	10 - 24 °/s
Translația 2	800 mm	0,05 - 1 m/min
Translația 3	1200 mm	0,9 - 5,3 m/min
Rotația 4	± 60°	6 - 12 °/s

Capacitatea de încărcare	5 kg
Pistolet de sudare	2
Aționare	electrică cu motore de c.c.
Comandă	cu MICROPROG 220 cu EXPANCC manual și secvențială
Dimensiuni de gabarit	2000x1900x800 mm
Greutate totală	150 kg
Spațiul de lucru	cilindru tubular cu $\varnothing_{ext} =$ $= 3200$ mm, $\varnothing_{int} = 800$ mm, $h = 800$ mm.

Schemă cinematică structurală este reprezentată în figura 6.12.

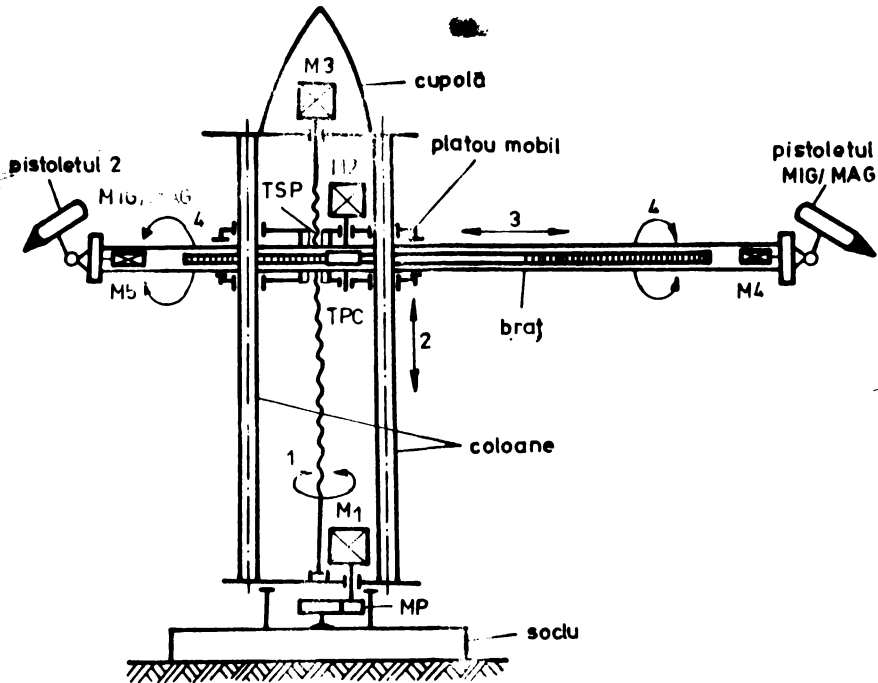


Fig. 6.12. Schema cinematică structurală a robotului ROCCOS.

Cele patru grade de libertate, conforma figurii 6.12, sint realizate astfel :

Sistemul de rotație include și structura de bază realizată într-un betiu de formă cilindrică cu rolul de susținere și de stabilitate al robotului. Pe structura de bază este rigidizat subsistemul de ghidare al mișcării de rotație, realizat printr-un peșar pentru rulmenți. Rotația se realizează printr-un mecanism planetar MP cu roți dințate cilindrice acționat de un motoreductor melcat M_1 . Mecanismul de rotație cuprinde o corcună dințată fixă și un pinion satelit.

Sistemul de deplasare pe verticală, cuprinde subsistemul de antrenare de tip mecanism șurub-piuliță TSP, acționat de motoreductorul melcat M_3 și subsistemul de ghidare ce constă dintr-un ansamblu de patru coloane cilindrice pe care coulisează un platou mobil, ghidarea făcându-se pe patru rulmenți de translație cu bile. Cele patru coloane de ghidare sint dispuse vertical, fiind rigidizate printr-o

placă de bază și o placă superioară. Placa de bază susține lagărul șurubului de antrenare pe verticală, motoreductorul și lagărele subsistemului de antrenare a mișcării de rotație. Pe placa superioară ce consolidează și centrează cele patru colțane este fixat motoreductorul de antrenare a șurubului M3 și capola robotului.

Platoul mobil constă din două plăci paralele între care sînt rigidizate piulițe mecanismului șurub-piuliță TSP și cei patru rulmenți de translație.

Sistemul de deplasare pe orizontală, cuprinde platoul mobil și brațul.

Subsistemul de deplasare pe orizontală este realizat dintr-un mecanism pinion-cremalieră TPC acționat de un motoreductor micșor M2. Cremaliera este rigidizată pe traversa suport ce formează cele două brațe pe care sînt fixate cele două pistolete de sudare MIG - MAG.

Subsistemul de ghidare constă dintr-un ansamblu de patru role de ghidare cu rulmenți avînd profilul secțiunii traversei suport dispuse două câte două la marginile platoului mobil. Capul de sudare (pistoletul) este fixat la una dintre extremitățile traversei printr-un dispozitiv de prindere și retire.

Robotul poate lucra și cu al doilea cap de sudare dublîndu-și productivitatea dacă se sudază după centururi identice.

Subsistemul de rotație al pistoletului este realizat printr-un motoreductor M4, respectiv M5, ce face poziționarea sub unghi dorit.

Robotul poate fi comandat manual de la un pupitră de comandă sau de la un display cînd se află sub controlul microsistemului SRFAMECC.

Cînd se află sub controlul microsistemului MICROPROG 228 programarea lui se face de la tastatura echipamentului, introducîndu-se valorile tensiunilor - timp corespunzătoare diagramei de mișcare.

Pe brațul robotului se montează una sau două pistolete de sudare ce sînt legate la semiautomatul de sudare SACO 3. Experimental s-au realizat programe pentru sudarea

unor piese după contur dreptunghiular și triunghiular.
În figura 6.13 se prezintă robeta ROCCOS.

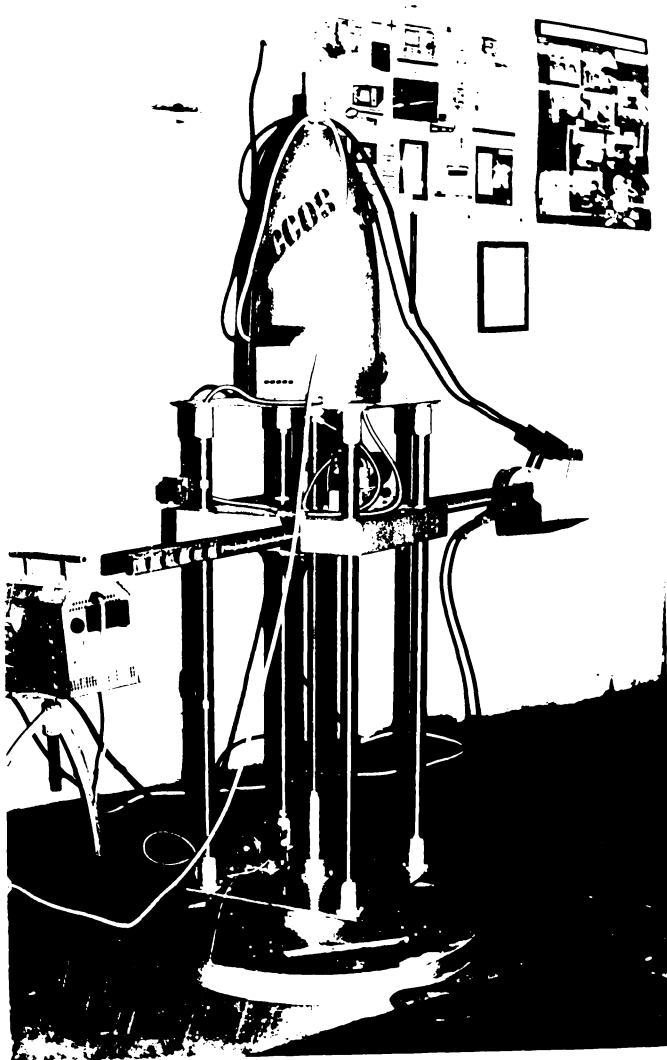


Fig.6.13. Robeta ROCCOS.

6.7. Robotul ROMUS

Robotul ROMUS - Robot Organizat Multifuncțional pentru Utilajul de Sudare - este destinat operațiilor de sudare - MIG - cu electrod nefuzibil din wolfram în mediu protector de gaz inert (argon sau heliu).

Robotul are cinci grade de libertate, primele trei grade aparțin sistemului generator de traiectorie iar ultimele două aparțin sistemului de poziționare și lucrează în coordonate polare.

Caracteristicile tehnice sînt [106] :

Grade de libertate	5
Sistem de coordonate	polar complex
Variante constructivă	RHTRR

Gradul de libertate		Cursa pe axă	Viteza pe axă
rotație	1	360° nelimitat	0,6-18 ⁰ / _s (0,1-3 rot/min)
rotație	2	85° (-35°; + 50°)	0,7-22 ⁰ / _s (0,12-3,6 rot/min)
Translația	3	485 mm	75-2500 mm/min
rotație	4	180° (-90°; + 90°)	0,3-11,1 ⁰ / _s (0,05-1,85 rot/min)
rotație	5	360°	0,48-16,56 ⁰ / _s (0,08-2,76 rot/min)

Capacitatea de încărcare	3 kg
Acționare	electrică cu motoare de c.c.
Comanda	manuală cu MICROPROG 228 cu SEPAMECC
Dotare specială	cameră TV pentru supravegherea procesului de sudare
Suprafața de bază	0,56 m ²
Greutatea totală	100 kg
Spațiul de lucru	zonă sferică

Schema cinematică structurală a sistemului generator de traiectorie este prezentată în figura 6.14.

Pentru obținerea primelor trei grade de libertate diferite sistemului de generare a mișcării de transport este concepută schema cinematică funcțională din figura 6.14.

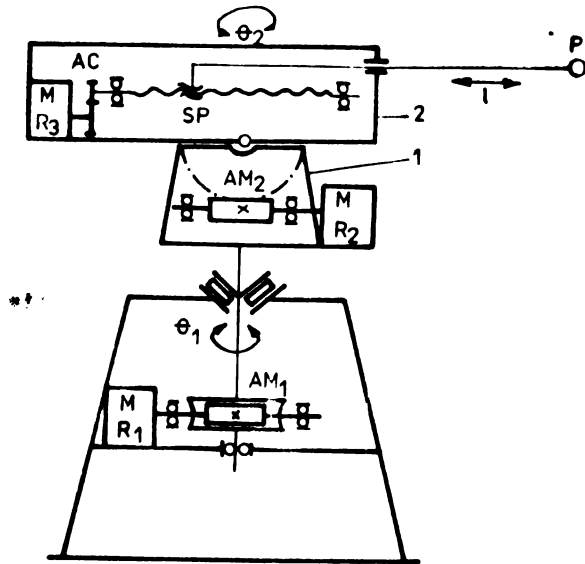


Fig.6.14.

Rotatia θ_1 este generată de motoreductorul MR1, a cărei mișcare de rotație este transmisă angrenajului melcat AM_1 (cu raportul $i = 40$ iar distanța între axe $A = 100$ mm) cu rol de reductor. Elementul 1 se rotește împreună cu celelalte elemente ale lanțului cinematic cu viteze de rotație între $0,1 - 3$ rot/min.

Rotatia θ_2 este generată de motoreductorul MR2, a cărei mișcare de rotație este transmisă angrenajului melcat AM_2 (cu $i = 25$ și $A = 100$ mm) tot cu rol de reductor. Elementul 2 se rotește împreună cu celelalte elemente ale lanțului cinematic cu viteze de rotație între $0,12 - 3,68$ rot/min.

Translația I este generată de motoreductorul MR3, a cărei mișcare de rotație este preluată de angrenajul cilindric AC, cu dinți dreapți ($i = 3$ și $A = 40$ mm) cu rol de multiplicator și transmisă mai departe mecanismului șurub - piuliță SP, realizând viteze de translație între $7,5 - 252$ cm/min.

Ultimele două grade de libertate aparținând sistemului de orientare sau poziționare sînt realizate de ante-

braț. Schema cinematică structurală este prezentată în figura 6.15.

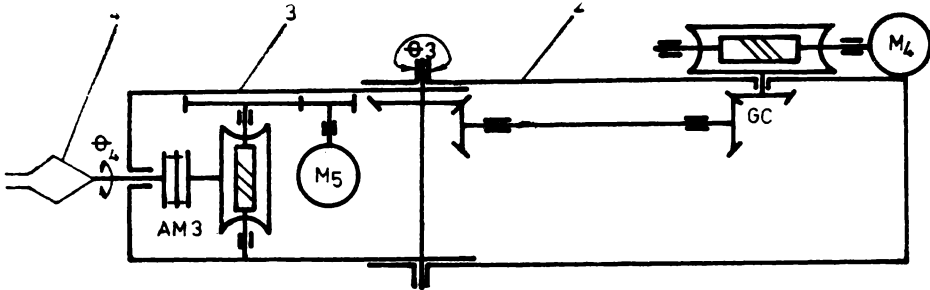


Fig.6.15.

Rotarea θ_2 a antebrațului se realizează cu un grup conic GC de roți dințate, cu motoreductorul M_4 , montate în brațul 2, conform figurii 6.15.

rotația finală θ_4 de poziționare a pistolului în antebraț este realizată de motoreductorul M_5 prin angrenajul melcat AM_5 .

Pe antebrațul 3 se află sistemul de prindere al pistolului 4.

Comanda robotului se poate face manual de la un panou de comandă, individual sau combinat pentru fiecare motor. Această manevră este necesară în vederea poziționării lui în apropierea pieselor ce se sudază.

Comanda automată se realizează de la microsistemul MICROPECG 228, făcându-se programarea canalelor analogice de tensiune sau a comensilor bipoziționale pe baza diagramei de mișcare impuse.

Robotul este prevăzut cu o cameră TV pentru urmărirea procesului de sudare și a arcului electric în timpul desfășurării procesului.

În figura 6.16 este prezentat robotul ROBUS.

Robotul este destinat operațiilor de sudare semiautomată a pieselor de dimensiuni medii, având lungimea cabloanelor între 1 și 2 m.

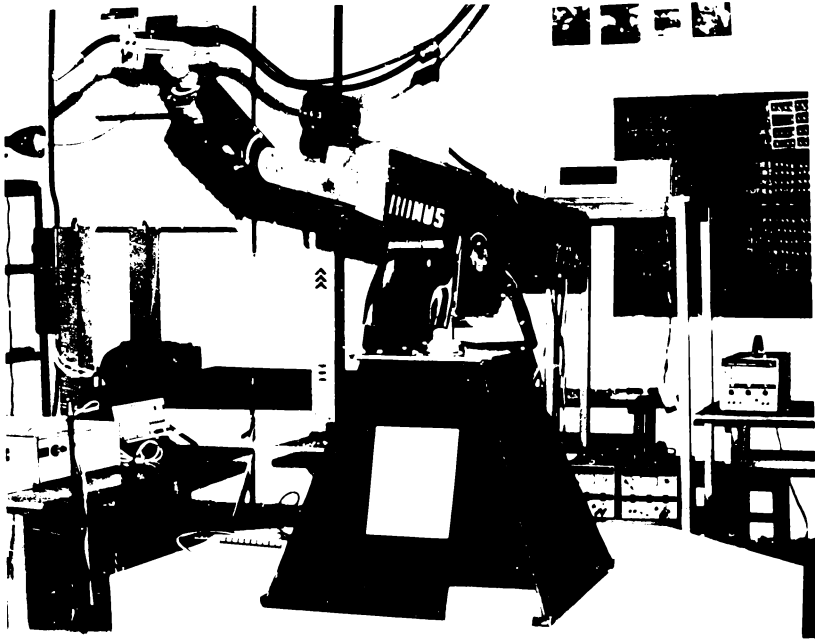


Fig.6.16. Robotul ROSUE.

6.3. Robotul HEMBOC - 03

Roboții industriali sînt instalați pentru „operații umane” (care usual sînt executabile de către om) ale căror mișcări sînt comandate după un program flexibil, modificabil în funcție de condițiile mediului și de sarcinile de lucru variabile.

Roboții industriali - RI - se clasifică pe generații sau nivele, în funcție de sistemul de comandă și gradul de dezvoltare a inteligenței lor artificiale [45] .

Un RI de generația a 3-a lucrează după un program flexibil, prestabilit de programator cu posibilitatea de a-și modifica propriul program la condițiile concrete de lucru, în vederea optimizării operației umane de executat. Realizarea lui implică folosirea unui minicalculator sau ai-

creprocesor ce permite realizarea unui intelect artificial.

S-a conceput și realizat de către autor un robot de sudare de generația a 3-a denumit SEPAMECC - e3 „Robot Experimental cu Atoșare Electrică de Curent Continu” - care este sub controlul echipamentului SEPAMECC descris anterior în subcapitolele 4.3 și 5.3.

În construcția robotului au fost realizate următoarele sisteme :

1. sistemul mecanic și de acționare
2. sistemul de comandă și programare
3. sistemul de senzori și traductoare.

În concepția robotului s-a avut în vedere realizarea a patru grade de libertate și anume: două rotații și două translații. Pentru realizarea fiecărui grad de libertate este prevăzut câte un modul ce cuprinde toate cele trei sisteme.

Senzor bloc a unui modul al robotului este prezentată în figure 6.17.

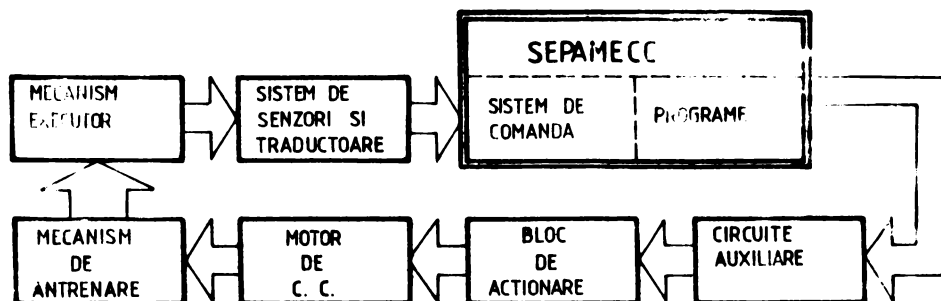


Fig.6.17.Scheam bloc a unui modul al robotului.

În total există patru astfel de module care sînt conectate la echipamentul SEPAMECC. Între aceste module există o interdependență strînsă, deoarece mișcările robotului și conducerea procesului se execută combinat. De lîngă cele patru grade de libertate mai există posibilitatea realizării celui de-al cincilea și anume strîngerea și deschiderea mîinii sau a cleștelui de sudare. În capătul brațului robotului poate fi montată o mîină cu patru degete poliarticulate sau un clește de sudare care poate prinde un electrod sau un pistol. Rotația mîinii este opțională, funcția de procedural și reperele de sudat [99] .

Caracteristicile tehnice sînt [107] :

Grade de libertate 4 + prehensiune

Sistem de coordonate cilindric

VARIANTĂ CONSTRUCTIVĂ TRIT

Gradul de libertate	Carca pe axă	Viteza pe axă
rotația 1	360°	0,5 - 8 °/sec
translația 2	500 mm	0,5 - 18 mm/sec
translația 3	300 mm	0,5 - 10 mm/sec.
translația 4	800 mm	2 - 20 mm/sec.

Capacitatea de încărcare 2 kg

Dispositiv de prehensiune - tip clește sau
- degete poliarticulate

Acționare electrică cu motoare de c.c.

Comanda manuală
cicla autenat cu MICROPROG 228
cu SKPAECC

Dotare specială cu cameră TV pentru supraveghe-
res procesului de sudare

Suprafațe de așezare 700 x 500 mm

Greutatea totală 60 kg

Spațiul de lucru cilindrul tubular

În sistemul tridimensional de coordonate, robotul în-
crează în coordonate cilindrice, avînd și posibilitatea cu-
lisării în lungul traversaiei de sprijin. Modul de realizare
a gradelor de libertate și dispunerea motoarelor electrice
de acționare este ilustrat în figura 6.18.

Conform figurii 6.18, cele 4 grade de libertate sînt
realizate astfel :

- rotația φ , cu motorreductorul M_1 , prin angrenajul
melcrot AM 1, cu un unghi de 360° într-un sens și în celăl-
talt. Se obține astfel rotația întregului subansamblu celea-
mă C cu viteze unghiulară 0,5 - 8 °/s.

- translația z pe verticală, cu motorreductorul M_2 ,
prin mecanismul șurub-piașiță SPI avînd o cursă de 500 mm
și viteză între 0,5 - 18 mm/s.

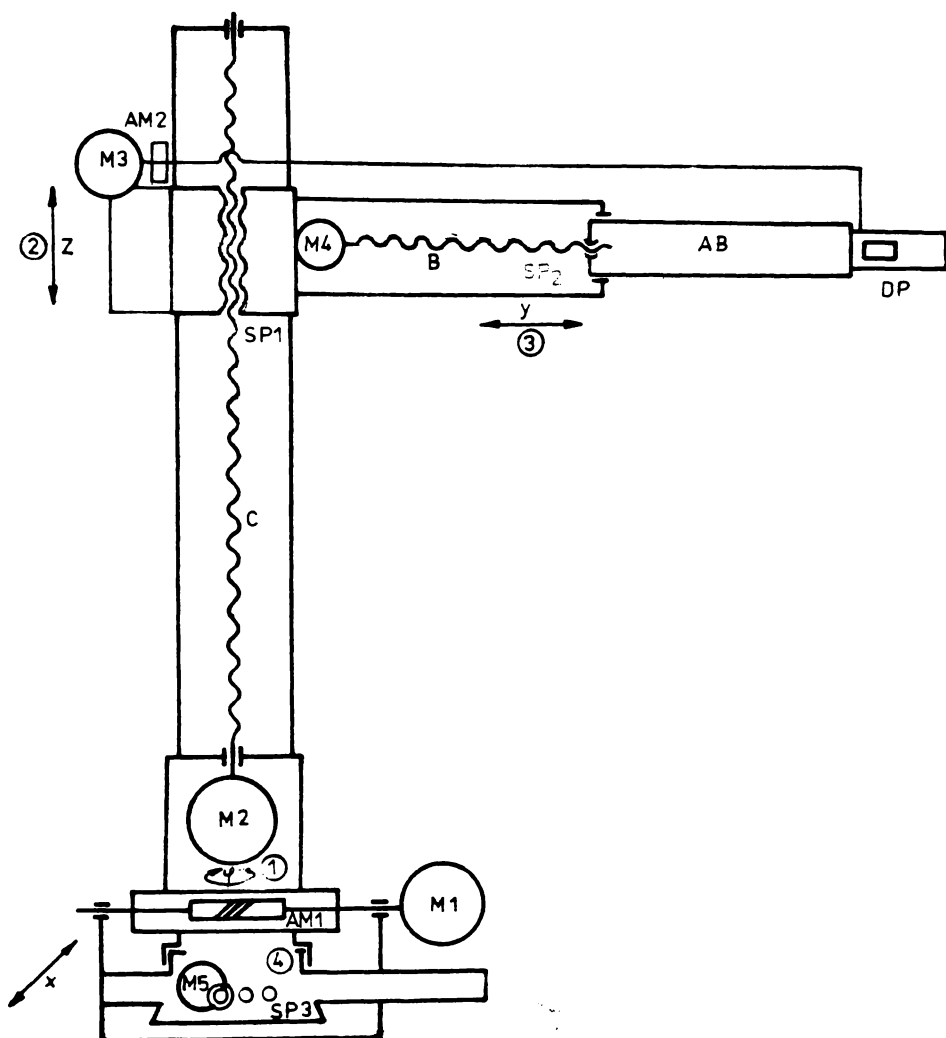


Fig. 6.18. Structura și amplasarea motoarelor.

- translația y de extensie a brațului B prin antebrațul AB , cu motoreductorul M_4 și mecanismul șurub-piață SP_2 , realizând o cursă de 300 mm cu o viteză de 0,3-10 mm/s.
- translație x de deplasare a căruciorului pe un ghidaj coadă de mîndunică, cu motoreductorul M_5 , printr-un mecanism șurub-piață SP_3 , obținîndu-se o cursă de 800 mm cu o viteză de 2-20 mm/s.

Dispozitivul de prezențiere DP poate prinde un pistol de sudare, avînd portanța de 20 N sau un clește port-

electrod. El este acționat de motorreductorul M_3 și angrenajul selectat $AM2$ prin intermediul unui arbore flexibil.

Performanțele robotului sînt caracterizate și de spațiul de lucru, rezultat din diferența spațiilor neutilizate în exterior și interior. Spațiul de lucru este inclus în spațiul de coliziune și are o suprafață de aproximativ $2,5 \text{ m}^2$. Spațiul de pericol este constituit din spațiul de coliziune, la care se adaugă un spațiu de siguranță. Valorile acestor spații sînt date schematic și planar în figura 6.19.

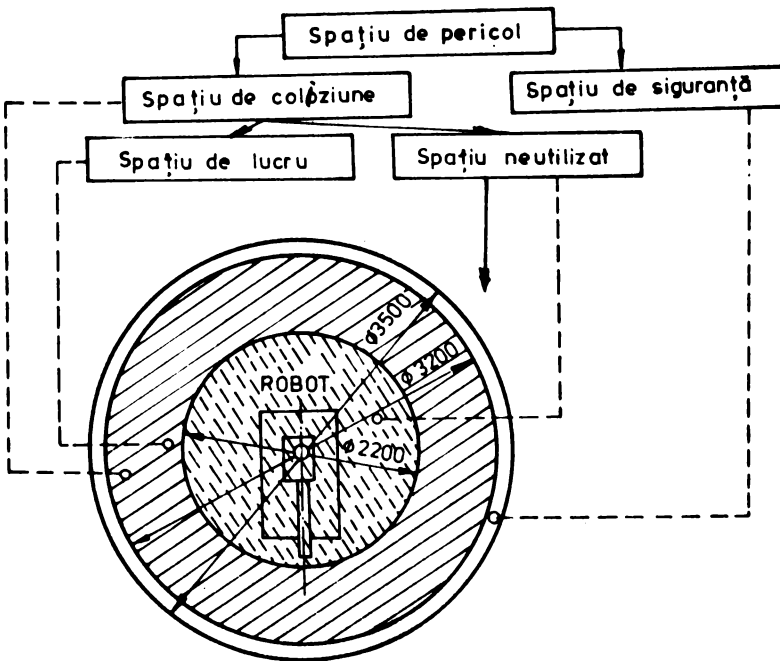


Fig.6.19. Reprezentarea planară a spațiilor aferente robotului.

Acționarea robotului se face cu motoare electrice de curent continuu tip MF și $MF3$, comandate în impulsuri de tensiune modulate în durată.

Sistemul de comandă a robotului REMACC este realizat în trei variante [107] :

- 1-comandă manuală de la un panou de comandă prevăzut cu butoane independente pentru fiecare setor.
- 2-comandă în ciclu automat, de la buton sau pedală,

implementarea făcându-se cu relee de timp și contactoare.

3-comandă în ciclu automat programat, implementarea făcându-se cu echipamentul SEPAMECC.

Comanda programată se face prin cuplarea la robot a microsistemului SEPAMECC conform figurii 2.20.

ANSAMBLUL SEPAMECC- REMECC - 03

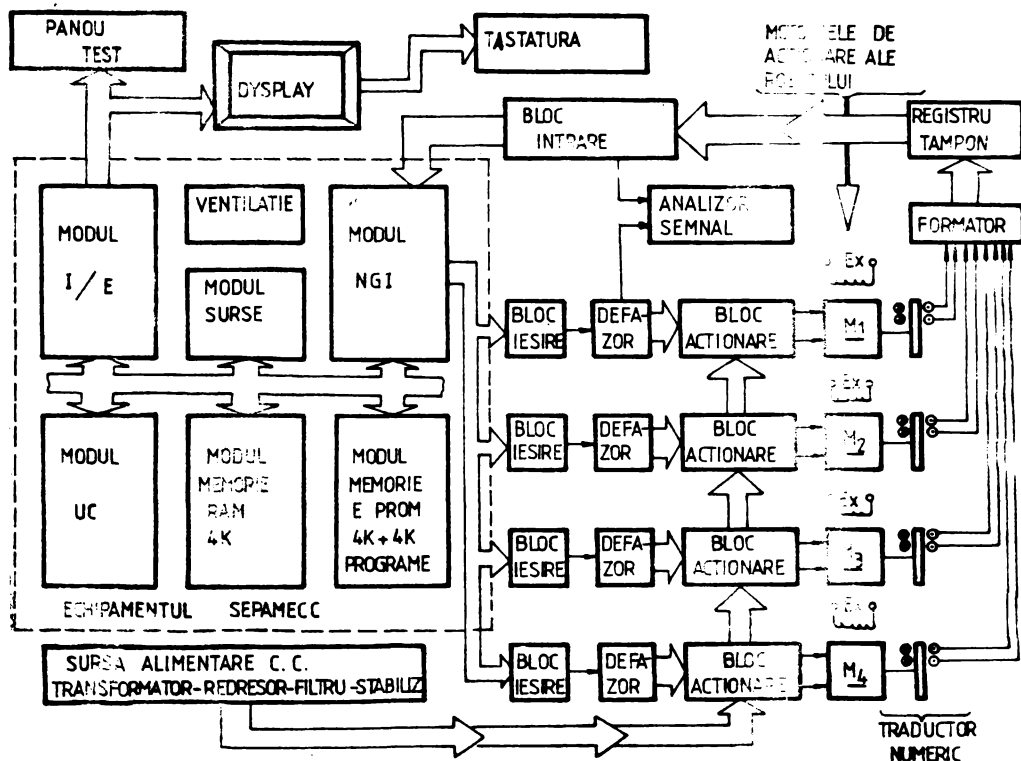


Fig.2.20. Schema bloc de comandă a robotului REMECC-03 cu microsistemul SEPAMECC.

Schema de comandă, conform figurii 2.20 cuprinde cele 4 motoare electrice de c.c. pe care sînt montate traductoare numerice a căror impulsuri sînt introduse într-un circuit formator, apoi într-un registru tampon și blocul de intrare. Impulsurile purtătoare de informație privind turația motoarelor sînt introduse în microsistemul SEPAMECC. Aici la display au fost introduse: lungimea cordonului de sudet,

viteza de sudare, accelerația de pornire, viteza de frinare și accelerația de frinare. Se calculează spațiul de frinare și se testează în timp real viteza și accelerația motorului urmărind profilul de viteză și accelerație invers.

Robotul prezentat a fost proiectat și realizat în vederea executării unor operații complete de sudură. În acest sens, vitezele lui de deplasare sînt relativ mici, corespunzătoare vitezelor tehnologice de sudare.

Sistemul de conducere a robotului a fost ierarhizat pe trei nivele :

- 1 - SERVO - cu posibilitate de urmărirea a pozițiilor capului de sudare, generate la nivelul superior.
- 2 - STRATEGIC - pentru implementarea planificării traiectoriei propuse.
- 3 - INTELIGENT - pentru prelucrarea informațiilor senzoriale existente la procesul de sudare (viteză de sudare, viteză de avans a electrodului sau a sîmlei, curent de sudare, timp de sudare, temperatură, intensitate luminoasă a arcului etc.).

Cele trei sisteme puse sub controlul unității centrale a minisistemului SEPAMECC realizează de fapt un control activ al calității îmbinării sudate.

Instruirea robotului se face prin învățare cuplîndu-l pe comanda „MANUAL” și poziționînd capul de sudare la locul de început al cordonului. Pistoletul este deplasat prin comenzi manuale pe traiectoria ce urmează a fi executată sudarea. În acest timp fiecare motor înregistrează, prin traductoarele optice de turație, în contoarele rezervate în acest scop a microsistemului, spațiul parcurs în număr de impulsuri corespunzător turației. La sfîrșitul operației de învățare se citește valoarea acestor contoare datele respective constituind datele de intrare pentru spațiul ce-l are de parcurs fiecare motor. Se trece comanda pe „AUTO” introducîndu-se viteza tehnologică de sudare, viteza finală la sfîrșitul liniei de program, accelerația de pornire și accelerația de frinare pentru

fiecare motor. Se reduce capul de sudare la poziția inițială și se dă comanda „START”.

Robotul are montat pe braț o cameră de luat vederi în vederea supravegherii procesului de sudare și vizualizarea făcându-se prin două monitoare.

Robotul de sudură **RENICC-03** realizat este prezentat în figura 6.21 [105].

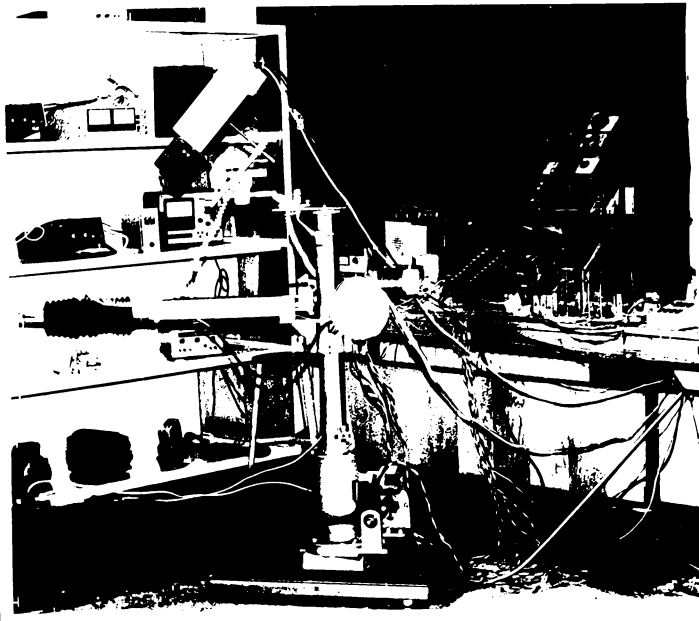


Fig.6.21. Ansamblul robotului **RENICC-03**.

Robotul are o funcționare autocoastă care reproduce anumite funcții motrice și intelectuale ale omului în realizarea operațiilor de sudare.

Celitatea unui robot trebuie apreciată în primul rând prin eficiența acestuia în producție. Din acest motiv robotul proiectat și realizat a fost specializat pe operații de sudare. Cu mici adaptări el poate fi ușor folosit la sudarea unor repere variate ca formă și tehnologie precum și la metalizare.

În figura 6.22 este prezentat robotul cuplat la sistemul de comandă **DEPAMECC**. Programarea, simularea și testarea robotului se face de la terminalul **DAF 1001**.

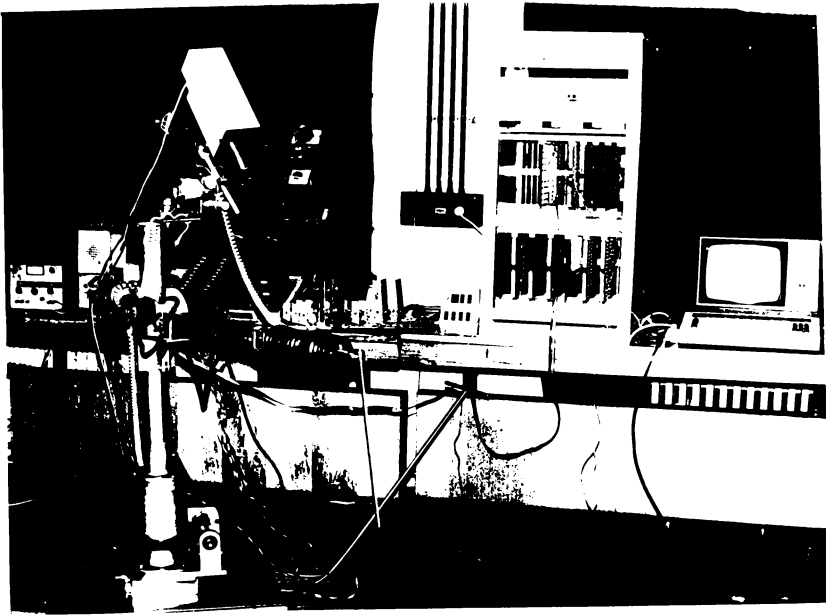


Fig.6.22. Robotul REBEC-03 cuplat la SEFAECC.

În punct de vedere al programului realizat, de tip elastic, robotul construit face parte din generația a III-a, avînd și un nivel de inteligență artificială. Automatizarea completă a operației de sudare cu arc electric impune utilizarea unui robot evolut, dotat cu inteligență artificială, capabil să controleze atât traiectoria cit și calitatea sudurii.

Varianta constructivă are o acționare în exclusivitate electrică utilizînd motoare electrice de curent continuu, soluție ce se dovedește a fi mult mai autonomă decît o acționare hidraulică sau pneumatică. Fiînd acționat numai electric, compatibilitatea lui cu sistemul electronic de comandă este mult mai avantajoasă, fiabilă și precisă.

Experiențările făcute cu robotul electric REBEC-03 comandat de microsistemul SEFAECC au condus la obținerea unor performanțe superioare în ceea ce privește calitatea sudurii.

5.8. Aplicații și utilizări industriale

După nedul cum a fost conceput echipamentul SEPANECC, are o aplicabilitate universală. În cadrul acestei lucrări au fost expuse aplicații ale echipamentului SEPANECC : la instalația de metalizare și la roboții de sudare: RETEP, REMUS, SOCCOS, ROMUS și REMECO-03.

Programele de aplicație prezentate pe larg în subcapitolul 5.4 satisfac deplin comanda acestor realizări experimentale.

Instalația de metalizare prezentată în subcapitolul 6.2 și robotul REMUS prezentat în subcapitolul 6.5 au în portanță aplicații industriale la :

- metalizarea pieselor de revoluție cu uzură mare (arbori cotiți de motoare, axe, fusuri, pistoane, axe cu came, tije de supape, bușe, cuzineți, lagăre etc.) în vederea recondiționării și recuperării acestor piese,

- metalizarea suprafețelor plane cu uzură mare și solicitări îndelungate (ghidaje, șanți, căi de rulare etc.) în vederea prelungirii duratei de funcționare,

- protecția împotriva coroziunii a instalațiilor, construcțiilor metalice și mașinilor (poduri metalice, piloni, rezervoare, suprastructuri de nave, porți de ecluse, instalații hidrotactice, conducte etc.),

- depunerea prin pulverizare a unui strat de aluminiu în vederea creșterii durabilității suprafețelor solicitate termic (cutii de cimentare, cale și creuzete pentru topitorii și tratamente termice, tuburi, palete de turbine cu gaz, supape de evacuare, apăratori pentru tuburi pirometriice etc.),

- depunerea de material antifricționist la lagăre metalice în industria electrotehnică și electronică,

- metalizarea unor panouri solare, pentru creșterea rugozității suprafețelor, în vederea captării unei cantități de căldură sporite.

Roboții RETEP, SOCCOS și ROMUS se pot utiliza cu rezultate bune la tăiere :

- cu oxigen a oțelurilor,

- cu plasmă,

- cu arc electric (arc-az, oxiac și cu electrozi în-

veliți).

Calitatea tăierii, precizia, economia de timp și energie precum și posibilitatea erorii economice a materialelor de debitat sînt obiective care au stat la baza concepării și aplicabilității industriale ale acestor instalații.

Roboții menționați au o aplicabilitate de mare eficiență la sudarea:

- cu flacără de gaz oxiacetilenică
- cu arc electric
- în mediu de gaze protecție.

În vederea realizării unei sudări de bună calitate, roboții prezentați asigură un control activ atât al poziției pistolului cit și a parametrilor tehnologici de sudare, gestionînd optim energia și materialele de sînz.

Robotul REMECO-03 realizat și cuplat la SIPAMECC este un robot multifuncțional de sudare. Cu unele mici adaptări el poate fi aplicat în industrie la :

- A. Sudarea cu electrozi înveliți, fixîndu-se electrozidul într-un clește de sudură.
- B. Sudarea sau tăierea oxigen, fixîndu-se pe brațul robotului un suflac.
- C. Sudarea în mediu de gaz protector (CO_2 , MIG, MAG), fixînd pe brațul robotului un pistol.
- D. Sudarea cu plasmă, montîndu-se pe braț un pistol .
- E. Metalizare, acționîndu-se pistolul instalației de metalizare.
- F. Sudarea cu energie immagazinată, fixînd unul din electrozi pe brațul robotului.
- G. Manipularea unor piese și subansamble în vederea sudării.

Numărul mare de aplicații la care se pretensează robotul REMECO-03 este datorat gradului mare de mobilitate, posibilității lui de urmărire a unei traiectorii în spațiul tridimensional, precum și nivelul ridicat de inteligență pe care-l posedă prin punerea lui sub comanda și controlul microsistemului SIPAMECC ce are la bază microprocesorul INTEL 8086.

7. CONCLUZII SI CONTRIBUTII ORIGINALE

In lucrare se tratează comanda după un program complex, urmărind o diagramă de mișcare impusă a motoarelor de curent continuu comandate ca micro sisteme simulind și executând funcțiunile principale la care un motor este supus in timpul unei acționări.

Ca rezultat al cercetărilor teoretice și experimentale efectuate in această lucrare rezultă următoarele concluzii și contribuții originale:

1. In prezent eficiența economică, ce are in vedere: prețul de cost, randamentul, simplitatea, siguranța in funcționare, factorul de putere, domeniul de reglaj, precizia de reglaj, ușurința controlului și a întreținerii, raportul putere-greutate, gabarit etc., este in favoarea acționărilor de curent continuu.

2. Comanda numerică directă cu ajutorul microprocesorului este mai avantajoasă decit reglarea individuală deoarece microprocesorul are posibilitatea de-a controla mai mulți parametri in paralel.

3. Simularea pe calculator a sistemelor fizice, in speță motorul electric de curent continuu cu excitație independentă și constantă, se bazează pe stabilirea schemei bloc a sistemului, reprezentat separat printr-o schemă care vadea leasă funcția de transfer. Prin aceasta se simplifică studiul influenței parametrilor asupra comportărilor sistemului de acționare precum și interpretarea rezultatelor.

4. In vederea simulării s-a conceput un pachet de trei programe originale, care se apelează între ele. Aceste programe denumite DOTI - „Determinarea optimă a transferului intern” - servesc și la optimizarea acționărilor regleabile, urmărind comportarea dinamică la modificările valorilor pre-scrise și la modificările mărimilor perturbatoare. Aceste programe sint prezentate in anexele 1, 2 și 3.

5. Variația tensiunii medii de ieșire prin VTC - variator de tensiune continuă, și implicit o reglere a curentului prin motor, se face cu pierderi relativ mici de energie prin

verierea factorului de comandă f_c . Relația (3.40) permite determinarea perioadei maxime de lucru a VTC pentru un motor dat, deci implicit a frecvenței limită pentru impulsurile de comandă, pentru ca motorul să lucreze în regiunea de curent neîntrerupt.

6. Impulsurile de comandă sînt obținute de la micro-sistem avînd frecvența de 1 MHz și factorul de umplere programabil în funcție de profilul vitezei și accelerației.

7. Microsistemul calculează ciclic la fiecare ms valoarea vitezei și accelerației, în fiecare moment, ale motorului, executînd astfel diagrame de mișcare în timp real.

8. Se propun trei variante pentru comanda motorului de c.c., cu excitație separată și flux considerat constant, utilizînd calculatorul WANG și micro-sistemele MICROPROG 228 și SEPAMECC.

9. Calculatorul WANG se cupleşă printr-o interfață paralelă cu sistemul de acționare. S-au întocmit programele : de sincronizare, de calcul al vitezei și de test ale motorului în limbaj BASIC, prezentate în anexele 5,6 și 7.

10. Microsistemul MICROPROG 228 comandă motorul de c.c. generînd o tensiune liniar variabilă programabilă după un profil de viteză tip rampă și palier variabile în timp.

11. Microsistemul SEPAMECC a fost conceput și realizat pentru comanda roboților de sudare acționati cu motorul electric de c.c.

12. Unitatea centrală a SEPAMECC este realizată cu microprocesorul 8080. Modulele de memorie RAM și EPROM aparțin sistemului ECAROM See.

13. Microsistemul SEPAMECC conține o serie de circuite și dispozitive auxiliare care permit dialogul operatorului cu robotul.

14. Un modul important al microsistemului este modulul

NGI - Numărător Generator de Impulsuri, care conține 6 circuite 8253, numărător divizor programabil, a cărui programare s-a făcut în subcapitolul 4.3.3).

15. Programele originale de aplicații pentru simulare și acționare utilizează limbajul de asamblare specific microprocesorului 8086. În acest sens a fost elaborat un pachet de programe rulate pe SEPAMECC și memorate pe EPROM.

16. Programele prezentate în subcapitolul 5.4 și anexa B au stat la baza contractului de cercetare științifică nr.214/1983 cu Institutul de Fizică și Tehnologii Aparatelor cu Radiații București.

17. Realizările experimentale efectuate pe motoare de tip MRF, SUC și EP sînt primele încercări în țară de comandă a lor cu micro sisteme, iar rezultatele obținute conduc la concluzia că ele pot fi utilizate la acționarea roboților industriali.

18. Determinarea factorului de comandă f_c , în vederea cunoașterii valorii cu care se comandă blocul de acționare, respectiv variatorul de tensiune continuă, la care este conectat motorul electric de c.c. se realizează prin aparatul prezentat în subcapitolul 6.3. În cadrul contractului de cercetare științifică nr.16/1981 cu Întreprinderea Electroprecizie Săcele.

19. Toate principalele circuite auxiliare echipamentului SEPAMECC sînt realizate cu componente electronice românești, cu o mare fiabilitate, în sistem modular.

20. Algoritmul de calcul a constantei de acționare K a fost implementat cu rezultate bune pentru un număr de fațe ale discului traductorului optic, mai mic de 20. Aceasta permite controlul în timp real a poziționării rotorului cu o precizie de 15° .

21. Modelul matematic și algoritmul de calcul implementat au verificat corectările experimentale de comandă după profil de viteză și accelerație impuse.

22. Utilizarea microsistemului SERAMECC permite poziționarea motorului de c.c., controlul vitezei și al accelerației în timp real fără a mai utiliza bucla de curent.

23. Instalația de metalizare prezentată în subcapitolul 6.2 a fost realizată folosind ca sursă termică arcul electric descoperit, ca agent pulverizator aerul comprimat iar ca material de aport sîrma de sudură ăntre - nată de un motoreductor tip MRF comandat cu microsiste - mul SERAMECC.

24. Cercetările teoretice și experimentale legate de acționarea motoarelor de curent continuu cu excita - ție separată comandate cu microsisteme au condus la rea - lizarea a 5 roboți de sudare pe care autorul și-a veri - ficat atît partea hardware cît și software a echipamen - tului SERAMECC.

25. Concepția celor cinci roboți de sudare: HETEP, REMUS, ROCCOS, ROMUS și RIMECC - e) este originală, rea - lizarea lor practică certifică viabilitatea cercetări - lor teoretice.

26. Realizările experimentale, cu aplicații directe în robotizarea proceselor de sudare, domeniu în care au - torul lucrează de 5 ani, au o mare eficiență economică și implicații directe asupra calității sudurii.

Prin experimentările efectuate și prin rezultatele obținute autorul speră că și-a adus o modestă contribu - ție la crearea unor roboți industriali pentru sudare co - mandați prin microsisteme și acționați cu motoare electri - ce de curent continuu, domeniu în care specialiștii își pot aduce încă numeroase contribuții.

B I B L I O G R A F I E

- [1] NICOLAE CEAUȘESCU - „Raportul Comitetului Central cu privire la activitatea Partidului Comunist Român în perioada dintre Congresul al XII-lea și Congresul al XIII-lea și activitatea de viitor a partidului în vederea îndeplinirii obiectivelor dezvoltării economico-sociale în cincinalul 1986-1990 și în perspectivă, până în anul 2000, a României”.
- [2] x x x Directivele Congresului al XIII-lea al P.C.R.
- [3] AUSLANDER, M. DAVID., SAGUES PAUL - Microprocessors for measurement and control, Berkeley, California, fără an.
- [4] BABUTIA, I., PETRESCU, M., - Automatizări electronice în construcția de mașini, Ed. Facla, Timișoara, 1983.
- [5] BALABANIAN N., BICKART T., - Teoria modernă a circuitelor, Ed. Tehnică, București, 1974.
- [6] BALTAG V. și colectiv. - Felix C.256 - Structura și programarea calculatorului, Ed. Tehnică, București, 1974.
- [7] BALTAG V. ș.a. - Sisteme interactive și limbaje convenționale - utilizare și proiectare, Ed. Tehnică, București, 1984.
- [8] BENES J., - Sisteme cibernetice cu organizare automată, Ed. Tehnică, București, 1971.
- [9] BERNHARD, J. H., KNUPPERTS B., - Inițiere în tiristoare, Ed. Tehnică, București, 1974.
- [10] BLAUFUSS K., - Mechanische gleichstromsteller. Archiv für Elektrotechnik 34-1940 nr. 10, p. 581-590.
- [11] BODEA M. ș.a., - Circuite integrate liniare. Manual de utilizare, vol. 2, Ed. Tehnică, București, 1980.

- [12] BOGDAN R.C. ș.a., - Memoriile calculatoarelor electronice. Funcționare și utilizare, Ed. Tehnică, București, 1975.
- [13] ECTAN N.V., SAAL C., - Acționare electrică a mecanismelor cu volant, Ed. Tehnică, București, 1967.
- [14] CALIN E., - Reglatoarea automate, Ed. did. și ped., București.
- [15] CATUNEANU V.M. ș.a., - Materiale și componente electronice, Ed. did. și ped., București, 1973.
- [16] CHU Y., - Bazele proiectării calculatoarelor numerice, Ed. Tehnică, București, 1968.
- [17] CIOC I., BOBOS I., CRISTEA M., - Mașini electrice. Indrumar de proiectare, E.S.R. Craiova, 1976.
- [18] CONSTANTIN F. ș.a., - Electronica industrială, Ed. did. și ped., București, 1980.
- [19] CONSTANTINESCU SIMION, L., - Transformatoare electrice de mică putere, Ed. Tehnică, București, 1974.
- [20] GRACIUNCIU V. ș.a., - Elemente de execuție, Ed. Tehnică, București, 1970.
- [21] DAMACHI E. ș.a., - Electronica, Ed. did. și ped., București, 1978.
- [22] DAECALU D. ș.a., - Circuite electronice, Ed. did. și ped., București, 1981.
- [23] DAVIDOVICIU A., DIATCU E., - Microcalculatoarele în conducerea proceselor industriale, Ed. Tehnică, București, 1983.
- [24] DAVIDOVICIU A., ș.a. - Modelarea simularea și comanda manipuletoarelor și roboților industriali, Ed. Tehnică, București, 1986.

- [25] DODESCU GH. ș.a., - **Minicalculatoare, aplicații, vol. I și II**, Ed. Tehnică, București, 1978.
- [26] DODESCU GH., TOMA M., - **Metode de calcul numeric**, Ed. did. și ped., București, 1976.
- [27] DODESCU GH., ș.a., - **Limbaajul BASIC și aplicații**, Ed. did. și ped., București, 1978.
- [28] DORDEA T., - **Mașini electrice**, Ed. did. și ped., București, 1977.
- [29] DORDEA T., - **Proiectarea și construcția mașinilor electrice, vol. I partea 1 și 2**, Timișoara, 1982.
- [30] DRAGANESCU M., - **A doua revoluție industrială. Micro-electronica, automatica, informatica - Factori determinanți**, Ed. Tehnică, București, 1980.
- [31] FLOREA S. ș.a., - **Electronică industrială și automatizări**, Ed. did. și ped., București, 1980.
- [32] FLORES I., - **Practica programării calculatoarelor**, Ed. Tehnică, București, 1969.
- [33] FRANEUA AL., MAGUREANU E., TOCACI M., - **Mașini și acționări electrice. Culegere de probleme**, Ed. did. și ped., București, 1980.
- [34] GEBLER T. ș.a., - **Echipamente periferice**, Ed. Tehnică, București, 1981.
- [35] GLAZENCO M., - **Impulsie poluprovodnikobie usiliteli v elektroprivedah**, Ed. Energiia, Moscova, 1965.
- [36] GRAVE H.F., - **Măsurarea electrică a mărimilor neelectrice**, Ed. Tehnică, București, 1966.
- [37] GRAY E.P., SEARLE L.C., - **Bazele electronicii moderne, vol. 1 și 2**, Ed. Tehnică, București, 1973.
- [38] GRAY E.P., MAYER R., - **Circuite integrate analogice. Analiză și proiectare**, Ed. Tehnică, București, 1983.
- [39] HERSCOVICI H., - **Circuite integrate în aparatul de automatizare**, Ed. Tehnică, București, 1976.

- [40] HU Y.P., - The design of the X - motor the IEM 3850, mass storage system. Proceedings of the 6-th Symposium on Incremental Motion Control Systems and Devices, Univ. of Illinois, USA, 1977, p.133-140.
- [41] KELEMEN A. ș.a., - Mutatoare, aplicații, Ed.did. și ped., București, 1980.
- [42] KELEMEN A., - Acționări electrice, Ed.did.și ped., București, 1979.
- [43] KELEMEN A., INECS E., - Electronică de putere, Ed.did. și ped., București, 1983.
- [44] KNAPP P., BADEN , - Ten Years of the BEC Direct D.C. Converter for Short-Distance Vehicles, Publication, BEC From Boveri, Nr. GH - B0600B,1976.
- [45] KOVACS F., COJOCARU G., - Manipulare, roboți și aplicațiile lor industriale, Ed. Pacla, Timișoara, 1982.
- [46] KUO C.B., KELEMEN A., CRIVII M., TRIȚA V., - Sisteme de comandă și reglare incrementală a poziției, Ed. Tehnică, București, 1981.
- [47] LAX D., RICHTMYER - Survey of the Stability of linear finite difference equations, Comm Pure Appl, Math 9, p. 267-293, 1957.
- [48] LAZAROIU D.F., - Mașini electrice cu inerție redusă, Ed. Acad.ESR, București, 1969.
- [49] LUPU C. ș.a., - Microprocesoare. Aplicații, Ed.Militară, București, 1982.
- [50] MAYER M., - Tiristoare în practică. Mutatoare cu comutație forțată, Ed. Tehnică, București,1970.
- [51] MIHOȘ Gh. ș.a., - Bazele matematice ale teoriei fiabilității, Ed.did.și ped., București, 1970.
- [52] MIHOȘ Gh., MICU M., - Teoria probabilităților și statistica matematică, Ed.did.și ped., București, 1980.

- [53] MITROFAN Gh., - Generatoare de impulsuri și de tensiune liniar variabilă, Ed. Tehnică, București, 1980.
- [54] KOLDOVAN G., - Scheme logice și programe FORTRAN, Ed. did. și ped., București, 1978.
- [55] MURĂȘAN T. ș.a., - Microprocesorul 8080. Aplicații, Ed. Facla, Timișoara, 1981.
- [56] NICOLAU Th. ș.a., - Măsurări electronice în industrie, Ed. Tehnică, București, 1964.
- [57] OBERMAN R.M.M., - Numărătoare electronice, Ed. Tehnică, București, 1978.
- [58] OPPHEIT W., - Tehnica reglării automate, Ed. Tehnică, București, 1965.
- [59] PAPADACHE I., - Automatizări industriale, Ed. Tehnică, București, 1978.
- [60] PEȘCARU V., - Inițiere în teleprelucrarea datelor, Ed. Tehnică, București, 1972.
- [61] PETRESCU A. ș.a., - Microcalculatoare Felix M18, M18 B, M 118, vol.1 și 2, Ed. Tehnică, București, 1984.
- [62] PETRESCU A., - Calculatoare automate și programare, Ed. did. și ped., București, 1970.
- [63] POP V., POPOVICI V., - Circuite de comutare aplicate în calculatoarele electronice, Ed. Facla, Timișoara, 1976.
- [64] POPOVICI V., - Ghidul lucrărilor de sudare, tăiere și lipire, Scrisul Rom., Craiova, 1984.
- [65] PUCĂȘU F., MARCOVICI T., - Mărimi și regimuri electrice nesinusoidale, Ed. Scrisul Rom., Craiova, 1974.
- [66] RĂCOVEANU M., - Automatica, Ed. Militară, București, 1980.
- [67] RADU O., SANDULESCU Gh., - Filtre numerice. Aplicații, Ed. Tehnică, București, 1979.
- [68] RADU O., - Componente electronice pasive, Cateleg, Ed. Tehnică, București, 1981.

- [69] RÂPEANU ș.a. - Circuite integrate analogice. Manual de utilizare, vol.1, Ed. Tehnică, București, 1983.
- [70] RADUTI C., NICOLĂSCU E., - Mașini electrice rbtative fabricate în România, Ed. Tehnică, București, 1981.
- [71] REIMES E., - Design Analysis of Multiphase D.C.Chopper Motor Drive, In : IEEE Trans. I.A.martie 1972.
- [72] RICHTER R., - Mașini electrice, Ed. Tehnică, Bucu - rești, 1956-1961.
- [73] SAAL C., EZABO W., - Sisteme de acționare electrică. Determinarea parametrilor de iuncționare, Ed. Tehnică, București, 1961.
- [74] SERACIN E., POPOVICI D., - Tehnica acționărilor elec - trice, Ed. Tehnică, București, 1985.
- [75] SERACIN E., ș.a., - Studiu asupra modelării matematice a motorului de curent continuu cu excitație derivație, în Electrotehnica nr.4, 1968.
- [76] SERACIN E., - Utilajul electromecanic al întreprin - derilor industriale, Ed.did.și ped., Bucu - rești, 1973.
- [77] SRIRAGHAVAN S.M. ș.a., - Circuit inverter monofazic cu controlul duratei impulsului, Rev. Elec - tronica, nr.6/1980.
- [78] STRAINESCU I., - Variatoare statice de tensiune con - tinuă, Ed. Tehnică, București, 1983.
- [79] STRAINESCU I., - Variatoare de curent continuu cu tiristoare pentru tracțiunea electrică urba - nă, ICPB nr.29, 71, p.71-78.
- [80] STRAINESCU I., - Scheme electrice pentru acționarea vehiculelor urbane alimentate de la linia de curent continuu, Electrotehnica nr.1, ian., 1978 p.29-36.
- [81] TOACȘE Gh., - Introducere în tehnica utilizării mi - croprocesoarelor, Univ.din Brașov, 1983.

- [82] TRIF N. ș.a., - Cercetări privind comanda electronică a instalațiilor de sudet prin puncte. In „Tehnologii și utilaje noi pentru producători la cald”, vol.2, 78, Univ. din Brașov, p.623-628.
- [83] TRIF N., - Metode de calcul a fiabilității sistemelor. In „Creația tehnică și fiabilitatea în construcția de mașini, secția Organe de mașini și mecanisme, Institutul politehnic Iași, dec.1978, p.136-143.
- [84] TRIF N. ș.a., - Tester pentru identificarea defectelor circuitelor integrate. In „Creația tehnică și fiabilitatea în construcția de mașini”, secția Organe de mașini și mecanisme, Institutul Politehnic Iași, dec.1978, p.239-240.
- [85] TRIF N. ș.a., - Considerații privind imunitatea la perturbații a circuitelor integrate. In „Creația tehnică și fiabilitatea în construcția de mașini”, secția Organe de mașini și mecanisme, Institutul Politehnic Iași, dec.1978, p.284-289.
- [86] TRIF N. ș.a., - Metode de determinare a fiabilității sistemelor continue prin modelare pe calculatoare numerice. In „Creația tehnică și fiabilitatea în construcția de mașini și mecanisme”, secția Organe de mașini și mecanisme, Institutul Politehnic Iași, dec.1978, p.63-67.
- [87] TRIF N., CEȘTU Gh. ș.a., - Contribuții la îmbunătățirea siguranței în funcționare și protecția mașinilor unelte cu comandă numerică. In „Creația tehnică și fiabilitatea în construcția de mașini”, secția Mașini unelte, scule și dispozitive, Institutul Politehnic Iași, dec. 1978, p.244-249.
- [88] TRIF N., - Măsurarea fiabilității traductoarelor de proximitate. In „Creația tehnică și fiabilitatea în construcția de mașini”, secția Tehnologii construcțiilor de mașini, Utilaj tehnologic și metalurgie, Institutul Politehnic Iași, dec.1978, p.132-137.

- [89] TRIF N., - Contribuții privind determinarea numerică a turației autovehiculelor. In „Creativitatea în construcția de fabricare și exploatarea a automobilelor”, vol.3 Automobile, Pitești, nov. 1979, p.153-157.
- [90] TRIF N. ș.a., - Sistem automat de pornire-oprire a autovehiculelor. In „Creativitatea în construcția de fabricare și exploatarea a automobilelor”, vol.3, Automobile, Pitești, nov. 1979, p.155-161.
- [91] TRIF N., - Studiul arcului electric prin oscilografie, redare pe circuit închis TV și înregistrare pe video-magnetoscop. In „Noutăți în domeniul tehnologiilor și utilajelor pentru prelucrarea la cald, vol.2, Universitatea din Brașov, februarie 1980, p.287-291.
- [92] TRIF N., - Tehnici și mijloace moderne în desfășurarea orelor de laborator și proiect în domeniul automatizării industriale. In volumul „Clasic Modern în procesul instructiv-formativ din învățământul superior”, Ed. Junimea, 1981.
- [93] TRIF N. ș.a., - Realizări practice la metalizarea cu arc electric descoperit. In „Tehnologii și utilaje noi pentru tratamente termice și sudare”, vol.23, Universitatea din Brașov, febr. 1982.
- [94] TRIF N. ș.a., - Fast measuring of the „s” parameter for induction motors using TTL - MSI Technology PROCEEDINGS, The third national conference on electrical drives, Brașov, may 1982, vol.1.
- [95] TRIF N., STANCU L., - Pechet de programe pentru simularea acționărilor electrice cu motoare de c.c. In „Acționări electrice”, vol.6, Conferința Națională de Electrotehnică și Electroenergetică, Timișoara, sept.1982, p.221-226.

- [96] TRIF N., - Sistem de acționare electrică cu microprocesoare. In „Acționări electrice”, vol.6, Conferința de Electrotehnică și electroenergetică, Timișoara, septembrie 1982, p.213-219.
- [97] TRIF N., - Controlul sudurilor și a construcțiilor sudate, Universitatea din Brașov, 1983.
- [98] TRIF N., - Programarea numărătorului generator de impulsuri „NGI” pentru comanda unui robot de sudare. In „Tehnologii și utilaje noi pentru prelucrări la cald”, Universitatea din Brașov, 1984.
- [99] TRIF N., - Performanțele în sudură ale robotului „RHECC-el”. In „Tehnologii și utilaje noi pentru prelucrări la cald”, Universitatea din Brașov, febr.1984.
- [100] TRIF N. ș.a., - Măsurarea digitală a factorului de umplere la sursele de sudare în curent pulsant. In „Tehnologii și utilaje noi pentru prelucrări la cald”, Universitatea din Brașov, februarie 1984.
- [101] TRIF N., - Contract de cercetare științifică nr.10/1981 cu Întreprinderea Electroprecizie Săcele, Brașov.
- [102] TRIF N. și colectiv - Contract de cercetare științifică nr.214/1983 cu Institutul de Fizică și Tehnologia Aparatelor cu Radiații, București.
- [103] TRIF N., - Robotul „RETEP” - In „Robot 86” la al IV-lea Simpozion național de roboți industriali Brașov, decembrie 1986.
- [104] TRIF N., - Robotul „REMUS” - In „Robot 86” la al IV-lea Simpozion național de roboți industriali , Brașov, decembrie 1986.
- [105] TRIF N., - Robotul „ROCCOS” - In „Robot 86” la al IV-lea Simpozion național de roboți industriali, Brașov, decembrie 1986.
- [106] TRIF N., - Robotul „ROMUS” - In „Robot 86” la al IV-lea Simpozion național de roboți industriali, Brașov, decembrie 1986.

- [107] TRIF N., - Robotul „REAMECC-03” - In „Robot 86” la al IV-lea Simpozion național de roboți industriali , decembrie 1986.
- [108] TURSOIU Gh., MBRACIN E., SAAL C., - Acționări electrice, Ed.did.și ped., București, 1982.
- [109] VASILIU Gh. și colectiv.- Micromotoare de curent continuu cu comutație statică, Ed.Tehnică, București, 1976.
- [110] VATASESCU A. și colectiv.- Circuite cu semiconductoare în industrie. Amplificatoare și oscilatoare, Ed. Tehnică, București, 1971.
- [111] VATASESCU A. și colectiv.- Circuite integrate liniare. Manual de utilizare, vol.1, Ed.Tehnică, București, 1979.
- [112] VATASESCU V., LPURE S., - Catelog de dispozitive semiconductoare, Ed.Tehnică, București, 1976.
- [113] VOGEL J., - Grundlagen der elektrischen Antriebs technik mit Berechnungsbeispielen, ed.III-a VEB Verlag Technik, Berlin, 1983.
- [114] ZADEH L.A., FOLAK E., - Teoria sistemelor, Ed.Tehnică, București, 1977.
- [115] AEG - Hilfsbuch 2, Handbuch der Elektrotechnik.
- [116] Sistemul de micicaloulatoare WANG-2200, Ed. Tehnică, București, seria AMC.
- [117] Dispozitive semiconductoare - catelog, IPRE Băneasa, 1984.
- [118] Integrated Circuits Consumer - Catelog Thomson CSI.
- [119] Burr - Brown - General Catalog 1979.
- [120] Semiconductors, catelog, Sprague.
- [121] Linear integrated circuits - catelog, MELLE.
- [122] AEG - Telefunken - Catelog dispozitive semiconductoare.
- [123] BCARON 800, manual de prezentare, manual de utilizare, manual de testare, IPATCT.
- [124] WANG - manual de utilizare.
- [125] 8080 - manual de utilizare.

ANEXA 1

```
0010 REM %
      IDCTM 1
0020 REM PARTIA 1
0030 DEFFN'0"CON"
0040 DEFFN'1"IDN"
0050 DEFFN'2"GAIN"
0060 DEFFN'3"SIN"
0070 DEFFN'4"COS"
0080 DEFFN'5"LAG"
0090 DEFFN'6"BANG"
0100 DEFFN'7"LIM"
0110 DEFFN'8"DEAD"
0120 DEFFN'9"RLY"
0130 DEFFN'10"RLYH"
0140 DEFFN'11"MUL"
0150 DEFFN'12"DIV"
0160 DEFFN'13"SUM"
0170 DEFFN'14"INT"
0180 DEFFN'15"END"
0190 DEFFN'16"ABS"
0200 CLM C(4),E(50),P1,P2,E2
0210 DIM A$(1/14)
0220 A$(1)="CON"
      : A$(2)="IDN"
      : A$(3)="GAIN"
      : A$(4)="SIN"
0230 A$(5)="COS"
      : A$(6)="LAG"
      : A$(7)="BANG"
      : A$(8)="LIM"
0240 A$(9)="DEAD"
      : A$(10)="RLY"
      : A$(11)="RLYH"
      : A$(12)="MUL"
0250 A$(13)="DIV"
      : A$(14)="SUM"
      : A$(15)="INT"
      : A$(16)="END"
0260 A$(17)="ABS"
0270 K=1
0280 J=20+1
0290 PRINT HEX(0E), "PROGRAM DE SIMULARE"
0300 PRINT
      : PRINT
0310 PRINTUSING 320
-0320 %ELEMENTS IESIRE INTR.1 INTR.2 INTR.3 CT.CARACT.1 CT.CARACT.2
0330 PRINT
      : PRINT
-0340 INPUT "TIU ELEMENTI",B#
0350 FOR I=1TO 17
0360 IF A$(I)=0$THEN 400
0370 NEXT I
0380 PRINT "TIU ELEMENTI ERONA"
0390 GOTO 340
-0400 IF B#="END"THEN 800
0410 X1,X2,X0=0
0420 C1,C2=0
```

```
0430 INPUT "NUMARUL YEDINII",Y
0440 IF I<=2THEN S10
0450 INPUT "NUMARUL INTRARII 1",X1
0460 IF I=17THEN S40
0470 IF I<=11THEN S10
0480 INPUT "NUMARUL INTRARII 2",X2
0490 IF I<=13THEN S10
0500 INPUT "NUMARUL INTRARII 3",X3
-0510 INPUT "CONSTANTA CARACTERISTICA 1",C1
0520 IF L#="RLY"THEN S40
0530 IF B#="RLY"THEN S40
-0540 REM FORMAREA MATRICEI A
0550 A(1,Y)=Y
0560 A(2,Y)=I
0570 A(3,Y)=X1
0580 A(4,Y)=X2
0590 A(5,Y)=X3
0600 A(6,Y)=C1
0610 A(7,Y)=C2
0620 A(8,Y)=0
0630 GOTO 660

-0640 INPUT "CONSTANTA CARACTERISTICA 2",C2
0650 GOTO 540

-0660 IF I<=2THEN 710
0670 IF B#="INT"THEN 770
0680 IF D#="LAG"THEN 770
-0690 N=N+1
0700 GOTO 340

-0710 E(K)=Y
0720 K=K+1
0730 PRINT USING 740,A$(A(2,Y)),A(1,Y),A(3,Y),A(4,Y),A(5,Y),A(6,
7,Y)
-0740 % ##### ## ## ## ## ###.#### ##.####
0750 A(1,Y)=0
0760 GOTO 630

-0770 B(J)=Y
0780 J=J+1
0790 GOTO 630

-0800 REM INCEREA SORTAREA ELEMENTELOR
0810 FOR L1=170 TO 16
0820 IF A(1,L1)=0THEN S80
0830 PRINT USING 840,A$(A(2,L1)),A(1,L1),A(3,L1),A(4,L1),A(5,L1)
L1),A(7,L1)
-0840 % ##### ## ## ## ## ###.#### ##.####
-0850 NEXT L1
0860 PRINT
0870 I=1
-0880 IF A(1,I)=0THEN S80
0890 IF A(3,I)=0THEN S80
0900 REM SE CAUTA IN TABELUL CU ELEMENTE SORTATE
0910 FOR P=1TO K-1
0920 IF ABS(A(3,I))-E(P))THEN 1050
0930 NEXT P
```

```
0940 REM SE CAUTA IN TABELUL CU ELEMENTE CU MEMORIE
0950 FOR M=1 TO J-1
0960 IF ABS(A(3,1))=B*(M) THEN 1000
0970 NEXT M
-0980 I=I+1
0990 IF I=1 THEN 1010
1000 GOTO 880

-1010 S=S+1
1020 IF S=N THEN 1390
1030 I=1
1040 GOTO 880

-1050 IF A(4,I)=0 THEN 1210
1060 FOR P=1 TO K-1
1070 IF ABS(A(4,1))=C*(P) THEN 1130
1080 NEXT P
1090 FOR M=1 TO J-1
1100 IF ABS(A(4,1))=B*(M) THEN 1130
1110 NEXT M
1120 GOTO 880

-1130 IF A(5,I)=0 THEN 1210
1140 FOR P1=1 TO K-1
1150 IF ABS(A(4,1))=C*(P) THEN 1210
1160 NEXT P
1170 FOR M=1 TO J-1
1180 IF ABS(A(5,1))=B*(M) THEN 1210
1190 NEXT M
1200 GOTO 880

-1210 E(K)=A(1,I)
1220 K=K+1
1230 A(1,I)=0
1240 FOR V=1 TO 16
1250 IF A(1,V)<>0 THEN 980
1260 NEXT V
1270 INPUT "TIMPUL MAXIM DE SIMULARE",T
1280 PRINT "TIMPUL MAXIM DE SIMULARE";T
1290 INPUT "PASUL DE INTEGRARE",PI
1300 PRINT "PASUL DE INTEGRARE";PI
1310 INPUT "PASUL DE TIMARIRE",TE
1320 PRINT "PASUL DE TIMARIRE";TE
1330 INPUT "ERORAREA DE INTEGRARE",EE
1340 PRINT "ERORAREA DE INTEGRARE";EE
1350 FOR L1=1 TO 4
1360 INPUT "IEGIRI CE SE VOR TIPARI",C(L1)
1370 NEXT L1
1380 GOTO 1430

-1390 PRINT "NU SE POATE FACE SORTAREA ELEMENTELOR"
1400 STOP
1410 PRINT "CALCULUL SISTEMULUI SE FACE IN ORDINEA"
1420 PRINT
1430 PRINT USING 1440, E(1), E(2), E(3), E(4), E(5), E(6), E(7), E(8), E(9),
E(10), E(11), E(12), E(13), E(14), E(15), E(16)
-1440 % ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** **
1450 PRINT
1460 REWIND
1470 LOAD "BO1Y3"
```

ANEXA 2

```

0010  REM %
      - DOIY 2

0020  REWIND
0030  REM PARTEA 2
0050  DIM D(5),F(10),G(20),L(8,0)
0060  FOR G=1TO 16
0070  IF A(2,G)=15THEN 100
0080  NEXT G
0090  GOTO 120

0100  A(1,G)=A(6,G)
0110  GOTO 80

0120  PRINTUSING 130
0130  % -----
0140  PRINTUSING 150
0150  %%  Timp      *                IESIRI DE SE VOR TIPARI          *
0160  PRINTUSING 170
0170  % -----
0180  PRINTUSING 190,C(1),C(2),C(3),C(4)
0190  %%      *      **      *      **      *      **      *      **      *
0200  PRINTUSING 210
0210  %-----
0220  FOR P=1TO 16
0230  IF A(2,P)=1THEN 260
0240  NEXT P
0250  GOTO 280

0260  A(1,P)=A(6,P)
0270  GOTO 240

0280  S=1
0290  I=1
      : J=1
0300  FOR K=1TO N+1
0310  IF A(2,E(K))=1THEN 450
0320  IF A(2,E(K))=2THEN 490
0330  IF A(2,E(K))=15THEN 520
0340  REM
0350  REM
0360  X1=A(1,ABS(A(3,E(K))))*SGN(A(3,E(K)))
0370  IF A(2,E(K))=17THEN 1890
0380  IF A(4,E(K))=0THEN 420
0390  X2=A(1,ABS(A(4,E(K))))*SGN(A(4,E(K)))
0400  IF A(5,E(K))=0THEN 420
0410  X3=A(1,ABS(A(5,E(K))))*SGN(A(5,E(K)))
0420  C1=A(6,E(K))
0430  C2=A(7,E(K))
0440  ON (A(2,E(K))-2)GOTO 260,390,520,550,1070,1120,1190,1260,1
1410,1440,1500
0450  A(1,E(K))=Y
0460  REM
0470  NEXT K
0480  GOTO 550

0490  D(1)=E(K)
0500  I=I+1
0510  GOTO 470

```

```
--0520 F(J)=E(K)
0530 J=J+1
      : GOTO 470

0540 GOTO 450

--0550 IF T1=0 THEN 590
0560 IF T1=S*P THEN 590
--0570 IF T1=1 THEN 630
0580 GOTO 670

--0590 PRINT USING 600, T1, A(1, C(1)), A(1, C(2)), A(1, C(3)), A(1, C(4))
--0600 %****.**** *#.####1111-#.#####? ? ? ?*-#.#####? ? ? ?*-#.#####? ? ? ?
0610 IF T1=0 THEN 570
0620 S=S+1
      : GOTO 570

--0630 PRINT USING 640
--0640 % -----
0650 PRINT "SHIRSHUL GIMLAKII"
0660 KEND
--0670 REM
0680 FOR V=1 TO 3-1
0690 IF A(4, F(V))=0 THEN 730
0700 IF A(5, F(V))=0 THEN 740
0710 L(1, V)=A(1, ABS(A(3, F(V))*SGN(A(3, F(V))+A(1, ABS(A(4, F(V))))
GN(A(4, F(V))+A(1, ABS(A(5, F(V))*SGN(A(5, F(V))))
0720 GOTO 750

--0730 L(1, V)=A(1, ABS(A(3, F(V))*SGN(A(3, F(V))))
      : GOTO 750

--0740 L(1, V)=A(1, ABS(A(3, F(V))*SGN(A(3, F(V))+A(1, ABS(A(4, F(V))))
GN(A(4, F(V)))
--0750 NEXT V
0760 GOSUB 1790
0770 IF W=0 THEN 790
0780 GOSUB 350
--0790 T1=T1+P
0800 IF D(1)=0 THEN 830
0810 FOR R=1 TO 1-1
0820 Y=Y1
0830 A(1, D(R))=Y
0840 NEXT R
--0850 GOTO 290

--0860 REM SUB.1 "GAIN"
0870 Y=C1*X1
0880 RETURN

--0890 REM SUB.2 "SIN"
0900 Y=SIN(X1)
0910 RETURN
```



```
-0920  REM SUB.3 "COS"  
0930  Y=COS(X1)  
0940  RETURN  
  
-0950  REM SUB.4 "LAG"  
0960  Z=C1/20  
0970  Z1=Z1+P  
0980  IF Z1>=Z1THEN 1010  
-0990  Y=G(20)  
1000  RETURN  
  
-1010  FOR U=1TO 19  
1020  G(21-U)=G(20-U)  
1030  NEXT U  
1040  G(1)=X1  
1050  Z1=0  
1060  GOTO 990  
  
-1070  REM SUB.5 "DANG"  
1080  IF X1>=01THEN 1100  
1090  Y=-C1  
      : GOTO 1110  
  
-1100  Y=C1  
-1110  RETURN  
  
-1120  REM SUB.6 "LIM"  
1130  IF ABS(X1)<C1THEN 1160  
1140  IF X1>C1THEN 1170  
1150  Y=-C1  
      : GOTO 1180  
  
-1160  Y=X1  
      : GOTO 1180  
  
-1170  Y=C1  
-1180  RETURN  
  
-1190  REM SUB.7 "DEAD"  
1200  IF ABS(X1)<C1THEN 1240  
1210  IF X1>=C1THEN 1230  
1220  Y=(C1-X1)  
      : GOTO 1250  
  
-1230  Y=C1-X1  
      : GOTO 1250  
  
-1240  Y=0  
-1250  RETURN  
  
-1260  REM SUB.8 "RLY"  
1270  IF ABS(X1)<C1THEN 1300  
1280  IF X1>=C1THEN 1310  
1290  Y=-C2  
      : GOTO 1320
```

```
-1300 Y=0
      : GOTO 1320

-1310 Y=C2
-1320 RETURN

-1330 REM SUB.0 "RLY:"
1340 IF ABS(X1)<C1THEN 1370
1350 IF X1>=C1THEN 1380
1360 Y=-C2
      : GOTO 1390

-1370 IF ABS(X2)-ABS(X1)>0THEN 1360
-1380 Y=C2
-1390 X2=X1
1400 RETURN

-1410 REM SUB.10 "MUL"
1420 Y=X1*X2
1430 RETURN

-1440 REM SUB.11 "DIV"
1450 IF X2=0THEN 1480
1460 Y=X1/X2
-1470 RETURN.

-1480 Y=10E+10
1490 GOTO 1470

-1500 REM SUB.12 "SUM"
1510 Y=X1+X2+X3
1520 RETURN

1530 REM SUB.15 "INT"
1540 IF Z8=1THEN 1570
1550 P=P2/5
1560 Z8=1
-1570 D8=1
-1580 Y1=A(1,D8)
1590 Y2=Y1+P/2*(B*L(1,D8)-L(1,D8))
1600 A(1,D8)=Y2
1610 L(2,D8)=L(1,D8)
1620 IF ABS(Y2)<=1THEN 1640
1630 E=ABS((Y2-Y1)/Y1)
      : GOTO 1650

-1640 E=ABS(Y2-Y1)
-1650 IF E<=E2THEN 1700
1660 P=P/2
1670 IF Z7=1THEN 1700
1680 IF P<=P1THEN 1760
1690 GOTO 1580

-1700 L(3,D8)=P
1710 FOR Q2=1 TO D8
1720 GOTO 1750
```

```
1730 IF P(L(3,G2)) THEN 1670
1740 NEXT G2
-1750 RETURN

-1760 PRINT "CONVERGENZA SLABE"
1770 P=P1
      : Z7=1
1780 GOTO 1700

-1790 REM SUB.16 "INT"
1800 P=P1
1810 FOR V=1 TO 3:1
1820 IF F(V)=0 THEN 1870
1830 Y1=A(1,F(V))
1840 Y2=Y1+P/2*(3*L(1,V)-L(2,V))
1850 L(2,V)=L(1,V)
1860 A(1,F(V))=Y2
1870 NEXT V
1880 RETURN

-1890 Y=ABS(X1)
1900 GOTO 450
```

ANEXA 3

0001 REM %

- DUTY 3

```
0010 COM A(8,50),Z0,N,00
0020 COM B(20)
0030 DIM A1(5),B1(5),W1(4,4)
0040 W1(1,1)=0
      : W1(1,2)=0
      : W1(1,3)=0
      : W1(1,4)=0
0050 W1(2,1)=0
      : W1(2,2)=7
      : W1(2,3)=0
      : W1(2,4)=0
0060 W1(3,1)=0
      : W1(3,2)=9
      : W1(3,3)=10
      : W1(3,4)=0
0070 W1(4,1)=0
      : W1(4,2)=11
      : W1(4,3)=12
      : W1(4,4)=10
0080 PRINT HEX(0E),      "METODA FORMELOR SERIALE"
0090 PRINT
0100 J=1
0110 INPUT "GRADUL NUMITORULUI M1",M1
0120 INPUT "GRADUL NUMARATORULUI M2",M2
0130 FOR K1=1 TO M2+1
0140 INPUT "COEF.A1 IN ORDINE CRESCATOARE",A1(K1)
0150 NEXT K1
0160 FOR I1=1 TO M1+1
0170 INPUT "COEF.B1 IN ORDINE CRESCATOARE",B1(I1)
0180 NEXT I1
0190 PRINT "GRADUL NUMITORULUI";M1
0200 PRINT
0210 PRINT "GRADUL NUMARATORULUI";M2
      : PRINT
0220 PRINT
0230 PRINT "COEF.A IN ORDINE CRESCATOARE SINT"
0240 PRINT USING 250
-0250 %      A0      A1      A2      A3      A4
0260 PRINT USING 270,A1(1),A1(2),A1(3),A1(4),A1(5)
-0270 % ***** ***** ***** ***** ***** *****
0280 PRINT
0290 PRINT "COEF.B IN ORDINE CRESCATOARE SINT"
0300 PRINT USING 310
-0310 %      B0      B1      B2      B3      B4
0320 PRINT USING 330,B1(1),B1(2),B1(3),B1(4),B1(5)
-0330 % ***** ***** ***** ***** ***** *****
0340 PRINT
0350 J=1
0360 FOR J1=0 TO M1-1
0370 I=10
0380 Y=2*M1+3+J1+G1
0390 X1=2+J1+G1
0400 X2=M1+3+J1+G1
0410 X3=W1(M1,J1+1)+G1
```

```
0420 A(1,Y)=Y
      : A(2,Y)=1
      : A(3,Y)=X1
      : A(4,Y)=X2
      : A(5,Y)=X3
0430 B(J)=Y
0440 J=J+1
0450 ZB=J
0460 NEXJ J1
0470 I=14
0480 Y=3*M1+3+G1
0490 X1=M1+2+G1
0500 X2=3*M1+2+G1
0510 A(1,Y)=Y
      : A(2,Y)=1
      : A(3,Y)=X1
      : A(4,Y)=X2
0520 FOR G1=0 TO M1
0530 I=3
0540 Y=2+G1+G1
0550 X1=1+N+G1
0560 P4=X1
0570 C1=A1(G1+1)/B1(M1+1)
0580 A(1,Y)=Y
      : A(2,Y)=1
      : A(3,Y)=X1
      : A(6,Y)=C1
0590 NEXJ S1
0600 FOR R1=0 TO M1-1
0610 I=3
0620 Y=M1+3+R1+G1
0630 X1=-(3*M1+3)+G1
0640 C1=B1(R1+1)/B1(M1+1)
0650 A(1,Y)=Y
      : A(2,Y)=1
      : A(3,Y)=X1
      : A(6,Y)=C1
0660 NEXJ R1
0670 G1=3*M1+3
0680 G2=N+G1+G1
0690 N=N+G1-1
0700 INPUT "SE CONTINUA CU M.F.D.T.",C#
0710 IF C#="D" THEN 770
0720 REWIND
0730 GB=GB+1
0740 PRINT USING 750,GB,GB,GB,GB,GB,GB
-0750 % I/O P1. F.D.T. H##(G) GINT X##### SI Y#####
0760 LOAD "DOTY1"

-0770 REWIND
0780 GB=GB+1
0790 PRINT USING 800,GB,GB,GB,GB,GB,GB
-0800 % I/O P1. F.D.T. H##(G) GINT X##### SI Y#####
0810 LOAD "DOTY2"
```

ANEXA 4

DATE

METODA FORMELOR SERIALE

GRADUL NUMITORULUI 2

GRADUL NUMARATORULUI 0

COEF. A IN ORDINE CRESCATOARE SINT

A0	A1	A2	A3	A4
0.210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

COEF. B IN ORDINE CRESCATOARE SINT

B0	B1	B2	B3	B4
0.0000	0.0521	1.0000	0.0000	0.0000

1/0 PT. F.D.T. H 1/000 SINT XTE 0 SI Y 1= 0.0000
PROGRAM DE SIMULARE

ELEMENT IESIRE INTR. 1 INTR. 2 INTR. 3 CT. CARACT. 1 CT. CARACT.

CON	1	0	0	0	25.0000	0.0000
GATN	2	1	0	0	0.0000	0.0000
GATN	3	1	0	0	0.0000	0.0000
GATN	4	1	0	0	0.0000	0.0000
GATN	5	1	0	0	0.0000	0.0000
GATN	6	1	0	0	0.0000	0.0000
INT	7	2	0	0	0.0000	0.0000
INT	8	3	0	0	0.0000	0.0000
SIM	9	4	0	0	0.0000	0.0000

COEF. BAZIN DE SIMULARE 00

COEF. DE INTEGRARE 1

COEF. DE TIPARIRE 1

ERORER DE INTEGRARE 1.00000000E-03

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 0 0 0 0 0

*	T	I	M	P	I	E	S	I	R	I	C	E	S	E	V	O	R	T	I	P	A	R	I	*	
*	*	1	*	7	*	8	*	9	*	0	*	0	*	0	*	0	*	0	*	0	*	0	*	0	*

TIME				
* 0.0000	* 2.5000E+01	* 0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
* 0.1000	* 2.5000E+01	* 1.7403E+00	8.0774E+00	8.0740E+00
* 0.2000	* 2.5000E+01	* 3.7978E+00	1.5561E+01	1.5547E+01
* 0.3000	* 2.5000E+01	* 5.0553E+00	2.1501E+01	2.1500E+01
* 0.4000	* 2.5000E+01	* 6.7127E+00	2.6223E+01	2.6273E+01
* 0.5000	* 2.5000E+01	* 8.3701E+00	2.9918E+01	2.9918E+01
* 0.6000	* 2.5000E+01	* 1.0027E+01	3.2974E+01	3.2968E+01
* 0.7000	* 2.5000E+01	* 1.1684E+01	3.5623E+01	3.5620E+01
* 0.8000	* 2.5000E+01	* 1.3341E+01	3.7993E+01	3.7993E+01
* 0.9000	* 2.5000E+01	* 1.4998E+01	3.9993E+01	3.9994E+01
* 1.0000	* 2.5000E+01	* 1.6655E+01	4.1623E+01	4.1623E+01
* 1.1000	* 2.5000E+01	* 1.8312E+01	4.2874E+01	4.2894E+01
* 1.2000	* 2.5000E+01	* 1.9969E+01	4.3746E+01	4.3794E+01
* 1.3000	* 2.5000E+01	* 2.1626E+01	4.4240E+01	4.4311E+01
* 1.4000	* 2.5000E+01	* 2.3283E+01	4.4466E+01	4.4531E+01
* 1.5000	* 2.5000E+01	* 2.4940E+01	4.4424E+01	4.4531E+01
* 1.6000	* 2.5000E+01	* 2.6597E+01	4.4114E+01	4.4242E+01
* 1.7000	* 2.5000E+01	* 2.8254E+01	4.3536E+01	4.3711E+01
* 1.8000	* 2.5000E+01	* 2.9911E+01	4.2690E+01	4.2972E+01
* 1.9000	* 2.5000E+01	* 3.1568E+01	4.1586E+01	4.1990E+01
* 2.0000	* 2.5000E+01	* 3.3225E+01	4.0234E+01	4.0692E+01
* 2.1000	* 2.5000E+01	* 3.4882E+01	3.8635E+01	3.9211E+01
* 2.2000	* 2.5000E+01	* 3.6539E+01	3.6790E+01	3.7617E+01
* 2.3000	* 2.5000E+01	* 3.8196E+01	3.4712E+01	3.5813E+01
* 2.4000	* 2.5000E+01	* 3.9853E+01	3.2414E+01	3.3904E+01
* 2.5000	* 2.5000E+01	* 4.1510E+01	2.9900E+01	3.1944E+01
* 2.6000	* 2.5000E+01	* 4.3167E+01	2.7174E+01	2.9947E+01
* 2.7000	* 2.5000E+01	* 4.4824E+01	2.4240E+01	2.7922E+01
* 2.8000	* 2.5000E+01	* 4.6481E+01	2.1100E+01	2.5867E+01
* 2.9000	* 2.5000E+01	* 4.8138E+01	1.7758E+01	2.3782E+01
* 3.0000	* 2.5000E+01	* 4.9795E+01	1.4218E+01	2.1667E+01
* 3.1000	* 2.5000E+01	* 5.1452E+01	9.4811E+00	1.9531E+01
* 3.2000	* 2.5000E+01	* 5.3109E+01	4.6320E+00	1.7374E+01
* 3.3000	* 2.5000E+01	* 5.4766E+01	0.0000E+00	1.5217E+01
* 3.4000	* 2.5000E+01	* 5.6423E+01	-4.8422E+00	1.3060E+01
* 3.5000	* 2.5000E+01	* 5.8080E+01	-9.6844E+00	1.0903E+01
* 3.6000	* 2.5000E+01	* 5.9737E+01	-1.0044E+00	1.0040E+01
* 3.7000	* 2.5000E+01	* 6.1394E+01	1.0584E+00	1.0584E+00
* 3.8000	* 2.5000E+01	* 6.2951E+01	1.1124E+00	1.1124E+00
* 3.9000	* 2.5000E+01	* 6.4608E+01	1.1764E+00	1.1764E+00
* 4.0000	* 2.5000E+01	* 6.6265E+01	1.2504E+00	1.2504E+00
* 4.1000	* 2.5000E+01	* 6.7922E+01	1.3344E+00	1.3344E+00
* 4.2000	* 2.5000E+01	* 6.9579E+01	1.3517E+00	1.3517E+00

SEYRSUTL SIMULART

ANEXA 5

0005 REM %

- PROGRAM A1

0010 REM PROGRAM DE FIXARE A TIMPULUI PINA LA VITEZA NOMINALA - DOB
A1 -

0020 REM AUTOTRIE I.N. - TEZA DE DOCTORAT

0030 DIM B#6

0035 REM INITIALIZARE CONTOR CEAS

0040 TIME ="000000" PASSWORD "SYSTEM"

0050 REM STAREA INITIALA

0060 INPUT "NUMAR TACTURI DE ASTEPTARE INAINTE DE PORNIRE",NI

0065 I1=NI

0070 GOTO 200

0080 REM 200=DETECTARE IMPULSURI CEAS

0090 REM SFIRSIUL STARII INITIALE

0100 REM *****

0110 REM DETECTARE IMPULSURI CEAS

-0200 B#=TIME

0210 B#=B00L8 ALL HEX(02)

0220 IF B#(>HEX(000000000000)) THEN 200

-0225 B#=TIME

: B#=B00L8 ALL HEX(02)

0250 IF B#=HEX(000000000000) THEN 225

0260 REM => SALI LA ACTUALIZARE CONTOR CEAS

0270 GOTO 300

0280 REM 300=ACTUALIZARE STARE CEAS

0285 REM SFIRSIIT DETECTARE IMPULSURI

0290 REM *****

0295 REM ACTUALIZARE STARE CEAS

-0300 I1=I1-1

0310 IF I1<0 THEN 200

0320 REM 200=DETECTARE IMPULSURI CEAS

0330 GOTO 400

0340 REM 400=SFIRSIIT ACTUALIZARE CONTOR CEAS

-0400 END

ANEXA 5

```
0001 REM %  
  
PROGRAM A2  
  
0002 REM PROGRAM TESTARE VITEZA-D065-A2-  
0003 REM AUTOR TRIF I. N.-TEZA DOCTORAT  
0010 REM ACEST PROGRAM EXECUTA TESTUL VITEZEI  
0012 REM UTILIZATORUL DA VALOARCA INITIALA, LUNGIMEA TESTULUI (NR IMP  
ULSURI-I1), APOI VALOAREA INTERVALULUI  
0013 REM DE TESTARE I2 (IMPULSURI)  
0014 REM LA SFIRSIT SE AFISEAZA ULTIMA VALOARE A CONTORULUI TAHOMETRU  
LUI  
0015 DIM B#6, M1#6, M2#6  
0020 REM INITIALIZARE CONTOR CEAS  
0030 TIME="000000"PASSWORD "SYSTEM"  
0040 M1=1  
: CONVERT M1 TO M1$, (#####)  
0045 M2=2  
: CONVERT M2 TO M2$, (#####)  
0046 REM M1=MASCA PTR.TAHOMETRU , M2=MASCA PTR. CEAS  
0047 REM *****  
0048 REM STAREA INITIALA  
0050 INPUT "LUNGIMEA TESTULUI (NR.IMPULSURI)", I1  
0060 INPUT "LUNGIMEA INTERVALULUI (NR.IMPULSURI)", L1  
0070 I2=L1  
0080 N=0  
0090 L=0  
0100 OUT 17,2  
0105 REM INITIALIZARE CIRCUIT ZAVDRIRE TAHOMETRU  
0110 GOTO 200  
  
0120 REM 200=DETECTARE IMPULSURI CEAS  
0130 REM SFIRSITUL STARII INITIALE  
0140 REM *****  
0150 REM DETECTARE IMPULSURI CEAS  
-0200 B#=TIME  
0210 B#=#D00L8 M2$  
0220 IF B#(>)HEX(303030303030) THEN 200  
-0230 B#=TIME  
0240 B#=#D00L8 M2$  
0250 IF B#=#HEX(303030303030) THEN 230  
0260 REM => SALT LA ACTUALIZARE CONTOR CEAS  
0270 REM  
0280 REM ACTUALIZARE CONTOR CEAS  
0300 I1=I1-1  
0310 I2=I2-1  
0320 IF I2>0 THEN 325  
0321 I2=L1  
: GOTO 400  
  
: REM STAREA SIMPLA  
-0325 IF I1>0 THEN 500  
: REM STAREA VITEZEI  
0340 GOTO 600  
  
: REM SFIRSIT DE TIMP
```

```
0380 REM STAREA SIMPLA
-0400 L=N
0410 GOTO 500

0480 REM STAREA VITEZEI
-0500 B#=INP(16)
0510 B#=MOCLB M1#
0520 IF B#=HEX(303030303030) THEN 200
0530 N=N+1
0535 OUT 17,0
0540 OUT 17,2
0550 REM INITIALIZARE TAHOMETRU
0560 GOTO 200

0570 REM STAREA OFIRBIT DE TIMP
-0600 PRINT "ULTIMA VITEZA=";L
0610 INPUT "1-DACA SE REIA TESTUL",A
0620 IF A=1 THEN 50
0630 END
```

ANEXA 7

0005 REM %

- PROGRAM A3

```
0010 REM PROGRAM TEST MOTOR-D005-A3-
0020 REM AUTOT TRIF I. N.-TEZA DE DOCTORAT
0021 REM UTILIZATORUL DA= 1)FRECVENȚA IMPULS CEAS(HZ),2)LUNGIME TEST(
SEC),3)INTERVAL PTR VITEZA(SEC)
0022 REM 4)FRECVENȚA IMPULS DE COMANDA MOTOR, 5)PROCENT UMPLERE A TRE-
NULUI DE IMPULSURI
0023 REM MOTORUL PORNEȘTE ȘI LUCREAZA CU VITEZA DETERMINATA DE IMPULS-
URILE TRENURILOR DE UNDA
0024 REM VITEZA ESTE SIMPLA, LA OFIRȘITUL TESTULUI VITEZA ESTE AFISAT
A(2 TIPE ALI TAHOMETRULUI (E ROTATIE)
0025 REM ȘI MOTORUL SE OPREȘTE
0026 DIM M1#6,M2#6,M3#6,M4#6,B#6
0027 T=-1
      : REM VALOAREA PTR ADEVARA)
0031 F=0
      : REM VALOAREA PTR FALS
0032 M1=2
      : CONVERT M1 TO M1#, (*****
0033 M2=1
      : CONVERT M2 TO M2#, (*****
0035 M3=1
      : CONVERT M3 TO M3#, (*****
0037 M4=2
      : CONVERT M4 TO M4#, (*****
0039 TIME="000000" PASSWORD "SYSTEM"
0040 REM STAREA INITIALA
0041 S=T
      : REM STARI (===== ADEVARA)
0050 OUT 17,3
0060 I=1
0065 REM I=RETINE STAREA CURENTA A MOTORULUI
0070 REM MOTOR OPRIȚ, FALS=====)INITIALIZARE TAHOMETRU
0075 REM CIRCUITUL DE ZAVORIȘTE ȘTERS ARE VALOAREA ADEVARATA A IMPULS-
RILOR JOAGE
0076 IF S9=T THEN 100
0080 IF I2>0 THEN 500
      : REM =>STAREA VITEZEI
0090 GOTO 400
      :
      : REM STAREA SIMPLA
0098 REM STAREA INITIALA
0100 INPUT "FRECVENȚA CEAS(HZ)",F1
0110 INPUT "LUNGIME TEST(SEC)",S1
0120 INPUT "INTERVALUL VITEZEI(SEC)",S2
0130 INPUT "FRECVENȚA IMPULS COMANDA(HZ)",F2
0140 INPUT "PROCENT UMPLERE",P
0150 REM CALCUL DURATA IMPULS CEAS(SEC)
0160 K1=S1*F1
0163 V1=S2*F1
0165 T1=F1/F2
0170 N1=(T1*P)/100
0171 REM
0175 I2=V1
0180 N=N1
0185 M=T1
0190 S9=F
```

```

0195 REM UTAREA DE DETECTARE IMPULSURI CEAS
-0200 B#=TIME
0210 B#=BOOLE M1#
0220 IF B#<>HEX(303030303030) THEN 200
-0230 B#=TIME
0240 B#=BOOLE M2#
0250 IF B#<HEX(303030303030) THEN 230
0260 REM ACTUALIZARE CEAS
0300 K1=K1-1
0310 I2=I2-1
0320 N=N-1
0330 M=M-1
0340 IF K1<=0 THEN 600
      : REM SFIRSIT DE IMP
0360 IF N>0 THEN 700
      : REM MOTOR PORNIT
0375 IF M>0 THEN 50
      : REM MOTOR OPRIT
0385 M=T1
0386 N=N1
0390 GOTO 700

0397 REM STAREA SIMPLA
0400 L4=L6
0410 L6=0
0420 I1=V1
0430 REM STAREA VITEZEI
-0500 B#=INP(16)
0510 B#=BOOLE M1#
0520 IF B#<ALL HEX(30) THEN 200
0525 L6=L6+1
0530 CONVERT I TO B#, (#####)
      : B#=BOOLE M3#
0540 OUT 17,B#
0545 CONVERT I TO B#, (#####)
      : B#=BOOLE M4#
0546 OUT 17,B#
0550 GOTO 200

0590 REM TIMP TERMINAT
0600 PRINT "ULTIMA VITEZA (KPM)="; (L4*30)/52
0610 S9=T
0620 GOTO 50

0660 REM MOTOR PORNIT
-0700 OUT 17,2
0710 REM ROTIRE MOTOR
0720 I=0
0740 IF I2<=0 THEN 400
0760 GOTO 500

0770 END

```

8. PROGRAMU PRINCIPAL SURSĂ

```
*B4000 4010
4000 21 LXI H F000
4003 11 LXI D 0200
4005 7E MOV A,H
4007 12 STAX D
4008 23 INX H
4009 13 INX D
400A 7A MOV A,D
400B FE CPI 00
400D 02 JNZ F005
4010 03 JMP 0200
*B213 21A
0213 E1 POP H
0214 F5 PUSH PSH
0215 AF XRA A
0216 03 OUT FF
0218 F1 POP PSH
0219 FB EI
021A 09 RET
*B21B 225
021B E5 PUSH H
021C 2A LHALD 0100
021F 23 INX H
0220 22 SHLD 0100
0223 03 JMP 0213
*
*B225 230
0225 E5 PUSH H
0227 2A LHALD 0100
022A 2B DCX H
022B 22 SHLD 0100
022E 03 JMP 0213
*
*B231 23B
0231 E5 PUSH H
0232 2A LHALD 0100
0235 23 INX H
0236 22 SHLD 0100
0239 03 JMP 0213
*
*B23C 245
023C E5 PUSH H
023D 2A LHALD 0100
0240 2B DCX H
0241 22 SHLD 0100
0244 03 JMP 0213
*
*B247 251
0247 E5 PUSH H
0248 2A LHALD 0110
024B 23 INX H
024C 22 SHLD 0110
024F 03 JMP 0213
H VL 5
*B252 250
0252 250
0252 E5 PUSH H
0253 2A LHALD 0110
0256 2B DCX H
0257 22 SHLD 0110
025A 03 JMP 0213
*
*B25D 257
025D E5 PUSH H
```

```
025E 2A LHL D 0118
0261 23 INX H
0262 22 SHLD 0118
0265 03 JMP 0213
*
*0268 272
0268 05 PUSH H
0269 2A LHL D 0118
026C 2B DCX H
026D 22 SHLD 0118
0270 03 JMP 0213
*
*0273 287
0273 01 LXI B FFFF
0276 2A LHL D 0170
0279 09 DAD B
027A 0A JC 0282
027D 2A LHL D 0172
0280 09 DAD B
0281 06 RNC
0282 3A LDA 0168
0285 0E CPI F9
0287 09 RET
*
*288 2A4
0288 05 PUSH B
0289 06 PUSH D
028B 4B MOV C,H
028C 23 INX H
028E 4B MOV B,H
028F 23 INX H
0290 0D CALL 02A5
029171 MOV H,C
292 23 INX H
0293 7B MOV H,B
0294 23 INX H
0295 4B MOV C,E
0296 42 MOV B,D
297 0D CALL 02A5
0298 71 MOV H,C
029B 23 INX H
029C 7B MOV H,B
029D 23 INX H
029E 73 MOV H,E
029F 23 INX H
02A0 72 MOV H,D
02A1 23 INX H
02A2 01 POP D
02A3 01 POP B
02A4 09 RET
*
*02A5 2B1
02A5 7 E MOV A,H
0A6 2F CMA
02A7 5F MOV E,A
02A8 23 INX H
02A9 7E MOV A,H
02AA 2F CMA
02AB 57 MOV D,A
02AC 2B DCX H
02AD 13 INX D
02AE EB XCHG
02AF 09 DAD B
02B0 EB XCHG
02B1 09 RET
*
```

```
*B2B2 2B9
02B2 7D MOV A, L
02B3 2F CMA
02B4 5F MOV L, A
02B5 7C MOV A, H
02B6 2F CMA
02B7 57 MOV H, A
02B8 23 INX H
02B9 09 RET
H VI*5
*
*B2BA 2C6
02BA 7C MOV A, H
02BB 07 RLC
02BC 00 RNC
02BD 0D CALL 02B2
02BE E5 PUSH H
02BF 21 LXI H, 0166
02C0 34 INR H
02C1 E1 POP H
02C2 09 RET
*
*
*B2C7 2D4
02C7 3E MVI A, 00
02C8 32 STA 0166
02C9 0D CALL 02BA
02CA EB XCHG
02CB 0D CALL 02BA
02CC EB XCHG
02CD 09 RET
*
*B2D5 2FE
02D5 01 LXI B, 0000
02D6 05 PUSH B
02D7 29 DAD H
02D8 79 MOV A, C
02D9 17 RAL
02DA 4F MOV C, A
02DB 78 MOV A, B
02DC 1F RAR
02DD 47 MOV B, A
02DE 05 PUSH B
02DF 79 MOV A, C
02E0 93 SUB E
02E1 4F MOV C, A
02E2 78 MOV A, B
02E3 9A SBB D
02E4 47 MOV B, A
02E5 0A JC 02F0
02E6 F1 POP PSW
02E7 3E MVI A, 01
02E8 03 JNB 02F2
02E9 03 02F2
02EA 01 POP B
02EB AF XRA A
02EC 85 ORA L
02ED 5F MOV L, A
02EE E3 XTHL
02EF 24 INR H
02F0 7C MOV A, H
02F1 E3 XTHL
02F2 FE CPI 10
02F3 02 ZNZ 02D9
02F4 F1 POP PSW
02F5 09 RET
```

```

*
*0300 307
0300 E5 PUSH H
0301 21 LXI H 0168
0304 34 INR H
0305 C3 JMP 0213
*
*0308 310
0308 CD CALL 02C7
030B CD CALL 02D5
030E 7C MOV A, H
030F 07 RLC
0310 08 RC
*
*0311 3A LDA 0166
0314 1F RAR
0315 D6 RNC
0316 CD CALL 02E2
0319 AF XRA A
031A C9 RET
*
*031B 337
031B 21 LXI H 0000
031E E5 PUSH H
031F 29 DAD H
0320 78 MOV A, E
0321 17 RAL
0322 5F MOV E, A
0323 78 MOV A, D
0324 17 RAL
0325 57 MOV D, A
0326 D2 JNC 032E
0329 09 DAD B
032A D2 JNC 032E
032D 13 INX D
032E F1 POP PSH
032F 3C INR A
0330 F5 PUSH PSH
0331 FE CPI 10
0333 C2 JNZ 031F
0336 F1 POP PSH
0337 C9 RET
H 51x5
*0338 34F
0338 60 MOV H, B
0339 69 MOV L, C
033A CD CALL 02C7
033D 44 MOV B, H
033E 4D MOV C, L
033F CD CALL 031B
0342 78 MOV A, D
0343 A7 ANA A
0344 C6 RNZ
0345 78 MOV A, E
0346 A7 ANA A
0347 C6 RNZ
0348 7C MOV A, H
0349 E6 ANI 00
034B C6 RNZ
034C C3 JMP 0311
034F 06 NOP
*0350 366
0350 F5 PUSH PSH
0351 CD CALL 0300
0354 E5 PUSH H
0355 21 LXI H 0166

```


0358 CD CALL 0288
0359 CD CALL 0288
035E CD CALL 0288
0361 CD CALL 0288
0364 E1 POP H
0365 F1 POP PSW
0366 C9 RET

*

*0368 37F

0368 18 02 25 02 31 02 3C 01
0370 47 02 52 02 5D 02 68 02 13 02 13 02

*

*0380 3FF

0380 01 LXI B 0005
0383 21 LXI H 0020
0385 11 LXI D 0358
0389 3E MVI A C3
038B 77 MOV M, A
038C 23 INX H
038E 1A LDAX D
038E 77 MOV M, A
038F 13 INX D
0390 23 INX H
0391 1A LDAX D
0392 77 MOV M, A
0393 13 INX D
0394 09 DAD B
0395 7D MOV A, L
0395 FE CPI 80
0398 C2 JNZ 0389
039B 0E MVI C 26
039D CD CALL FCA7
03A0 CD CALL F845
03A3 3E MVI A 80
03A5 03 OUT FE
03A7 AF XRA A
03A8 03 OUT FF
03AA EB EI
03AB 21 LXI H 0120
03AE AF XRA A
03AF 77 MOV M, A
03B0 2C INR L
03B1 7D MOV A, L
03B2 FE CPI 80
03B4 C2 JNZ 03AE
03B7 21 LXI H 3434
03BA 22 SHLD 0026
03BD 21 LXI H 0800
03C0 22 SHLD 0020
03C3 21 LXI H 3232
03C6 22 SHLD 0006
03C9 22 SHLD 0016
03CC 21 LXI H B2B2
03CF 22 SHLD 0006
03D2 21 LXI H 7272
03D5 22 SHLD 000E
03D8 21 LXI H 0400
03DB 22 SHLD 0000
03DE 22 SHLD 0004
03E1 22 SHLD 000A
03E4 22 SHLD 0010
03E7 21 LXI H FFFF
03EA 22 SHLD 0028
03ED CD CALL FCD2
03F0 FE CPI 40
03F2 CA JZ 0400

```
03F5 FE CPI 53
03F7 CA JZ 0700
03FA FE CPI 40
03FC C2 JNZ 07B7
03FF C7 RST 0
*
*B400 432
0400 CD CALL F845
0403 3A LDA 0120
0405 B5 ANI FC
0408 0F RRC
0409 0F RRC
040A CD CALL F80F
040D CD CALL 0503
0410 0D DCR C
0411 CA JZ 0421
0414 3A LDA 0120
0417 B5 ANI 03
041B 07 RLC
0419 47 MOV B,A
041C 07 RLC
041D B0 ORA B
041E 32 STA 0120
0421 CD CALL F827
0424 3A LDA 0120
0427 B5 ANI 03
0429 CD CALL F80F
042C CD CALL 0503
042F 0D DCR C
0430 CA JZ 0440
0433 3A LDA 0120
0435 B5 ANI FC
0438 47 MOV B,A
0439 7D MOV A,L
043A B5 ANI 03
043C B0 ORA B
043D 32 STA 0120
0440 CD CALL F827
0443 0E MVI C 53
0445 CD CALL FCA7
0448 0E MVI C 3A
044A CD CALL FCA7
044D CD CALL 05EE
0450 5E MOV E,H
0451 23 INX H
0452 55 MOV D,H
0453 EB XCHG
0454 CD CALL F81F
0457 0E MVI C 20
0459 CD CALL FCA7
045C CD CALL F802
045F C2 JNZ 0468
0462 DA JC 03ED
0465 C3 INP 0493
0468 FE CPI 55
046A CA JZ 0515
046D FE CPI 44
046F CA JZ 0535
0472 FE CPI 53
0474 CA JZ 05A0
0477 FE CPI 49
0479 CA JZ 05C5
047C FE CPI 50
047E CA JZ 058C
0481 47 MOV B,A
0482 CD CALL F7F6
```

```
0485 DA JC 045C
0486 78 MOV A,E
0489 CD CALL 05D8
048C EB XCHG
048D CD CALL 05EE
0490 73 MOV H,E
0491 23 INX H
0492 72 MOV H,D
*1493 4D7
0493 CD CALL F927
0495 0E MVI C 58
0498 CD CALL FCA7
049B 0E MVI C 31
049D CD CALL FCA7
04A0 CD CALL F927
04A3 CD CRI I 05EF
04A6 23 INX H
04A7 23 INX H
04A8 CD CALL 04EB
04AB 0E MVI C 32
04AD CD CALL FCA7
04B0 CD CALL F927
04B3 CD CALL 04EB
04B5 0E MVI C 41
04B8 CD CALL FCA7
04BB 0E MVI C 31
04BD CD CALL FCA7
04C0 CD CALL F927
04C3 CD CALL 04D8
04C5 0E MVI C 32
04C8 CD CALL FCA7
04CB CD CALL F927
04CE CD CALL 04D8
04D1 21 LXI H 0120
04D4 34 INR H
04D5 C3 JMP 0466
*
*
*
*04D8 4EA
04D8 7E MOV A,H
04D9 CD CALL F96F
04DC EB XCHG
04DD CD CALL 0563
04E0 EB XCHG
04E1 0D DCR C
04E2 CA JZ 04E5
04E3 73 MOV H,E
04E5 23 INX H
04E7 CD CALL F927
04E9 C9 RET*04EB 4FF
04EB 5E MOV E,H
04ED 23 INX H
04EE 0D DCR H
04EF EB XCHG
04F0 CD CALL 0566
04F2 EB XCHG
04F3 0D DCR C
04F4 CA JZ 04FB
04F7 2B DCR H
04F8 73 MOV H,E
04FA 23 INX H
04FB 72 MOV H,D
04FD 23 INX H
04FC CD CALL F927
04FE C9 RET
```

```
*0500 005
0500 7D MOV A, L
0501 93 SUB B
0502 5F MOV L, A
0503 2C MOV A, H
0504 9A SBB D
0505 67 MOV H, A
0506 09 RET
*0505 57B
0509 CD CALL 05EE
057C 45 MOV B, L
057D 11 LXI D, 0140
0510 CD CALL 05E1
0513 26 MVI H, 01
0515 78 MOV A, B
0516 66 ANI 10
0518 6F MOV L, A
0519 CD CALL 05E1
051C 2A LHLD 0140
051F CD CALL 02B2
0522 EB XCHG
0523 2A LHLD 0140
0526 19 DAD D
0527 CD CALL 02BA
052A 22 SHLD 0152
052D EB XCHG
052E 2A LHLD 0160
0531 19 DAD D
0532 02 JNC 05D1
0535 2A LHLD 0144
0538 EB XCHG
0539 2A LHLD 014C
053C 19 DAD D
053D CD CALL 02BA
0540 AF XRA A
0541 7C MOV A, H
0542 1F RAR
0543 47 MOV B, A
0544 7D MOV A, L
0545 1F RAR
0546 4F MOV C, A
0547 2A LHLD 014C
054A CD CALL 02B2
054D 19 DAD D
054E CD CALL 02BA
0551 EB XCHG
0552 CD CALL 0318
0555 22 SHLD 0154
0558 5F MOV E, A
055C 16 MVI D, 00
055E CD CALL 02D5
0561 EB XCHG
0562 2A LHLD 0152
0565 CD CALL 0500
0568 07 RLC
0569 02 JNC 057E
056C 2A LHLD 0152
056F EB XCHG
0570 2A LHLD 0154
0573 CD CALL 02D5
0576 44 MOV B, H
0577 4D MOV C, L
0578 2A LHLD 0144
057B 03 JMP 0588
. 057E 5DF
057E 2A LHLD 0146
```

```
0581 26 MVI H 00
0583 44 MOV B, H
0584 40 MOV C, L
0585 2A LHALD 0142
0586 EB XCHG
0589 2A LHALD 014C
058C CD CALL 0590
058F 07 RLC
0590 DA JC 05AB
0593 CD CALL 02BA
0596 EB XCHG
0597 2A LHALD 0160
059A 19 DAD D
059B DA JC 05A4
059E 01 LXI B 0000
05A1 C3 INP 05AB
05A4 78 MOV A, B
05A5 2F CMA
05A6 47 MOV B, A
05A7 79 MOV A, C
05A8 2F CMA
05A9 4F MOV C, A
05AA 03 INX B
05AB 3A LDA 0164
05AE 5F MOV E, A
05AF 16 MVI D 00
05B1 CD CALL 0338
05B4 E5 PUSH H
05B5 3A LDA 0162
05B8 4F MOV C, A
05B9 06 MVI B 00
05BB 2A LHALD 014C
05BE EB XCHG
05BF CD CALL 0338
05C2 EB XCHG
05C3 E1 POP H
05C4 19 DAD D
05C5 11 LXI D 0020
05C8 CD CALL 0308
05CB 01 LXI B 0400
05CE 09 DAD B
05CF C9 RET
05D0 00 NOP
05D1 3A LDA 0120
05D4 E5 ANI 03
05D6 C5 RDI 70
05D8 6F MOV L, A
05DA 26 MVI H 01
05DB 36 MUI H 00
. 05E1 5ED
05E1 3E MVI A 00
05E3 F5 PUSH PSH
05E4 7E MOV A, H
05E5 12 STAX D
05E6 23 INX H
05E7 13 INX D
05E8 F1 POP PSH
05E9 3D DCR A
05EA C2 JNZ 05E3
05ED C9 RET
. 05EE 5F7
05EE 3A LDA 0120
05F1 6F MOV L, A
05F2 26 MVI H 01
05F4 29 DAD H
05F5 29 DAD H
```

```
05F6 29 DAD H
05F7 C9 RET
. B5F8 5FF
05F8 01 LXI B 0000
05FB C3 JMP 05A4
05FE 00 NOP
05FF 00 NOP
. B600 502
0600 CD CALL F91F
.
. B603 70507
0603 DE MVI C 2D
0605 CD CALL FCA7
.
. B608 50A
0608 CD CALL F802
.
. B60B 515
060B 0E MVI C 01
060D C8 RZ
060E 21 LXI H 0000
0611 CD CALL F818
0614 E1 POP H
0615 C9 RET
.
. B616 533
0616 3A LDA 0124
0618 A7 ANA A
061A C2 JNZ 0622
061D 3E MVI A 01
061F C3 JMP 0653
0622 F2 JP 062D
0625 0F RRC
0626 DA IC 0653
0628 AF XRA A
062A C3 JMP 0650
062D 07 RLC
062E A7 ANA A
062F F2 JP 0653
. B636 574
0636 3A LDA 0124
. B639 A7 ANA A
063A C2 JNZ0642
063D 3E MVI A FE
063F C3 JMP 0653
0642 FA JH 064D
0645 0F RRC
0646 D2 JNC 0653
0648 AF XRA A
064A C3 JMP 0653
064D 0A RLC
064E A7 ANA A
064F FA F
064F FA JH 0653
0652 0F RRC
0653 32 STA 0124
0656 11 LXI D 0000
0659 A7 ANA A
065A F2 JP 0660
065D 11 LXI D FC07
0660 07 RLC
0661 07 RLC
0662 07 RLC
0663 E5 PUSH BSM
```

```
0664 E6 ANI 03
0665 E2 ORA D
0667 57 MOV D, A
0668 F1 POP PSH
0669 E6 ANI F8
066B E3 ORA E
066C 5F MOV E, A
066D Z1 LXI H 0400
0670 19 DAD D
0671 CD CALL 0677
0674 C3 JMP 045C
. B677 697
0677 3A LDA 0120
067A E6 ANI 03
067C 30 DCR A
067D CA JZ 068C
0680 3D DCR A
0681 CA JZ 0690
0684 3D DCR A
0685 CA JZ 0694
0688 22 SHLD C000
068B C9 RET
068C 22 SHLD C004
068F C9 RET
0690 22 SHLD C008
0693 C9 RET
0694 22 SHLD C010
0697 C9 RET
. B698 6AC
0698 3A LDA 0120
069B E6 ANI 03
069D 07 RLC
069E 07 RLC
069F 07 RLC
06A0 6F MOV L, A
06A1 26 MVI H 01
06A3 5E MOV E, H
06A4 23 INX H
06A5 56 MOV D, H
06A6 0B XCHG
06A7 E5 PUSH H
06A8 CD CALL F91F
06AB E1 POP H
06AC C9 RET
. B6AD 6B9
06AD Z1 LXI H 0400
06B0 CD CALL 0677
06B3 CD CALL F927
06B6 CD CALL 0698
06B9 C3 JMP 045C
. B6BC 6C2
06BC CD CALL F927
06BF CD CALL 0698
06C2 C3 JMP 045C
. B6C5 6D5
06C5 3A LDA 0120
06C8 E6 ANI 03
06CA 07 RLC
06CB 07 RLC
06CC 07 RLC
06CD 6F MOV L, A
06CE 26 MVI H 01
06D0 36 MVI H 00
06D2 23 INX H
06D3 36 MVI H 00
06D5 C3 JMP 045C
```

```

.BE08 60C
0508 0E MVI C 01
050A C3 JMP 050E
.BE0D 6EC
050D 32 STA 0164
050E CD CALL F245
050F C3 JMP 03ED
0510 D8 IN 00
0511 FE CPI 48
0512 CA JZ 0327
0513 B5ED 6FF
0514 FE CPI 43
0515 CC CZ 076E
0516 C3 JMP 072F
0517 00 NOP
0518 00 NOP
0519 00 NOP
051A 00 NOP
051B 00 NOP
051C 00 NOP
051D 00 NOP
051E 00 NOP
051F 00 NOP
0520 00 NOP
0521 00 NOP
0522 00 NOP
0523 00 NOP
0524 00 NOP
0525 00 NOP
0526 00 NOP
0527 00 NOP
0528 00 NOP
0529 00 NOP
052A 00 NOP
052B 00 NOP
052C 00 NOP
052D 00 NOP
052E 00 NOP
052F 00 NOP

```

9. PROGRAMUL PRINCIPAL
 OBIECT

```

.D200 2FF
0200 21 00 F0 11 00 02 7E 12 23 13 7A FE
0210 C3 00 03 01 F5 0F 02 FF F1 FB 09 05
0220 22 00 01 C3 13 02 05 2A 00 01 2B 22
0230 02 05 2A 00 01 23 22 00 01 C3 13 02
0240 2B 22 00 01 C3 13 02 05 2A 10 01 23
0250 13 02 05 2A 10 01 2B 22 10 01 C3 13
0260 01 23 22 10 01 C3 13 02 05 2A 10 01
0270 C3 13 02 01 FF FF 2A 70 01 00 0A 02
0280 00 00 3A 00 01 FF F9 09 05 05 4E 23
0290 02 71 23 70 23 40 42 00 05 02 71 23
02A0 72 23 01 01 09 7E 2F 5F 23 7E 2F 57
02B0 0B 09 70 2F 0F 7C 2F 07 23 09 7C 07
02C0 05 21 05 01 34 01 09 3E 00 12 05 01
02D0 0D 5A 02 0B 00 01 00 00 05 2B 7A 17
02E0 05 79 03 4F 70 00 47 0A F0 02 71 2E
02F0 01 0F 05 0F 03 24 7C 03 FE 10 C2 09
.D300 3FF
0300 05 21 00 01 34 C3 13 02 C0 07 02 C0
0310 00 3A 05 01 1F F0 C0 02 02 0F 09 21
0320 70 17 5F 7A 17 57 02 2E 03 00 02 2E
0330 75 FE 10 C2 1F 03 F1 09 00 00 C0 07
0340 10 03 7A 07 00 7B 07 00 7C 05 00 00
0350 75 C0 00 03 05 21 00 01 C0 00 02 C0
0360 02 C0 00 02 01 F1 09 00 10 02 25 02
0370 47 02 52 02 00 02 00 02 13 02 13 02
0380 01 00 00 21 20 00 11 00 03 3E 03 77
0390 23 1A 77 13 00 70 FE 00 C2 00 03 0E
03A0 C0 46 F0 3E 00 03 FF FB 21 20 01 0F
03B0 2C 70 FE 00 C2 0E 03 21 34 34 22 26
03C0 22 20 C0 21 32 32 23 06 C0 22 15 C0
03D0 06 C0 21 72 72 22 0E C0 21 00 04 22
03E0 C0 22 0A C0 22 10 C0 21 FF FF 22 28
03F0 FE 49 CA 00 04 FE 53 CA 00 07 FE 40
.D400 4FF
0400 0D 46 F0 3A 20 01 05 FC 0F 0F C0 0F
0410 00 CA 21 04 3A 20 01 05 03 47 70 07
0420 01 C0 27 F9 3A 20 01 05 03 C0 0F F9
0430 CA 40 04 3A 20 01 05 FC 47 70 05 03
0440 C0 27 F9 0E 53 C0 07 FC 0E 3A C0 07
0450 0E 23 56 0B C0 1F F9 0E 20 C0 02 FC
0460 08 04 0A 0D 03 C3 03 04 FF 55 09 15

```