

**FACULTATEA DE AUTOMATICĂ ȘI CALCULATOARE  
DEPARTAMENTUL DE AUTOMATICĂ ȘI INFORMATICĂ  
INDUSTRIALĂ**

*Bd. Vasile Pârvan 2*

*1900 Timișoara*

*Romania*

*Tel./Fax.: +40 256 40 32 10; +40 256 40 32 41*



## ***TEORIA SISTEMELOR I – LUCRAREA DE LABORATOR NR. 8.***

### **Studiul unui sistem de reglare automată a turației unei mașini electrice**

#### **A. Obiective**

- Recapitularea unor noțiuni fundamentale legate de sistemele de reglare automată și fixarea unor noțiuni legate de sistemele de conducere în cascadă și reglarea după eroare;
- Însușirea unor noțiuni legate de modelarea proceselor în timp continuu și discret;
- Prezentarea unor posibilităților de acordare a reglatoarelor, cu aplicație directă la acordarea reglatoarelor de turație;
- Însușirea unor noțiuni legate de indicatori empirici de calitate, cu aplicație la reglarea turației;
- Analiza unor regimuri tranzitorii și permanente ale sistemelor de reglare automată;
- Familiarizarea cu modul de integrare al elementelor industriale ale unui sistem de reglare automată. Prezentarea generală a unui echipament de conducere numerică și a interfeței cu utilizatorul.

#### **B. Considerații pregătitoare**

##### **B.1 Aspecte sistemice referitoare la sistemul de reglare studiat**

###### ***B.1.1. Generalități***

Cunoștințele de teoria sistemelor își găsesc aplicație în diverse domenii de activitate. Un astfel de domeniu îl reprezintă sistemele de conducere a acționărilor electrice, domeniu cunoscut în limba engleză ca și "motion control". Cu ajutorul mașinilor electrice se realizează acționări în toate procesele care presupun mișcări mecanice, într-o gamă largă de puteri de antrenare și viteze de mișcare<sup>1)</sup>.

Aplicația studiată în lucrare se încadrează în așa numitele aplicații "embedded systems", care sunt aplicații de conducere în timp real, bazate pe procesoare de semnal numeric.

Modul în care teoria sistemelor, prin teoria reglajului automat, contribuie la dezvoltarea sistemelor de conducere a acționărilor electrice se sugerează în fig. 1.

<sup>1)</sup> Câteva exemple de domenii unde se utilizează sisteme de conducere a acționărilor electrice pot fi enumerate: mașini unelte, componente de calculatoare, componente de autoturisme, locomotive electrice, nave, componente de avioane, elevatoare, macarale, laminoare, mașini de trefilat și bobinat și multe altele.

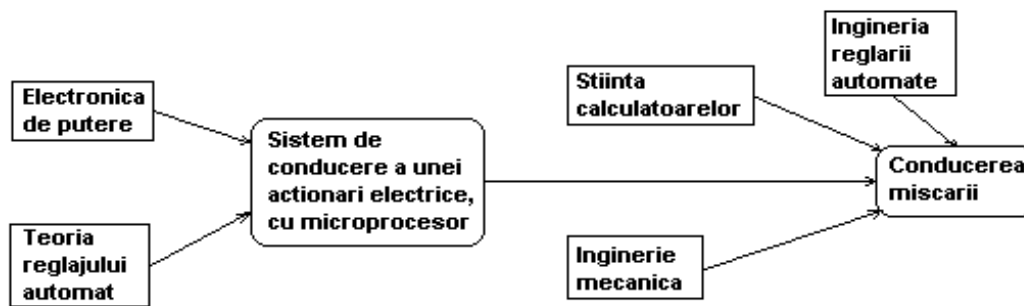


Fig. 1. Dezvoltarea conducerii acțiunilor electrice

Dezvoltarea de sisteme de conducere are componente atât de creare de echipamente cât și de scriere de programe. Echipamentele utilizate sunt echipamente numerice bazate pe procesoare de semnal numeric (digital signal processor - DSP) și convertoare electronice de putere. Sistemele de conducere bazate pe procesoare de semnal numeric se programează cu limbaje de ierarhie superioară (cum ar fi limbajul C), limbaje de asamblare, programe de compilare și linkeditare.

Dezvoltarea teoriilor de conducere avansate, în paralel cu dezvoltarea echipamentelor electronice de putere și de comandă, a făcut ca în prezent orice mașină electrică să poată fi condusă automat.

### B.1.2. Principiul reglării în cascadă a turației mașinii electrice

În lucrarea de laborator se studiază un sistem de reglare a turației unei mașini electrice sincrone cu magneți permanenți. Structura sistemului de conducere se prezintă în fig. 2. Schema din fig. 2 este importantă atât din punct de vedere constructiv-funcțional cât și din punct de vedere informațional.

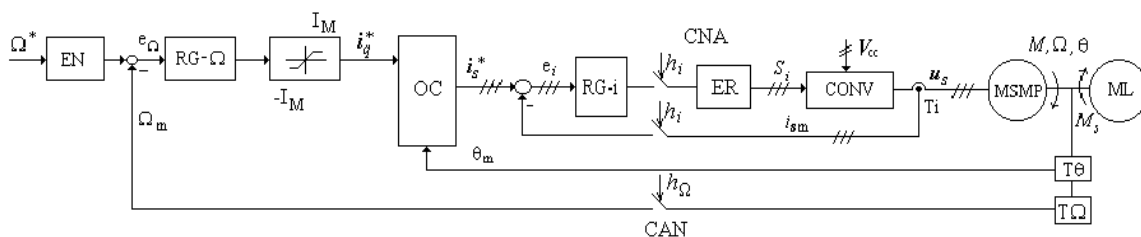


Fig. 2. Schema bloc a sistemului de reglare a turației

Deși mașina utilizată în lucrare este de putere mică, principiul de conducere al ei este valabil pentru de mașini electrice într-o gamă largă de puteri și turații.

În schema bloc din fig. 2 mașina electrică MSMP este conectată la o mașină de lucru ML, care în general poate fi unul din procesele enumerate în nota de la pagina 1. Mașina electrică împreună cu mașina de lucru joacă, în cadrul sistemului de reglare, rolul de proces condus.

Mașina electrică este alimentată cu tensiune electrică furnizată sub forma unor trenuri de impulsuri dreptunghiulare de către un convertor electronic de putere în comutație CONV. În această aplicație convertorul are rol de element de execuție. Tensiunile dreptunghiulare de fază  $u_s$  furnizate de către convertor sunt modulate în lățime de puls cu semnalele sinusoidale

de prescriere a curenților de fază  $i_s^*$ . Datorită acestei modalități de alimentare și datorită caracterului de filtru trece jos al înfășurărilor de alimentare ale mașinilor electrice, curenții  $i_s$  de fază prin înfășurările statorului mașinii au forme de variație în timp aproape sinusoidale.

Măsurarea curenților absorbiți de mașină de la convertor se face cu traductoare de curent Ti. Măsurarea vitezei unghiulare și a poziției axului mașinii se face respectiv cu un traductor de turație  $T\Omega$  și un traductor de poziție  $T\theta$ .

După cum se observă pe schema bloc conducerea se realizează pe baza informațiilor de viteză unghiulară prescrisă  $\Omega^*$ , a curentului statoric maxim admisibil  $I_M$ , a curenților de fază din înfășurările statorului măsurati  $i_{sm}$ , ( $i_{am}$ ,  $i_{bm}$ ,  $i_{cm}$ ), a vitezei unghiulare măsurată  $\Omega_m$  și a poziției măsurată  $\theta_m$ .

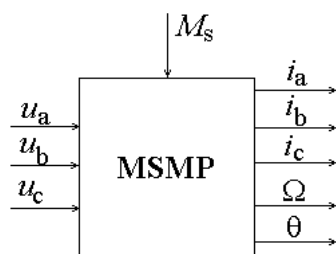
Pe de-o parte, sistemul de conducere este realizat din două bucle de reglare după eroare, amplasate în cascadă. Bucla internă este bucla de reglare a curenților de fază. Bucla externă este bucla de reglare a turației. Reglarea curenților se face cu regulatoarele de curent RG-i, care lucrează după eroarea de curent  $e_i$  dintre valorile prescrise  $i_s^*$  și valorile măsurate  $i_{sm}$ . Reglarea turației (a vitezei unghiulare  $\Omega$ ) se face cu regulatorul de turație RG- $\Omega$ , care lucrează după eroare de viteză unghiulară  $e_\Omega$  dintre valoarea prescrisă  $\Omega^*$  și valoarea măsurată  $\Omega_m$ . Pe de altă parte, schema se bazează pe așa-numita metodă de conduce cu orientare după câmp, cu comandă în curent. Această metodă, implementată în blocul OC, permite calculul valorilor prescrise ale curenților de fază  $i_s^*$  pe baza informației de poziție a rotorului mașinii  $\theta_m$  și a curentului prescris  $i_q^*$ . Utilizarea acestei metode asigură de asemenea condiția ca intensitatea curentului prescris să fie direct proporțională cu cuplul electromagnetic  $M$  dezvoltat de mașină.

Sistemul de conducere a unei mașini sincrone trebuie să asigure reglarea și limitarea curenților de alimentare ai mașinii prin cele trei faze ale statorului.

Utilizatorului sistemului de conducere trebuie să i se asigure posibilitatea de a regla o valoare prescrisă, constantă a vitezei unghiulare  $\Omega^*$ , pe care motorul sincron să o mențină atât timp cât nu este prescrisă altă valoare și nu apare o sarcină care să impună limitarea curentului. Operația se asigură, indirect, prin elementul de netezire EN.

Reglatoarele de curent și turație sunt implementate numeric. În structura sistemului de reglare apar și convertoarele numeric-analogic CNA și analogic-numeric CAN.

Bucla de reglare a curenților are un pas de eșantionare  $h_i$ , iar bucla de reglare a turației are un pas de eșantionare  $h_\Omega$ .



**Figura 3.** Schema bloc a modelului cu variabile de fază a mașinii sincrone

### B.1.3. Modelul matematic al mașini electrice

Motorul sincron cu magneți permanenți utilizează magneții permanenți pentru a produce câmpul magnetic în întrefier. Mașina sincronă cu magneți permanenți MSMP, ca și sistem existent fizic, are un model definit cu ajutorul mărimilor de fază, orientat ca în fig. 3. El are ca mărimi de intrare de comandă tensiunile statorice de fază  $u_a$ ,  $u_b$ ,  $u_c$  și ca mărime de intrare perturbatoare cuplul de sarcină  $M_s$ . Ca mărimi de ieșire se aleg curenții statorici de fază  $i_a$ ,  $i_b$ ,  $i_c$ , viteza unghiulară  $\Omega$  și poziția unghiulară  $\theta$ .

Ecuatiile modelului cu mărimi de fază sunt:

$$\begin{aligned}
 u_a &= R_s i_a + \frac{d\Phi_a}{dt} & \Phi_e &= \Phi_{e0} = ct. \\
 u_b &= R_s i_b + \frac{d\Phi_b}{dt} & J \frac{d\Omega}{dt} &= M - k_f \Omega - M_s \\
 u_c &= R_s i_c + \frac{d\Phi_c}{dt} & \frac{d\theta}{dt} &= \Omega
 \end{aligned} \tag{1}$$

unde  $R_s$  este rezistența înfășurărilor statorului,  $\Phi_a$ ,  $\Phi_b$  și  $\Phi_c$  sunt fluxurile magnetice prin înfășurările statorului,  $\Phi_e$  este fluxul magnetic de excitație,  $J$  este momentul de inerție al rotorului,  $k_f$  este un coeficient de frecare la axul mașinii,  $M$  este cuplul electromagnetic dezvoltat de motor ( $M=k_m i_q$ ),  $M_s$  este cuplul de sarcină dezvoltat de mașina de lucru.<sup>2</sup>

Ecuțiile de stare ale modelului (1) sunt neliniare, datorită faptului că fluxurile din cele trei înfășurări sunt neliniare în raport cu mărimile electrice și mecanice ale mașinii electrice. În dezvoltarea sistemelor de reglare se utilizează variante ale acestor ecuații în așa numitele coordonate d-q, care fac ca modelul mașinii de curent alternativ să fie asemănător celui al motorului de curent continuu.

Cu o alimentare a statorului de la o sursă de tensiune adecvată, mașina sincronă cu magneți permanenți poate lucra în toate cele patru cadrane ale caracteristicii statice cuplu-turație  $M(\Omega)$ .

Parametrii mașinii electrice utilizată în lucrare:

- Rezistența înfășurării de fază:  $R_s=5,25 \Omega$ ;
- Inductanța proprie a înfășurării de fază:  $L_s=0,46 \text{ mH}$ ;
- Constanta tensiunii electromotoare:  $k_e=2,62 \text{ V/1000 rpm}$ ;
- Constanta de cuplu:  $k_m=24,9 \text{ mNm/A}$ ;
- Tensiune de alimentare de fază nominală:  $U_{sN}=19,1 \text{ V}$ ;
- Curent maxim în regim continuu:  $I_{smc}=1,16 \text{ A}$ ;
- Curent de mers în gol:  $72 \text{ mA}$ ;
- Cuplu maxim dezvoltat în regim continuu:  $29 \text{ mNm}$ ;
- Turația maximă:  $n_{max}=8.000 \text{ rpm}$ ;
- Momentul de inerție al rotorului:  $J=9 \cdot 10^{-7} \text{ kgm}^2$ ;
- Constanta de timp mecanică:  $T_m=7,92 \text{ ms}$ .

Analiza comportării mașinii electrice se poate face utilizând câteva considerații simplificatoare. Astfel, în ipoteza că mașina este alimentată cu un curent teoretic  $i_q$  constant, reglat de către sistemul de reglare a curentului, comportarea mașinii poate fi descrisă prin următorul model matematic liniar de ordinul I:

$$\Omega(s) = \frac{K_\Omega}{T_m s + 1} k_m i_q(s) \tag{2}$$

în care  $k_m$  este constanta de cuplu ( $M = k_m i_q$ ),  $K_\Omega$  este o constantă de proporționalitate, iar  $T_m$  este constanta de timp mecanică a mașinii.

#### **B.1.4. Modelul convertorului de putere**

Convertorul de putere CONV este un invertor sursă de tensiune, tranzistorizat, funcționând în comutație la înaltă frecvență. El este alimentat de la rețea prin intermediul a unui redresor, care produce în circuitul intermediar o tensiune continuă  $V_{cc}$ .

<sup>2)</sup> Studiul amănunțit al modelelor matematice ale mașinilor electrice și a sistemelor de conducere a lor se va face în anii superiori, la discipline specifice.

Pentru inverterul trifazat se pot lua în considerare diverse modele. El poate fi considerat ca un element de întârziere cu timp mort, sau mai simplu ca un element liniar cu întârziere de ordinul întâi. O modalitate de simplificare a lui, foarte aproape de realitate, este aceea prin care convertorul se consideră ca și un dispozitiv cu trei comutatoare statice  $S_a$ ,  $S_b$  și  $S_c$ , câte unul pentru fiecare fază (fig. 4). Pentru simplificare se presupune că timpii de comutație ai dispozitivelor semiconductoare sunt foarte mici, întârzieri datorate convertorului, tensiunea de alimentare fiind furnizată instantaneu motorului. În figura alăturată se prezintă schema electrică simplificată a acestui model al convertorului de putere funcționând în comutație. Semnalele  $S_i$  ( $i=a, b, c$ ) sunt semnalele de comandă de la circuitul de modulare în lățime de puls *PWM*, care pot lua valorile 1 sau 0, în funcție de faptul dacă se comandă sau respectiv nu se comandă deschiderea comutatorului  $S_i$ .<sup>3)</sup>

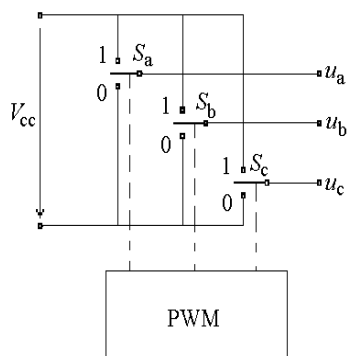


Fig. 4. Schema simplificată a inverterului trifazat

În principiu, modularea în lățime de puls (PWM) asigură realizarea în mașinile de curent alternativ alimentate în comutație curenți de alimentare sinusoidali. Prin modulare în lățime de puls la frecvențe înalte se asigură forme ale curenților de alimentare mai mult sau mai puțin sinusoidale.

Astfel, la mașinile de putere mică se obțin curenți cu forme mai distorsionate față o sinusoidă. La mașinile de putere mare, cu valori mari ale inductanțelor și constante de timp electrice mari, formele curenților prin mașină obținute prin modulare sunt mai apropiate de sinusoidă.

Pentru descrierea comportării dinamice a convertorului electronic de putere, împreună cu circuitele de comandă aferente se utilizează un model liniar de forma:

$$i_q(s) = \frac{K_{CONV}}{T_{CONV}s + 1} u_c(s) \quad (3)$$

în care  $u_c$  este tensiunea de comandă furnizată de regulatorul de curent (care nu este reprezentată în fig. 2),  $K_{CONV}$  și  $T_{CONV}$  sunt parametrii convertorului, iar  $i_q$  este curentul teoretic prin mașină, de comandă a cuplului electromagnetic. Constanta de timp a convertorului este de ordinul milisecundelor.

### B.1.5. Modelul reguletoarelor

Pentru reguletoarele de curent și turație se utilizează reguletoare de tip PI implementate în timp discret, având modele intrare-ieșire identice, de forma

$$i_q^*(z) = \left( K_{p\Omega} + K_{i\Omega} \cdot \frac{1}{z-1} \right) e_{\Omega}(z) \quad (4)$$

pentru reguletorul de turație și

$$u_c(z) = \left( K_{pi} + K_{ii} \cdot \frac{1}{z-1} \right) e_i(z) \quad (4')$$

pentru reguletorul de curent. Cele două modele diferă prin valorile parametrilor.

<sup>3)</sup> Prin maniera de comandă în raport cu timpul a comutatoarelor se realizează diferite forme de undă pentru  $u_a(t)$ ,  $u_b(t)$  și  $u_c(t)$ .

### B.1.6. Traductoare

Măsurarea curenților se face cu ajutorul unor traductoare de curent, pe baza culegerii unei tensiuni de pe un șunt înseriat cu circuitul de alimentare. Tensiunea culeasă este filtrată de perturbații. Traductorul de curent este caracterizat printr-un model matematic de forma:

$$i_{sm}(s) = \frac{K_{Ti}}{T_f s + 1} i_s(s) \quad (5)$$

unde  $i_s$  este curentul dintr-o fază,  $K_{Ti}$  este constanta de amplificare a traductorului, iar  $T_f$  este constanta de timp a traductorului, aleasă astfel încât traductorul să filtreze perturbații de înaltă frecvență.

Măsurarea turației se face cu ajutorul unui traductor incremental care poate fi caracterizat printr-un model matematic intrare-ieșire de ordinul I, de forma:

$$\Omega_m(s) = \frac{K_{T\Omega}}{T_{T\Omega} s + 1} \Omega(s) \quad (6)$$

### B.1.7. Schema bloc echivalentă a sistemului de reglare a turației

Pe baza considerațiilor simplificatoare prezentate anterior relativ la elementele sistemului de reglare, se poate descrie sistemul de reglare printr-o schemă bloc echivalentă, care conține elemente liniare, ca în fig. 5.

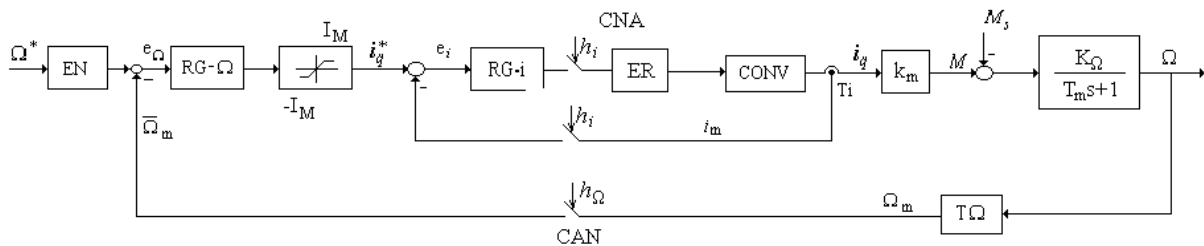


Fig. 5. Schema bloc liniară echivalentă a sistemului de reglare a turației

Pe baza considerațiilor simplificatoare prezentate și pe baza schemei bloc din fig. 4, sistemul de reglare a turației poate fi analizat cu ajutorul metodelor din teoria sistemelor dinamice liniare. Astfel, se poate realiza analiza proprietăților de stabilitate, controlabilitate și observabilitate. De asemenea, pe baza acestei scheme bloc se poate realiza sinteza sistemului de reglare, pe baza metodelor specifice sistemelor liniare. Adică, se pot proiecta regulatoarele de curent și tensiune, utilizând metoda amplasării polilor sistemului în buclă închisă, sau metode frecvențiale.

### B.1.8. Indicatori de calitate

În dezvoltarea sistemelor de conducere a acționărilor electrice se reflectă preocupările pentru economisirea energiei și optimizarea sistemelor de acționare. Se urmărește obținerea unor înalte performanțe a motoarelor de a răspunde rapid la comanda pentru reglarea turației. Compararea diverselor soluții de sisteme de reglare se face pe baza unor anumiți indicatori de calitate empirici specifici teoriei sistemelor de reglare automate, și a unor indicatori de calitate specifici sistemelor de conducere a acționărilor electrice.

Indicatorii de calitate definiți în răspunsul sistemului de reglare a turației la o variație treaptă a valorii prescrise sunt definiți după cum urmează:

- *Eroarea de regim staționar relativă la mărimea reglată* - viteza unghiulară a motorului  $\Omega$ :

$$\varepsilon_s = \Omega_s - \Omega_\infty \quad (7)$$

unde  $\Omega_\infty$  reprezintă valoarea de regim staționar constant ideală a vitezei unghiulare, iar  $\Omega_s$  este valoarea la care se stabilește practic viteza unghiulară.

- *Suprareglajul*  $\sigma_1$ , care reprezintă depășirea maximă a valorii staționare  $\Omega_s$ , caracteristică sistemelor de reglare cu componente oscilante:

$$\sigma_1 \% = \frac{\Omega_{\max} - \Omega_s}{\Omega_s} \cdot 100\% \quad (8)$$

- *Timpul de reglare* (numit și *durata regimului tranzitoriu* sau *timpul de răspuns*)  $t_r$ , reprezintă perioada de timp după care viteza unghiulară  $\Omega(t)$  intră definitiv în zona de liniștire, aleasă de  $\pm 0,02\Omega_s$ , în raport cu nivelul  $\Omega_s$ .

Indicatorii de calitate pentru răspunsul sistemului de reglare a turației la o variație treaptă a mărimii de intrare perturbatoare (cuplul de sarcină  $M_s$ ) sunt definiți după cum urmează:

- *Eroarea de regim staționar constant relativă la mărimea perturbatoare*  $\varepsilon_{sM}$  (sau *statismul*):

$$\varepsilon_{sM} = |\Omega_{sM}| \quad (9)$$

unde  $\Omega_{sM}$  este valoarea la care se stabilește turația în regim staționar. S-a presupus că inițial sistemul de reglare a turației se găsește într-un punct de funcționare staționar constant, cu  $\Omega=0$ .

- *Abaterea maximă de la valoare reglată*  $\sigma_{1M}$ :

$$\sigma_{1M} = \Omega_{s \max} - \Omega_{sM} \quad (10)$$

- *Timpul de compensare a perturbației*  $t_{cM}$  este intervalul de timp după care turația ajunge definitiv în zona de liniștire, față de  $\Omega_{sM}$ , în urma intervenției sistemului de reglare pentru eliminarea efectului perturbației.

## B.2. Echipamentul pentru conducerea numerică a acționării electrice

În cadrul lucrării de laborator se utilizează un echipament de conducere a acționărilor electrice de tipul MCK 2407 Professional, dezvoltat de firma Technosoft.<sup>4)</sup>

### B.2.1. Descrierea constructivă a echipamentului

Echipamentul utilizat în lucrarea de laborator pentru conducerea numerică a acționării electrice are structura din fig. 6.

În alcătuirea acestui echipament intră în principal o placă de comandă, de tip MSK 2407 și un invertor trifazat de tip PM 50. Convertorul electronic este conectat la placa de comandă și la mașina electrică prin intermediul unei magistrale MC-Bus. Echipamentul numeric de comandă, amplasat pe placa MSK 2407 permite conducerea unor diverse tipuri de mașini electrice, cum ar fi: mașini de curent continuu, mașini asincrone trifazate, mașini sincrone cu magneți permanenți, mașini de curent continuu fără perii sau mașini pas cu pas. Mașina

<sup>4)</sup> Firma Technosoft este reprezentanta companiei Texas Instruments pentru aplicații de utilizare a procesoarelor de semnal în conducerea acționărilor electrice. Colectivul de proiectare al firma Technosoft este alcătuit din specialiști români și are sediul în București.

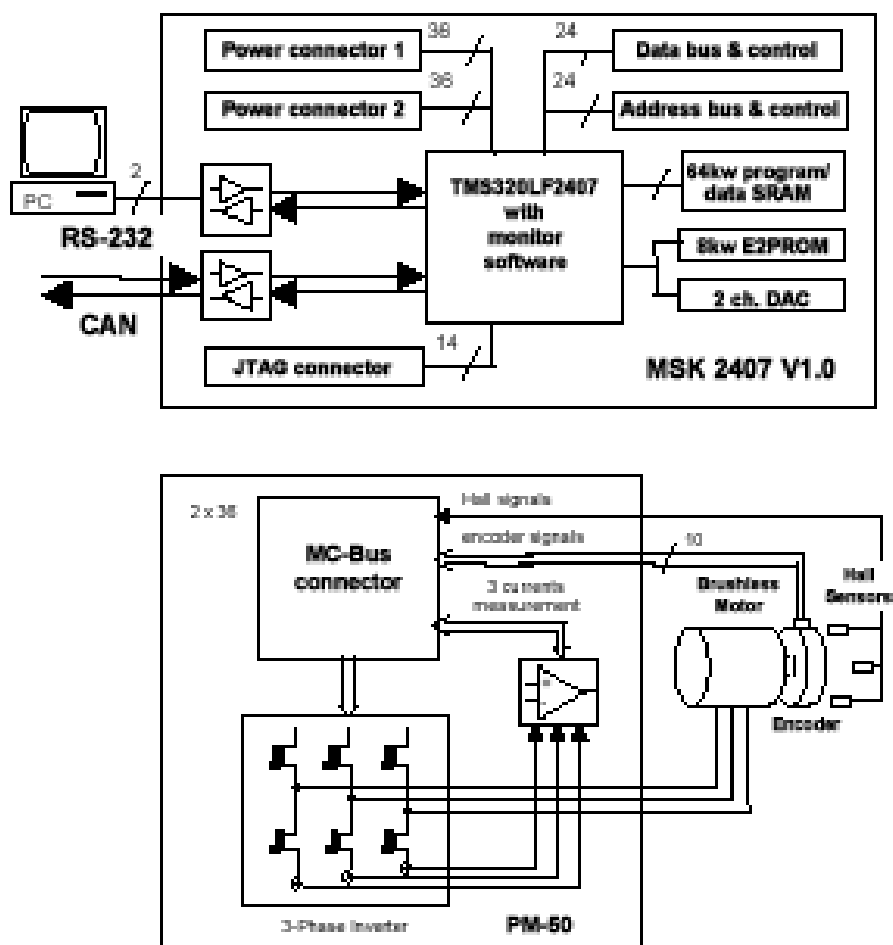


Fig. 6. Structura echipamentului MCK 2407

electrică ("brushless motor") este prevăzută cu traductoare de poziție și de turație. Placa de comandă este realizată pe baza procesorului de semnal numeric de tip TMS 320LF2407. Pe placă de comandă mai există memorii RAM și EPROM, elemente de interfață cu calculatorul, interfața procesorului cu module externe de putere, convertoarele analogic-numeric și numeric analogic și alte elemente auxiliare.

Dezvoltarea unei aplicații de conducere se realizează cu ajutorul platformei de tip MCK 2407 Professional, care are în alcătuire pe lângă placa de comandă MSK 2407 și programe de dezvoltare, programe de compilare și de linkitare dezvoltate de compania Texas Instruments. Programarea echipamentului MCK 2407 se face cu ajutorul acestor programe instalate pe un calculator personal PC.

În cadrul platformei de dezvoltare utilizatorul dispune de o interfață grafică pe care poate realiza, printre altele, următoarele:

- configurarea și parametrizarea sistemului de conducere (selectarea tipului de motor, a senzorilor folosiți),
- definirea secvenței de mișcare pentru una sau mai multe axe,
- vizualizarea variabilelor și parametrilor din sistem.



### B.2.2. Modul de lucru cu interfața echipamentului

a) Se deschide fereastra programului *MCK 2407 Profesional*. În urma acestei comenzi pe ecran apare panoul de comandă al sistemului de conducere, din fig. 7.

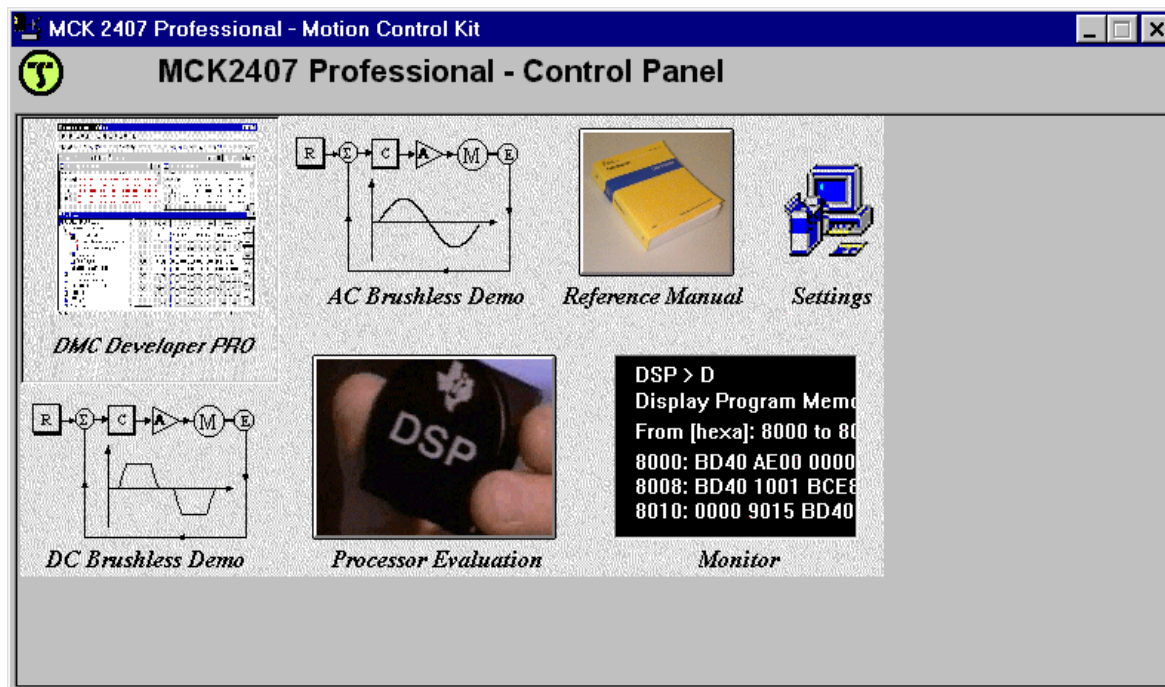


Fig. 7. Panoul de comandă

b) În panoul de comandă se alege configurația demonstrativă de conducere a unei mașini sincrone cu magneți permanenți: "AC Brushless Demo";

Pentru controlul configurației de conducere se utilizează fereastra de aplicație din fig. 8. În figură se menționează semnificația butoanelor din meniul prin care se utilizează controlul aplicației.

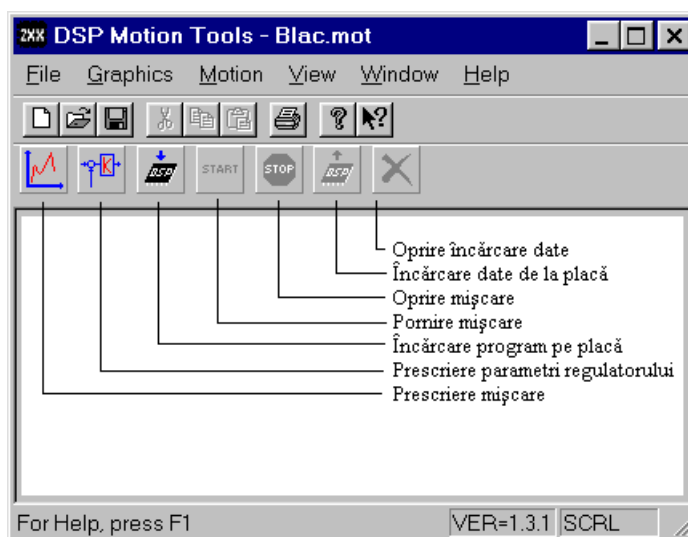
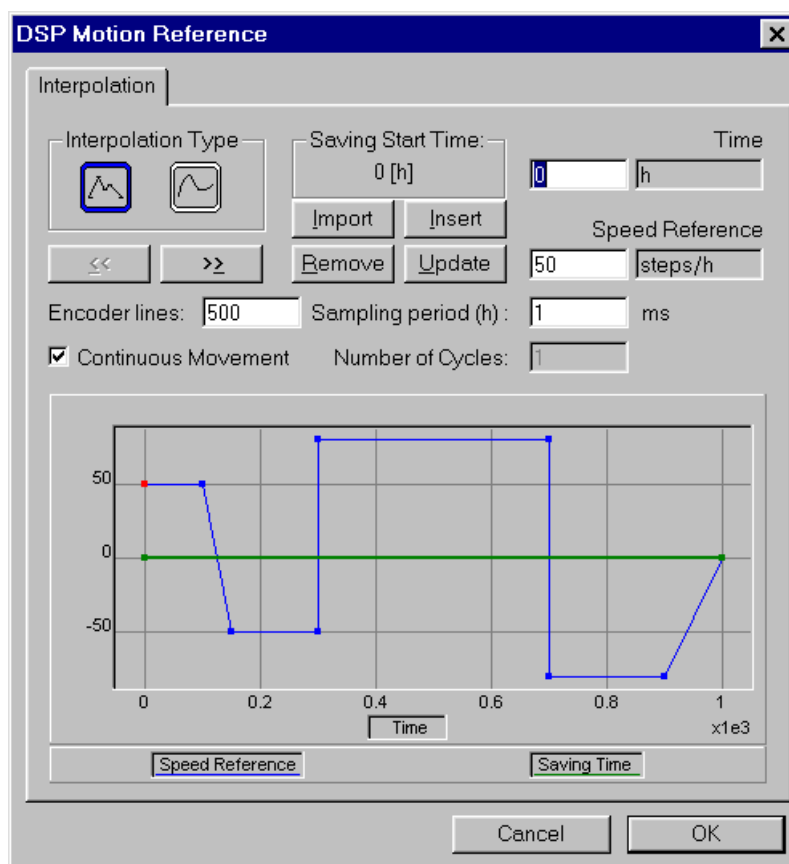


Fig. 8. Fereastra de aplicație

Cu ajutorul butoanelor de pe rândul al doilea din meniul ferestrei aplicației se comandă următoarele acțiuni:

c) Pentru configurația aleasă se prescrie regimul mișcării, cu ajutorul ferestrei de prescriere din fig. 9.



**Fig. 9.** Fereastra de prescriere a mișcării

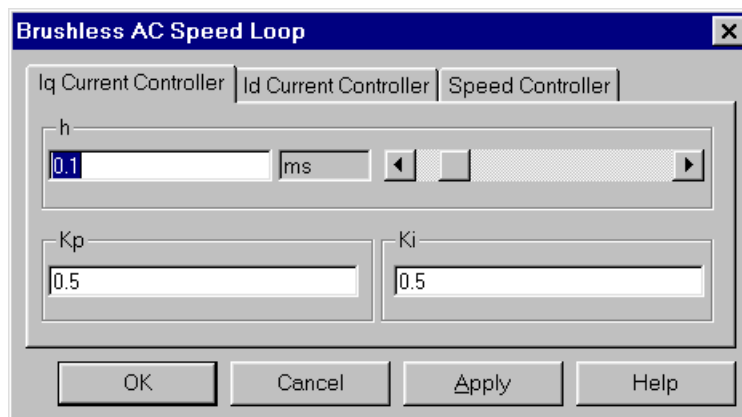
"Traectoria" mișcării, în cazul aplicației din lucrare fiind vorba despre o funcție care descrie modul în care se dorește modificarea turației mașinii ("speed reference"), se vizualizează cu linie albastră în fereastra din fig. 9. Cu line verde se indică domeniul din care se culeg și se salvează date în urma execuției programului de conducere. Acest domeniu este limitat constructiv la 1000 pași de eșantionare. În exemplul dat în fig. 9 funcția de modificare a turației în timp se descrie pe o durată de timp egală cu 1000 perioade de eșantionare  $h$ . Graficul funcției de modificare a turației se poate construi punct cu punct, inserând puncte cu coordonate  $(t, \Omega)$ , în locul semnalat cu un punct de culoare roșie. Coordonatele punctelor de pe grafic sunt timpul, exprimat în perioade de eșantionare; și turația, exprimată în număr de pași pe o perioadă de eșantionare. Numărul de pași provine de la traductorul de turație, care este de tip incremental. Valorii de 50 pași/h din figură îi corespunde o viteză unghiulară de 157 rad/s (25 rot/s), respectiv o turație de 1500 rot/min. Graficul funcției de turație se mai poate modifica și cu ajutorul mouse-ului, mutând punctele însemnate pe grafic cu culoarea albastră.

d) Prescrierea parametrilor reguletoarelor de curent și de turație, cu ajutorul ferestrei de prescriere a parametrilor reguletoarelor din fig. 10.

e) După prescrierea mișcării și a parametrilor reguletoarelor se încarcă programul de conducere pe placa cu procesor de semnal MSK 2407.

f) Se dă start mișcării;

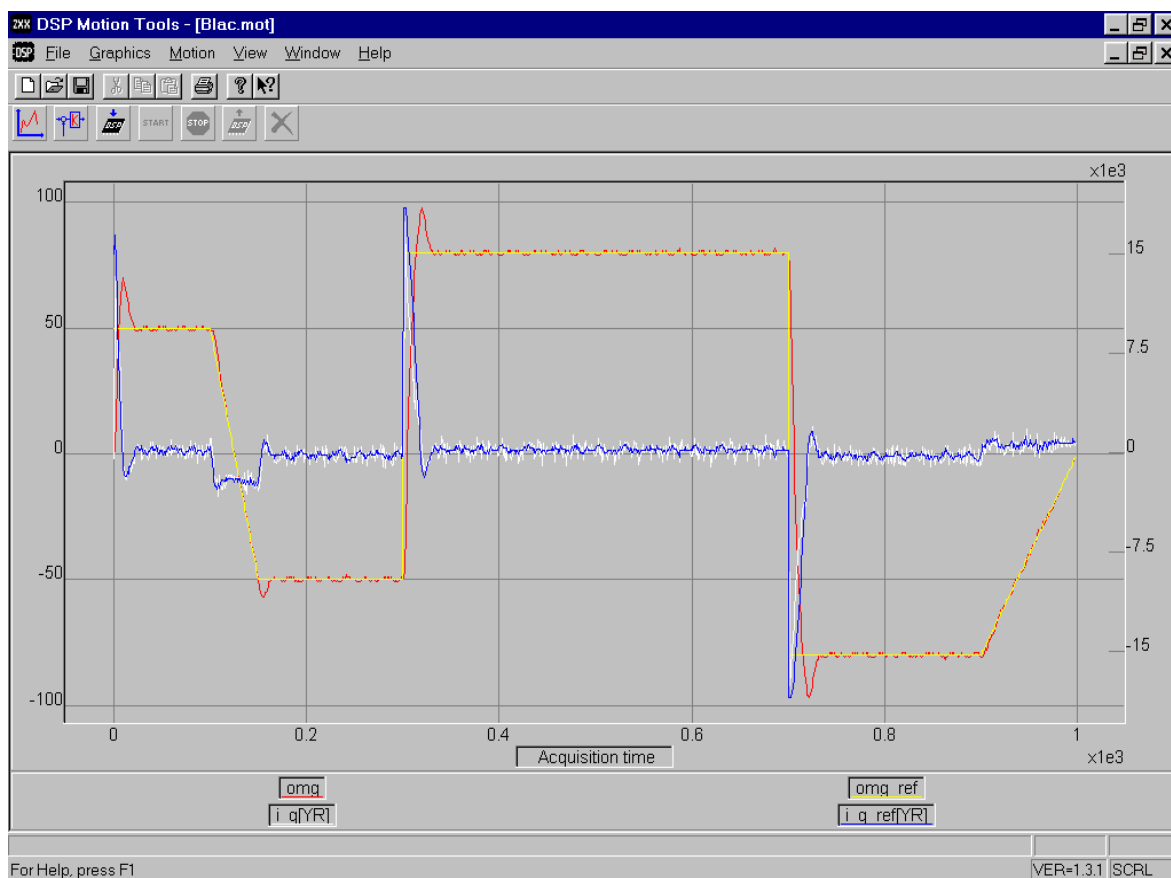
g) Se oprește mișcarea;



**Fig. 10.** Fereastra de prescriere a parametrilor reguletoarelor

h) Se încarcă datele de pe placa MSK 2407 în memoria calculatorului PC;

i) Se vizualizează în fereastra din fig. 11 caracteristicile de regim tranzitoriu ale mărimilor sistemului de conducere.



**Fig. 11.** Fereastra cu caracteristici de regim tranzitoriu ale mărimilor sistemului

În fereastra din fig. 11 s-au reprezentat următoarele caracteristici de regim tranzitoriu:

- Caracteristica turației prescrise - culoare galbenă;
- Caracteristica turației mașinii - culoare roșie;
- Caracteristica curentului prescris - culoare albastră;

- Caracteristica curentului - culoare albă.

### C. Programul lucrării

- Discutarea considerațiilor pregătitoare ale lucrării.
- Efectuarea acțiunilor specifice lucrului cu interfața sistemului de conducere de la punctul B2, pentru parametrii și regimul din aplicația demonstrativă.
- Studiarea comportării sistemului de reglare, prin urmărirea caracteristicilor de regim tranzitoriu ale curentului și turației și a indicatorilor de calitate empirici ai sistemului de reglare a turației.
- Reluarea punctelor B.2.c)÷i) pentru alte valori ale parametrilor regulatorului de turație și altă funcție de modificare în timp a turației.

### D. Conținutul referatului

- Prezentarea unei sinteze a considerațiilor pregătitoare din lucrare prin: prezentarea schemei bloc a sistemului de reglare, enumerarea blocurilor componente și descrierea legăturilor dintre ele; enumerarea posibilităților de lucru cu interfața utilizatorului;
- Redarea răspunsurilor vizualizate pe calculator la punctul D, cu precizarea pentru fiecare situație a valorilor indicatorilor de calitate și a parametrilor reguletoarelor.

### E. Întrebări

- Enumerați câteva domenii de aplicare a sistemelor de reglare a turației cu ajutorul mașinilor electrice.
- Care este structura sistemului de reglare a turației? Care sunt blocurile lineare și care sunt blocurile nelineare ?
- Care sunt indicatorii de calitate empirici utilizați în lucrare ?
- Care sunt părțile componente ale unui sistem de reglare bazat pe procesor de semnal numeric, în cazul aplicației de reglare a turației ?
- Care sunt posibilitățile interfeței cu utilizatorul a sistemului MCK 2407?
- Explicați necesitatea și modul de utilizare a interfeței cu utilizatorul în cazul alegerii funcției de prescriere a turației.
- Explicați necesitatea și modul de utilizare a interfeței cu utilizatorul în cazul alegerii parametrilor reguletoarelor de curent și turație.
- Cum se alege perioada de eșantionare a sistemului de reglare a turației?