

# SIMULAREA UNEI ACȚIONĂRI CU MOTOARE DE C.C.

dr. ing. Octavian Grigore  
ing. Barbelian Mihai

**Rezumat:** În prezent, apariția unor procesoare puternice (în special a procesoarelor numerice de semnal) a permis realizarea unor sisteme de acționare electrică, deosebit de performante și fiabile. Un Sistem de Acționare Electrică (SAE) reprezintă un ansamblu de elemente conectate în vederea atât a realizării, cât și a comenzii și reglării conversiei electromecanice a energiei pentru un anumit proces tehnologic [2]. În prezentul articol, s-a tratat acționarea unor motoare de curent continuu, prin intermediul unor regulatoare de tip PI (proporțional - integrator). În general, se pretează la sisteme cu dinamică lentă (robotică, mașini - unelte).

**Cuvinte cheie:** PID, buclă de acordare.

## 1. Introducere

Elementele componente, ale unui sistem de acționare electrică, se pot grupa în două sisteme în funcție de rolul lor:

- **sistemul de forță (SF)** - care asigură conversia electromecanică a energiei;
- **sistemul de comandă și control (SCC)** - care are rolul de a asigura comanda și controlul sistemului de acționare electrică.

În cazul de față, sistemul de forță este reprezentat de un motor de c.c., iar sistemul de comandă și de control de către buclele de acordare și regulatoarele de tip PID. Schema sistemului de acționare are următoarea formă (figura 1):



Figura 1. Schema sistemului de acționare

unde:

- RPI = regulatorul de tip PI;
- Mcc = motorul electric de curent continuu, care realizează transformarea puterii electrice în putere mecanică;
- OA = obiectul acționat este antrenat de ME și realizează anumite mișcări impuse.

Regulatorul PI are rolul de a alimenta cu energie electrică motorul Mcc și de al menține într-un anumit regim de funcționare în funcție de comanda de la intrare. Reglarea se face prin minimizarea erorii staționare (elementul integrator) și prin amplificarea în comparație (elementul proporțional).

## 2. Comanda unui motor de c.c.

- A) Pentru elaborarea comenzii unui Mcc, se pornește de la binecunoscutele ecuații de funcționare, luând în considerare următoarele ipoteze ale regimului de lucru:
- circuite magnetice liniare;
  - parametrii constanți;
  - căderea de tensiune la perii neglijabilă;
  - flux de excitație constant.

În condițiile de mai sus, ecuațiile de funcționare au forma:

$$U_A = R_A \cdot i_A + L_A \frac{di_A}{dt} + e$$

$$e = k_e \Phi_e \cdot \Omega$$

$$m = k_m \Phi_e \cdot i_A$$

unde:

- $U_A$  = tensiunea de alimentare;
- $i_A$  = curentul prin indus;
- $\Omega$  = viteza unghiulară;
- $R_A$  = rezistența indusului;
- $L_A$  = inductivitatea proprie a indusului;
- $e$  = tensiunea electromotoare a indusului;
- $m$  = cuplul electromagnetic dezvoltat de mașină;
- $J$  = momentul de inerție total (motor+sarcină) raportat la axul motor;
- $m_s$  = cuplul de sarcină;
- $F_s$  = coeficientul total de frecări vâscoase;
- $F_s \Omega$  = cuplul de frecări vâscoase;
- $k_e \Omega$  = constantă ce depinde de parametrii constructivi.

Din ecuația fundamentală a acționării:

$$m = J \frac{d\Omega}{dt} + m_s + F_s \Omega$$

va rezulta un model matematic liniar, pentru care se va aplica transformata Laplace. Efectuând transformările în ecuațiile de mai înainte și ținând cont de faptul că frecarea vâscoasă s-a neglijat, fiind mult mai mică decât sarcina, va rezulta schema bloc și ecuația funcției de transfer pentru Mcc (figura 2):

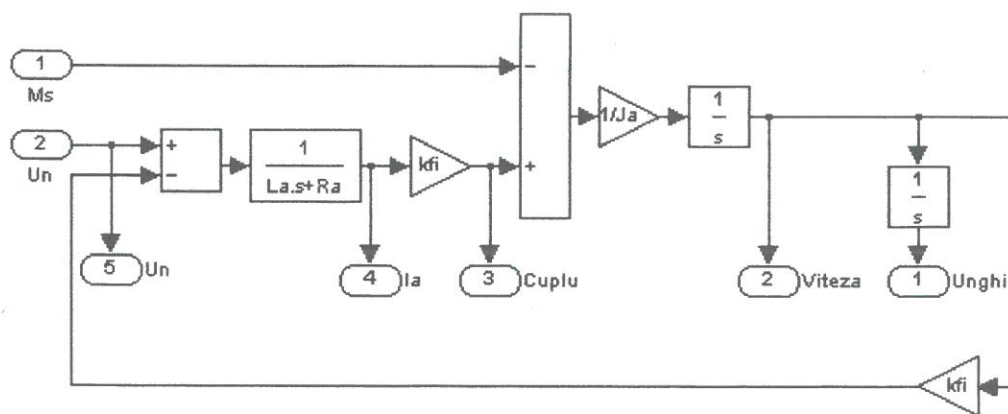


Figura 2. Schema bloc a Mcc

Pentru reglaj, se vor acorda regulatoarele de tip PI în reacție negativă, pe fiecare buclă în parte.

Schema sistemului de acționare folosit este arătată în figura 3, iar acordarea lui se face în mai multe etape, prin folosirea comutatoarelor aferente fiecărei bucle, conform schemei în ordinea următoare:

- acordarea buclei de curent (cuplu);
- acordarea buclei de viteză;
- acordarea buclei de poziție.

Acordarea fiecărei bucle în parte se face experimental și anume prin introducerea în regulatorul aferent buclei a coeficientului de proporționalitate și a celui de integrabilitate până când valoarea mărimii de ieșire se apropie, în mod corespunzător, de cea de comandă (de ieșire).

Schema acționării este cea din figura următoare (figura 3)

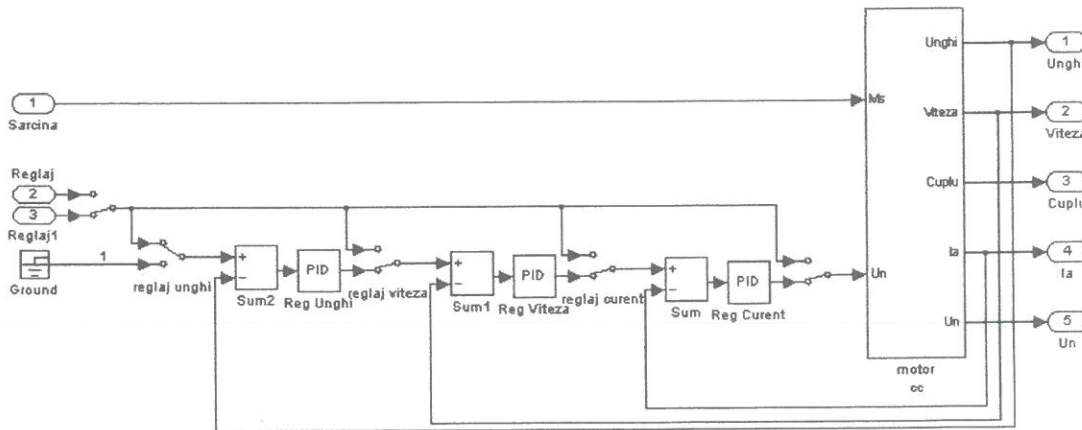


Figura 3. Schema acționării unui motor de curent continuu

### 3. Acționarea unui braț articulată cu două motoare de c.c.

Brațul articulată are două grade de libertate iar schema cinematică este următoarea (figura 4):

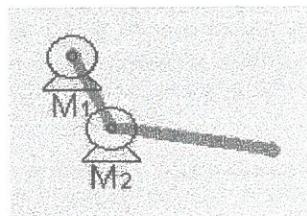


Figura 4. Schema cinematică

Motorul considerat are următoarele caracteristici electromecanice [2]:

- $U_a=110V$  tensiunea nominală de alimentare;
- $I_{an}=20A$  curentul nominal;
- $P_n=1700w$  puterea nominală;
- $R_a=0.68\Omega$  rezistența indus;
- $L_a=0.08H$  inductanța indus;
- $k_{fi}=0.56Nm/A$  fluxul magnetic nominal;
- $J_a=0.1Kg\cdot m^2$  omentul de inerție rotoric.

În cazul schemei bloc motoarele sunt conectate astfel (figura 5):

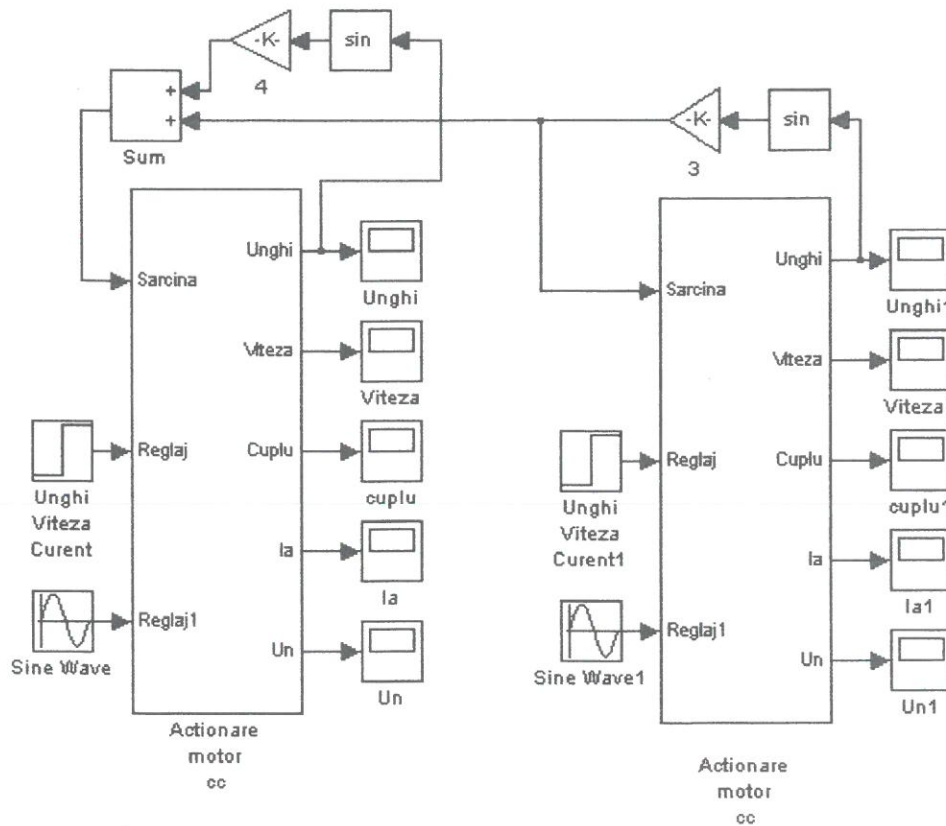


Figura 5. Cinematica motoarelor acționate

#### 4. Simulări și rezultate

Se utilizează mecanismul de mai sus, cu datele corespunzătoare, considerând dispunerea sarcinilor și deplasarea din figura următoare (figura 6):

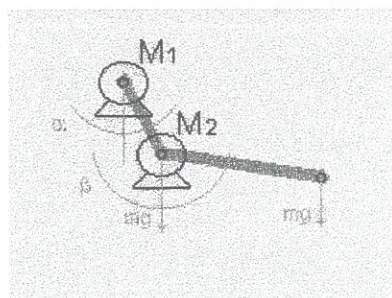
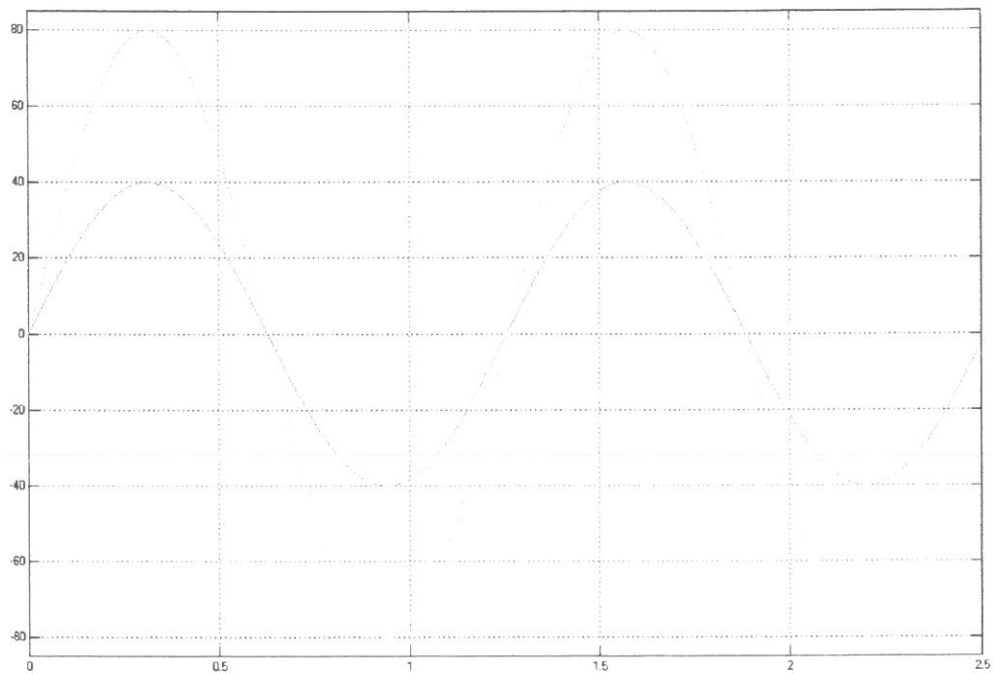


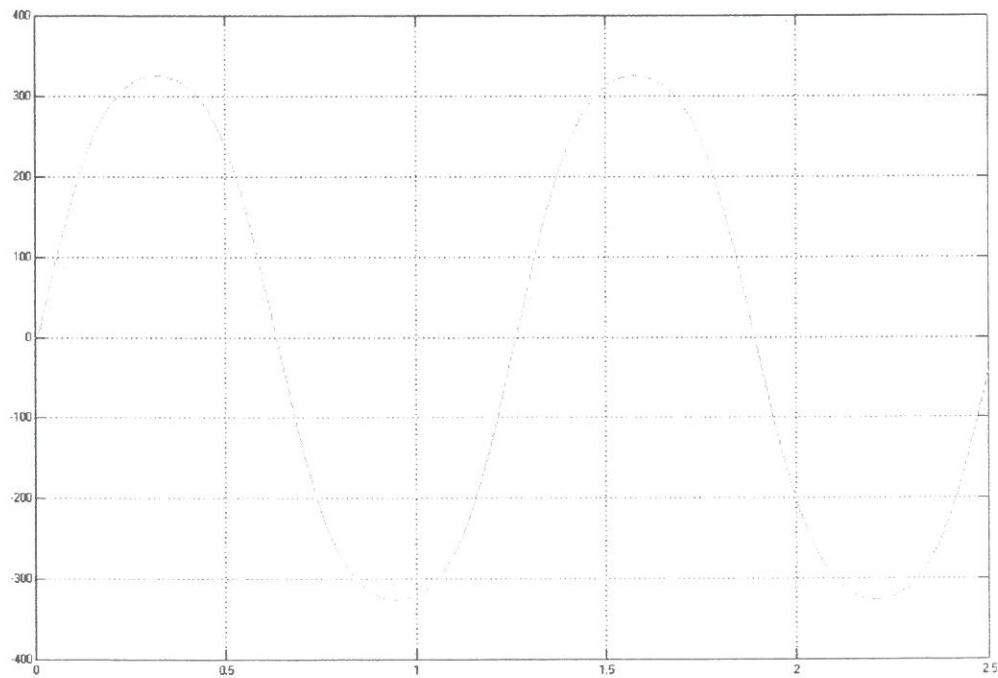
Figura 6. Dispunerea sarcinilor și deplasarea

Unghiurile comandate sunt date în graficul următor (Grf.1):



**Grf.1 Unghiuri comandate**

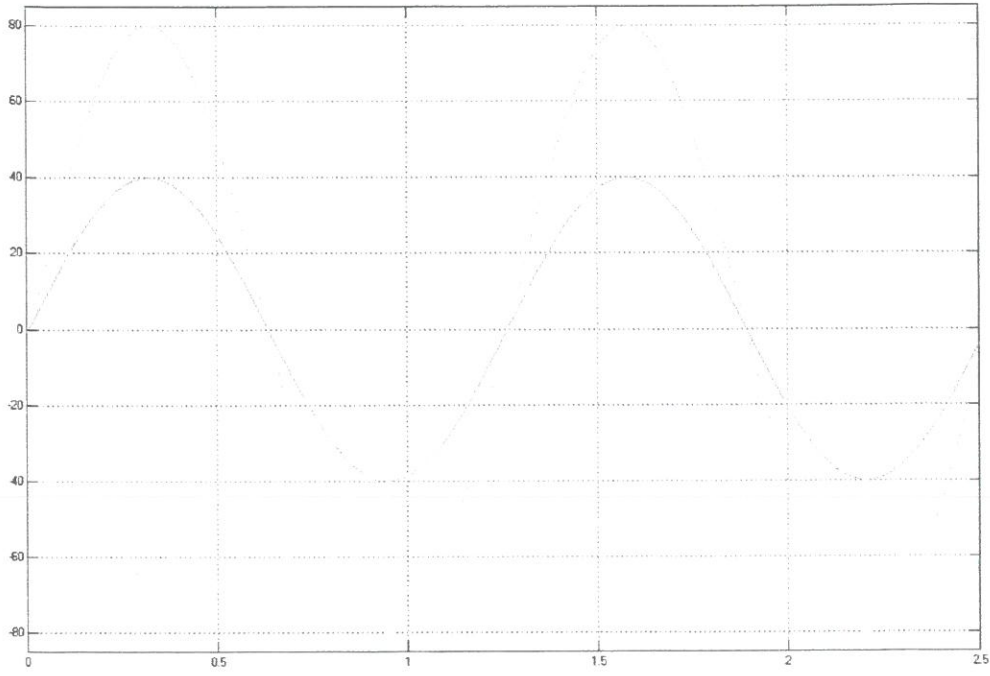
și momentul de sarcină:



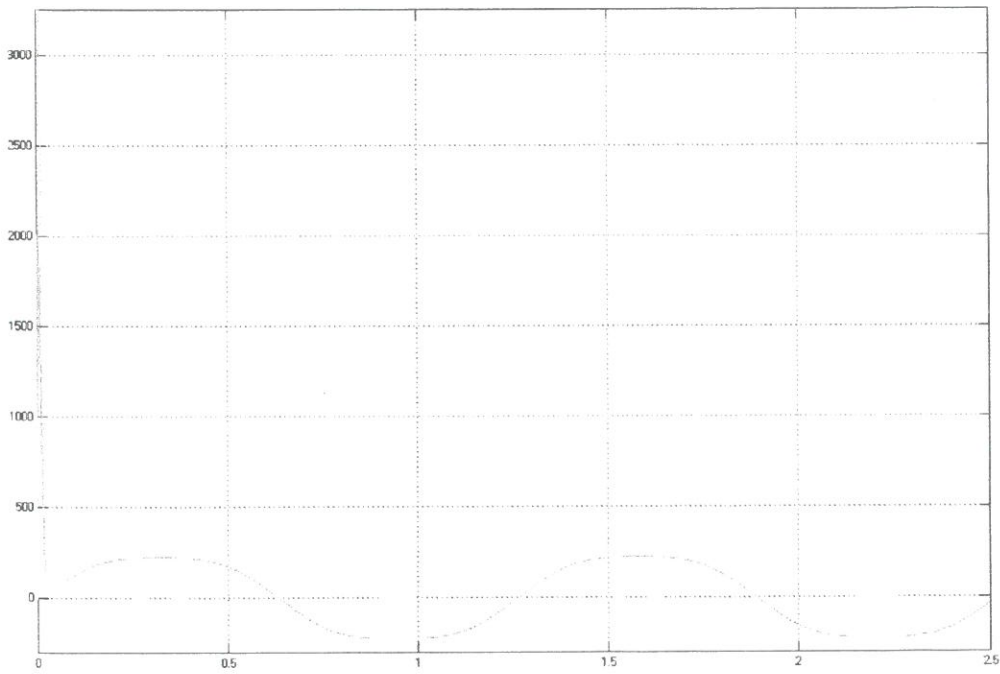
**Grf.2 Momentul de sarcină**

iar rezultatele sunt:

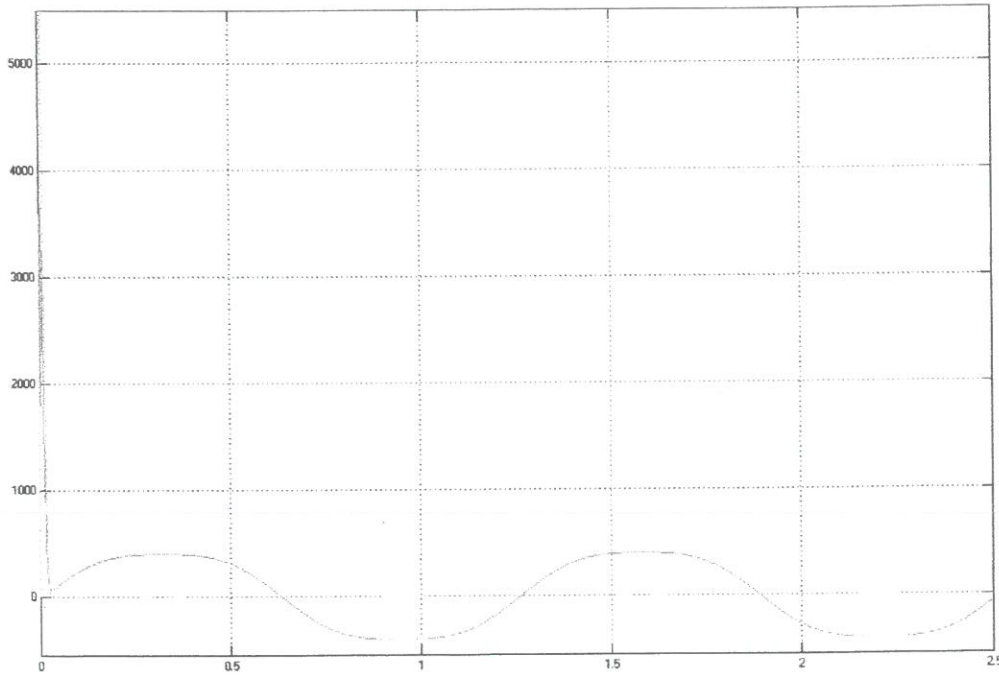




**Grf.3 Unghiurile rezultate**



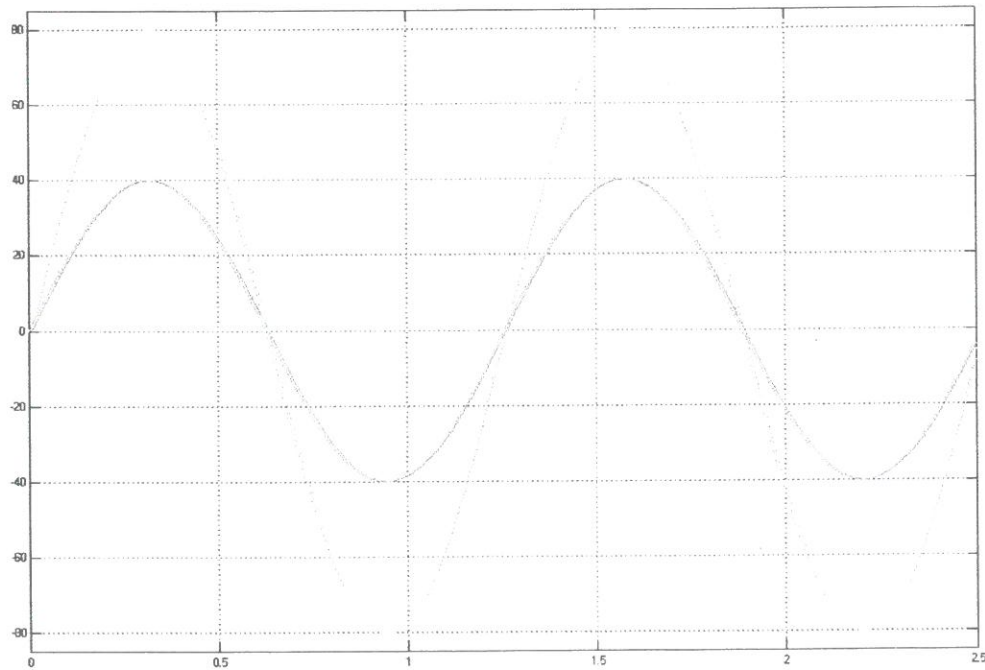
**Grf.4 Cuplul motor**



**Grf.5 Curentul consumat**

## 5. Erori și concluzii

Din graficul următor se poate observa că eroarea de urmărire a unghiului comandat este mică (maxim 1,50):



**Grf.5 Eroarea de urmărire**

În concluzie sistemul de urmărire datorită erorii destul de mici poate fi utilizat pentru comandarea roboților industriali precum și pentru alte mașini industriale (strunguri cu comanda numerică, mașini de precizie de copiat).

## Bibliografie

1. **NĂVRĂPESCU, V., M. COVRIG, ș.a.:** Acționări electrice de curent continuu, Litografia IPB, 1999.
2. **NĂVRĂPESCU, V.:** Acționări electrice de curent, Editura ICPE, București, 2001.
3. **LEONHARD, W.:** Control of electrical drives, Springer Verlag, Berlin, 1985.
4. \* \* \* Simulink Toolbox Matlab User Guide