

Temă Opțională 1, Răspuns în frecvență, Teoria Sistemelor II

Deadline: 10 Decembrie 2023

Descriere: Se consideră modelul matematic al unui motor de curent continuu cu perii precum în Figura 1.

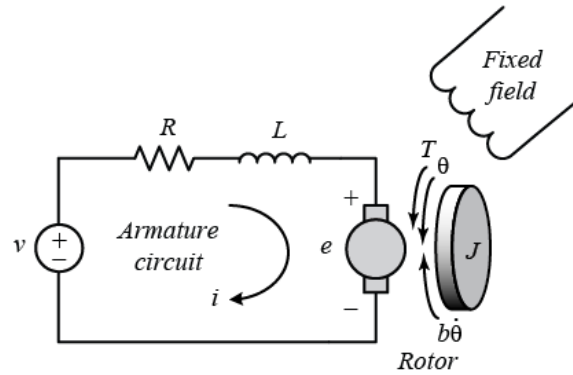


Figure 1: Circuitul echivalent al unui motor de curent continuu cu perii

Aplicând legea a doua a lui Kirchhoff pe ochiul principal al circuitului, respectiv legea a doua a lui Newton, rezultă ecuațiile diferențiale electrice și mecanice ale motorului:

$$\begin{cases} L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a = K_{\text{PWM}} v - e; \\ J \frac{d\omega}{dt} + B_f \omega + T_L = T; \\ \frac{d\theta}{dt} = \omega. \end{cases} \quad (1)$$

Pe lângă ecuațiile electrice și mecanice specifice motorului, există și ecuațiile de legătură între subsistemul mecanic și cel electric astfel:

$$\begin{cases} T = K_T i_a \\ e = K_e \omega. \end{cases} \quad (2)$$

Considerând un sistem de tip MIMO, cu intrările $\mathbf{u}(t) = (v, T_L)^T$, stările $\mathbf{x}(t) = (i_a, \omega, \theta)^T$, respectiv ieșirile $\mathbf{y}(t) = (\omega, \theta)^T$, rezultă modelul în spațiul stărilor:

$$\left(\begin{array}{c|c} A & B \\ \hline C & D \end{array} \right) = \left(\begin{array}{ccc|cc} -\frac{R_a}{L_a} & -\frac{K_e}{L_a} & 0 & \frac{K_{\text{PWM}}}{L_a} & 0 \\ \frac{K_t}{J} & -\frac{B_f}{J} & 0 & 0 & -\frac{1}{J} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right). \quad (3)$$

Un set de parametrii pentru motorul descris se prezintă în Tabelul 1.

Table 1: Parametrii motorului DC

Parametru	Valoare	U.M.
R_a	0.92	Ω
L_a	10^{-3}	H
K_e	0.296	Vs/rad
K_t	0.294	Nm/A
J	$7 \cdot 10^{-4}$	N/m^2
B_f	$3.35 \cdot 10^{-4}$	N/m
K_{PWM}	38.46	—

Cerința A: În ipoteza neglijării părții electrice, să se analizeze sistemul având intrarea v și ieșirea θ . Pentru acest sistem:

- să se determine un **regulator cu avans de fază** de ordinul I care să asigure un timp de urcare cât mai mic și suprareglaj 0%;
- să se illustreze proiectarea acestuia pe diagrama Nichols și să se evidențieze modificările aduse de regulator;
- să se evidențieze funcțiile de sensibilitate (sensitivitatea S , sensibilitatea complementară T și efortul de control KS);
- în ipoteza în care comanda maximă admisă este de $5[V]$, determinați dacă această constrângere este respectată pentru o referință $\theta^* = 100[rad]$, iar, în caz contrar, modificați regulatorul astfel încât să se respecte și această constrângere;
- realizați toate simulările menționate anterior în ipoteza în care partea electrică nu este neglijată și precizați ce degradări ale performanțelor ați constatat.

Cerința B: În ipoteza neglijării părții electrice, să se analizeze sistemul având intrarea v și ieșirea θ . Pentru acest sistem:

- să se determine un **regulator cu întârziere de fază** de ordinul I care să asigure un timp de urcare cât mai mic și suprareglaj 0%;
- să se illustreze proiectarea acestuia pe diagrama Nichols și să se evidențieze modificările aduse de regulator;
- să se evidențieze funcțiile de sensibilitate (sensitivitatea S , sensibilitatea complementară T și efortul de control KS);
- în ipoteza în care comanda maximă admisă este de $5[V]$, determinați dacă această constrângere este respectată pentru o referință $\theta^* = 100[rad]$, iar, în caz contrar, modificați regulatorul astfel încât să se respecte și această constrângere;
- realizați toate simulările menționate anterior în ipoteza în care partea electrică nu este neglijată și precizați ce degradări ale performanțelor ați constatat.

Cerința C: Să se analizeze robustețea structurilor de control propuse în raport cu variația parametrilor motorului. Considerați o variație de $\pm 10\%$ pe fiecare parametru și studiați degradarea performanțelor obținute folosind regulatoarele calculate la A și B.

Hint: Utilizați funcția `ureal` din MATLAB.

Temă Opțională 2, Sisteme Numerice și Spațiul Stărilor

Cerința D: În ipoteza implementării numerice a unuia dintre regulatoarele calculate la **Cerința A** sau **Cerința B** să se analizeze următoarele aspecte, în ipoteza neglijării părții electrice:

- să se determine o perioadă de eșantionare adecvată sistemului de control astfel încât să existe o degradare minimă a performanțelor, fără a fi nevoie de o perioadă de eșantionare aberant de mică;
- pornind de la structura numerică de control menționată anterior, să se realizeze o analiză a impactului numărului de zecimale considerate pentru implementarea regulatorului numeric asupra stabilității și a performanțelor;
- realizați toate simulările menționate anterior în ipoteza în care partea electrică nu este neglijată și precizați ce degradări ale performanțelor ați constatat.

Cerința E: Pornind de la modelul de tip spațiul-stărilor din (3), să se rezolve următoarele cerințe:

- să se proiecteze un regulator cu reacție de la stare capabil să asigure eroarea staționară la poziție. Se cere ca suprareglajul să fie nul, iar timpul de răspuns să fie cât mai mic;
- pentru regulatorul propus la subpunctul anterior, să se analizeze valoarea maximă a comenzii;
- să se modifice regulatorul cu reacție de la stare calculat anterior astfel încât valoarea maximă a comenzii să nu depășească valoarea maximă de 5[V];
- în vederea implementării acestei structuri de control, curentul i_a nu poate fi măsurat. Proiectați un estimator de stare capabil să furnizeze măsurători suficient de rapide pentru a nu degrada performanțele impuse.

Cerința F: Pornind de la regulatorul cu reacție de la stare calculat la **Cerința E**, să se analizeze următoarele aspecte, considerând disponibile măsurători pentru toate cele trei variabile de stare:

- să se determine o perioadă de eșantionare adecvată sistemului de control astfel încât să existe o degradare minimă a performanțelor, fără a fi nevoie de o perioadă de eșantionare aberant de mică;
- pornind de la structura numerică de control menționată anterior, să se realizeze o analiză a impactului numărului de zecimale considerate pentru implementarea regulatorului numeric asupra stabilității și a performanțelor;
- ce modificări apar dacă și estimatorul de stare ar trebui implementat pe același microcontroller (perioada de eșantionare, numărul de zecimale etc.)?