

SISTEM DE REGLARE AUTOMATĂ A REGIMULUI TERMIC AL CIOCANULUI DE LIPIT

Dumitru MORARU, Irina COJUHARI, Maxim PEROV

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrare este prezentat sistemul automat de reglare a regimului termic al ciocanului de lipit. A fost obținut modelul matematic al încălzitorului pe baza procedurilor de identificare. În rezultat a fost efectuată sinteza algoritmului de conducere PID la modelul obiectului identificat și rezultatele sintezei au fost verificate pe calculator în pachetul de programe MATLAB. A fost elaborat echipamentul de conducere a regimului termic pe care a fost implementat algoritmul PID.

Cuvinte cheie: regulatorul PID, sistemul automat, identificare, model matematic, funcția de transfer, parametrii de acord, reglare automată.

1. Noțiuni generale

Sistemul de reglare automată (SRA) este un sistem în conexiune inversă care își decide comportamentul față de mărimile externe pe baza mărimii de eroare ε , generate în mod automat, cu scopul expres al anulării acesteia.

Schema bloc funcțională a unui SRA este prezentată în figura 1.

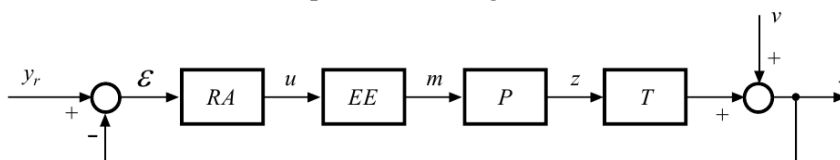


Fig. 1. Schema bloc funcțională a sistemului de reglare automată.

Elementele componente ale SRA sunt următoarele:

- Regulatorul automat (RA)* are rolul de a prelua semnalul de eroare și de a elabora la ieșire un semnal de comandă pentru elementul de execuție.
- Elementul de execuție (EE)* este dispozitivul care primește semnale electrice și furnizează mărimi de ieșire de natură mecanică (în general) capabile să modifice starea procesului.
- Procesul (P)* este procesul tehnologic care trebuie reglat.
- Traductorul (T)* realizează conversia unei mărimi fizice (neelectrice) într-o mărime de altă natură fizică (în general electric) proporțională și dependentă de prima.

Pentru a controla cu precizie temperatura în sistemul automat se utilizează regulatorul care preia semnalul despre procesul de la senzorul de temperatură (termocuplu, termorezistență).

La alegerea regulatorului trebuie de ținut cont de:

- tipul senzorului (termocuplu sau termorezistență), gama de temperatură;
- tipul elementului de acționare (releu electromecanic);
- algoritmul de funcționare (bipozițional, PID) [1,2,3,6].

2. Acordarea regulatorului

În lucrare a fost sintetizat algoritmul PID la obiectul real.

Pentru a efectua acordarea regulatorului a fost făcută identificarea modelului matematic al încălzitorului, utilizând modelul ARX 21 care este descris prin ecuația (1).

$$A(q^{-1})y(t) = B(q^{-1})u(t - nk) + e(t), \quad (1)$$

unde $A(q^{-1}) = 1 + a_1q^{-1} + a_2q^{-2} + \dots + a_{na}q^{-na}$,

$$B(q^{-1}) = b_0 + b_1q^{-1} + b_2q^{-2} + \dots + b_{nb}q^{-nb}.$$

Vectorul parametrilor care se estimează în baza metodei celor mai mici pătrate este:

$$\theta = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_{na} \ b_1 \ b_2 \ \dots \ b_{nb}].$$

În baza datelor obținute din experiment și utilizând blocul *System Identification Toolbox* a fost obținută următoarea funcție de transfer în operatorul de deplasare q^{-1} .

$$H_{PF}(q^{-1}) = \frac{r_1 q^{-1}}{1 - l_1 q^{-1} + l_2 q^{-2}} = \frac{0.04257 q^{-1}}{1 - 1.99 q^{-1} + 0.9897 q^{-2}}. \quad (2)$$

Funcția de transfer discretă (2) în transformata Laplace se reprezintă:

$$H_{PF}(s) = \frac{b_0 s + b_1}{a_0 s^2 + a_1 s + a_2} = \frac{0.2136 s + 4.279}{s^2 + 0.1035 s + 0.03015}. \quad (3)$$

În continuare la modelul obiectului prezentat prin relația (3) a fost făcută acordarea regulatorului PID în baza metodei gradului maximal de stabilitate cu iterații.

În figura 2 este prezentată schema bloc structurală a sistemului automat, unde $H_R(s)$ – reprezintă funcția de transfer a regulatorului, iar $H_{PF}(s)$ – funcția de transfer a obiectului de reglare, prezentată prin relația (3).

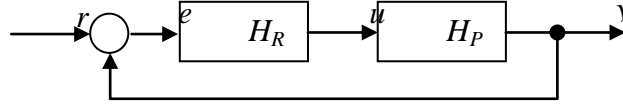


Fig. 2. Schema bloc structurală a sistemului automat.

Pentru acordarea regulatorului PID la modelul obiectului (3) după metoda gradului maximal de stabilitate cu iterații se obțin următoarele expresii algebrice [4]

$$k_d = \frac{-d_0 J^4 + d_1 J^3 - d_2 J^2 + d_3 J - d_4}{2(b_1 - b_0 J)^4}, \quad (4)$$

unde $d_0 = 2a_0 b_0^3$; $d_1 = 8a_0 b_0^2 b_1$; $d_2 = 12a_0 b_0 b_1^2$; $d_3 = 2a_2 b_1 b_0^2 - 2a_1 b_0 b_1^2 - 6a_0 b_1^3$; $d_4 = -2a_1 b_1^3 + 2a_2 b_0 b_1^2$,

$$k_p = \frac{d_0 J^3 - d_1 J^2 + d_2 J - d_3}{(b_1 - b_0 J)^2} + 2k_d J, \quad (5)$$

unde $d_0 = 2a_0 b_0$; $d_2 = a_1 b_0 + 3a_0 b_1$; $d_3 = 2a_1 b_1$; $d_4 = a_2 b_1$,

$$k_i = \frac{a_0 J^3 - a_1 J^2 + a_2 J}{(b_1 - b_0 J)} - k_d J^2 + k_p J. \quad (6)$$

Din expresiile (4)-(6) se observă că parametrii de acord ai regulatorului PID - k_p , k_i și k_d sunt funcții de parametrii cunoscuți ai obiectului și de gradul de stabilitate J necunoscut al sistemului de reglare automată: $k_p=f(J)$, $k_i=f(J)$, $k_d=f(J)$. După relațiile (4)-(6) la valorile cunoscute ale parametrilor obiectului și la variația gradului de stabilitate $J \geq 0$ în limitele respective se efectuează calculele și se construiesc curbele $k_p=f(J)$, $k_i=f(J)$, $k_d=f(J)$ pentru determinarea parametrilor de acord a regulatorului PID.

4. Aplicații și simulare pe calculator

Pentru a analiza eficiența metodei de acordare a regulatorului tipizat la modelul obiectului identificat prezentat prin funcția de transfer (3), s-au efectuat calculele respective a parametrilor de acord în baza expresiilor (4)-(6). Au fost construite dependențele $k_p=f(J)$, $k_i=f(J)$, $k_d=f(J)$ pentru cazul acordării regulatorului PID (figura 3.).

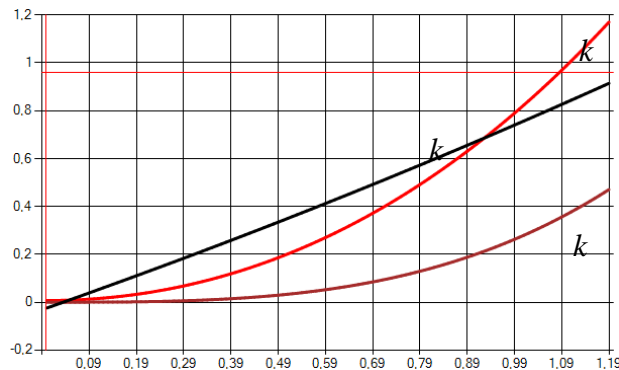


Fig. 3. Dependențele $k_p=f(J)$, $k_i=f(J)$, $k_d=f(J)$.

Pe baza curbelor obținute din figura 3 au fost alese seturi de valori ale parametrilor de acord.

În tabelul 1 sunt prezentate seturi de valori ale parametrilor de acord pentru cazul acordării regulatorului PID după metoda gradului maximal de stabilitate.

Tabelul 1. Parametrii regulatorului PID.

| Nr. | J | k_p | k_i | k_d |
|-----|------|-------|--------|-------|
| 1 | 0.08 | 0.011 | 0.0001 | 0.031 |
| 2 | 1.56 | 2.11 | 1.12 | 1.25 |
| 3 | 2.11 | 4.19 | 3.04 | 1.82 |

Pentru verificarea rezultatelor obținute a fost efectuată simularea pe calculator în pachetul de programe Simulink MATLAB. Schema de simulare este prezentată în figura 4.

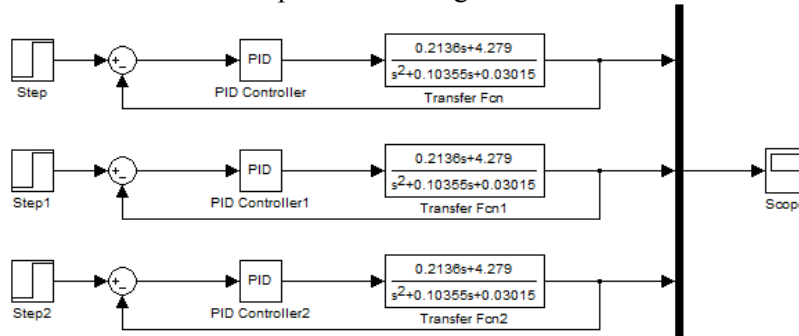


Fig. 4. Schema sistemului automat simulare pe calculator

În figura 5 este prezentat procesul tranzitoriu al SA cu regulator PID.

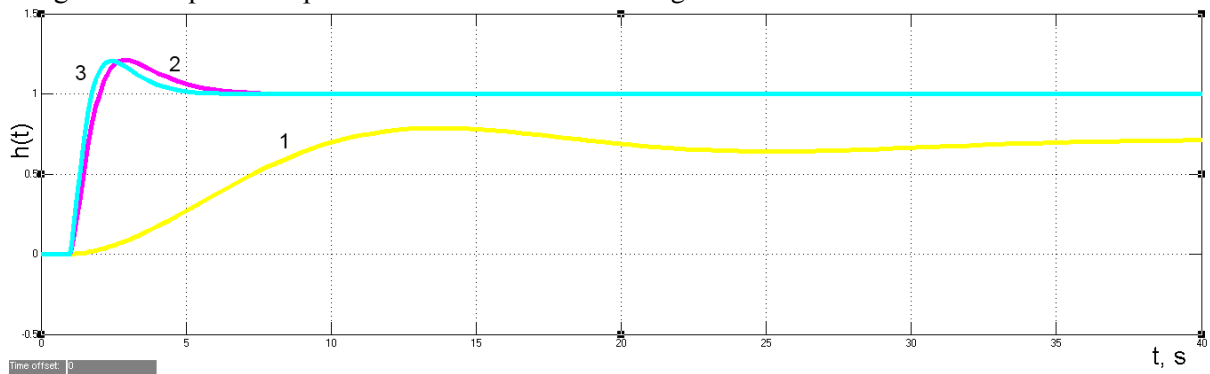


Fig. 5. Procesele tranzitorii ale sistemului automat.

Din analiza procesului tranzitoriu se observă că s-a obținut un proces aperiodic cu suprareglajul egal cu 22% și timpul de reglare egal cu 8 secunde. Cel mai bun rezultat s-a obținut.

5. Descrierea sistemului proiectat

Sistemul proiectat este alcătuit dintr-un set minim de elemente necesare pentru a crea un regulator automat. În acest set intră [5]:

- un LCD de 16 segmente, două linii;
- microcontroler-ul ATmega 16;
- amplificatorul termorezistenței pentru citirea mărimii de ieșire a senzorului;
- tranzistor pentru modulație în durată;
- un encoder cu buton pentru a fixa valoarea temperaturii dorite și a porni regimul de reglare de încălzire și menținerea temperaturii;
- sursă de alimentare de 24 V și 2...3.5 A pentru încălzirea ciocanului de lipit;
- stabilizator de tensiune de 5 V pentru alimentarea schemei;
- condensatoare ca filtre;
- rezistențe;
- un ciocan de lipit.

În figura 6 este prezentată schema de principiu electrică.

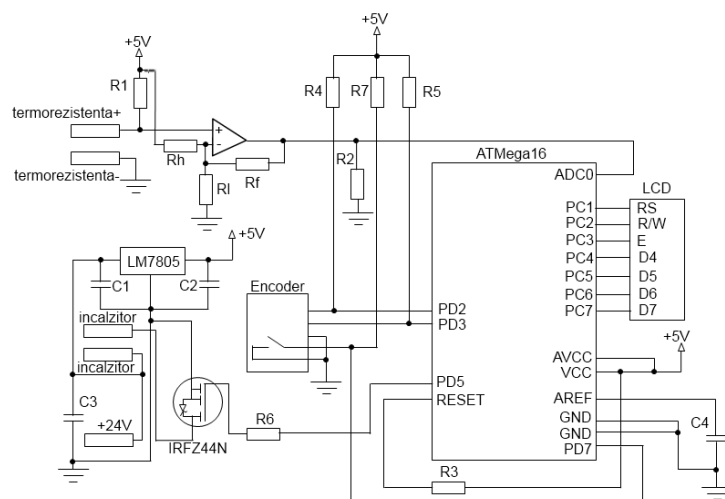


Fig. 6. Schema de principiu electrică.

Construcția sistemului proiectat este prezentată în figura 7.



Fig. 7. Aspectul dispozitivului proiectat (partea frontală).

Concluzii

În această lucrare s-a prezentat sistemul automat de reglare a regimului termic al ciocanului de lipit. Pe baza procedurilor de identificare a fost obținut modelul matematic al încălzitorului. Pentru reglarea temperaturii, a fost ales algoritmul de regulare PID. Pentru a analiza eficiența metodei de acordare s-au efectuat calculele respective parametrilor de acord și au fost construite dependențele. Rezultatele sintezei au fost verificate pe calculator în pachetul de programe MATLAB. S-a observat că cel mai bun rezultat s-a obținut pentru valorile parametrilor de acord $k_p = 2.11$, $k_i = 1.12$, $k_d = 1.25$.

A fost prezentată schema electrică de principiu și elaborat echipamentul de conducere a regimului termic pe care a fost implementat algoritmul PID. În rezultat a fost obținut un echipament sigur și fiabil.

Bibliografie

1. ROTACH, V. Ia. *Teoria avtomaticheskogo upravlenia termoenergheticheskimi protzessami*. Moskva: Energoatomizdat, 292 s., 1985.
2. LUKAS, V. A. *Teoria avtomaticheskogo upravlenia*. Moskva: Nedra, 416 s., 1990.
3. TAN, N.; ATHERTON, D. P. "Design of stabilizing PI and PID controllers". In: International Journal of Systems Science, Vol. 37, Issue 8. pp. 543-554, 6/20/2006.
4. IZVOREANU, B. "The Iterative Algorithm of Tuning Controllers to the Model Object with Advance Delay and Inertia Second Order". In: Proceedings of the 10-th International Conference on Development and Application Systems DAS-2010, România, Universitatea Ștefan cel Mare Suceava, pp. 111-115, 2010.
5. MORARU, D. "Reglarea numerică a regimului termic în cuptor în baza regulatorului industrial TPM 151 – I". În: Materialele Conferinței Tehnico – Științifice a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților UTM, Chișinău: UTM, vol. I, pp. 160 - 163, 2010.
6. www.shiva.pub.ro/PDF/.../L9_Sinteza_SRA.pdf, 30.10.2013.