

ACORDAREA REGULATORULUI PID PENTRU CONDUCEREA UNUI PROCES TERMIC

Ion COSTIN¹,
Mihail JUBEA¹,
Egor CAZACOV^{1*}

¹Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, grupa AI-171, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Egor Cazacov, cazacovegor@gmail.com

Rezumat. În acest articol este prezentat sistemul automat de reglare a temperaturii unui lichid. Pentru reglarea temperaturii s-a propus de a utiliza regulatorul PID. Pentru a efectua acordarea regulatorului a fost obținut modelul matematic de aproximare a procesului și pentru modelul respectiv a fost acordat regulatorul PID în baza metodei gradului maximal de stabilitate. Rezultatele obținute de acordare regulatorului PID au fost verificate în pachetul de programe MATLAB și în cadrul sistemului fizic.

Cuvinte cheie: PID regulator, acordarea regulatorului, gradul maximal de stabilitate.

Introducere

Reglatoarele PID sunt folosite pentru conducerea diverselor procese industriale. Aproximativ 95% din algoritmi de conducere utilizate în automatizări industriale utilizează algoritmi de control PID, care se descifrează ca proporțional-integral-diferențial regulator și aceste trei componente sunt combinate în așa fel încât creează un semnal de control [3].

Regulator PID

Când se folosește un regulator ieftin și simplu, sunt posibile doar două stări de control, de exemplu, complet pornit sau complet oprit. El este utilizat pentru setări limitate de control, în care aceste două stări de control sunt suficiente în scopuri de control. Cu toate acestea, natura acestui control limitează utilizarea acestuia și, prin urmare, este înlocuit de reglatoarele PID [3]. Regulatorului PID menține ieșirea în așa fel încât să existe o eroare zero între variabila de proces și punctul de referință / ieșirea dorită folosind operații cu buclă închisă. PID regulator este compus din trei componente: proporțională, integrală și diferențială. Suma a acestor componente redă strategia de control a procesului, Figura 1.

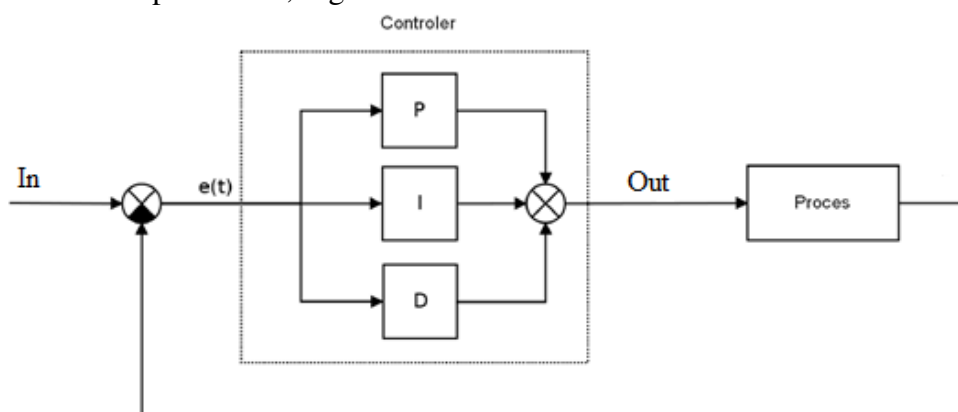


Figura 1. Schema bloc a PID-lui

P-regulator

Un regulator proporțional sau P, oferă o ieșire proporțională cu eroarea curentă $e(t)$. El compara valoarea dorită sau setată cu valoarea reală de la ieșirea procesului. Eroarea rezultată este înmulțită cu o constantă proporțională pentru a obține rezultatul. Dacă valoarea erorii este zero, atunci ieșirea acestui regulator este zero. El oferă funcționare stabilă, dar menține întotdeauna o eroare constantă. Viteza de reacție crește odată cu creșterea constantei proporționale K_p .

$$P = K_p \cdot e(t). \quad (1)$$

I-regulator

Datorită limitării regulatorului P, unde există întotdeauna o compensare între variabila de proces și valoarea de referință, este nevoie de un I-regulator care oferă acțiunile necesare pentru a elimina eroarea de stare constantă. El integrează eroarea pe o perioadă până când valoarea erorii ajunge la zero. El conține o valoare pentru dispozitivul de control final, în care eroarea devine zero. Controlul integrat își reduce puterea atunci când apare o eroare negativă. El limitează viteza de reacție și afectează stabilitatea sistemului. Viteza de reacție crește din cauza scăderii K_i . Când câștigul regulatorului I scade, eroarea de stare constantă continuă să scadă. În cele mai multe cazuri, regulatorul PI este utilizat, în special, atunci când este necesară o rată de răspuns ridicată [3].

$$I = K_i \cdot \int_0^t e(\tau) \cdot d\tau. \quad (2)$$

D-regulator

Partea integratoare nu poate prevedea comportamentul erorii în viitor, de aceea el reacționează normal după schimbarea acestuia. Partea diferențială poate rezolva aceasta problemă, așteptând comportamentul viitor al erorii. Această componentă îmbunătățește stabilitatea sistemului prin compensarea întârzierii fazei provocate de partea integratoare.

$$D = K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}. \quad (3)$$

$$Out = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) \cdot d\tau + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}. \quad (4)$$

În final se face suma tuturor componentelor regulatorului care poate fi văzut observată din formula 4.

Implementarea algoritmului PID

Pentru utilizarea în practică a PID regulatorului sa implementat un sistem de reglare a temperaturii apei, schema bloc a sistemului este dată în Figura 2. În acest caz PID-ul este folosit pentru menținerea temperaturii apei cu cea mai mică eroare.

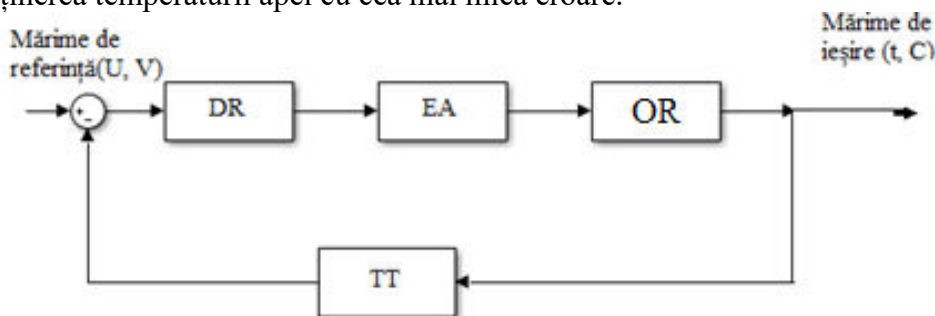


Figura 2. Schemă bloc funcțională

Componentele sistemului sunt:

- DR – dispozitiv de reglare, un regulator, în cazul respectiv sa folosit Arduino UNO.
- EA – element de acționare, de tip SSR(solid state relay).
- TT – traductor de tip termocuplu de tip K cu adaptorul.
- OR – obiect de reglare, temperatura apei.

Ca componentă de bază a sistemului se folosește un încălzitor 220 V, care se controlează cu ajutorul unui releu. Aceasta are în interior un element încălzitor sub forma de spirală, care se încălzește la primirea unei tensiuni. Schema bloc electrică a sistemului este dată în Figura 3.

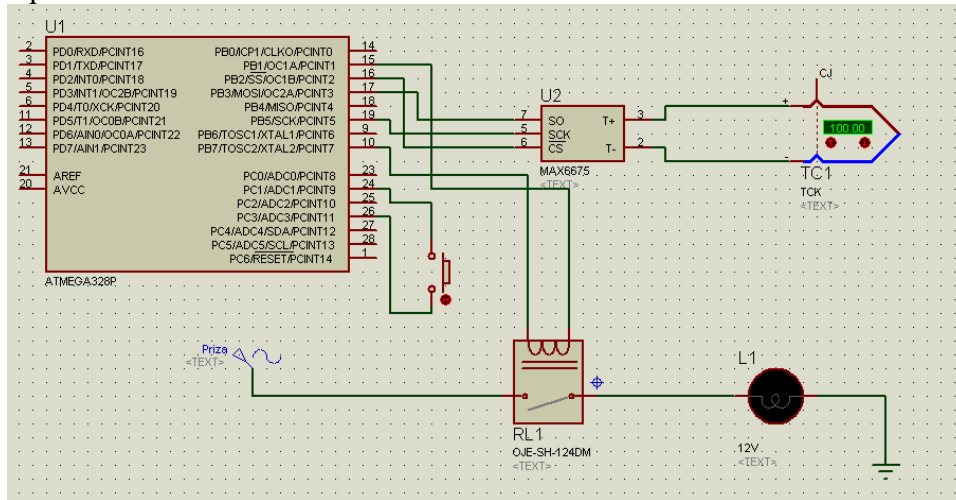


Figura 3. Schema electrică a sistemului

Pentru identificarea modelului matematic al procesului termic a fost ridicată curba experimentală, cu temperatura de referință 70 °C și pentru identificare s-a folosit System Identification Toolbox din MATLAB [1]. În urma identificării a fost obținut modelul obiectului cu inerție de ordinul doi:

$$H(s) = \frac{k}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)} = \frac{1.0031}{(21.719s)(20.2811s + 1)}. \quad (5)$$

În lucrare a fost propus de a acorda regulatorul PID în baza metodei gradului maximal de stabilitate cu iterații [2]. În cadrul acestei metode parametri de acord ai regulatorului PID k_p , k_i și k_d sunt funcții de parametri cunoscuți ai obiectului (1) și de gradul de stabilitate J , necunoscut al sistemului de reglare automată: $k_p=f(J)$, $k_i=f(J)$, $k_d=f(J)$, dependențele respective sunt reprezentate în Figura 4. În continuare, se aleg seturi de valori ale parametrilor J - k_p , k_i , k_d care ar asigura satisfacerea performanțelor satisfăcătoare a sistemului.

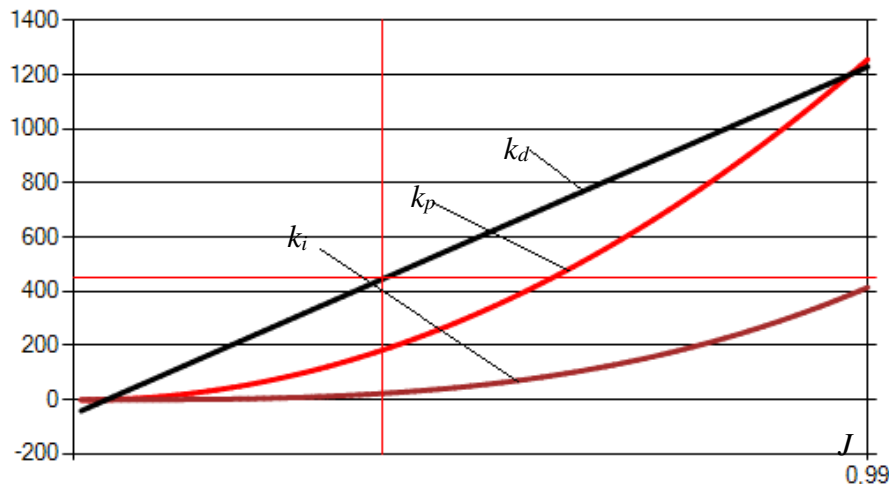


Figura 4. Dependențele pentru regulatorul PID

În Tabelul 1 sunt prezentate parametri de acord obținuți.

Tabelul 1

Parametrii de acord regulatorului PID

Nr.	k_p	k_i	k_d
1	5.315	0.146	49.03
2	2.003	0.048	21

Pentru verificarea rezultatelor obținute la acordarea regulatorului PID la modelul obiectului (5) s-a efectuat simularea sistemului automat pe calculator în pachetul de programe Simulink MATLAB, procesele tranzitorii obținute ale sistemului automat sunt prezentate în Figura 5, numerotarea curbelor corespunde cu numerotarea din tabel.

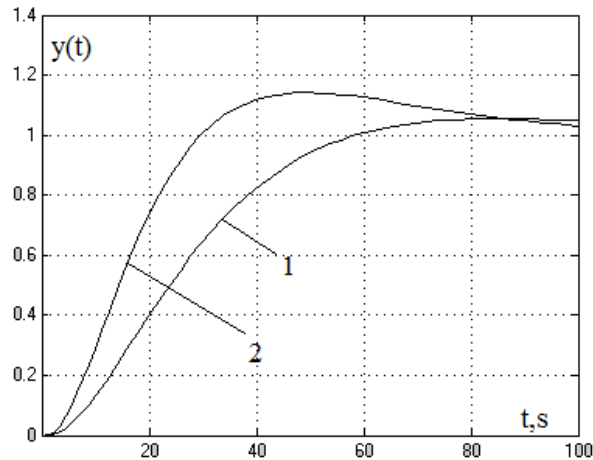


Figura 5. Procesele tranzitorii ale sistemului automat

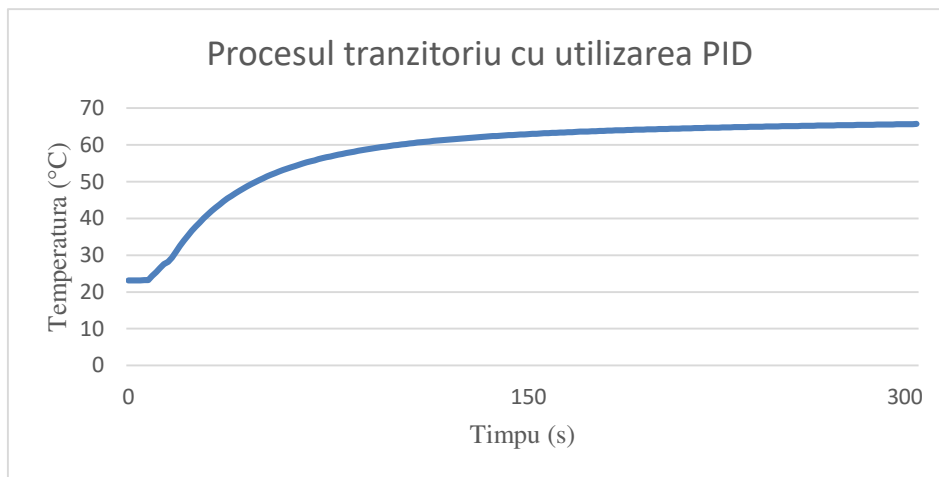


Figura 6. Procesul tranzitorii ale sistemului utilizând PID

Concluzii

În această lucrare a fost realizat un sistem automat de reglare a temperaturii unui lichid, a fost prezentată schema electrică și s-a elaborat echipamentul de reglare a temperaturii în baza algoritmului PID. Acordarea regulatorului PID a fost făcută analitic în baza metodei gradului maximal de stabilitate cu iterații. Pentru a utiliza aceasta metodă a fost făcută identificarea experimentală a modelului matematic în pachetul de programe MATLAB. Rezultatele calculelor au fost verificate pe instalație și s-a observat că cel mai bun rezultat s-a obținut pentru valorile parametrilor $k_p = 2,003$, $k_i = 0,048$, $k_d = 21$.

Referințe

1. COJUHARI, I., IZVOREANU, B. *Modelare și identificare. Ghid pentru proiectarea de curs*. Chișinău: Editura „Tehnica-UTM”, 2015.
2. IZVOREANU, B., IZVOREANU, F. FIODOROV, I. The synthesis of linear regulators for aperiodic objects with time delay according to the maximal stability degree method. *In: The Preprints the Fourth IFAC Conference on System Structure and Control*. București: Editura Tehnică, 1997, pp. 449 - 454.
3. DUMITRACHE, I. *Ingineria reglării automate*. București: Politehnica Press, V. 1, 2016.