

AUTOMATIZAREA PROIECTĂRII SISTEMELOR AUTOMATE

Ion FIODOROV, Irina COJUHARI, Bartolomeu IZVOREANU, Mihai BUNESCU

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrare se propune elaborarea unui produs program, care permite automatizarea procesului de sinteză și optimizare a performanțelor sistemelor de reglare automată. În calitate de legi de reglare sunt considerate regulatoarele tipizate P, PD, PI și PID. Sinteza regulatoarelor se efectuează în baza algoritmilor analitici, prezentați în formă de expresii algebrice, determinați în conformitate cu metoda gradului maximal de stabilitate al sistemului proiectat. Aplicația elaborată reprezintă un sistem interactiv, ce realizează o interacțiune eficientă dintre proiectant și calculator la diferite etape de sinteză a sistemelor automate.

Cuvinte cheie: sistem de reglare automată, regulatoare tipizate, sinteza sistemelor automate, metoda gradului maximal de stabilitate, produs program.

Introducere

Una din problemele de bază ale conducerii automate, atât din punct de vedere teoretic, cât și din punct de vedere practic, este problema sintezei regulatorului. Practica de automatizare a proceselor tehnologice ne demonstrează că datorită simplității și caracteristicilor de performanță bune oferite sistemelor automate proiectate, aproximativ 90-95% dintre regulatoarele, care actual se utilizează în instalațiile industriale, folosesc regulatoarele care funcționează în baza algoritmului de tip PID și variațiile lui [1,4].

Este de reținut faptul că folosirea algoritmului de reglare PID nu garantează apriori o reglare optimă a sistemului și nici stabilitatea lui. Asigurarea unor performențe ridicate depinde de alegerea corespunzătoare a valorilor parametrilor de acord ai regulatorului [1].

Unul din criteriile utilizate la proiectarea sistemelor de reglare automată este criteriul gradului maximal de stabilitate. Sistemele sintetizate în baza acestui criteriu se caracterizează printr-o rapiditate înaltă, un suprareglaj redus și robustețe la variația parametrilor obiectului reglat [2].

În această lucrare se propune elaborarea unui produs program, care ar permite automatizarea procesului de sinteză a regulatoarelor tipizate în conformitate cu criteriul gradului maximal de stabilitate, analiza și optimizarea performanțelor sistemelor de reglare automată proiectate.

1. Algoritmi analitici de sinteză a regulatoarelor tipizate după criteriul gradului maximal de stabilitate

Problema sintezei sistemelor de reglare automată (SRA) cu grad maximal de stabilitate se formulează în felul următor [2,3]. Se consideră o structură convențională de SRA (figura 1), care include obiectul reglat cu inerție și timp mort cu parametrii cunoscuți

$$H_F(s) = \frac{k \exp(-\tau s)}{a_0 s^r + a_1 s^{r-1} + \dots + a_{r-1} s + a_r}, \quad (1)$$

și regulatorul tipizat selectat

$$H_R(s) = \sum_{j=1}^m b_j s^{(j-1)}, \quad (2)$$

unde k este coeficientul de transfer al obiectului; τ - timpul mort; $a_i, i=0, \dots, r$ - parametrii modelului obiectului reglat, care caracterizează inerția obiectului condus; r - ordinul obiectului; b_j - parametrii dinamici de acord ai regulatorului; m - numărul parametrilor de acord.

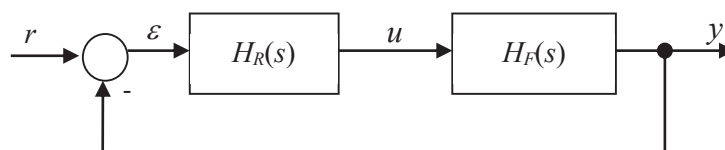


Fig. 1. Schema bloc structurală a sistemului automat.

Regulatorul (2) reprezintă forma generalizată a regulatorului de tip PID și variațiile lui, care se

caracterizează cu următoarea funcție de transfer

$$H_R(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s = \frac{k_i + k_p s + k_d s^2}{s}, \quad (3)$$

unde k_p, k_i, k_d sunt parametrii dinamici de acord ai regulatorului.

Este necesar de a determina un vector al parametrilor b_j ai regulatorului (2), astfel încât să se asigure pentru parametrii cunoscuți ai obiectului (1) valoarea maximală a gradului de stabilitate al sistemului (1), (2)

$$\eta_m = \max \eta(b_j) \quad j = 1, \dots, m, \quad (4)$$

unde η_m este gradul maximal de stabilitate (GMS); η - gradul de stabilitate al SRA.

Numărul parametrilor de acord m ai regulatorului (2) se alege din considerentele satisfacerii condițiilor de stabilitate Hurwitz și trebuie să îndeplinească condiția $m \leq n - 1$, unde n este ordinul sistemului proiectat.

În [3] se prezintă o metodă de sinteză a reguletoarelor tipizate după criteriul gradului maximal de stabilitate, iar în baza ei în [4] s-au elaborat algoritmi analitici, în formă de expresii algebrice, de sinteză a reguletoarelor la modele de obiecte (1) (tabelul 1).

Tabelul 1. Algoritmi analitici de sinteză a reguletoarelor pentru SRA cu răspuns aperiodic

| Tip regu- lator | Expresia pentru determinarea gradului maximal de stabilitate | Expresiile pentru determinarea valorilor parametrilor dinamici de acord ai regulatorului |
|--------------------|--|--|
| P | $J = r-1 \sqrt{\frac{a_{r-1}}{ra_0}}$ | $k_p = \frac{\exp(-\tau J)}{k} [a_0 J^r - a_r]$ |
| PD | $J = r-2 \sqrt{\frac{2a_{r-2}}{(r^2 - r)a_0}}$ | $k_p = \frac{\exp(-\tau J)}{k} [a_0 J^r - a_r],$ $k_d = \frac{\exp(-\tau J)}{k} [ra_0 J^{r-1} - a_{r-1}]$ |
| PI | $J = r-1 \sqrt{\frac{2a_{r-1}}{(r^2 + r)a_0}}$ | $k_p = \frac{\exp(-\tau J)}{k} [(r+1)a_0 J^r - a_r], \quad k_i = \frac{\exp(-\tau J)}{k} [a_0 J^{r+1}]$ |
| PID | $J = r-2 \sqrt{\frac{6a_{r-2}}{(r^3 - r)a_0}}$ | $k_p = \frac{\exp(-\tau J)}{k} [(r+1)a_0 J^r - a_r], \quad k_i = \frac{\exp(-\tau J)}{k} [a_0 J^{r+1}],$ $k_d = \frac{\exp(-\tau J)}{k} [0,5a_0(r^2 + r)J^{r-1} - a_{r-1}]$ |

Algoritmii analitici elaborați simplifică esențial procedura de sinteză a reguletoarelor tipizate, fapt ce permite implementarea metodelor de proiectare asistată de calculator a sistemelor automate.

2. Produsul program de sinteză a sistemelor de reglare automată

Pentru realizarea aplicației software de proiectare a sistemelor de reglare automată în baza algoritmilor analitici propuși s-a utilizat mediul de dezvoltare Visual Studio. Visual Studio include un set complet de instrumente de dezvoltare pentru generarea de aplicații ASP.NET, Servicii Web XML, aplicații desktop și aplicații mobile. Visual Basic, Visual C++, Visual C# și Visual J# folosesc același mediu de dezvoltare integrat (IDE) care permite partajarea instrumentelor și facilitează crearea de soluții folosind mai multe limbaje de programare. Aceste limbaje beneficiază de caracteristicile .NET Framework, care oferă acces la tehnologii cheie, simplificând dezvoltarea de aplicații web ASP și XML Web Services cu Visual Web Developer [5,6].

Visual Studio 2010 are numele de cod Dev10 și a fost lansat pe 12 aprilie 2010 alături de .NET Framework 4. Visual Studio 2010 are un editor nou care utilizează WPF (Windows Presentation Foundation), interfața utilizatorului de tip Ribbon, suportă monitoare multiple, Windows 7 multitouch, funcționalitatea SharePoint, instrumente de Windows Azure și IntelliTrace, un nou produs care ajută la eradicarea bug-urilor irepetabile. De regula, acest mediu de dezvoltare este orientat spre comunicarea cât mai strânsă cu programatorul, astfel îi cere implicare oriunde e necesar de a lua o decizie [5,6].

Aplicația este realizată cu o interfață a utilizatorului, reieșind din componentele propuse ca standard de Visual Studio, și anume elementele unui Windows Form Project.

Din punct de vedere al design-ului aplicația este construită din 3 blocuri funcționale separate:

1. Blocul de introducere a parametrilor funcției de transfer a obiectului reglat și a datelor de procesare (figura 1). Sunt evidențiate **4 text-box-uri** și **3 butoane**.
 - **Numerator** reprezintă text-box-ul, destinat introducerii coeficienților polinomului de la numărătorul funcției de transfer a obiectului reglat;
 - **Denominator** reprezintă text-box-ul, destinat introducerii coeficienților polinomului de la numitorul funcției de transfer a obiectului reglat;
 - **Step** este pasul de calcul al procesului tranzitoriu al sistemului proiectat;
 - **Time** reprezintă timpul maxim de vizualizare a procesului tranzitoriu.

Fig. 1. Blocul de introducere a datelor.

2. Blocul de selectare și setare/calcul a parametrilor regulatorului (figura 2). În cadrul acestui bloc se selectează tipul regulatorului, pot fi setați parametrii dinamici de acord ai regulatorului sau pot fi calculați în conformitate cu algoritmi analitici propuși:
 - Patru **radio-check-box-uri** pentru selectarea tipului regulatorului (P, PI, PD, PID);
 - Trei ferestre pentru setarea sau vizualizarea parametrilor de acord ai regulatorului (k_p , k_i , k_d);
 - Butoanul **Tuning** calculează valorile parametrilor de acord ai regulatorului conform algoritmului ales;
 - Șase ferestre destinate vizualizării performanțelor sistemului de reglare automată proiectat (y_{st} , t_{reg} , $suprareglare$, t_{mort} , t_{cresc} , e_{st}), determinate după procesul tranzitoriu al sistemului, construit în urma accesării butonului **Build**.

Fig. 2. Blocul de selectare, setare/calcul a parametrilor regulatorului.

3. Blocul de vizualizare grafică (figura 3) este destinat vizualizării procesului tranzitoriu al sistemului proiectat în conformitate cu algoritmul metodei gradului maximal de stabilitate.

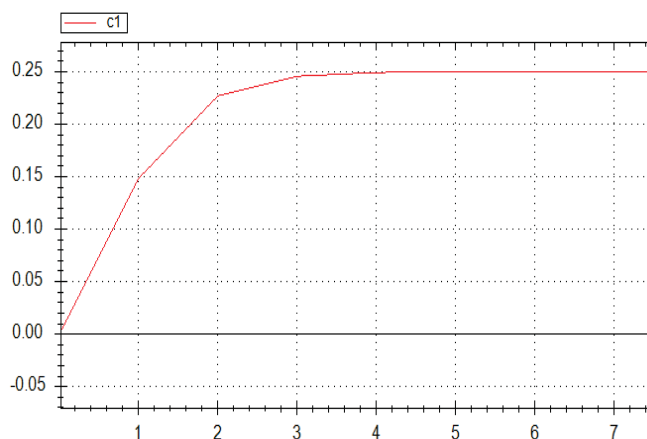


Fig. 3. Blocul de vizualizare a procesului tranzitoriu.

Proiectarea asistată de calculator a unui sistem de reglare automată în baza produsului program elaborat presupune parcurgerea într-un mod succesiv a patru pași necesari (figura 4):

1. Setarea parametrilor funcției de transfer a obiectului reglat și a datelor de procesare.
2. Alegerea tipului regulatorului.
3. Acordarea regulatorului selectat la modelul obiectului de reglare și determinarea valorilor parametrilor de acord.
4. Calculul și construirea procesului tranzitoriu al sistemului proiectat. Analiza performanțelor sistemului proiectat.



Fig. 4. Interfața grafică a utilizatorului.

Concluzii

1. S-a elaborat un produs program, destinat automatizării procesului de sinteză a reglatoarelor și optimizării performanțelor sistemelor de reglare automată. În calitate de legi de reglare sunt considerate reglatoarele tipizate P, PD, PI și PID.
2. Aplicația elaborată reprezintă un sistem interactiv, ce realizează o interacțiune eficientă dintre proiectant și calculator la diferite etape de sinteză a sistemului automat.
3. Poate fi utilizată pentru sinteza reglatoarelor tipizate la obiecte industriale de complexitate înaltă.
4. Datorită utilizării algoritmilor analitici de sinteză a reglatoarelor, elaborați în baza criteriului gradului maximal de stabilitate, aplicația permite proiectarea sistemelor de reglare automată cu performanțe și robustețe ridicate.

Bibliografie

1. Lazăr C., Vrabie D., Carari S. *Sisteme automate cu reglatoare PID*. București: MATRIX ROM, 2004. 220 p.
2. Загарий Г. И., Шубладзе А. М. *Синтез систем управления на основе критерия максимальной степени устойчивости*. Москва: Энергоатомиздат, 1988. 98 с.
3. Fiodorov, I.; Izvoreanu, B.; Cojuhari, I. *Synthesis of Robust PID Controller by the Maximum Stability Degree Criterion*. In: Proceedings of 2015 20th International Conference on Control Systems and Computer Science - CSCS-2015, 27-29 May 2015. București, UPB, România. Volume 1, CSCS20 Main Track, pp. 57-64. ISBN 978-1-4799-1779-2.
4. Fiodorov I. *Synthesis Algorithms of Controllers for Automatic Control Systems with Maximum Stability Degree*. In: Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series (CNCSIS B+ category journal), No. 37, 2013; pp. 139-143. ISSN 1842-4805.
5. <https://www.visualstudio.com/news/releasenotes/vs2015-update3-vs> (accesat 5.11.16)
6. <http://www.lextrait.com/Vincent/implementations.html> (accesat 3.11.16)