

ce sugerează o stabilitate chimică ridicată a compusului rezultat. Cu toate acestea, activitatea celulară este influențată treptat prin creșterea concentrației de nanoparticule de GaN în mediul de cultură al celulelor vii.

Concluzii:

Am observat că celulele endoteliale atașează cu ușurință pe suprafețele funcționalizate cu nanoparticule de GaN, fără a fi influențate de concentrația ridicată a nanoparticulelor pe Rema®Sil silicon, iar o cantitate foarte mică de celule au fost gasite pe suprafața de silicon curată (proba utilizată în calitate de control pozitiv) după trei zile de cultivare, în timp ce un număr tot mai mare de celule atașate s-au observat pe suprafețele funcționalizate cu nanoparticule. Numărul de celule atașate crește atunci când densitatea de nanoparticule imobilizate pe partea de sus a siliconului crește. Semne de toxicitate din partea substratului nu au fost remarcate.

Mulțumiri: Autorul aduce mulțumiri Serviciului de Schimb Academic German, pentru susținerea stagiului de cercetare prin bursa oferită în calitate de doctorand la Universitatea de Medicină din Hannover, Germania. O parte a lucrului a fost efectuată în cadrul proiectului instituțional 15.817.02.29A.

Bibliografie:

1. Furth Mark E., Atala Anthony, Van Dyke Mark E. *Biomaterials*, vol. 28, no. 34, 5068-5073, 2007.
2. Gratton S. E. A., Ropp P. A., Pohlhaus P. D., Luft J. C., Madden V. J., Napier M. E., DeSimone J. M. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 105, 11613–11618, 2005.
3. Lisa Landgraf, Ines Müller, Peter Ernst, Miriam Schäfer, Christina Rosman, Isabel Schick, Oskar Köhler, Hartmut Oehring, Vladimir V. Breus, Thomas Basché, Carsten Sönnichsen, Wolfgang Tremel and Ingrid Hilger. Comparative evaluation of the impact on endothelial cells induced by different nanoparticle structures and functionalization. *Beilstein J. Nanotechnol*, 6, 300–312, 2015.
4. Syed K Sohaebuddin, Paul T Thevenot, David Baker, John W Eaton and Liping Tang. Nanomaterial cytotoxicity is composition, size, and cell type dependent. *Particle and Fibre Toxicology*, vol. 7, 22, 2010.
5. Markus Hofstetter, John Howgate, Martin Schmid, Sebastian Schoell, Matthias Sachsenhauser, Denis Adigüzel, Martin Stutzmann, Ian D. Sharp, Stefan Thalhammer. In vitro bio-functionality of gallium nitride sensors for radiation biophysics. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 424, 348–353, 2012.
6. Scott A. Jewett, Matthew S. Makowski, Benjamin Andrews, Michael J. Manfra, Albena Ivanisevic. Gallium nitride is biocompatible and non-toxic before and after functionalization with peptides. *Acta Biomaterialia*, Vol. 8, Issue 2, 728–733, 2012.
7. Dobrovolskaia, M. A.; Patri, A. K.; Zheng, J.; Clogston, J. D.; Ayub, N.; Aggarwal, P.; Neun, B. W.; Hall, J. B.; McNeil, S. E. *Nanomedicine* 2009, 5, 106–117. doi:10.1016/j.nano.2008.08.001
8. Bauer E. Sumpio, J. Timothy Riley, Alan Dardik. Cells in focus: endothelial cell. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 34 (2002) 1508–1512
9. Folkman, J.; Shing, Y. Angiogenesis. *J. Biol. Chem.* 1992, 267, 10931–10934.
10. Dorota Bartczak, Otto L. Muskens, Tilman Sanchez-Elsner, Antonios G. Kanaras and Timothy M. Millar. Manipulation of in Vitro Angiogenesis Using Peptide-Coated Gold Nanoparticles. *VOL. 7, Nr. 6* 5628–5636, 2013.

PRODUSUL PROGRAM A ALGORITMULUI DE SINTEZĂ A REGULATORILOR ÎN BAZA METODEI GRADULUI MAXIMAL DE STABILITATE CU ITERAȚII

Irina COJUHARI, Bartolomeu IZVOREANU, Ion FIODOROV,
Dumitru MORARU, Andrei MOVILĂ, Constantin BEJENARU

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrare se prezintă produsul program IT, care oferă facilități de sinteză a regulatorilor tipizate P, PI și PID în baza metodei gradului maximal de stabilitate cu iterații. Produsul program oferă posibilități de sinteză a regulatorilor la modele de obiecte complexe, oferind în baza modelului de obiect setat valorile parametrilor de acord ai regulatorului respectiv. Rezultatele au fost verificate în pachetul de programe MATLAB Simulink, analizând procedura de acordare a regulatorilor la un model de obiect cu inerție de ordinul doi și timp mort.

Cuvinte cheie: sisteme automate, modele de obiecte complexe, regulator tipizat, metoda gradului maximal de stabilitate cu iterații, produsul program IT.

1. Introducere

Problema reglării în instalațiile industriale este una dintre cele mai importante și soluționarea acesteia presupune alegerea algoritmului de reglare și determinarea parametrilor optimali ai regulatorului, astfel încât să fie asigurată buna funcționare a instalației industriale, siguranța în exploatare și obținerea performanțelor ridicate [2, 3].

Datorită simplității, performanțelor și robusteții bune majoritatea regulatorilor care actual se utilizează în instalațiile industriale, funcționează în baza algoritmului de tip PID, care prin cele trei elemente componente (proporțională P, integrativă I și derivativă D) realizează următoarele funcții de bază: ajustează mărimea de ieșire a regulatorului în concordanță cu parametrul de acord al componente P, elimină erorile în regim staționar prin prezența componente I, anticipează comportarea viitoare al procesului prin componenta D [2, 3].

În literatura de specialitate se găsesc mai multe metode de sinteză a algoritmilor de conducere a regulatorilor tipizate care diferă prin flexibilitate, complexitate și cantitatea informației necesare privind dinamica procesului.

Una din metode de perspectivă este metoda gradului maximal de stabilitate [1, 4].

2. Metoda gradului maximal de stabilitate cu iterații

Fie că este dată schema bloc structurală a sistemului de reglare automată (SRA) prezentată în figura 1.

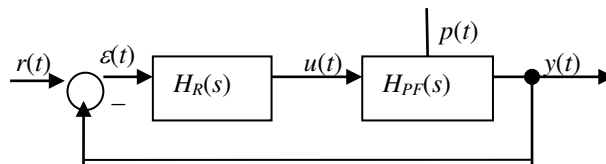


Fig. 1. Schema bloc structurală a sistemului automat.

Obiectul condus este caracterizat prin următoarea funcție de transfer

$$H_F(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + b_{m-2} s^{m-2} + \dots + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + a_{n-2} s^{n-2} + \dots + a_0} = \frac{B(s)}{A(s)}, \quad m \leq n. \quad (1)$$

Se cere de sintetizat algoritmul de conducere cu obiectul descris prin funcția de transfer (1). Legea de reglare în acest caz poate fi prezentată prin următoarea funcție de transfer

$$H_R(s) = \sum_{l=0}^N k_l s^{(l-1)}, \quad (2)$$

unde k_l – reprezintă parametrii de acord în legea de reglare aleasă, N – reprezintă numărul parametrilor de acord.

Problema de acordare constă în garantarea gradului maximal de stabilitate al sistemului proiectat pentru legea de reglare respectivă [1].

Ecuția caracteristică a SRA în circuitul închis, utilizând relațiile (1) și (2) și efectuând unele transformări, se prezintă în următoarea formă

$$F(p, k_i) = \frac{A(p)}{B(p)} + \sum_{i=0}^N k_i p^{(i-1)}, \quad (3)$$

unde $k_i = (k_0, k_1, \dots, k_N)$ prezintă parametrii de acord ai legii alese de reglare, p – reprezintă operatorul de derivare.

Se introduce noțiunea de grad maximal de stabilitate (GMS) al sistemului sintetizat J și în ecuația caracteristică (3) se substituie $p = -J$:

$$F(-J, k_i) = \frac{A(-J)}{B(-J)} + \sum_{i=0}^N k_i (-J)^{(i-1)}. \quad (4)$$

Din ecuația (4), prin operații de derivare, se obține sistemul de ecuații algebrice din care se calculează parametrii regulatorului acordat și gradul optimal de stabilitate.

$$\begin{cases} k_i = f(a_i, b_j, J), & i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \\ J = g(a_i, b_j), & i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (5')$$

Pe baza expresiei algebrice obținute (5'') poate fi determinată valoarea gradului optimal de stabilitate, care reprezintă cea mai mică rădăcină reală pozitivă sau cea mai mică parte reală pozitivă a rădăcinii complexe a expresiei respective:

$$J = J_{opt} = \min \operatorname{Re} p_i. \quad (6)$$

În urma determinării gradului optimal de stabilitate J_{opt} din relația (5''), pot fi determinate valorile parametrilor de acord ai regulatorului $k_i, I = \overline{0, r}$ în baza sistemului de ecuații algebrice (5').

În conformitate cu descrierea metodei gradului maximal de stabilitate, algoritmul de acordare a reglatoarelor include următorii pași:

1. Se alege legea de reglare.
2. Se determină funcția de transfer a SRA în circuitul închis.
3. Se obține ecuația caracteristică al sistemului automat închis.
4. Ecuația caracteristică se transcrie prin gradul de stabilitate, substituind $p = -J$.
5. Dacă numărul de parametri de acord din ecuația caracteristică obținută la pasul 3 este N , ecuația dată se derivatează pe variabila J de N ori și ca rezultat se obține sistemul de ecuații algebrice (5).

6. Din sistemul de ecuații obținute, ecuația algebrică $J = g(a_i, b_j), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$ obținută la pasul 5 se soluționează și se obțin rădăcini, care sunt, totodată, gradele maximale de stabilitate ale sistemului proiectat. Se determină valoarea gradului optimal de stabilitate a sistemului proiectat, care reprezintă cea mai mică rădăcină reală pozitivă sau cea mai mică parte reală pozitivă a rădăcinilor complexe.

7. Din sistemul de ecuații algebrice obținute la pasul 5, utilizând valoarea gradului optimal de stabilitate J_{opt} determinată la pasul 6, se calculează valorile parametrilor de acord ai legii de reglare respective.

8. Se verifică performanțele SRA proiectat, dacă performanțele sistemului sunt satisfăcute, atunci procedura de acordare s-a încheiat, iar dacă performanțele sistemului nu sunt satisfăcute, atunci procedura se reia de la început cu alt tip de lege de reglare.

În baza metodei GMS de sinteză a legilor de reglare se propune o procedura grafo-analitică cu iterații de determinare a parametrilor de acord ai regulatorului. În acest caz se propune a efectua derivarea expresiei (4) de $N-1$ ori pe variabila J și se obține un sistem de funcții ai parametrilor de acord în funcție de variabila necunoscută J și parametrii cunoscuți ai obiectului de reglare [4-7]. Pentru aceste funcții algebrice se construiesc curbele respective în dependența de variabila J . În continuare, se aleg seturi de valori ale parametrilor de acord ai regulatorului respectiv pentru valori optimale și cuasioptimale ale lui J și pentru fiecare set de valori ale parametrilor regulatorului respectiv se simulează pe calculator sistemul automat și se construiesc procesele tranzitorii ale sistemului automat. Se alege procesul tranzitoriu al sistemului automat pentru care performanțele obținute corespund celor dorite. În figura 2 este prezentată schema bloc de sinteză a legilor de reglare în baza metodei gradului maximal de stabilitate cu iterații.

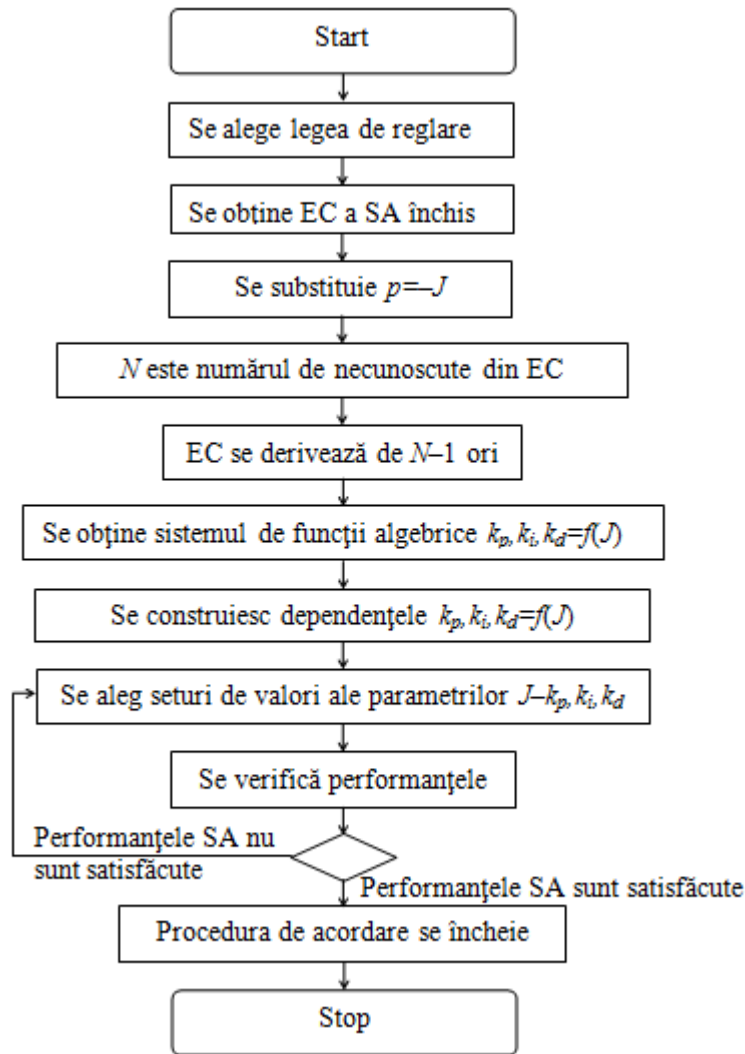


Fig. 2. Schema bloc de sinteză a legii de reglare în baza procedurii grafo – analitice cu iterații.

3. Descrierea produsului program 1T

În baza algoritmului de sinteză a reguletoarelor după metoda gradului maximal de stabilitate cu iterații s-a elaborat produsul program care implementează algoritmul prezentat în figura 2.

Programul 1T permite modelarea sistemelor de reglare convențională și sistemelor de reglare în cascadă, cu acordarea reguletoarelor tipizate în baza metodei gradului maximal de stabilitate cu iterații. Programul 1T oferă posibilitatea de a asambla și a modifica în caz de necesitate schemele bloc structurale a diferitor sisteme de reglare convențională și reglare în cascadă.

În figura 3 este prezentată fereastra principală a programului 1T. Fereastra principală este formată din două părți: spațiul de lucru (1) pe care se assemblează schema bloc structurală a sistemului de reglare în cascadă și a doua parte – panoul de date destinat introducerii datelor. Pentru asamblarea schemei bloc structurale, pe panoul de date poate fi ales blocul semnalului treapta unitară (4), comparatorul (6), blocul datelor de ieșire (5). Pentru alegerea tipului de regulator se folosește indicatorul (2). Modelul matematic al procesului condus se prezintă în forma funcției de transfer pentru introducerea căruia se folosesc câmpuri indicate de indicatorul (3). Programul 1T permite introducerea funcțiilor de transfer de orice complexitate.

În urma asamblării schemei bloc structurale a SA, pentru a porni procedura de acordare trebuie să fie apăsat butonul (7) și va apărea o fereastră nouă (figura 4).

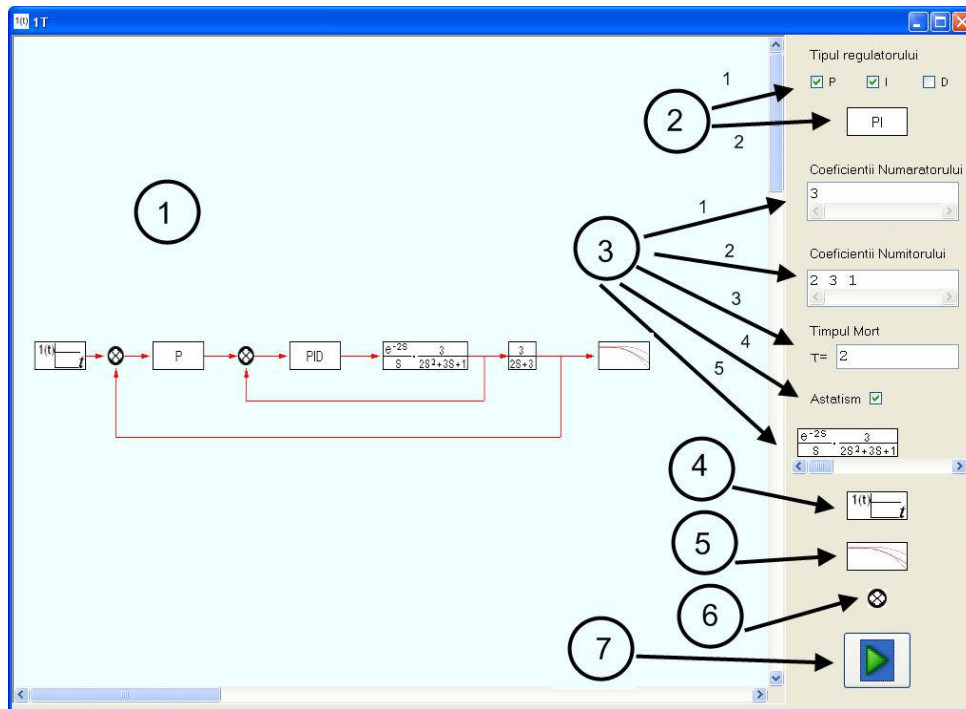


Fig. 3. Fereastra principală a programului 1T.

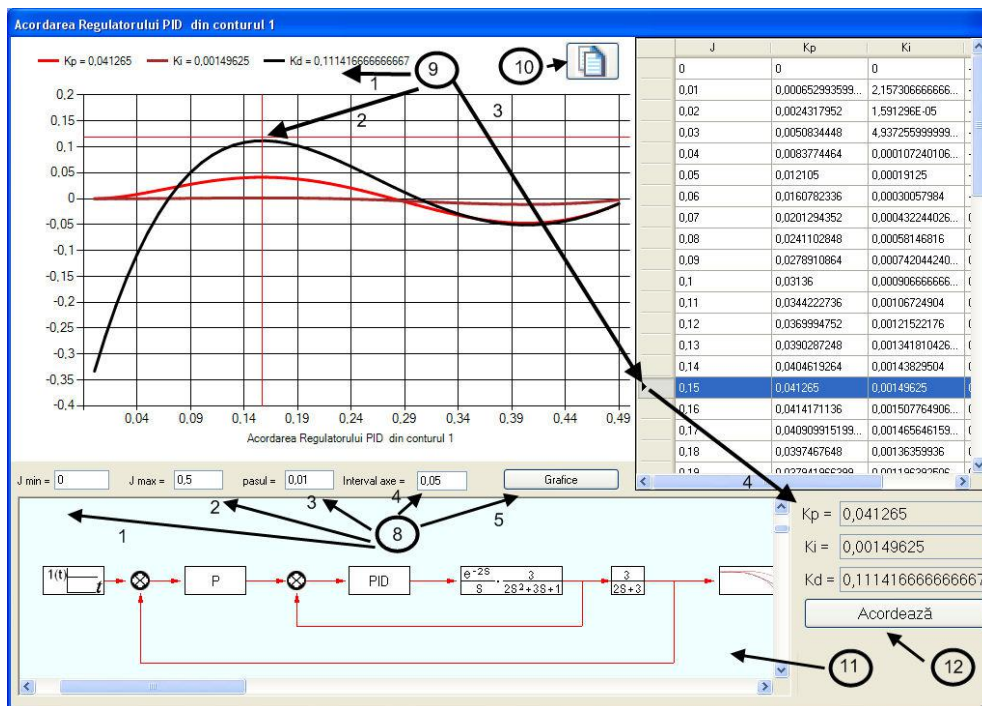


Fig. 4. Fereastra pentru alegerea parametrilor de acord ai regulatorului.

Procesul de acordare a regulatorului respectiv se începe cu deschiderea unei ferestre noi (figura 4), care permite a alege seturi de valori ale parametrilor de acord k_p , k_i , k_d care sunt funcții de gradul maximal de stabilitate J .

Pentru a obține dependențele $k_p = f(J)$, $k_i = f(J)$, $k_d = f(J)$ este necesar de a indica J_{min} (8.1), J_{max} (8.2) și pasul lui J (8.3). Pentru vizualizarea graficelor și a valorilor funcțiilor $k_p = f(J)$, $k_i = f(J)$, $k_d = f(J)$, este nevoie de a apăsa butonul indicat de (8.5) și, totodată, în câmpuri (9.3) se vor înscrie valorile alese ale parametrilor de acord.

Pentru copierea graficelor se folosește butonul prezentat de indicatorul (10).

Spațiul (11) se folosește pentru vizualizarea schemei asamblate pentru acordarea reguletoarelor.

4. Simulare pe calculator

Pentru a analiza eficiența metodei gradului maximal de stabilitate cu iterații a fost propus de a acorda regulatorul PID la modelul de obiect cu inreție de ordinul doi cu timp mort:

$$H_F(s) = \frac{B(s)}{A(s)} = \frac{e^{-\tau s} k}{a_0 s^2 + a_1 s + a_2} = \frac{3e^{-3s}}{16s^2 + 10s + 1}$$

Parametrii de acord ai regulatorului PID au fost calculați în baza metodei gradului maximal de stabilitate cu iterații, utilizând programul elaborat IT, figura 5.

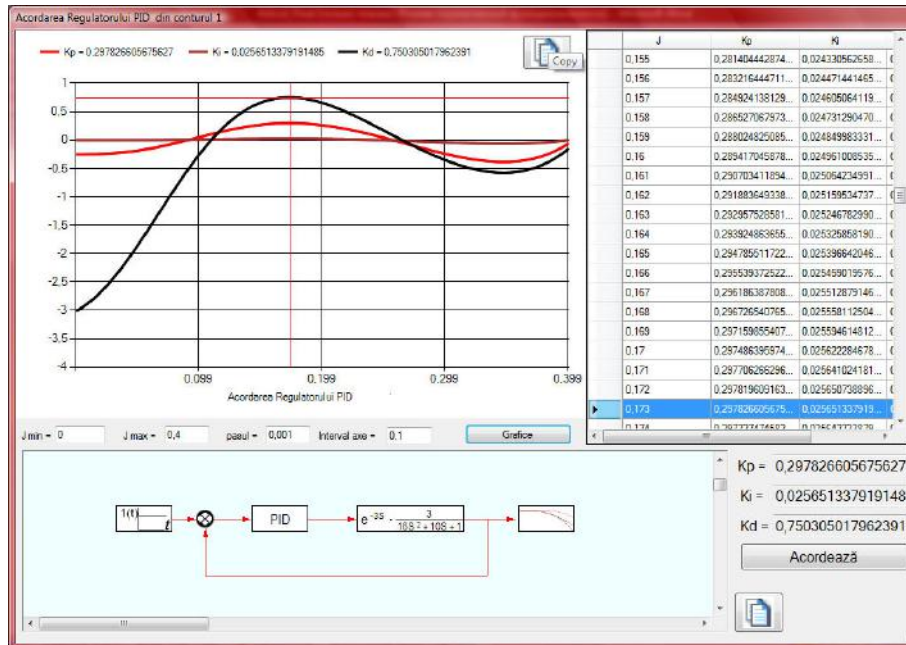


Fig. 5. Calculul parametrilor de acord ai regulatorului PID.

Au fost alese trei seturi de valori ai parametrilor de acord a regulatorului PID, valorile parametrilor sunt prezentate în tabelul 1, unde valoarea optimă a gradului maximal de stabilitate a fost obținută pentru $J=0.173$.

Tabelul 1 Valorile parametrilor de acord ai regulatorului PID.

Nr. curbei	J	Valorile parametrilor de acord
1	0.173	$k_p = 0,297, k_i = 0,025, k_d = 0,750$
2	0.15	$k_p = 0,27, k_i = 0,023, k_d = 0,66$
3	0.2	$k_p = 0,25, k_i = 0,021, k_d = 0,64$

În continuare s-au verificat datele în pachetul de programe MATLAB Simulink. În figura 6 este prezentată schema de simulare pe calculator a sistemului de reglare automată.

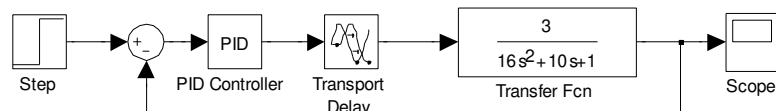


Fig. 6. Schema bloc structurală a sistemului automat.

În figura 7 sunt prezentate procesele tranzitorii obținute (numerotarea curbelor corespunde cu numerotarea din tabelul 1).

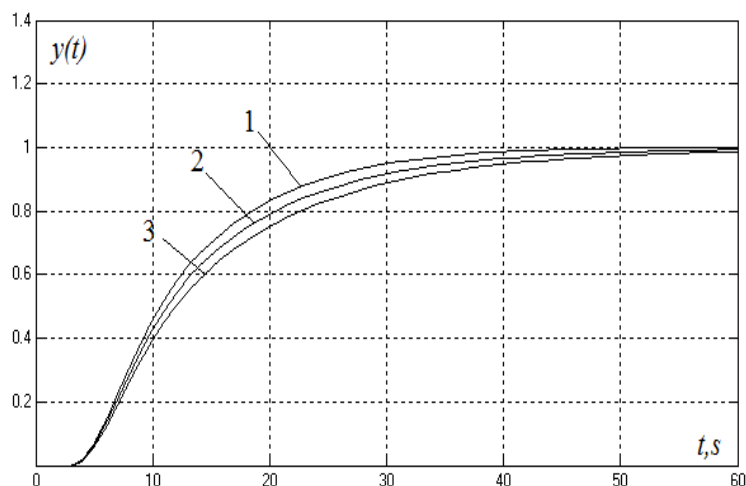


Fig. 7. Procese tranzitorii ale sistemului de reglare automată.

Concluzii

În baza metodei gradului maximal de stabilitate cu iterații a fost elaborat produsul program 1T. Acest program oferă posibilitatea de a face acordarea reguletoarelor tipizate P, PI și PID la modele de obiecte cu inerție, astatism și timp mort. Avantajul programului constituie posibilitatea de vizualizare grafică a tuturor seturilor posibile de valori ai parametrilor de acord ai regulatorului pentru diferite valori ale lui J .

Programul oferă posibilitate de sinteză a reguletoarelor în sisteme automate cu un contur de reglare, două și trei contururi de reglare, ceea ce esențial eficientizează procedura de calcul ai parametrilor de acord ai regulatorului.

Rezultatele obținute au fost verificate în pachetul de programe MATLAB Simulink.

Bibliografie

1. Zagarii G., Shubladze A. *Sintez sistem upravlenia na osnove criteria macsimalinoi stepeni ustoiçivosti*. – Moskva: Energoizdat, 1988. – 104 s.
2. Lukas V. A. *Teoria avtomaticheskogo upravlenia*. – Moskva, Nedra, 1990.- 416 s.
3. Dumitrache I. și al. *Automatizări electronice*. - București: EDP, 1993.- 660 p.
4. Izvoreanu B., Fiodorov I., Izvoreanu F. *The Tuning of Regulator for Advance Delay Objects According to the Maximal Stability Degree Method*. In: Proceedings of the 11th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS-11), București, 1997, V.1. – pp. 179-184.
5. Izvoreanu B. *Algoritm iterativ de acordare a reguletoarelor la obiecte cu inerție de ordinul doi, timp mort și fază neminimă*. În: Proceedings of the 7th International Conference on Microelectronics and Computer Science ICMCS -2011, 22-24 septembrie, UTM, 2011, Chișinău, pp. 250-253.
6. Izvoreanu B. *The Iterative Algorithm of Tuning Controllers to the Models Object with Inertia and Time Delay*. In: Proceedings of the 3rd International Symposium on Electrical Engineering and Energy Converters ELS -2009, Suceava, România, 24-25 septembrie 2009, pp. 189-192.
7. Cojuhari Irina., Izvoreanu B. *Contributions of Controllers Tuning in the Multiple-loop Feedback Control System with Two Contours with Inertia*. In: Proceedings of the 9 International Conference on Development and Application Systems DAS-2008, România, Universitatea Ștefan cel Mare Suceava, 22-24 May 2008, pp. 50-53.