

METODĂ ITERATIVĂ DE ACORDARE A REGULATOARELOR LA MODELE DE OBIECTE CU INERȚIE ȘI ASTATISM

Bartolomeu Izvooreanu

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrare se propune o procedură iterativă de acordare a algoritmilor de reglare de tipul PD, PI, PID la modele de obiecte cu inerție de ordinul unu și astatism utilizând metoda gradului maximal de stabilitate al sistemului proiectat. În metoda iterativă se utilizează expresii analitice a parametrilor de acord ai algoritmilor de reglare proiectați ca funcții de parametrii obiectului cunoscuți și gradul maximal de stabilitate al sistemului automat necunoscut. Prin procedura iterativă propusă de acordare a reglatoarelor la aceste tipuri de modele de obiecte este posibilitatea de a obține performanțe impuse sistemului automat prin variația gradului maximal de stabilitate și alegerea valorilor parametrilor regulatorului.

Cuvinte cheie: model de obiecte cu inerție și astatism, algoritm de reglare, regulator, metoda gradului maximal de stabilitate, metoda iterativă.

2. Introducere

În practica automatizărilor pentru procese lente sau rapide și cu sau fără timp mort prezentate prin modele matematice cu inerție de ordinul unu și astatism se utilizează structuri convenționale de reglare, în care acordarea reglatoarelor se efectuează cu aplicarea diverselor metode cunoscute ca metoda frecvențială, optimizarea parametrică etc. [1,2].

Admitem că modelul matematic al obiectului de reglare cu inerție de ordinul unu și astatism se prezintă prin funcția de transfer (f.d.t.)

$$H_{PF}(s) = \frac{k}{s(Ts+1)} = \frac{k}{a_0s^2 + a_1s}, \quad (1)$$

unde k este coeficientul de transfer, T constanta de timp.

În lucrare se propune de a efectua acordarea algoritmilor de reglare PD, PI, PID la obiectul (1) utilizând metoda gradului maximal de stabilitate al sistemului automat proiectat [3, 4].

La modelul obiectului (1) cu parametrii cunoscuți k , T se propune de a acorda legile de reglare tipizate PD, PI și PID după metoda gradului maximal de stabilitate (GMS) [3]. De analizat dinamica SA și determinarea performanțelor impuse SA, precum și evidențierea avantajelor metodei propuse pentru modelul studiat.

2. Algoritmul de acordare a reglatoarelor

În studiu se utilizează schema bloc structurală a sistemului automat alcătuită din regulator cu f.d.t. $H_R(s)$ și obiect cu f.d.t. $H_{PF}(s)$ (1) prezentată în fig. 1.

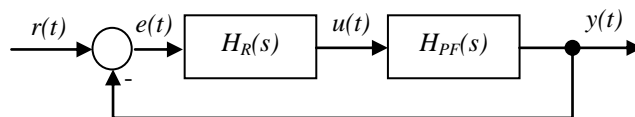


Fig. 1. Schema bloc structurală a sistemului automat.

Vom acorda algoritmi de reglare tipizați PD, PI și PID respectiv la modelul obiectului (1) cu parametrii cunoscuți, folosind metoda gradului maximal de stabilitate (GMS) [3,4].

Pentru SA cu modelul obiectului (1) acordarea regulatorului PD se efectuează după metoda GMS utilizând expresiile algebrice, care sunt expresii analitice de forma

$$k_p = a_0 J^2 / k; \quad (2)$$

$$k_i = (2a_0 J - a_1) / k. \quad (3)$$

Pentru SA cu modelul obiectului (1) acordarea regulatorului PI se efectuează după metoda GMS utilizând expresiile algebrice, care sunt expresii analitice de forma

$$J = a_1 / 3a_0, \quad (4)$$

$$k_p = 1/k(-3a_0J^2 + 2a_1J) = a_1^2 / 3ka_0; \quad (5)$$

$$k_i = (1/k)(a_0J^3 - a_1J^2) + k_pJ = a_1^3 / 27ka_0^2. \quad (6)$$

În cazul acordării acestei legi din expresia (4) se determină gradul maximal de stabilitate, iar parametrii de acord din expresiile (5) și (6) vor avea valori optime – cele mai mari după cum rezultă din metodă.

În cazul acordării parametrilor regulatorului PID după metoda GMS se utilizează expresiile algebrice, care sunt expresii analitice de forma

$$k_p = 1/k(-3a_0J^2 + 2a_1) = 3a_0J^2 / k; \quad (7)$$

$$k_i = (1/k)(a_0J^3 - a_1J^2) - k_dJ^2 + k_pJ = a_0J^3 / k; \quad (8)$$

$$k_d = (1/k)(3a_0J - a_1). \quad (9)$$

Parametrii de acord ai reguletoarelor PD, PI și PID k_p , k_i și k_d din expresiile (2)-(9) sunt funcții de parametrii cunoscuți ai obiectului și de gradul maximal de stabilitate necunoscut J al SA sintetizat: $k_p=f(J)$, $k_i=f(J)$, $k_d=f(J)$. Conform acestor relații la valorile cunoscute ale parametrilor obiectului și la variația gradului maximal de stabilitate al SA $J \geq 0$ în limitele respective se efectuează calculele respective și se construiesc curbele $k_p=f(J)$, $k_i=f(J)$, $k_d=f(J)$ pentru reguletoarele PD, PI și PID. După curbele $k_p=f(J)$, $k_i=f(J)$, $k_d=f(J)$ se aleg iterativ seturi de valori ale gradului maximal de stabilitate J_i și ai parametrilor regulatorului respectiv k_p , k_i și k_d și SA se simulează pe calculator, se apreciază performanțele SA care se compară cu cele impuse sistemului și procedura se repetă până când vor fi satisfăcute performanțele impuse sistemului.

3. Aplicații și simulare pe calculator

Pentru verificarea metodei propuse de acordare a reguletoarelor PD, PI și PID la modelul obiectului (1) vom admite valori arbitrare ale parametrilor obiectului $k=1$, $T=1$ și $a_0=1$, $a_1=1$. Vom efectua calculele respective pentru funcțiile $k_p=f(J)$, $k_i=f(J)$, $k_d=f(J)$ din relațiile (2) – (9) folosind procedura expusă mai sus. Rezultatele calculelor funcțiilor $k_p=f(J)$, $k_i=f(J)$, $k_d=f(J)$ pentru reguletoarele PD și PID respectiv acordate după metoda GMS folosind procedura expusă mai sus sunt prezentate în tabelul 1, 2.

Tabelul 1. Parametrii regulatorului PD

Nr. iterație	J	k_p	k_d
1	0.6	0.36	0.2
2	0.7	0.49	0.4
3	0.8	0.64	0.6
4	0.9	0.81	0.8
5	1	1	1
6	1.1	1.21	1.2

Tabelul 2. Parametrii regulatorului PID

Nr. iterație	J	k_p	k_i	T_i	T_d
1	0.6	1.08	0.216	4.63	0.8
2	0.7	1.47	0.343	2.92	1.1
3	0.8	1.92	0.512	1.95	1.4
4	0.9	2.43	0.729	1.37	1.7
5	1	3	1	1	2
6	1.1	3.63	1.331	0.75	2.3

Pentru algoritmul de reglare PI din relațiile (4)-(6) se calculează valorile optime ale parametrilor: $J=0.333$, $k_p=0.333$ și $k_i=0.037$.

Pentru verificarea rezultatelor obținute la acordarea regulatorului PD, PI și PID la modelul obiectului (1) după metoda GMS s-a efectuat simularea pe calculator a SA cu regulatorul PD, PI și PID respectiv, utilizând pachetul de programe KOPRAS (fig. 2).

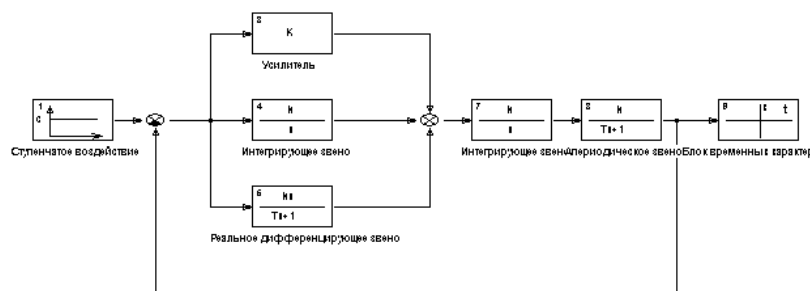


Fig. 2. Schema de simulare pe calculator a SA.

Rezultatele simulării pe calculator a SA sunt prezentate în fig. 3: curba 1 prezintă procesul tranzitoriu optimal al SA cu regulatorul PD ($J=0.8, k_p=0.64, k_d=0.6$); curba 2 - procesul tranzitoriu optimal al SA cu regulatorul PI ($J=0.333, k_p=0.333, k_i=0.037$); curba 3 - procesul tranzitoriu optimal al SA cu regulatorul PID ($J=0.8, k_p=1.92, k_i=0.512, k_d=1.4$). Analizând procesele tranzitorii ale SA cu regulatorul PD, PI și PID respectiv, performanțele acestora sunt prezentate în tablele 3,4.

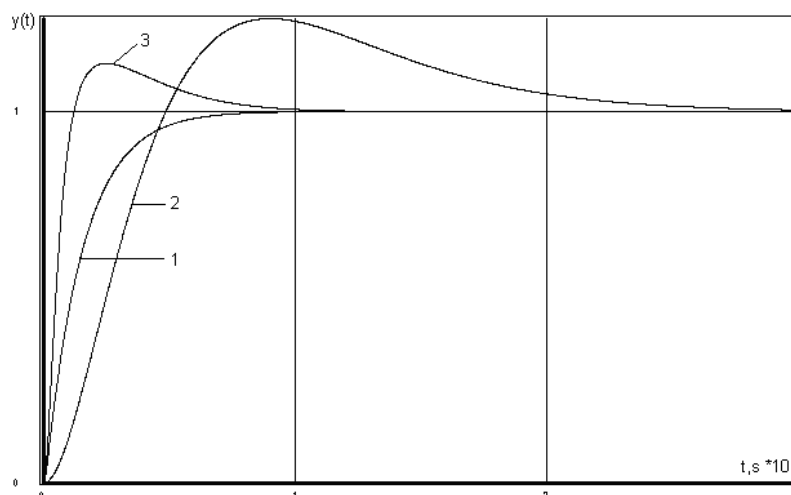


Fig. 3. Procese tranzitorii ale SA cu regulator PD, PI, PID.

Tabelul 3. Performanțele SA cu regulatorul PD

Nr. crt.	J	$\varepsilon, \%$	t_r, s
1	0.6	5	7.25
2	0.7	5	5.69
3	0.8	5	4.53
4	0.9	5	3.63
5	1	5	2.93
6	1.1	5	2.27

Tabelul 4. Performanțele SA cu regulatorul PID

Nr. crt.	J	$\varepsilon, \%$	t_r, s	$\sigma, \%$	t_c, s	λ
1	0.6	5	8.87	15.3	1.86	1
2	0.7	5	7.07	13.8	1.4	1
3	0.8	5	5.75	13	1.07	1
4	0.9	5	4.75	13.3	0.85	1
5	1	5	3.96	16.7	0.7	1
6	1.1	5	3.36	22	0.62	1

În dependență de cerințele de performanță ale SA se va da prioritate proceselor tranzitorii aperiodice (SA cu regulatorul PD) sau proceselor oscilante (SA cu regulatorul PI sau PID). SA cu regulatorul PID are performanțe mai ridicate decât performanțele SA cu regulatorul PD sau PI.

Concluzii

Analizând rezultatele studiului se constată:

Metoda grafo-analitică cu iterații de acordare a reguletoarelor PD, PI, PID la obiecte cu inerție de ordinul unu și astatism permite de a obține performanțe impuse pentru SA.

Pentru SA cu regulatorul PD procesul tranzitoriu al sistemului este aperiodic (vezi curba 1, fig. 3).

Pentru SA cu regulatorul PI procesul tranzitoriu al sistemului este aperiodic și optimal pentru valorile date ale parametrilor obiectului (vezi curba 2, fig. 3).

Pentru SA cu regulatorul PID procesul tranzitoriu al sistemului este oscilant amortizat pentru valorile date ale parametrilor obiectului (vezi curba 3, fig. 3).

Analizând procesele tranzitorii ale SA cu regulatorul PID din fig. 3 se constată că variind gradul de stabilitate al SA se pot obține performanțe dorite ale SA. În acest caz este necesar de a efectua calcule iterative pentru diverse seturi de valori ale $J - k_p, k_i, k_d$ pentru regulatorul PD și PID respectiv la variația gradului de stabilitate și prin simulare pe calculator a SA se aleg performanțele impuse ale sistemului.

BIBLIOGRAFIE

1. Dorf R.K., R. X. Bishop R.X. *Sovremennâe sistemî upravlenia (Modern Control Systems)*.- Moskva: Laboratoria Bazovâh Znanii, 2004. – 832 s.

2. Preitl Ș, R. E. Precup R.-E. *Introducere în ingineria reglării automate*. - Timișoara: Editura Politehnica, 2001. - 334 p.

3 Zagarii G.I., Shubladze A.M. *Sintez sistem upravlenia na osne criteria maximalnoi stepeni ustoichivosti (The Synthesis of the Control System According to the Maximal Stability Degree)*. -Moskva: Energoatomizdat, 1998. - 198 s.

4. Izvoreanu B., Fiodorov I. The Synthesis of Linear Regulators for Aperiodic Objects with Time Delay According to the Maximal Stability Degree Method //In *Preprints the Fourth IFAC Conference on System Structure and Control*. – București: Editura Tehnică, 1997, pp. 449 - 454.