



Digitally signed by
Library TUM
Reason: I attest to the
accuracy and integrity
of this document

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

**FACULTATEA CALCULATOARE, INFORMATICĂ
ȘI MICROELECTRONICĂ**

**DEPARTAMENTUL INGINERIA SOFTWARE
ȘI AUTOMATICĂ**

**PROGRAMUL DE STUDII
AUTOMATICĂ ȘI INFORMATICĂ**

INGINERIA SISTEMELOR AUTOMATE

Ghid pentru proiectarea de curs

**Chișinău
Editura „Tehnica-UTM”
2021**

CZU 681.51/.53(075)

I-99

Ghidul de proiectare este destinat studenților care studiază Programul de studiu 0714.6 *Automatică și informatică* pentru aprofundarea cunoștințelor și elaborarea proiectului de curs la disciplina *Ingineria sistemelor automate*.

În cadrul lucrării sunt abordate aspectele importante ale ingineriei sistemelor automate pentru rezolvarea problemelor specifice de proiectare a algoritmilor de reglare în timp continuu și discret, analiza performanțelor și implementarea acestora pe structurile de sisteme automate continue și cu eșantionare. Sunt prezentate exemple de sinteză ale algoritmilor de reglare continui și cu eșantionare și analiza performanțelor sistemului proiectat.

Ghidul include 5 capitole, bibliografie și 7 anexe.

Autor: conf. univ., dr. B. Izvoreanu

Recenzent: acad., cerc. șt., dr. șt. tehn. V. Cheibaș

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM

Izvoreanu, B.

Ingineria sistemelor automate: Ghid pentru proiectarea de curs / B. Izvoreanu; Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Departamentul Ingineria Software și Automatică, Programul de Studii Automatică și Informatică.

– Chișinău: Tehnica-UTM, 2021. – 122 p. : fig., tab.

Bibliogr.: p. 76-77 (22 tit.). – 50 ex.

ISBN 978-9975-45-737-8.

681.51/.53(075)

I-99

ISBN 978-9975-45-737-8

© UTM, 2021

INTRODUCERE

Problema de sinteză a sistemului de reglare automată constă în determinarea elementelor componente, structurii și configurației sistemului, parametrilor elementelor și cerințele de funcționare care ar satisface performanțele impuse sistemului [1-2, 5-7, 10-15, 20, 21].

Proiectarea și funcționarea proceselor industriale și tehnologice automatizate trebuie să satisfacă atât cerințele de robustețe și performanță impuse sistemului automat, cât și unor specificații dorite ca eficiența, calitatea, profitabilitatea, siguranța în funcționare, optimizarea consumurilor energetice, impactul asupra mediului etc.

Rezultatul (succesul sau insuccesul) proiectului de automatizare a proceselor industriale și tehnologice depinde de doi factori [1, 5-7, 13, 15]:

1) gradul de înțelegere și de cunoaștere a funcționării procesului condus ca obiect de reglare;

2) capacitatea de înțelegere și utilizare a conceptelor teoriei sistemelor automate, a reprezentării formale a semnalelor și a principiilor de conducere.

Complexitatea proceselor industriale, corelată cu cerințele ridicate de performanță, automatizarea devin o necesitate obiectivă în contextul globalizării economiei și a piețelor de procese și produse.

Pornind de la cerințele de funcționare a procesului industrial sau tehnologic și semnalele care acționează asupra procesului, se aleg și se dimensionează traductoarele și elementele de execuție și, astfel, se determină structura sistemului automat.

Datorită unui avansat formalism matematic, automatica combină concepte și strategii de conducere și metodologii cu cele mai avansate tehnologii care asigură achiziția, transmiterea și procesarea informațiilor despre procesul condus și mediul său extern, astfel realizând conducerea automată.

În ghidul respectiv se utilizează strategii de conducere a proceselor industriale ca sisteme convenționale cu strategii convenționale de reglare (reglare PID, reglare în cascadă și reglare directă) ca sisteme liniare continue și cu eșantionare.

CUPRINS

INTRODUCERE.....	5
1 SINTEZA SISTEMULUI DE REGLARE AUTOMATĂ	6
1.1 Structura sistemului de reglare automată	6
1.2 Formularea problemei de proiectare a sistemului de reglare automată.....	9
1.3 Modelul matematic al procesului condus și proprietățile lui.....	11
2 MODELE MATEMATICE ALE OBIECTULUI DE REGLARE A TRADUCTORULUI ȘI A ELEMENTULUI DE EXECUȚIE ...	19
2.1 Modelul matematic al obiectului de reglare	19
2.2 Modelul matematic al traductorului	19
2.3 Modelul matematic al elementului de execuție	20
3 METODE DE ACORDARE A REGULATOARELOR ÎN SISTEMELE AUTOMATE CU TIMP CONTINUU	21
3.1 Legile tipice de reglare	21
3.2 Metode de acordare a algoritmilor de reglare.....	23
3.3 Metoda Ziegler–Nichols.....	24
3.4 Metoda gradului maximal de stabilitate	26
3.5 Metoda criteriului modulului.....	38
3.6 Metoda reglării în cascadă.....	40
4 SISTEMUL NUMERIC DE REGLARE AUTOMATĂ	41
4.1 Modelul discret al obiectului de reglare	41
4.2 Modelul discret aproximat al obiectului de reglare	44
4.3 Algoritmul PID numeric.....	48
4.4 Algoritmul numeric al răspunsului impus	50
4.5 Algoritmul răspunsului impus – algoritmul normal	51
4.6 Algoritmul răspunsului impus – algoritmul extins	56

4.7 Algoritmul răspunsului timpului minim.....	63
4.8 Construirea procesului indicial al sistemului numeric.....	65
5 DESCRIEREA SARCINII PROIECTULUI DE CURS	68
5.1 Sarcina proiectului de curs	68
5.2 Procesele tehnologice și parametrii reglați.....	70
5.3 Cerințe privind perfectarea proiectului de curs	70
5.4 Indicații metodice privind efectuarea proiectului de curs	72
BIBLIOGRAFIE	76
ANEXE	78
Anexa 1. Foaia de titlu.....	78
Anexa 2. Date inițiale pentru proiect.....	79
Anexa 3. Funcții de timp și imaginea lor	80
Anexa 4. Funcții de transfer ale elementelor dinamice în transformata Laplace s în transformata z	81
Anexa 5. Algoritmi de acordare a reguletoarelor PID după metoda gradului maximal de stabilitate	83
Anexa 6. Elemente de execuție	98
Anexa 7. Sarcina individuală a proiectului.....	121

BIBLIOGRAFIE

1. *Automatica*. Coord. I. DUMITRACHE. București: Editura Academiei Române, 2009. V. 1. 961 p. ISBN 978-973-27-1883-4.
2. BALABANOV, A.A. *KOPRAS – Tehnika komputernogo modelirovania avtomaticheskikh sistem*. Chișinău: TUM, 2004. T.1. 390 s. ISBN 5-7417-0151-5.
3. COJUHARI, Irina; IZVOREANU, B. *Modelare și identificare. Ghid pentru proiectarea de curs*. Chișinău, 2015. 120 p. ISBN 978-9975-45-376-9.
4. DYNNIKOV, A.I. *Tzifrovye sistemy upravlenia*. M.: MFTI, 2006. 196 s. ISBN 5-7417-0151-5.
5. DORF, R. K., BISHOP, R. X. *Sovremennye sistemy upravlenia (Modern Control Systems)*. Moskva: Laboratoria Bazovyyh Znaniy, 2004. 832 s. ISBN 5-93208-119-8.
6. DUMITRACHE, I. *Ingineria reglării automate*. București: Ed. Politehnica Press, 2005. 725 p. ISBN 973-8449-72-3.
7. DUMITRACHE, I. *Ingineria reglării automate*. București: Ed. Politehnica Press, 2016. V. 1. 407 p. ISBN 978-606-515-686-9.
8. 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.
9. IZVOREANU, B., COJUHARI, Irina; FIODOROV, I., MORARU, D., SECRIERU, A. Tuning the PID Controller to the Model of Object with Inertia Second Order According to the Maximum Stability Degree Method with Iteration. *Annals of the University of Craiova. Electrical Engineering series*, No. 43, Issue 1, 2019, pp. 79-85. ISSN-4805.
10. KIM, D. P. *Teoria avtomaticheskogo upravlenia*. T.1. *Lineinye sistemy*. M.: FIZMATLIT, 2003. 288 s. ISBN 5-9221-0379-2.
11. KIM, D.P., DIMITRIEVA, N.D. *Sbornik zadach po teorii avtomaticheskogo upravlenia. Lineinye sistemy*. M.: FIZMATLIT, 2007. 168 s. ISBN 978-5-9221-0873-7.

12. KUO, B. *Teoria i proektirovanie tzifrovyyh sistem upravleniya*. M.: Mashinostroenie, 1986. 448 s.
13. LAZĂR, C., PĂSTRĂVANU, O., POLI, Elena; SCHONBERGER, F. *Conducerea asistată de calculator a proceselor tehnice. Proiectarea și implementarea algoritmilor de reglare numerică*. B.: MATRIXROM, 1996. 226 p. ISBN 973-97494-6-1.
14. MARTYNENKO, I.I., LYSENKO, V.F. *Proektirovanie sistem avtomatiki*. M.: Agropromizdat, 1990. 243s. ISBN 5-10-00072-9.
15. *Metody klassicheskoi i sovremennoi teorii avtomaticheskogo upravleniya. T. 3. Sintez reguleatorov sistem avtomaticheskogo upravleniya*. Pod. red. K.A. PUPKOVA, N.D. EGUPOVA. M.: Izd-vo MGТУ im. N. E. BAUMANA, 2004. 616 s. ISBN 5-7038-2191-6.
16. PETUHOV, C.V., KRISHIANIS, M.V. *Elektroprivod*. Arhanghelsk: C(A)FU, 2015. 303 s. / elektroprivod.pdf. [Accesat 10.10.2020].
17. *Rukovodstvo po proekturovaniu sistem avtomaticheskogo upravleniya*. Pod red. V.A. BESEKERSKOGO. M.: Vysshaya shkola, 1983. 296 s.
18. *Raschiot avtomaticheskikh sistem*. Pod red. A.V. FATEEVA. M.: Vysshaya shkola, 1983. 336 s.
19. SOLODOVNIKOV, V.V., PLOTNIKOV, V.N., IAKOVLEV, A.V. *Osnovy teorii i elementov sistem avtomaticheskogo regulirovaniya*. M.: Mashinostroenie, 1985. 536 s.
20. *Teoria avtomaticheskogo upravleniya*. Pod red. V.B. IAKOVLEVA. M.: Vysshaya shkola, 2005. 567 s. ISBN 5-06-004096-8.
21. VOICU, M. *Introducere în automatică*. Iași: Ed.Dosoftei, 1998. 237 p. ISBN 973-9135-60-9.
22. ZAGARII, G. I., SHUBLADZE, A. M. *Sintez sistem upravleniya na osnove criteria maksimalnoi stepeni ustoichivosti (The Synthesis of the Control System According to the Maximal Stability Degree Criteria)*. Moskva: Energoatomizdat, 1998. 198 s.