

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

Technická fakulta

Katedra elektrotechniky,
automatizácie a informatiky

doc. Ing. Martin Olejár, PhD. – doc. Ing. Ondrej Lukáč, PhD.

AUTOMATIZÁCIA

Návody na cvičenia

Tretie nezmenené vydanie

Nitra 2020

Vydala Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
vo Vydavateľstve SPU

Autori: doc. Ing. Martin Olejár, PhD.
Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky
TF, SPU v Nitre

doc. Ing. Ondrej Lukáč, PhD.
Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky
TF, SPU v Nitre

Recenzenti: doc. Ing. Ján Krčula, CSc.
doc. Ing. Milan Balara, CSc.

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 3. 12. 2020
ako skriptá pre študentov SPU v Nitre.

© M. Olejár, O. Lukáč, Nitra 2020

ISBN 978-80-552-2279-0

OBSAH

ZOZNAM POUŽITÝCH POJMOV A SKRATIEK	3
ÚVOD	5
1. RIADENIE KONTAKTOVÝMI PRVKAMI, OBVODOVÁ SCHÉMA	6
1.1 Spôsoby kreslenia schematických značiek	7
1.2 Obvodová schéma	8
1.2.1 Riešené úlohy zapájania kontaktných prvkov do obvodovej schémy	9
1.2.2 Neriešené úlohy zapájania kontaktných prvkov do obvodovej schém	15
2. RIADENIE BEZKONTAKTOVÝMI PRVKAMI	21
2.1 Definícia logickej funkcie a základné operátory Boolovej algebry	21
2.2 Zjednodušovanie logických funkcií	22
2.2.1 Zjednodušovanie logických funkcií pomocou Boolových zákonov a pravidiel	22
2.2.2 Zjednodušovanie logických funkcií pomocou Karnaughovej mapy	22
2.3 Realizácia logických funkcií	24
2.4 Riešené úlohy	25
2.5 Neriešené úlohy	31
3. SPOJITÉ RIADENIE	36
3.1 Laplaceova transformácia	36
3.1.1 Riešené úlohy	38
3.1.2 Neriešené úlohy	46
3.2 Operatorový prenos, algebra prenosov	47
3.2.1 Sériové zapojenie prenosov	48
3.2.2 Paralelné zapojenie prenosov	49
3.2.3 Antiparalelne zapojenie prenosov	49
3.2.4 Prekladanie uzlov	50
3.2.5 Riešené úlohy	51
3.2.6 Neriešené úlohy	55
3.3 Prechodová funkcia a prechodová charakteristika	57
3.3.1 Riešené úlohy	58
3.3.2 Neriešené úlohy	67
3.4 Impulzná funkcia a impulzná charakteristika	68
3.4.1 Riešené úlohy	69
3.4.2 Neriešené úlohy	73
3.5 Frekvenčný prenos a frekvenčné charakteristiky	74
3.5.1 Frekvenčný prenos	74
3.5.2 Frekvenčná charakteristika v komplexnej rovine	75
3.5.3 Frekvenčné charakteristiky v logaritmických súradniciach	76
3.5.4 Riešené úlohy	77
3.5.5 Neriešené úlohy	87
3.6 Stabilita dynamických systémov	87
3.6.1 Algebraické kritéria stability	88
3.6.2 Riešené úlohy	90
3.6.3 Neriešené úlohy	92
3.6.4 Frekvenčné kritéria stability	93
3.6.5 Riešené úlohy	95
3.6.6 Neriešené úlohy	100

4.	RIEŠENIE REGULAČNÝCH OBVODOV	102
4.1	Výpočet dynamických charakteristík regulačného obvodu	102
4.1.1	Riešené úlohy	103
4.1.2	Neriešené úlohy	110
4.2	Nastavovanie regulátorov Ziegler-Nicholsovou metódou	112
4.2.1	Riešené úlohy	112
4.2.2	Neriešené úlohy	114
4.3	Kvalita regulačného pochodu	115
4.3.1	Riešené úlohy	116
4.3.2	Neriešené úlohy	117
5.	MATLAB	118
5.1	Úvod do práce s Matlabom	119
5.1.1	Jednoduchá matematika	119
5.1.2	Premenné a funkcie	119
5.1.3	Základné operácie s maticami a vektormi	120
5.1.4	Základy grafiky	123
5.1.5	Funkcie	127
5.1.6	Programovanie v Matlabe	127
5.1.7	Základné príkazy používané v automatizácii	130
	LITERATÚRA	131

ZOZNAM POUŽITÝCH POJMOV A SKRATIEK

AND	označenie logického súčinu	
B	označenie približovacieho spínača	
D	derivačný regulátor	
F	označenie meracieho relé	
H	označenie signalizačných zariadení	
I	integračný regulátor	
K	označenie cievky relé a stykača	
KT	označenie časového relé	
NAND	označenie negovaného logického súčinu	
NOR	označenie negovaného logického súčtu	
NOT	označenie invertora	
OR	označenie logického súčtu	
P	proporcionálny regulátor	
PD	proporcionálne- derivačný regulátor	
PI	proporcionálne- integračný regulátor	
PID	proporcionálne- integračný- derivačný regulátor	
S	označenie spínačov	
$a_0 \dots a_n$	koeficienty mnohočlena prenosovej funkcie v menovateli	-
$b_0 \dots b_m$	koeficienty mnohočlena prenosovej funkcie v čitateli	-
c	reálny viacnásobný koreň mnohočlena v menovateli	-
$c_1 \dots c_n$	reálne rôzne korene mnohočlena v menovateli	-
d, e, f, g	koeficienty kvadratickej rovnice mnohočlena v menovateli	-
$e(t)$	regulačná odchýlka	-
$f(t)$	časovo závislá funkcia	-
k_0	zosilnenie dynamického systému	-
m	stupeň mnohočlena v čitateli	-
n	stupeň mnohočlena v menovateli	-
$n_1 \dots n_i$	nuly prenosovej funkcie	-
$p_1 \dots p_j$	póly prenosovej funkcie	-
s	Laplaceov operátor	-
$u(t)$	výstupná veličina regulátora	-
$w(t)$	riadiaca (žiadaná) veličina	-
$x(t)$	akčná (vstupná) veličina	-
x_0	amplitúda vstupného harmonického signálu	-
$y(t)$	regulovaná (výstupná) veličina	-
y_0	amplitúda výstupného harmonického signálu	-
$A(\omega)$	amplitúda frekvenčného prenosu	-
$A[dB]$	amplitúda frekvenčného prenosu v decibelovej miere	dB
$C_1 \dots C_n$	konštanty rozkladu na parciálne zlomky	
	pre rôzne a viacnásobné reálne korene	-
D, E, F, G	konštanty rozkladu na parciálne zlomky pre komplexné korene	-
$E(s)$	Laplaceov obraz regulačnej odchýlky	-

$F(s)$	Laplaceov obraz	-
$G(j\omega)$	frekvenčný prenos	-
$G(s)$	operátorový prenos	-
$G_R(s)$	prenosová funkcia regulátora	-
$G_S(s)$	prenosová funkcia regulovanej sústavy	-
$G_0(s)$	prenosová funkcia rozpojeného regulačného obvodu	-
$H(j\omega)$	Michajlov-Leonhardova krivka	-
H_n	Hurwitzová matica	-
$\text{Im } G(j\omega)$	imaginárna časť frekvenčného prenosu	-
K	proporcionálne zosilnenie	-
K_K	kritické zosilnenie	-
$\text{Re } G(j\omega)$	reálna časť frekvenčného prenosu	-
$T_1 \dots T_n$	časové konštanty pólov prenosovej funkcie	s
T_D	derivačná časová konštanta	s
T_I	integračná časová konštanta	s
T_{IK}	kritická perióda integračného regulátora	s
T_K	kritická perióda	s
$U(s)$	Laplaceov obraz výstupnej veličiny regulátora	-
$W(s)$	Laplaceov obraz riadiacej (žiadaná) veličiny	-
$X(s)$	Laplaceov obraz vstupnej veličiny	-
$Y(s)$	Laplaceov obraz výstupnej veličiny	-
$\delta(t)$	jednotkový impulz (Diracov impulz)	-
$\eta(t)$	jednotkový skok	-
ξ	koeficient tlmenia	-
$\tau_1 \dots \tau_m$	časové konštanty núl prenosovej funkcie	s
φ	fázový posun	°
$\varphi(\omega)$	fáza frekvenčného prenosu	°
ω	uhlová frekvencia	rad.s ⁻¹
$T_n \dots T_1$	konštanty oneskorenia dynamického systému	s

ÚVOD

Automatizačná technika v úzkom spojení s číslicovou riadiacou technikou zaznamenáva prudký rozvoj. Jedným z rozhodujúcich faktorov konkurenčnej schopnosti firiem je racionalizácia vlastnej činnosti a nadväzujúcej automatizácii všetkých výrobných a informačných systémov. Z toho dôvodu je nevyhnutná znalosť systémových princípov zavádzania automatizačnej techniky, základov teórie automatického riadenia a zásad konštruovania automatických výrobných systémov. Základne informácie o automatizácii sú preto neodmysliteľným vybavením každého absolventa technickej školy.

Skripta sú rozdelené do piatich základných kapitol. V úvode každej kapitoly je v nevyhnutnej miere zhrnutá príslušná teória s potrebnými základnými vzťahmi. Ďalej je uvedené riešenie typických príkladov z danej oblasti a v závere kapitoly sú príklady na samostatné riešenie. Prvá kapitola skript sa zaoberá kontaktnými prvkami, ich označením, číslovaním a možnosťami ich zapojenia do obvodových schém pri riadení jednoduchých technologických procesov. V druhej kapitole sú uvedené možnosti riadenia prostredníctvom bezkontaktných prvkov, spôsobmi minimalizácie a realizácie logických funkcií použitím základných logických obvodov. Tretia kapitola je zameraná na riešenie základných úloh teórie lineárnych spojitých systémov, ako napr. výpočet výslednej prenosovej funkcie dynamického systému, zobrazenie prechodovej, impulznej, komplexnej frekvenčnej charakteristiky a riešenie stability dynamických systémov. Pri týchto úlohách je ukázané jednak klasické riešenie a taktiež aj riešenie prostredníctvom softvéru MATLAB. Štvrtá kapitola sa venuje regulačnému obvodu, základným typom regulátorov a nastavením koeficientov jednotlivých typov regulátorov za účelom dosiahnutia čo najlepšej kvality riadenia. Posledná kapitola poskytuje základy programovania a technických výpočtov spojitých lineárnych systémov v prostredí MATLAB.

Cieľom skript je podporiť výučbu predmetov „Automatizácia“ a „Teória automatického riadenia“ na Technickej fakulte Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. Aplikácia skript vo výučbe by mala umožniť predovšetkým:

- objasnenie účelov, významov a cieľov automatizácie v súčasnom svete, aby absolventi mohli zaujať správne stanovisko v súvislosti s jej využívaním u nás i v zahraničí,
- opísať proces návrhu a realizácie automatizačných systémov,
- predstaviť základné princípy automatov a automatického riadenia tak, aby mohli byť využité pri návrhu ovládania a riadenia rôznych technologických procesov,
- definovanie základných pojmov pre dobrú orientáciu v problematike pri komunikácii s odborníkmi,
- získať prehľad o základnom sortimente automatizačných prostriedkov použiteľných pri konštrukcii automatických strojov,
- motivovať študentov k väčšiemu záujmu o tento obor.

Ak aspoň niektoré z očakávaní budú splnené, splnia skripta svoj účel pre ktorý boli vytvorené.

Autori	doc. Ing. Martin Olejár, PhD. doc. Ing. Ondrej Lukáč, PhD.
Názov	AUTOMATIZÁCIA – Návod na cvičenia
Určené	Pre študentov SPU
Vydavateľ	Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Vydanie	Tretie nezmenené
Vytlačené	December 2020
Náklad	300 kusov
Počet strán	134
AH-VH	7,54-7,75
Tlač	Vydavateľstvo SPU v Nitre
ISBN 978-80-552-2279-0	Cena 3,10 €

Rukopis neprešiel redakčnou úpravou vo vydavateľstve.
Za odbornú náplň vydania zodpovedajú autori.

