

Rīgas Tehniskā universitāte
Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte
Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūts

ELEKTRISKĀ PIEDZIŅA
MEHATRONIKAS SISTĒMĀS

LEONĪDS RIBICKIS
JĀNIS VALEINIS

RĪGA, 2008



Izdots saskaņā ar līgumu Eiropas Sociālā Fonda atklātā konkursa projektam
“Bakalaura profesionālo studiju programmas “Mehatronika” pilnveidošana un
studiju procesa kvalitātes uzlabošana RTU”

Nr. 005/0139/VPD1/ESF/PIAA/04/APK/3.2.3.2./0028/0007

Elektriskā piedziņa mehatronikas sistēmās

Autori: Dr.habil.sc.ing. profesors Leonīds Ribickis
Dr.sc.ing. asociētais profesors Jānis Valeinis

Apstiprināts iespiešanai Industriālās elektronikas
un elektrotehnikas institūta Padomes sēdē
2007. gada 30. jūlijā. Protokols Nr. 21.

Recenzenti: Dr.habil.sc.ing. LLU profesors A. Šnīders
Dr.habil.sc.ing. SIA Magnetons direktors V. Pugačovs

ISBN 978-9984-9964-0-0

PRIEKŠVārDS

Mācību grāmata ir izstrādāta studentiem, kas apgūst zināšanas RTU studiju programmās „Mehatronika”, „Elektrotehnoloģiju datorvadība”, „Energētika un elektrotehnika”, „Automātika un datorvadība”. To var izmantot arī inženieri un speciālisti, kas strādā elektrotehnoloģiju nozarēs.

Grāmatas ievadā ir dots mehatronikas sistēmas skaidrojums. I daļā ir izklāstīti elektriskās piedziņas darbības režīmu un raksturlīkņu aprēķini, skaidroti elektriskās piedziņas griešanās frekvences regulēšanas paņēmieni, parādīta piedziņas darbība dinamiskos režīmos, izskaidroti elektriskās piedziņas enerģētiskie rādītāji un zudumu aprēķini, kā arī dzinēju izvēle dažādiem darba režīmiem.

II daļā ir apskatīti elektrisko shēmu attēlošanas noteikumi, doti elektriskās piedziņas automātisko vadības sistēmu (AVS) elektrodzinēju vadības principi un tipveida vadības shēmas, skaidrota releju-kontaktu shēmu sastādīšana un pāreja uz bezkontakta loģiskajām shēmām. Skaidroti noslēgto AVS darbības principi piedziņas ātruma regulēšanā, izmantojot pusvadītāju pārveidotājus. Dots ievads pakārtotas regulēšanas un sekošanas sistēmās.

Grāmatā ir aprakstīta vidējas un lielas jaudas elektriskā piedziņa kā arī maiņstrāvas tā līdzstrāvas iekārtās.

Mācību grāmata “Elektriskā piedziņa mehatronikas sistēmās” ievada daļu un I daļu “Elektriskās piedziņas pamati” ir izstrādājis profesors Leonīds Ribickis. II daļu “Elektriskās piedziņas vadība” ir uzrakstījis asociētais profesors Jānis Valeinis. Abi autori strādā RTU EEF Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūta Industriālās elektronikas un elektrotehnoloģiju katedrā, izsaka pateicību saviem kolēģiem grāmatas tapšanā un būs pateicīgi ikvienam par ieteikumiem izdevuma satura kvalitātes uzlabošanā.

SATURS

IEVADS MEHATRONIKĀ	8
I.1. MEHATRONIKAS SISTĒMU ATTĪSTĪBAS VĒSTURE.....	8
I.2. MEHATRONIKAS SISTĒMU DEFINĪCIJA.....	10
I.3. ELEKTRISKĀ PIEDZIŅA MEHATRONIKAS SISTĒMĀS	11
I DAĻA. ELEKTRISKĀS PIEDZIŅAS PAMATI.....	14
1.1. ELEKTRISKĀS PIEDZIŅAS JĒDZIENS	16
1.2. ELEKTRISKĀS PIEDZIŅAS MEHĀNIKA	18
1.2.1. Pamatvienādojumi.....	18
1.2.2. Momentu reducēšana	20
1.2.3. Elektriskās piedziņas darbības ātruma maiņas laikā.....	22
1.2.4. Ražošanas mehānismu un elektrisko dzinēju mehāniskās raksturlīknes	23
1.3. ELEKTRISKĀS PIEDZIŅAS MEHĀNISKĀS RAKSTURLĪKNES UN DARBA REŽĪMI	27
1.3.1. Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju mehāniskās raksturlīknes, parametru izmaiņas ietekme un aprēķins.....	27
1.3.2. Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēja palaišana un papildpretestību aprēķins	30
1.3.3. Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju bremsēšanas režīmi	32
1.3.4. Līdzstrāvas virknes ierosmes dzinēju mehāniskās raksturlīknes, parametru izmaiņas ietekme un aprēķins.....	35
1.3.5. Līdzstrāvas virknes ierosmes dzinēju bremsēšanas režīmi.....	37
1.3.6. Līdzstrāvas jauktas ierosmes dzinēju mehāniskās raksturlīknes	39
1.3.7. Asinhrono dzinēju mehāniskās raksturlīknes, parametru izmaiņu ietekme	40
1.3.8. Asinhrono dzinēju palaišanas pretestību izvēle	45
1.3.9. Asinhrono dzinēju bremsēšanas režīmi	47
1.3.10. Sinhronā dzinēja mehāniskās raksturlīknes, leņķiskā raksturlīkne... ..	49
1.4. ELEKTRISKĀS PIEDZIŅAS GRIEŠANĀS FREKVENCES REGULĒŠANA.....	52
1.4.1. Elektriskās piedziņas ātruma regulēšanas rādītāji.....	52
1.4.2. Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju griešanās frekvences regulēšana ar papildpretestību enkura ķēdē, plūsmas un sprieguma maiņu.....	53

1.4.3. Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju griešanās frekvences regulēšana ar šuntētu enkuru.....	57
1.4.4. Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju griešanās frekvences regulēšana sistēmā „generators – dzinējs”	59
1.4.5. Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju griešanās frekvences regulēšana ar vadāmiem taisngriežiem	61
1.4.6. Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju griešanās frekvences regulēšana ar magnētiskiem pastiprinātājiem	64
1.4.7. Līdzstrāvas neatkarīgās ierosmes dzinēju griešanās frekvences regulēšana ar pusvadītāju impulsa regulatoriem.....	65
1.4.8. Līdzstrāvas virknes ierosmes dzinēja griešanās frekvences regulēšana	67
1.4.9. Asinhrono dzinēju griešanās frekvences regulēšana ar polu pāru skaita maiņu	69
1.4.10. Asinhrono dzinēju griešanās frekvences regulēšana ar parametru impulsveida izmaiņu	71
1.4.11. Asinhrono dzinēju griešanās frekvences regulēšana ar sprieguma maiņu	73
1.4.12. Asinhrono dzinēju griešanās frekvences regulēšana ar frekvences maiņu.....	74
1.4.13. Asinhrono dzinēju griešanās frekvences regulēšana kaskādes shēmās	77
1.4.14. Sinhrono dzinēju griešanās frekvences regulēšana, ventiļu dzinēji..	79
1.4.15. Regulējama vairākdzinēju elektriskā piedziņa.....	80
1.5. PĀREJAS PROCESI ELEKTRISKĀ PIEDZIŅĀ	82
1.5.1. Elektromehānisko pārejas procesu raksturojumi	82
1.5.2. Pārejas procesi līdzstrāvas piedziņā ar neatkarīgās ierosmes dzinēju	87
1.5.3. Pārejas procesi līdzstrāvas piedziņā ar virknes ierosmes dzinēju.....	96
1.5.4. Pārejas procesi līdzstrāvas piedziņā ar sistēmu G-D	96
1.5.5. Pārejas procesi līdzstrāvas piedziņā ar pusvadītāju pārveidotāju	102
1.5.6. Pārejas procesi maiņstrāvas piedziņā	104
1.5.7. Pārejas procesi maiņstrāvas piedziņā ar sinhrono dzinēju.....	112
1.6. ELEKTRISKĀS PIEDZIŅAS ENERĢĒTIKA	112
1.6.1. Enerģētiskie rādītāji	112
1.6.2. Enerģijas zudumi līdzstrāvas piedziņā	113
1.6.3. Enerģijas zudumi asinhronā piedziņā	116
1.7. ELEKTRISKĀS PIEDZIŅAS DZINĒJU IZVĒLE.....	118
1.7.1. Vispārīgie jēdzieni	118
1.7.2. Elektrisko dzinēju silšana un dzesēšana	118
1.7.3. Elektriskās piedziņas darba režīmi.....	120

1.7.4. Dzinēja jaudas izvēle ilgstošam darba režīmam	123
1.7.5. Dzinēja jaudas aprēķins īslaicīgam darba režīmam (S2)	127
1.7.6. Dzinēja jaudas aprēķins atkārtoti īslaicīgam.....	129
darba režīmam (S3, S4, S5).....	129
II DAĻA. ELEKTRISKĀS PIEDZIŅAS VADĪBA.....	132
2.1. AUTOMĀTISKO VADĪBAS SISTĒMU KLASIFIKĀCIJA UN GALVENIE ELEMENTI	134
2.1.1. Elektriskās piedziņas AVS klasifikācija un izpildāmās funkcijas....	134
2.1.2. AVS galvenie elementi, to raksturojums, īpatnības un parametri	135
2.2. AVS ELEKTRISKĀS SHĒMAS	148
2.2.1. Elektrisko shēmu apzīmējumi	148
2.2.2. Elektrisko shēmu zīmēšanas veidi	156
2.3. ELEKTRODZINĒJU PALAIŠANAS, BREMZĒŠANAS UN REVERSĒŠANAS AUTOMĀTISKĀS VADĪBAS PRINCIPI	159
2.3.1. Elektropiedziņas automātiskās vadības principu iedalījums	159
2.3.2. Automātiskā vadība pēc laika principa	160
2.3.3. Automātiskā vadība pēc ātruma principa.....	164
2.3.4. Automātiskā vadība pēc strāvas principa.....	166
2.3.5. Automātisko vadības principu salīdzinājums	168
2.4. TIPVEIDA AVS ELEKTRODZINĒJU PALAIŠANAI, BREMZĒŠANAI UN REVERSĒŠANAI.....	169
2.4.1. Tipveida shēmas īsslēgto asinhrono dzinēju vadībai	169
2.4.2. Tipveida vadības shēmas asinhroniem dzinējiem ar fāžu rotoru.....	177
2.4.3. Sinhrono dzinēju tipveida vadības shēmas	179
2.4.4. Līdzstrāvas elektrisko dzinēju tipveida vadības shēmas.....	184
2.5. RELEJU SHĒMU STRUKTŪRAS SASTĀDĪŠANA UN PĀRVEIDOŠANA	188
2.5.1. Loģikas (releju) algebras likumi	189
2.5.2. Inversās shēmas.....	192
2.5.3. Releju shēmu sintēze pēc tehnoloģiskiem nosacījumiem.....	193
2.5.4. Karno kartes izmantošana shēmu minimizācijā.....	194
2.5.5. Ciklogrammas	199
2.6. BEZKONTAKTU LOĢISKIE ELEMENTI.....	209
2.6.1. Bezkontakta shēmu sintēze	210
2.7. NOSLĒGTO AVS VISPĀRĪGIE DARBĪBAS PRINCIPI.....	219
2.7.1. Noslēgto AVS vispārinātā struktūras shēma.....	220

2.7.2. Atgriezeniskās saites	221
2.7.3. Sistēmu linearizācija un vienkāršošana	222
2.7.4. Statisko raksturlīkņu aprēķins.....	224
2.8. AVS ĪPATNĪBAS ATKARĪBĀ NO IZMANTOJAMĀ PĀRVEIDOTĀJA VEIDA	247
2.8.1. Pastiprinātāju klasifikācija un to īpatnības	247
2.8.2. AVS ar pusvadītāju elementiem	247
2.9. ELEKTRISKĀS PIEDZIŅAS PARAMETRU PAKĀRTOTAS REGULĒŠANAS SISTĒMAS.....	272
2.10. SEKOŠANAS SISTĒMAS.....	278
2.10.1. Sekošanas sistēmu elementārā teorija	279
IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS	285