

Sadržaj

Predgovor	i
1. Uvod	1
2. Funkcije prenosa linearnih kontinualnih sistema	5
2.1 Funkcije prenosa elektro-mehaničkih sistema	6
2.1.1 Izračunavanje funkcija prenosa električnih mreža	9
2.1.2 Izračunavanje funkcija prenosa mehaničkih sistema	13
2.2 Modeliranje i simulacija linearnih kontinualnih sistema primenom funkcija prenosa paketa MATLAB/Simulink	16
2.3 Osnovni elementi automatike po obliku funkcije prenosa	21
3. Blok dijagram i graf toka signala	25
3.1 Pojam sprege elemenata blok dijagrama	26
3.2 Pravila za redukciju blok dijagrama	29
3.3 Graf toka signala	34
4. Karakteristični odzivi sistema automatskog upravljanja	41
4.1 Analitičko izračunavanje karakterističnih odziva sistema	41
4.2 Načini predstavljanja frekventnog odziva	51
4.3 Frekventne karakteristike osnovnih elemenata automatike	53
5. Stabilnost linearnih kontinualnih sistema	61
5.1 Karakterizacija prelaznog procesa u frekventnom području	61
5.2 Karakterizacija prelaznog procesa u vremenskom domenu	62
5.3 Karakterizacija stacionarnog režima (konstante greške)	63
5.4 Analitički i grafoanalitički kriterijumi stabilnosti sistema	62
5.4.1 Analitički kriterijumi stabilnosti	69
5.4.1.1 Hurvicov kriterijum stabilnosti	69
5.4.1.2 Routhov kriterijum stabilnosti	73
5.4.2 Grafoanalitički kriterijumi stabilnosti	75
5.4.2.1 Mihajlov kriterijum stabilnosti	76
5.4.2.2 Nyquistov kriterijum stabilnosti	82
5.4.2.3 Bodeov kriterijum stabilnosti	84
6. Savremeni prilaz analizi linearnih kontinualnih sistema	87
6.1 Konceptija prostora stanja	87
6.2 Modeliranje i simulacija sistema u prostoru stanja u Programskom paketu MATLAB/Simulink	92
6.3 Kretanje sistema u prostoru stanja	107
6.4 Kontrolabilnost i opservabilnost sistema	111
7. Analiza linearnih impulsnih sistema	115
7.1 Osobine kompleksnog lika povorke odbiraka	116
7.2 Kola zadržke	118

7.3 Z-transformacija	118
7.4 Inverzna z-transformacija	122
7.5 Preslikavanja iz s u z-ravan	123
7.6 Funkcija diskretnog prenosa	125
7.7 Konceptcija prostora stanja u modeliranju digitalnih sistema	131
7.8 Uslovi kontrolabilnosti i opservabilnosti diskretnih sistema	138
7.9 Stabilnost diskretnih sistema	139
 8. Nelinearni sistemi	 145
8.1 Orbitalna stabilnost nelinearnih sistema	146
8.1.1 Granični krugovi nelinearnih kontinualnih sistema	147
8.1.2 Granični skupovi nelinearnih diskretnih sistema	157
8.2 Osnovni pojmovi teorije determinističkog haosa	163
8.2.1 Kvalitativni pokazatelji determinističkog haosa	164
8.2.2 Kvantitativni pokazatelji determinističkog haosa	165
8.2.3 Bifurkacije dinamičkih sistema	166
8.3 Deterministički haos kod kaskadno povezanih nelinearnih električnih kola	168
 9. Modeliranje i simulacija sistema u programskom paketu Matlab/Simulink/ Simscape	 177
9.1 Biblioteka Electrical	179
9.2 Modeliranje i simulacija električnih sistema u Simscape-u	185
9.3 Biblioteka Mechanical	194
9.4 Modeliranje mehaničkih sistema u Simscape-u	199
 10. Modeliranje i simulacija sistema pomoću bond grafova	 208
10.1 Bond graf elementi	209
10.2 Sistematska metoda za dobijanje bond graf modela i pravila za prostiranje kauzaliteta	214
10.3 Formiranje simulacionih modela sistema na osnovu jednačina u prostoru stanja dobijenih iz kauzalnih bond graf modela	218
10.3.1 Dobijanje jednačina u prostoru stanja iz kauzalnih bond grafova	218
10.3.2 Formiranje simulacionih modela na osnovu jednačina u prostoru stanja dobijenih iz kauzalnih bond grafova pomoću programskog paketa MATLAB/Simulink	222
10.4 Bondsim – Simulinkova biblioteka	233
10.4.1 Osnovni Bondsim elementi	233
10.4.2 Bondsim elementi sa diferencijalnim kauzalitetom	235
10.5 Prevođenje kauzalnih bond graf modela u Bondsim simulacione modele	239

10.5.1 Modifikovana Fakrijeva transformacija	239
10.5.2 Modeliranje i simulacija determinističkih sistema korišćenjem elemenata Bondsim biblioteke	240
10.5.3 Modeliranje i simulacija stohastičkih sistema korišćenjem <i>Random</i> elemenata <i>Bondsim</i> biblioteke	250
11. Procena verovatnoće stabilnosti sistema	256
11.1 Procena verovatnoće stabilnosti kontinualnih sistema	256
11.2 Procena verovatnoće stabilnosti nelinearnih sistema	260
11.3 Procena verovatnoće stabilnosti diskretnih sistema	264
11.4 Provera dobijenih rezultata metodom Monte Karlo	276
11.5 Procena pouzdanosti diskretnih sistema	282
11.5.1 Karakteristične funkcije pouzdanosti	284
11.5.2 Vreme otkaza diskretnih sistema	287
11.5.3 Stohastički procesi	290
11.5.4 Funkcija raspodele stohastičkog procesa n – tog reda	292
11.5.5 Matematičko očekivanje, disperzija i korelaciona funkcija stohastičkog procesa	293
11.5.6 Procena pouzdanosti diskretnih sistema korišćenjem verovatnoće stabilnosti	294
11.5.7 Korelacija između verovatnoće stabilnosti i pouzdanosti	295
12. Modeliranje sistema korišćenjem Petri mreža	298
12.1 Osnovni elementi Petri mreža	298
12.2 Primeri modeliranja pomoću Petri mreža	300
12.3 Stohastičke Petri mreže	302
12.4 Modeli pouzdanosti sistema	306
12.4.1 Sistem redno vezanih elemenata	306
12.4.2 Sistem paralelno vezanih elemenata	308
12.4.3 Sistem kombinovano vezanih elemenata	310
12.5 Modeliranje otkaza korišćenjem stabla otkaza i Petri mreža	312
13. Upravljanje procesima	319
13.1 On-off upravljanje procesima	321
13.2 Kontinualno upravljanje procesima	322
13.3 Programsko upravljanje procesima	323
13.4 Relejno upravljanje procesima	326
13.5 Primena PLC sistema u upravljanju procesima	327
13.6 Adaptivno upravljanje procesima	330
13.7 Upravljanje kaskadnim nelinearnim sistemima	333
13.7.1 Upravljanje SISO kaskadnim sistemima za transport gumene trake	333

13.7.2 Upravljanje MIMO kaskadnim nelinearnim sistemima	345
Literatura	368
Prilog 1. Laplasova transformacija	377
P1.1 Definicija Laplasove transformacije	377
P1.2 Osobine Laplasove transformacije	377
P1.3 Inverzna Laplasova transformacija	380
P1.3.1 Nalaženje inverzne Laplasove transformacije realne, racionalne funkcije kompleksne promenljive s	381
P1.3.2 Nalaženje inverzne Laplasove transformacije proizvoda $F_1(s) \cdot F_2(s)$	385
P1.3.3 Rešavanje diferencijalnih jednačina primenom Laplasove i inverzne Laplasove transformacije i njihova simulacija u MATLAB/Simulink-u	386
Prilog 2. Tablica Laplasove i z-transformacije	396
Prilog3 Bondsim biblioteke	397
Prilog 4. Veštačke neuronske mreže	407
P4.1 Modeli neurona	407
P4.1.1 Statički modeli	408
P4.1.2 Dinamički modeli	410
P4.2 Arhitekture neuronskih mreža	411
P4.2.1 Slojevitna neuronska mreža	411
P4.2.2 Hopfield-ova mreža	414
P4.3 Algoritmi učenja	415