

# *Uvodni deo*

## *Opšta razmatranja*

<b>I OPŠTI DEO</b> .....	1
<b>1. NEKA OPŠTA PITANJA</b>	
<b>TEORIJE STABILNOSTI SISTEMA</b> .....	1
<b>1.1 Uvodna razmatranja</b> .....	1
<b>1.2 O stabilnosti sistema</b> .....	2
<b>1.3 Pregled osnovnih     koncepta stabilnosti sistema</b> .....	6
1.3.1 Stabilnost sistema u smislu Ljapunova .....	7
1.3.2 Praktična stabilnost i stabilnost na konačnom vremenskom intervalu .....	8
1.3.3 Stabilnost tipa “Ograničeni ulaz – ograničeni izlaz” .....	11
1.3.4 Tehnička stabilnost .....	12
1.3.5 Još neka značajna pitanja Ljapunovske teorije stabilnosti .....	14
1.3.6 Ljapunovska stabilnost .....	17
<b>Literatura</b> .....	19

---

# *Hronološki pregled rezultata*

<b>II SELEKTIVNI PREGLED REZULTATA NA POLJU PROUČAVANJA STABILNOSTI NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU U PERIODU OD 1959. DO 2005. GODINE</b>	21
<b>2. UPRAVLJANJE LINEARNIH SISTEMA NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU:</b>	
<b>Pregled rezultata</b>	21
<b>2.1 Uvod</b>	22
<b>2.2 Definicije i postavka problema</b>	23
<b>2.3 Najznačajniji rezultati: Analiza</b>	25
2.3.1 Analiza uslova izraženih u formi DLMI's	26
2.3.2 Analiza uslova izraženih u obliku LMI's	27
<b>2.4 Projektovanje regulatora         u povratnoj sprezi sistema po veličinama stanja</b>	29
2.4.1 Uslovi sinteze regulatora u povratnoj sprezi po stanju izraženi preko DLMI's	29
2.4.2 Uslovi sinteze regulatora u povratnoj sprezi po stanju izraženi preko LMI's	30
<b>2.5 Projektovanje regulatora         u povratnoj sprezi sistema po izlaznim veličinama</b>	32
2.5.1 Uslovi sinteze regulatora u povratnoj sprezi sistema po izlaznim veličinama u obliku DLMI's	32
2.5.2 Uslovi sinteze regulatora u povratnoj sprezi sistema po izlazu u formi LMI's	35
<b>2.6 Upravljanje vremenski diskretnih sistema         na konačnom vremenskom intervalu</b>	38
2.6.1 Analiza	38
2.6.2 Sinteza	40
Literatura	44

---

<b>3. PREGLED</b>	
<b>KONCEPATA STABILNOSTI</b>	
<b>NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU .....</b>	<b>45</b>
3.1 Uvod .....	45
3.2 Kratak istorijat (FTS) koncepata .....	48
3.3 Neki rezultati	
analize stabilnosti na	
konačnom vremenskom intervalu .....	50
3.4 Neki rezultati	
sinteze sistema na	
konačnom vremenskom intervalu .....	52
Literatura .....	53

# *Stabilnost linearnih i nelinearnih sistema automatskog upravljanja*

## *Stabilnost kontinualnih linearnih i nelinearnih sistema*

<b>III STABILNOST KONTINUALNIH</b>	
<b>LINEARNIH I NELINEARNIH</b>	
<b>SISTEMA NA KONAČNOM</b>	
<b>VREMENSKOM INTERVALU .....</b>	<b>57</b>
<b>4. STABILNOST SISTEMA</b>	
<b>NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU .....</b>	<b>57</b>
4.1 Primer .....	58
4.2 Teorema uniformne	
asimptotske stabilnosti u celom .....	59
Literatura .....	59

---

<b>5. KOMENTAR RADA:</b>	
<b>“Stabilnosti na Konačnom     Vremenskom Intervalu pod Dejstvom     Poremećajnih Sila na Proizvodu Skupova”</b> .....	61
Literatura .....	63
<b>6. DALJI REZULTATI</b>	
<b>O SINTEZI KOJA OBEZBEĐUJE STABILNOST     SISTEMA NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU</b> .....	65
6.1 Uvod .....	65
6.2 Označavanje, definicije i formulacija problema .....	66
6.3 Ilustrativni primeri .....	67
6.3.1 Linearni stacionarni sistem .....	67
6.3.2 Jednačina Van der Pol-a .....	69
Literatura .....	70
<b>7. UPRAVLJANJE NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU LINEARNIM SISTEMIMA SA PRISUTNIM NEIZVESNOSTIMA I POREMEĆAJIMA</b> .....	71
7.1 Uvod .....	71
7.2 Postavka problema i preliminarna razmatranja .....	72
7.2.1 Problem povratne sprege po veličinama izlaza sa proporcionalni regulatorom – Static output feedback problem (SOFB) .....	73
7.3 Slučaj povratne sprege sistema po stanju .....	75
7.3.1 Problem sopstvene vrednosti .....	77
7.4 Slučaj povratne sprege sistema po izlazu .....	78
7.5 Eliminacija uticaja poremećaja pomoću vremenski promenljivih poremećaja .....	79
Literatura .....	81
<b>8. PRAKTIČNA STABILNOST I STABILIZACIJA</b> .....	83
8.1 Uvod .....	83
8.2 Preliminarna razmatranja .....	84
8.3 Praktična stabilnost .....	86
Literatura .....	93

---

<b>9. UPRAVLJANJE NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU LINEARNIH SISTEMA PODVRGNUTIH PARAMETARSKIM NEIZVESNOSTIMA I POREMEĆAJIMA</b> .....	95
9.1 Uvod .....	95
9.2 Postavka problema .....	95
9.3 Glavni rezultat .....	98
9.4 Numerički primer .....	103
Literatura .....	104
<b>10. PRIMENA KONCEPTA STABILNOSTI NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU NA UPRAVLJANJE ATM MREŽAMA</b> .....	105
10.1 Uvod .....	105
10.2 FTS diskretnog linearnog sistema .....	105
10.3 Model ATM mreža .....	107
10.4 Projektovanje upravljanja pomoću FTS teorije .....	112
Literatura .....	113
<b>11. POTREBNI I DOVOLJNI USLOVI STABILNOSTI LINEARNIH SISTEMA NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU</b> .....	115
11.1 Uvod .....	115
11.2 Označavanje, preliminarni rezultati i postavka problema .....	116
11.3 Glavni rezultati .....	119
11.3.1 Potrebni i dovoljni uslovi za stabilnost na konačnom vremenskom intervalu i ograničenost na konačnom vremenskom intervalu .....	119
11.3.2 Dovoljni uslovi za ograničenost na konačnom vremenskom intervalu sa nenultim početnim stanjem .....	122
Literatura .....	123

---

<b>12. POSTUPAK PROJEKTOVANJA UPRAVLJANJA KOJE OBEZBEĐUJE STABILNOST NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU LINEARIZACIJOM POVRATNE SPREGE .....</b>	<b>125</b>
12.1 Uvod .....	125
12.2 Označavanje i preliminarni rezultati .....	127
12.2.1 Egzaktni linearizacioni problem u prostoru stanja .....	128
12.2.2 FTS linearnih sistema .....	130
12.3 FTS pomoću linearizacije povratne grane .....	131
12.4 Kontraktivna stabilnost na konačnom vremenskom intervalu sa fiksnim vremenom smirenja .....	132
12.5 Projektovanje kontraktivne stabilnosti na konačnom vremenskom intervalu sa fiksnim vremenom smirenja .....	137
12.6 Primer .....	138
12.6.1 Projektovanje FTS-a .....	138
12.6.2 Projektovanje FTCS .....	141
Literatura .....	141
<b>13. STABILIZACIJA NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU KORIŠĆENJEM DINAMIČKE IZLAZNE POVRATNE GRANE .....</b>	<b>143</b>
13.1 Uvod .....	143
13.2 Formulacija problema .....	144
13.3 Pristup baziran na teoriji observera .....	146
13.4 Glavni rezultat .....	149
13.5 Primer multi-ciljne sinteze: Stabilizacija na konačnom vremenskom intervalu i primena metode podešavanje položaja polova .....	151
Literatura .....	154

<b>14. UPRAVLJANJE NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU LINEARNOG MEHANIČKOG SISTEMA POD NEUJEDNAČENIM UTICAJEM .....</b>	<b>155</b>
14.1 Uvod .....	155
14.2 Klasa mehaničkih sistema .....	156
14.3 Predloženi kompenzator .....	158
14.4 Primer .....	163
Literatura .....	165

## *Stabilnost diskretnih linearnih i nelinearnih sistema*

<b>IV STABILNOST DISKRETNIH LINEARNIH I NELINEARNIH SISTEMA NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU .....</b>	<b>167</b>
<b>15. STABILNOST DISKRETNIH SISTEMA NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU .....</b>	<b>167</b>
15.1 Uvod .....	167
15.2 Prethodna razmatranja i formulacija problema .....	168
15.3 Glavni rezultati .....	169
15.4 Stabilizacija pomoću povratne sprege po stanju .....	176
Literatura .....	177
<b>16. STABILNOST DISKRETNIH NELINEARNIH SISTEMA NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU: Analiza i Projektovanje .....</b>	<b>179</b>
16.1 Uvod .....	179
16.2 Deterministička stabilnost na konačnom vremenskom intervalu .....	180

<b>16.3 Stohastička stabilnost</b>	
<b>na konačnom vremenskom intervalu</b> .....	182
16.3.1 Granice izlazne verovatnoće .....	184
16.3.2 Analiza stohastičke stabilnosti	
na konačnom vremenskom intervalu .....	185
16.3.3 Veza (FTS) uslova .....	187
16.3.4 Projektovanje stohastičke stabilnosti	
na konačnom vremenskom intervalu .....	188
16.3.5 Minimizacija izlazne granice .....	191
<b>16.4 Primer izbora</b>	
<b>upravljanja koje garantuje</b>	
<b>stabilnost na konačnom vremenskom intervalu</b> .....	193
Literatura .....	195
<b>17. UPRAVLJANJE</b>	
<b>DISKRETNIH LINEARNIH SISTEMA</b>	
<b>NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU</b> .....	197
17.1 Uvod .....	197
17.2 Formulacija problema .....	197
17.3 Stabilizacija putem povratne sprege po stanju .....	199
17.4 Stabilizacija putem	
povratne sprege po izlaznim veličinama .....	205
17.5 Problemi računanja i numerički primeri .....	208
Literatura .....	212
<b>18. UPRAVLJANJE</b>	
<b>NESTACIONARNIH DISKRETNIH LINEARNIH</b>	
<b>SISTEMA NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU:</b>	
<b>Analiza i Uslovi Projektovanja</b> .....	213
18.1 Uvod .....	213
18.2 Formulacija problema i uvodne napomene .....	214
18.3 Uslovi analize stabilnosti	
na konačnom vremenskom intervalu .....	215
18.4 Projektovanje kontrolera .....	219
18.5 Numerička primena glavnih rezultata .....	223
Literatura .....	226



---

*Stabilnost  
singularnih i deskriptivnih  
sistema automatskog upravljanja*

*Stabilnost  
kontinualnih singularnih sistema*

<b>V STABILNOST KONTINUALNIH SINGULARNIH SISTEMA NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU .....</b>	<b>229</b>
<b>19. UPRAVLJANJE NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU LINEARNIH SINGULARNIH SISTEMA SA PARAMETARSKIM NEIZVESNOSTI I U PRISUSTVU DELOVANJA POREMEĆAJA .....</b>	<b>229</b>
19.1 Uvod .....	229
19.2 Postavka problema .....	230
19.3 Osnovni rezultati .....	232
19.4 Numerički primer .....	235
Literatura .....	236
<b>20. STABILNOST NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU IMPULSNIH SINGULARNIH DINAMIČKIH SISTEMA .....</b>	<b>239</b>
20.1 Matematički model impulsnih singularnih dinamičkih sistema .....	240
20.2 Vremenski zavisni impulsni singularni dinamički sistemi .....	243
20.3 Vremenski zavisni impulsni singularni sistemi .....	244
20.4 Stabilnost na konačnom vremenskom intervalu impulsnih singularnih dinamičkih sistema .....	245
Literatura .....	249

---

*Stabilnost diskretnih  
sistema sa kašnjenjem*

**VIII STABILNOST**

**DISKRETNIH SISTEMA SA  
KAŠNENJEM NA KONAČNOM  
VREMENSKOM INTERVALU .....**

311

**26. NELJAPUNOVSKA STABILNOST**

**LINEARNIH VREMENSKI DISKRETNIH  
SISTEMA SA ČISTIM VREMENSKIM KAŠNENJEM:**

**Kratka Rekapitulacija Prethodnih Rezultata .....** 311

**26.1 Opis sistema i preliminarni rezultati .....** 311

**26.2 Prethodni rezultati .....** 314

**26.3 Glavni rezultati .....** 315

Literatura .....

319

**27. NELJAPUNOVSKA STABILNOST**

**LINEARNIH VREMENSKI DISKRETNIH  
SISTEMA SA ČISTIM VREMENSKIM KAŠNENJEM:**

**Novi Rezultati – (LMI) i Klasičan Prilaz .....** 321

**27.1 Uvodna razmatranja .....** 321

**27.2 Glavni rezultati – LMI prilaz .....** 322

**27.3 Glavni rezultati – Klasičan prilaz .....** 328

Literatura .....

332

*Stabilnost  
singularnih i deskriptivnih  
sistema automatskog upravljanja  
sa čistim vremenskim kašnjenjem*

---

*Stabilnost vremenski kontinualnih  
singularnih sistema sa kašnjenjem*

<b>IX STABILNOST KONTINUALNIH SINGULARNIH SISTEMA SA KAŠNENJEM NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU .....</b>	<b>333</b>
28. KONTINUALNI LINEARNI SINGULARNI SISTEMI SA KAŠNENJEM: MODERNI LMI PRILAZ .....	333
Literatura .....	344

*Stabilnost vremenski diskretnih  
deskriptivnih sistema sa kašnjenjem*

<b>X STABILNOST DISKRETNIH DESKRIPTIVNIH SISTEMA SA KAŠNENJEM NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU .....</b>	<b>347</b>
29. DISKRETNI DESKRIPTIVNI SISTEMI SA KAŠNENJEM: MODERNI LMI PRILAZ .....	347
Literatura .....	354

*Stabilnost  
sistema automatskog upravljanja sa  
promenljivim vremenskim kašnjenjem*

---

*Stabilnost  
kontinualnih sistema sa  
vremenski promenljivim kašnjenjem*

<b>XI LJAPUNOVSKA STABILNOST KONTINUALNIH SISTEMA SA VREMENSKI PROMENLJIVIM KAŠNJENJEM .....</b>	<b>357</b>
<b>30. STABILIZACIJA KONTINUALNIH SISTEMA SA VREMENSKI PROMENLJIVIM KAŠNJENJEM .....</b>	<b>357</b>
30.1 Uvod .....	357
30.2 Opis sistema i stepen stabilnosti .....	357
30.3 Uslov stabilizacije .....	358
Literatura .....	361

*Stabilnost  
diskretnih sistema sa  
vremenski promenljivim kašnjenjem*

<b>XII NELJAPUNOVSKA STABILNOST DISKRETNIH SISTEMA SA VREMENSKI PROMENLJIVIM KAŠNJENJEM .....</b>	<b>363</b>
<b>31. STABILNOST NA KONAČNOM VREMENSKOM INTERVALU VREMENSKI DISKRETNIH SISTEMA SA VREMENSKI PROMENLJIVIM KAŠNJENJEM .....</b>	<b>363</b>
31.1 Uvod .....	363
31.2 Formulacija problema i preliminarna razmatranja .....	366
31.3 Glavni rezultati .....	367
31.4 Rezultati i diskusija .....	374
Literatura .....	377

---

*Stabilnost kontinualnih  
singularnih sistema sa  
vremenski promenljivim kašnjenjem*

<b>XIII LJAPUNOVSKA STABILNOST SINGULARNIH SISTEMA SA VREMENSKI PROMENLJIVIM KAŠNENJEM</b> .....	381
<b>32. NOVI KRITERIJUM STABILNOSTI LINEARNIH SINGULARNIH SISTEMA SA VREMENSKI PROMENLJIVIM KAŠNENJEM</b> .....	381
32.1 Uvod .....	381
32.2 Glavni rezultati .....	382
32.3 Numerički primeri .....	394
Literatura .....	395

*Stabilnost diskretnih  
deskriptivnih sistema sa  
vremenski promenljivim kašnjenjem*

<b>XIV LJAPUNOVSKA STABILNOST DESKRIPTIVNIH SISTEMA SA VREMENSKI PROMENLJIVIM KAŠNENJEM</b> .....	397
<b>33. ROBUSNA STABILNOST, ZAVISNA OD ČISTO VREMENSKOG KAŠNENJA I STABILIZACIJA DISKRETNIH DESKRIPTIVNIH SISTEMA SA VREMENSKI PROMENLJIVIM KAŠNENJEM I SA NEODREĐENOSTIMA</b> .....	397
33.1 Uvod .....	397
33.2 Opis problema i preliminarna razmatranja .....	399
33.3 Glavni rezultati .....	401
33.4 Primeri .....	419
Literatura .....	421

---

## *Dodaci*

<b>XIV DODACI</b> .....	423
<b>DODATAK A – Oznake</b> .....	423
<b>DODATAK B – Izvod iz teorije skupova</b> .....	429
B.1 Preliminarna razmatranja .....	429
B.2 Osnovne operacije nad skupovima .....	430
B.3 Algebra skupova .....	433
B.4 Još neke značajne osobine skupova .....	433
Literatura .....	434
<b>DODATAK C – Stabilnost posebnih klasa singularnih     sistema sa kašnjenjem: Ljapunovski pristup</b> .....	435
C.1 Uvod .....	435
C.2 Klasa singularnih sistema sa kašnjenjem postojanje i jedinstvenost rešenja .....	437
C.3 Druga metoda Ljapunova za singularne sisteme sa kašnjenjem .....	440
Literatura .....	442
<b>DODATAK D – Stabilnost zavisna     od čisto vremenskog     kašnjenja vremenski diskretnih sistema     sa vremenski promenljivim kašnjenjem:     Prilaz dekompozicije kašnjenja</b> .....	443
D.1 Uvod .....	443
D.2 Glavni rezultati .....	445
Literatura .....	454