

METODA GEOMETRIJSKOG MESTA KORENOVA U DINAMIČKOJ ANALIZI JEDNOSTRUKO PRENOSNIH SISTEMA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA

I OPŠTI DEO

1. OPŠTA PITANJA I BAZIČNE POSTAVKE METODE GEOMETRIJSKOG MESTA KORENOVA	1
1.1 Hronološki pregled postignutih rezultata na polju izučavanja metode geometrijskog mesta korenova	2
1.1.1 Jednostruko prenosni sistemi automatskog upravljanja sa povratnom spregom	2
1.1.2 Višestruko prenosni sistemi automatskog upravljanja sa povratnom spregom	2
Literatura	7

II METODA

GEOMETRIJSKOG MESTA KORENOVA U PRIMENI NA JEDNOSTRUKO PRENOSNE SISTEME AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA

2. VREMENSKI KONTINUALNI LINEARNI SISTEMI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA	11
2.1 Definicija geometrijskog mesta korenova	11
2.2 Pravila za konstrukciju hodografa GMK	14
2.3 Primena metode geometrijskog mesta korenova u dinamičkoj analizi zatvorenih sistema automatskog upravljanja	34
2.3.1 Stabilnost	34
2.3.2 Step en prigušenja	36
2.3.3 Pojačanja i statičke greške	39
2.3.4 Dominantna vremenska konstantna i vreme smirenja	39
2.3.5 Pretek pojačanja	39
2.3.6 Propusni opseg	41
2.3.7 Određivanje frekventnih karakteristika	41
2.3.8 Hodograf geometrijskog mesta korenova za $-\infty \leq K_{ok} < 0$	43
Literatura	44
3. VREMENSKI DISKRETNi LINEARNI SISTEMI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA	45
3.1 Uzajamna veza između odziva i položaja korena u s ravni i z ravni	45
3.2 Efekat distribucije polova i nula u z ravni na maksimalni preskok i na trenutak nastajanja preskoka u odzivu vremenski diskretnog sistema	48
3.3 Metoda geometrijskog mesta korenova za vremenski diskretne sisteme automatskog upravljanja	55
Literatura	62

1. METODA

GEOMETRUSKOG MESTA KORENOVA: Geometrijski prilaz	71
5.1 Uvod	71
5.2 Postavka zadatka	71
5.3 Geometrijska struktura matrica B i C	75
5.3.1 Značaj strukture matrica B i C	75
5.3.2 Višestruko prenosne nule i nulti prostor matrica B i C	76
5.4 BC pristup	78
5.4.1 Slučaj kada je matrični proizvod CB punog ranga	78
5.4.2 Slučaj kada je matrični proizvod CB nepotpunog ranga	83
5.4.3 Asimptotsko ponašanje geometrijskog mesta korenova u slučaju nepotpunog ranga CB	88
5.4.4 Specijalni slučajevi	93
5.5 CB pristup	96
5.5.1 Uvod	96
5.5.2 Struktura CB	97
5.5.3 Beskonačne nule prvog i drugog reda	98
5.5.4 Opšti slučaj – beskonačne nule svih mogućih redova	99
5.6 Pivoti	104

5.7 Uglovi napuštanja polova i pristizanja u konačne nule višestruko prenosnih sistema	106
5.7.1 Uvod	106
5.7.2 Analiza postavljenog zadatka	106
5.8 Algoritam za konstrukciju	112
5.9 Primeri	125
5.10 Inverzni sistem	144
5.11 Problem sinteze kod višestruko prenosnih SAU	149
Literatura	157
6. METODA	
GEOMETRIJSKOG MESTA KORENOVA:	
Prilaz sa pozicija razvoja u redove	159
6.1 Uvod	159
6.2 Beskonačne nule i asimptote	162
6.2.1 Beskonačne nule prvog reda	162
6.2.2 Beskonačne nule drugog reda	164
6.2.3 Beskonačne nule višeg reda	168
6.2.4 Slučaj nesvojstvenih sistema	174
6.3 Asimptotsko ponašanje hodografa GMK	176
6.4 Pivoti	180
6.4.1 Lokacija pivota	180
6.4.2 Postavljanje pivota u željenu lokaciju	181
6.5 Prilazak konačnim nulama	182
6.5.1 Konačne nule	182
6.5.2 Uglovi prilaska konačnim nulama	187
6.6 Uglovi napuštanja polova	191
6.6.1 Prvi pristup – razvijanje u red	191
6.6.2 Drugi pristup – primena bilinearne transformacije	192
6.7 Presek hodografa GMK sa imaginarnom osom	196
6.7.1 Uvod	196
6.7.2 Analiza	196
6.8 Numerički primer	202
Literatura	210

7. METODA

GEOMETRIJSKOG MESTA KORENOVA:

Prilaz sa pozicija

karakteristične funkcije pojačanja

i karakteristične frekventne funkcije 213

7.1 Uvod 213

7.2 Postavka problema 216

7.3 Određivanje asimptota
geometrijskog mesta korenova 2197.4 Određivanje položaja pivota
geometrijskog mesta korenova 2227.5 Određivanje
uglova napuštanja i prilaska
geometrijskog mesta korenova 223

7.6 Butterworth-ovi modeli 224

7.7 Numerički primeri 228

Literatura 245

8. METODA

GEOMETRIJSKOG MESTA KORENOVA:

Prilaz sa pozicija karakteristične funkcije 247

8.1 Uvod 247

8.1.1 Struktura sistema,
priliminarna razmatranja i osnovna označavanja 2478.1.2 Veza između karakterističnih jednačina
otvorenog i zatvorenog kola dejstva sistema
za datu osnovnu strukturu sa povratnom spregom 249

8.2 Karakteristične funkcije 253

8.3 Reimann-ova ravan karakteristične funkcije 254

8.4 Metod za konstruisanje *Reimann*-ovih ravni
karakterističnih funkcija prenosne matrice 2568.5 Odnos između algebarski definisanih
polova i nula skupa karakterističnih funkcija 259

8.6 Newton-ov dijagram 261

8.7 Numerički primeri 266

8.8 Još neka dopunska pojašnjenja
suštinskih osobina karakterističnih funkcija 270

8.8.1 Polovi i nule karakteristične funkcije	271
8.8.2 Karakteristični vektor funkcija za matrice funkcije kompleksne promenljive	273
8.8.3 Algebarska definicija polova i nula matrice prenosnih funkcija	271
8.8.4 Pravila za određivanje polinoma polova i polinoma nula	273
8.9 Značaj nula višestruko prenosnih sistema za analizu i sintezu	278
Literatura	284
9. OPTIMALNA METODA GEOMETRIJSKOG MESTA KORENOVA U PRIMENI NA VIŠESTRUKO PRENOSNE SISTEME AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA	
9.1 Uvod	285
9.2 Metoda geometrijskog mesta korenova i optimalna metoda geometrijskog mesta korenova	286
9.3 Konačne i beskonačne nule	287
9.4 Konačne granice optimalnog geometrijskog mesta korenova	290
9.4.1 Povratno odstupanje i optimalno geometrijsko mesto korenova ..	290
9.4.2 Optimalne konačne nule	292
9.5 Asimptote optimalnog geometrijskog mesta korenova	294
9.5.1 Optimalne beskonačne nule prvog i drugog reda	294
9.5.2 Optimalne beskonačne nule trećeg reda	297
9.5.3 Optimalne beskonačne nule četvrtog reda	303
9.5.4 Optimalne beskonačne nule petog i viših redova	304
Literatura	314

METODA GEOMETRIJSKOG MESTA KORENOVA - DODACI

IV DODACI

Dodatak A Oznake	315
Dodatak B Spirula	321
Dodatak C Hodograf geometrijskog mesta korenova pri negativnim vrednostima faktora pojačanja otvorenog kola	331
Dodatak D Izgledi hodografa geometrijskog mesta korenova u sistemima automatskog regulisanja sa minimalno faznim otvorenim kolima	335
Dodatak E Striktno svojstveni i nesvojstveni sistemi	340
Dodatak F Izvodi iz linearne algebre	342
Dodatak G Ortogonalnost vektora $\mathbf{b}$ i $\mathbf{c}^T$	354
Dodatak H Karakteristične algebarske funkcije i Butterworth-ovi modeli	355
Dodatak I Nule i polovi višestruko prenosnih sistema	357
Dodatak J Invarijantni faktori	367
Dodatak K' Anihilatori matrica	369
Dodatak L Karakteristični polinom SAU	373
Dodatak M Primer određivanja nula višestruko prenosnog sistema	375
Dodatak N Spektralna dekompozicija matrice BC	377
Dodatak O Shur-ova formula	379
Dodatak P Direktna suma	380
Dodatak Q Gershgorin-ova teorema	382
Dodatak R Dokaz Leme 5.2	383
Dodatak S Dokaz Teoreme 5.6	385
Dodatak T Markov-ljevi parametri	387
Dodatak U Dokaz Stava 5.1	392
Dodatak V Spektralna dekompozicija matrice BKC u slučaju očigledne degeneracije matrice CBK	393

Dodatak W	Jordan-ove matrične forme i sopstveni vektori	395
Dodatak X	Moore – Penrose – ova generalisana inverzija	401
Dodatak Y	Neka pojašnjenja u vezi Leme 6.2	409
Dodatak Z	Dokaz ekvivalentnosti asimptotskog ponašanja sistema S_1 i S_2	410
Dodatak Ž	Dopunski rezultati i dokazi	412
Literatura		415