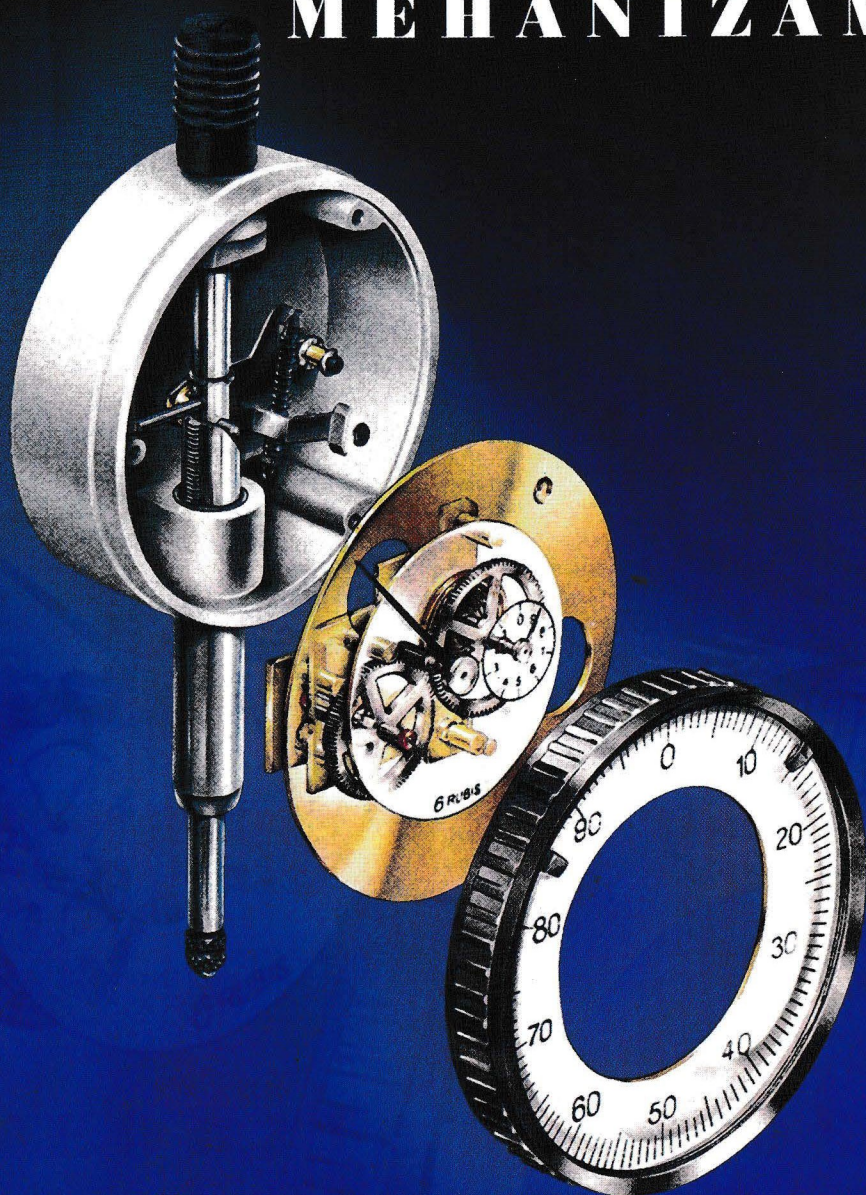


Nenad D. Pavlović

TEORIJA TAČNOSTI MEHANIZAMA



MAŠINSKI FAKULTET
NIŠ, 2004.

Nenad D. Pavlović

**TEORIJA TAČNOSTI
MEHANIZAMA**

MAŠINSKI FAKULTET

NIŠ, 2004.

Nenad D. Pavlović

TEORIJA TAČNOSTI MEHANIZAMA

Recenzenti

Prof. dr Života Živković

Prof. dr Aleksandar Veg

Izdavač

Mašinski fakultet

Univerziteta u Nišu

Niš, A. Medvedeva 14

Štampanje odobrilo

Nastavno naučno veće

Mašinskog fakulteta u Nišu

9.07.2004.

Štampa

“Sven”, Niš

Tiraž 200 primeraka

CIP - Каталогизација у публикацији

Народна библиотека Србије, Београд

62-23-50(075.8)

ПАВЛОВИЋ, Ненад Д.

Teorija tačnosti mehanizama / Nenad D.
Pavlović. - Mašinski fakultet : Niš, 2004
(Niš : Sven). - V, 254 str. : graf. prikazi ; 24 cm

Tiraž 200. – Napomene uz tekst. –
Bibliografija: str. 249-254.

ISBN 86-80587-30-3

а) Механизми - Тачност
COBISS.SR-ID 116129548

P R E D G O V O R

Teorija tačnosti mehanizama spada u relativno novije oblasti nauke o mehanizmima i mašinama, a bavi se problemima koji dovode do odstupanja realizovane od zahtevane funkcije mehanizma. Niz neizbežnih postupaka i pojava u fazama razvoja, konstruisanja, izrade i praktične primene svakog mehanizma, kao npr. ograničene mogućnosti postupaka sinteze, greške izrade (odstupanja dimenzija od nominalnih mera unutar zadatih tolerancijskih polja), zazori u zglobovima, trenje, deformisanje članova, temperaturne promene, dovode ne samo do nedovoljno tačnog realizovanja zahtevane funkcije mehanizma već mogu dovesti i do pojave oscilacija, buke, prevelikog opterećenja zglobova, habanja i time uticati i na pouzdanost.

Osnovno polazište svih udžbenika iz oblasti nauke o mehanizmima i mašinama je da dimenzije članova mehanizma ne odstupaju od nominalnih vrednosti tokom eksploatacije mehanizma. Nijedan član mehanizma, međjutim, ne može biti izradjen s apsolutnom tačnošću mera, a da bi se realizovala željena pokretljivost članova kinematskih parova neophodno je propisati i odredjeni radni zazor u zglobovima, tako da kod realnih mehanizama treba već i na samom početku njihove eksploatacije računati s odstupanjima dimenzija članova od nominalnih mera, koja vode odstupanju realizovane od zahtevane funkcije mehanizma.

Problemi tačnosti mehanizama, po saznanju autora, nisu do sada obrađivani u našoj stručnoj literaturi. Ova knjiga ima za cilj da popuni ovu prazninu i prezentira zainteresovanim čitaocima aktuelne postupke teorije tačnosti mehanizama. Ona predstavlja nadgradnju klasične literature iz oblasti nauke o mehanizmima i mašinama i podrazumeva odredjena predznanja iz kinematike mehanizama. Izložena materija ilustrovana je i originalnim primerima od kojih je neke autor već prezentirao široj naučnoj javnosti, publikovanjem u časopisima i saopštavanjem na međunarodnim konferencijama.

Knjiga je pisana prvenstveno kao udžbenik namenjen studentima na redovnim i posle diplomskim studijama smeru Mehatronike na Mašinskom fakultetu u Nišu, ali se iskreno nadam da će moći korisno da posluži i studentima drugih fakulteta kao i svima onima koji će u praksi ili istraživanjima težiti razvoju novih ili optimizaciji postojećih tehničkih rešenja.

Najtoplije se zahvaljujem recenzentima dr Životi Živkoviću, redovnom profesoru Mašinskog fakulteta u Nišu i dr Aleksandru Vugu, vanrednom profesoru Mašinskog fakulteta u Beogradu, na korisnim savetima i sugestijama.

Zahvaljujem se i dr Nenadu T. Pavloviću i mr Ivanu Ivanovu na uloženom trudu da sve želje autora u vezi crteža budu do detalja realizovane.

Iskreno se zahvaljujem i sponzorima koji su finansijski pomogli izdavanje ove knjige.

Niš, decembra 2004.

A u t o r

S A D R Ź A J

UVOD	1
1. GEOMETRIJA I KINEMATIKA MEHANIZAMA	2
1.1. Osnovni pojmovi kinematike mehanizama	2
1.1.1. Kinematski parovi	2
1.1.2. Kinematska šema mehanizma. Složeni mehanizmi. Pasivni članovi	5
1.1.3. Teorijski mehanizam. Primarne greške	9
1.2. Prenosna funkcija mehanizma	9
1.2.1. Određivanje prenosne funkcije ravanskih mehanizama	10
1.2.2. Određivanje prenosne funkcije od zadatog početnog položaja pogonskog člana	24
1.3. Zakon kretanja mehanizma	28
1.4. Prenosni odnos mehanizma	29
2. OPTIMALNA SINTEZA MEHANIZAMA	33
2.1. Osnovni pristupi rešavanju zadataka sinteze mehanizama	33
2.2. Medjusobna povezanost optimalne sinteze i analize tačnosti rada mehanizma	35
2.3. Strukturna sinteza mehanizama	41
2.4. Dimenziona sinteza mehanizama	44
2.4.1. Sinteza tačnih položaja (interpolacija funkcije teorijske greške)	45
2.4.2. Problem najboljih aproksimacija funkcija	49
2.4.2.1. Uniformna mini-max aproksimacija funkcija polinomima Čebiševa	51
2.4.2.2. Kvadratna aproksimacija funkcija Ležandrovim polinomima	56
2.4.2.3. Metodologija dimenzione sinteze aproksimacijom funkcije teorijske greške stepenim polinomom	57
2.4.2.4. Optimalna sinteza mehanizama	66
2.4.2.4.1. Optimalna sinteza mehanizama kao problem nelinearnog programiranja	66
2.4.2.4.2. Metode optimizacije	70

3. ANALIZA TAČNOSTI RADA MEHANIZAMA	90
3.1. Metodika identifikovanja primarnih grešaka mehanizama	90
3.1.1. Opšte karakteristike primarnih grešaka	90
3.1.2. Primarne greške osnovnih tipova članova mehanizama	93
3.1.3. Primarne greške osnovnih tipova mehanizama	97
3.2. Kinematska analiza tačnosti rada mehanizama	104
3.2.1. Osnovni zadaci kinematske analize tačnosti rada mehanizama.....	104
3.2.2. Greška položaja i greška pomeranja mehanizama	108
3.2.3. Odredjivanje koeficijenata uticaja primarnih grešaka, greške položaja vodjenog člana mehanizma i greške pomeranja mehanizma	115
3.2.3.1. Postupak parcijalne diferencijacije prenosne funkcije mehanizma	115
3.2.3.2. Postupak vektorskog prikaza relacija sa kompleksnim brojevima	132
3.2.3.3. Geometrijski postupak	139
3.2.3.4. Postupak virtualnih pomeranja.....	142
3.2.3.5. Postupak virtualnog rada	147
3.2.4. Analiza uticaja tolerancija	152
3.2.4.1. Mreža uticaja elementarnih grešaka položaja vodjenog člana	153
3.2.4.2. Odredjivanje ekstremnih grešaka položaja vodjenog člana	158
3.2.5. Sinteza tolerancija	166
3.3. Geometrijska analiza tačnosti rada mehanizama	174
3.3.1. Opšta svojstva vektorskih primarnih grešaka	174
3.3.2. Vektorske primarne greške ekscentriciteta kod četvoročlanih mehanizama	176
3.3.3. Odredjivanje ekstremnih grešaka položaja vodjenog člana mehanizma	181
3.3.4. Stohastički pristup analizi tačnosti rada mehanizama.....	192

3.4. Tehnološko-eksploataciona analiza tačnosti rada mehanizama	210
3.4.1. Tehnološke komponente primarnih grešaka mehanizama	211
3.4.2. Oblik krivih raspodele tehnoloških grešaka izrade elemenata na mašinama	215
3.4.2.1. Ravnomerna promena dominirajućeg faktora.....	215
3.4.2.2. Usporena i ubrzana promena dominirajućeg faktora	217
3.4.2.3. Neravnomerni karakter promene dominirajućeg faktora	219
3.4.3. Vrste obrtnih zglobova i njihove primarne greške	219
3.4.4. Odredjivanje veličine verovatnosnog zazora kod nižih obrtnih parova	222
3.4.5. Eksploatacione komponente primarnih grešaka mehanizama	228
3.4.5.1. Uticaj habanja na tačnost mehanizma	228
3.4.5.2. Deformacije geometrijskih elemenata.....	229
4. KOMPENZACIJA GREŠAKA POLOŽAJA MEHANIZAMA	232
4.1. Vrste grešaka položaja mehanizama.....	232
4.2. Opšti principi izbora kompenzatora	234
4.3. Procedura izbora kompenzatora.....	240
LITERATURA	249



Dr Nenad D. Pavlović rođen je 2. marta 1950. godine u Valjevu. Osnovnu i srednju školu završio je u Nišu.

Na Mašinskom fakultetu u Nišu diplomirao je 1973. godine na smeru Mašinske konstrukcije. Magistarsku tezu odbranio je 1979. godine, a 1984. godine odbranio je doktorsku disertaciju.

Od 1974. godine zaposlen je na Mašinskom fakultetu u Nišu kao saradnik u zvanju asistent pripravnik i od 1979. godine u zvanju asistent na predmetu Teorija mašina mašina i mehanizama. Od 1985. godine zaposlen je na Mašinskom fakultetu u Nišu kao nastavnik u zvanju docent, od 1990. godine u zvanju vanredni profesor i od 1995. godine u zvanju redovni profesor na grupi predmeta Precizno mašinstvo.

Govori engleski i nemački jezik.

Autor je nekoliko udžbenika iz oblasti Preciznog mašinstva i Teorije mašina i mehanizama.

Autor je ili koautor većeg broja naučnih radova publikovanih u časopisima i zbornicima radova konferencija iz oblasti Teorije mašina i mehanizama, Opruga kao pogonskih elemenata i Gipkih mehanizama.