

<https://doi.org/10.24867/JPE-1989-06-229>

ORIGINALNI NAUČNI RAD

V. Kragujević, R. Gatalo*

PRILOG RAZVOJU PROGRAMSKOG SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO
PROJEKTOVANJE PRENOSNIKA MAŠINA ALATKI

Rezime

U radu se izlažu osnovne informacije o programskom sistemu za projektovanje i konstruisanje zupčastih prenosnika kod mašina alatki, koji se razvija u Institutu za proizvodno mašinstvo FTN u Novom Sadu. Navedeni sistem razvijen je do nivoa projektovanja kinematske strukture prenosnika.

Nakon informacija o koncepciji sistema, u radu se daju globalne informacije o modulu za projektovanje glavnih karakteristika i detaljnije informacije o modulu za projektovanje kinematske strukture prenosnika za glavno kretanje mašina alatki.

CONTRIBUTION TO DEVELOPMENT OF SOFTWARE SYSTEM FOR
AUTOMATIC DESIGN OF GEAR BOXES FOR MACHINE TOOLS

Summary

This paper presents the basic informations about software system for automatic design of gear boxes for machine tools which is under development at Institute for production engineering FTN Novi Sad. At present stage a part of the system concerning design of gear box kinematic structure is developed.

Besides informations about system concepts, this paper presents global informations concerning the module for main characteristics design and more detailed informations about module for design of main gear box kinematic structure.

*) Kragujević mr Vladimir, dipl.ing. - RO "POBEDA-IMO", Novi Sad, Gatalo dr Ratko, red.prof. - Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, V.Perića Valtera 2.

***) Rad je proizišao iz istraživanja koja je finansirala SIJ za naučni rad Vojvodine.

Rad je saopšten na naučno-stručnom Skupu o konstruiranju, Zagreb, 1988.

1.0 UVOD

U Institutu za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu (IPM FTN) već više godina radi se na razvoju programskog sistema za automatizovano projektovanje mašina alatki [4] [5]. Radi omogućavanja postepenog razvoja sistema i primene računara manjeg kapaciteta ceo sistem je koncipiran na bazi podsistema koji su celine za sebe. Tako se i aktivnosti vezane za automatizovano projektovanje i konstruisanje prenosnika, a u okviru njih i prenosnika za glavno kretanje tretiraju kao sistemski celina, odnosno poseban programski sistem.

Ovaj rad upravo obuhvata presek dosadašnjih rezultata u razvoju programskog sistema za automatizovano projektovanje zupčastih prenosnika za glavno kretanje mašina alatki. Pri tome se napominje da su u našoj zemlji evidentni rezultati u ovom području i u drugim istraživačkim centrima, npr. [8] [7] i dr. Kod sistema o kojem je ovde reč pošlo se od pretpostavke da on treba da objedini najbolja opredeljenja u pogledu optimiranja prenosnika i korišćenja savremene računarske opreme.

2.0 KONCEPCIJA SISTEMA

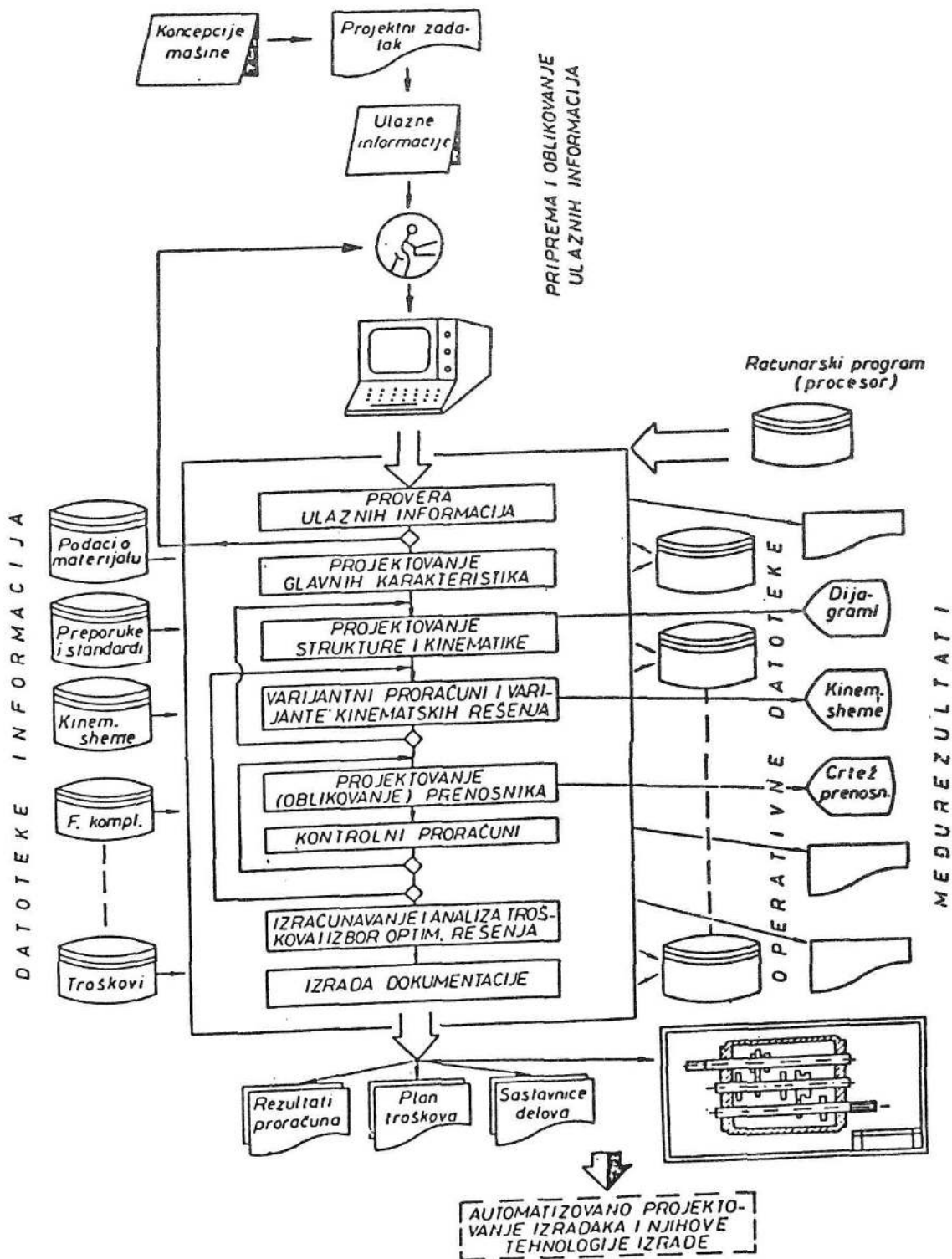
Sistem za automatizovano projektovanje prenosnika za glavno kretanje se zasniva na sledećim osnovnim pretpostavkama:

- namenjen je projektovanju složenih zupčastih prenosnika paralelnih nepokretnih osa vratila sa cilindričnim evolventnim zupčanicima i redoslednim uključivanjem osnovnih prenosnika,
- koristi se pri projektovanju novih rešenja prenosnika i treba da obezbedi sintezu projektnih i konstruktivnih rešenja visokog kvaliteta,
- procesor sistema mora da se razvija na modularnom principu a veza izmedju pojedinih modula sistema ostvaruje se pomoću ulazno-izlaznih (operativnih) datoteka,
- u fazama projektovanja u kojima nije neophodno prisustvo projektanta primenjuje se krut tok odvijanja računarskog programa, dok se u ostalim obezbedjuje potreban oblik interaktivnog rada,
- u sistemu se vrši projektovanje varijantnih rešenja, sa odbacivanjem nereálnih rešenja, uz uzimanje u obzir što je moguće više kriterijuma optimiranja, a za osnovni kriterijum optimiranja koristi se kriterijum "troškovi",
- princip varijantnog projektovanja koristi se u fazama projektovanja u kojima nije neophodno prisustvo projektanta dok se pri oblikovanju prenosnika primenjuje princip slobodnog projektovanja pomoću funkcionalnih kompleksa na bazi "meni" tehnike,
- izlazni rezultati iz sistema svojim sadržajem i oblikom prilagodjeni su za korišćenje u drugim delovima kompleksnog programskog sistema za automatizovano projektovanje mašina alatki.

3.0 MODEL SISTEMA

Uprošćen model programskog sistema zasnovanog na navedenoj koncepciji predstavljen je na slici 1.

Osnovni strukturni delovi modela su:



Sl. 1. Uprošćeni model sistema za automatizovano projektovanje i konstruisanje prenosnika za glavno kretanje mašina alatki.

- priprema i oblikovanje ulaznih informacija,
- datoteke informacija kao informaciona baza,
- računarski program (procesor),
- oblikovanje izlaznih informacija.

Kao ulazne informacije služe odgovarajuće informacije iz skupa izlaznih informacija iz faze projektovanja koncepcije mašine. Za njihovo predstavljanje koriste se odgovarajuća pravila komponovanja.

Datoteke informacija sadrže sistematizovane informacije potrebne za uspešan rad procesora sistema.

Računarski program sastoji se iz modula kojima se obezbedjuje projektovanje i konstruisanje prenosnika i izbor optimalnog rešenja prema glavnom kriterijumu optimiranja.

Modul *provera ulaznih informacija* ima zadatak pronalaženja mogućih logičkih grešaka.

Modul za *projektovanje glavnih karakteristika* prenosnika odredjuje moguće varijante graničnih vrednosti brojeva obrtaja, brojeva stupnjeva i brojeva obrtaja kao i potrebnu snagu pogonskog elektromotora.

U modulu za *projektovanje strukture i kinematike* prenosnika projektuju se moguće varijante strukture prenosnika, odnosno, odredjuje broj i raspored osnovnih prenosnika, broj zupčanika, vratila i dr., i vrši odredjivanje veličina pojedinih prenosa i prethodno odredjivanje brojeva zuba zupčanika.

U modulu *varijantni proračuni i varijante kinematskih rešenja* vrši se komponovanje varijantnih kinematskih rešenja na osnovu odgovarajućih varijantnih proračuna. Proračuni se mogu smatrati prethodnim, jer se naknadno vrši provera popustljivosti celog kinematskog lanca. Komponovanje se vrši u interaktivnom postupku, putem odgovarajućih grafičkih jedinica, korišćenjem "meni" tehnike. U okviru ovog modula predvidjen je i kinetički proračun potreban za prenosnike kod kojih postoji spojnica i/ili kočnica.

Modul *projektovanje (oblikovanje) prenosnika* ne bazira na fiksnoj logici već se projektovanje zasniva na principu slobodnog projektovanja. Prvo se vrši oblikovanje funkcionalnih kompleksa a potom se u interaktivnom radu medjusobnim spajanjem funkcionalnih kompleksa i projektovanjem kućišta dolazi do razvijenog oblika sklopnog crteža prenosnika. Ovako sačinjen sklopni crtež je tek predlog sklopnog crteža. Konačan izgled prenosnika dobija se u iterativnom postupku kada rešenje zadovolji zahteve popustljivosti i dinamičkog ponašanja.

Zato se u modulu *kontrolni proračuni* vrši odredjivanje stvarne popustljivosti svih elemenata prenosa i vrši optimiranje u cilju povećanja torziona krutosti kao i provera dinamičkog ponašanja pogonskog sistema.

U modulu *izračunavanje i analiza troškova i izbor optimalnog rešenja* izračunavaju se troškovi po funkcionalnim kompleksima a potom variranjem parametara (npr. dužina, prečnik, količina), ili izračunavanjem troškova za novu varijantu, omogućava se upoređivanje troškova, odnosno izračunavanje relativnih troškova i izbor optimalnog rešenja.

U okviru modula za *izradu dokumentacije* izvodi se crtanje razvijenog konačnog sklopnog crteža za usvojeno optimalno rešenje prenosnika i izrada sastavnice delova kao i plana troškova izrade prenosnika.

Pored razvijenog sklopnog crteža, sastavnice delova i plana troškova za optimalno rešenje prenosnika, izlazne informacije sadrže rezultate proračuna, dijagrame brojeva obrtaja, kinematske sheme, kao i niz drugih podataka, medjurezultata, varijanti i rešenja, koji se dobijaju iz svih modula sistema.

4.0 RAZVOJ POJEDINIH DELOVA SISTEMA

Postavljena koncepcija programskog sistema za automatizovano projektovanje i konstruisanje prenosnika za glavno kretanje u suštini predstavlja idejno rešenje. Za razvoj kompletnog sistema biće neophodno uložiti još dosta napora.

Opređeljenje je da se razvoj sistema obavlja postepeno, a da se postavljena koncepcija i programski paketi testiraju na primeru prenosnika za glavno kretanje univerzalnih mašina alatki za obradu struganjem.

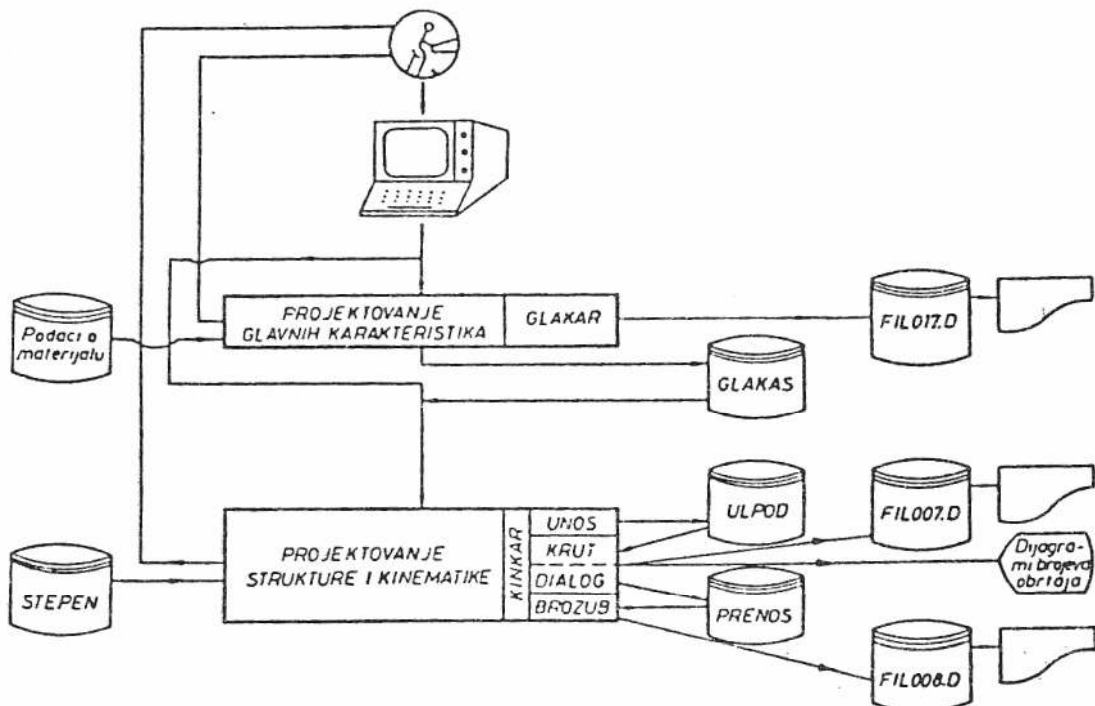
Do sada su razvijeni i testirani moduli za projektovanje glavnih karakteristika i projektovanje strukture i kinematike (slika 2), pa se o njima u nastavku navode detaljnije informacije.

4.1 MODUL ZA PROJEKTOVANJE GLAVNIH KARAKTERISTIKA

Projektovanje glavnih karakteristika mašina alatki zasniva se na podacima o:

- materijalu radnog predmeta i vrsti polufabrikata,
- graničnim dimenzijama radnih predmeta, koje treba obradivati,
- alatu, odnosno materijalu alata, koji će se koristiti za obradu na mašinama.

Modul obuhvata definisanje merodavnih dodataka za obradu, odredjivanje graničnih vrednosti brojeva obrtaja, odnosno brzina glavnog kretanja, broja stupnjeva brojeva obrtaja, brojeva obrtaja i potrebne pogonske snage po metodologiji iz [2], [1]. Na osnovu proračuna ovih karakteristika prenosnika vrši se i odredjivanje ostalih karakteristika mašine i to: glavnog otpora rezanja, merodavnog obrtnog momenta, optimalnog broja obrtaja i optimalnog prečnika obrade. Za detalje u vezi sa ovim modulom ukazuje se na literaturu [5] [6].



S1.2. Razvijeni i testirani moduli sistema za automatizovano projektovanje i konstruisanje prenosnika za glavno kretanje mašina alatki.

4.2 MODUL ZA PROJEKTOVANJE STRUKTURE I KINEMATIKE

4.2.1 KONCEPCIJA MODULA

Polazni podaci za projektovanje strukture i kinematike obuhvataju:

- faktor stepenovanja izlaznih brojeva obrtaja
- ulazni broj obrtaja i
- oba granična broja obrtaja, ili opseg regulacije i jedan od graničnih brojeva obrtaja.

Na osnovu polaznih podataka određuje se broj stupnjeva brojeva obrtaja, a potom broj i mogući rasporedi (konstruktivni i kinematski) osnovnih prenosnika, broj parova zupčanika, broj vratila, nazivne vrednosti brojeva obrtaja, ukupni prenos i veličine pojedinačnih prenosa (prema [9]). Prema tim karakteristikama prenosnika vrši se prethodno određivanje brojeva zuba svih zupčanika i za tako određene brojeve zuba izračunavanje izlaznih brojeva obrtaja.

Pri tome osnovni zadatak koji treba da se reši u okviru modula svodi se na rešavanje strukture i kinematike redoslednog prenosnika, pri čemu se, radi dobijanja što kvalitetnijih rešenja, kao kriterijumi optimiranja koriste:

- najmanji zbir osnih rastojanja,
- najmanji ukupni zbir brojeva zuba,
- najmanji broj vratila i zupčanika.

Sama koncepcija obezbedjuje varijantu projektovanje uzimanjem u obzir, ili odbacivanjem određenih kriterijuma optimiranja i/ili preporuka.

Činjenica da za prethodno poznate podatke o glavnim karakteristikama prenosnika, pri projektovanju elemenata strukture i kinematike prenosnika nema uticaja namena mašine, omogućila je da se razvije modul primenjiv pri projektovanju prenosnika za glavno kretanje univerzalnih mašina raznih namena. Zbog te višestruke primene modula predviđena je mogućnost rešavanja strukture i kinematike redoslednog prenosnika (do 36 stupnjeva brojeva obrtaja) sa bilo kojim standardnim faktorom stepenovanja izlaznih brojeva obrtaja.

Ranije analize [6] su pokazale da postoje složeni prenosnici za koje postoje veći broj konstruktivnih varijanti (najviše šest, za prenosnik sa 36 stupnjeva) i/ili veći broj kinematskih varijanti (najviše 120, za prenosnik sa 32 stupnja). Omogućena je izrada svih, ili željenog broja konstruktivnih i/ili kinematskih varijanti, ako su one realne sa stanovišta postavljenih ograničenja, a kao posebne varijante, tamo gde je njihova primena moguća, dobijaju se i rešenja ostvarljiva uz primenu dvo- ili trobrzinskog elektromotora.

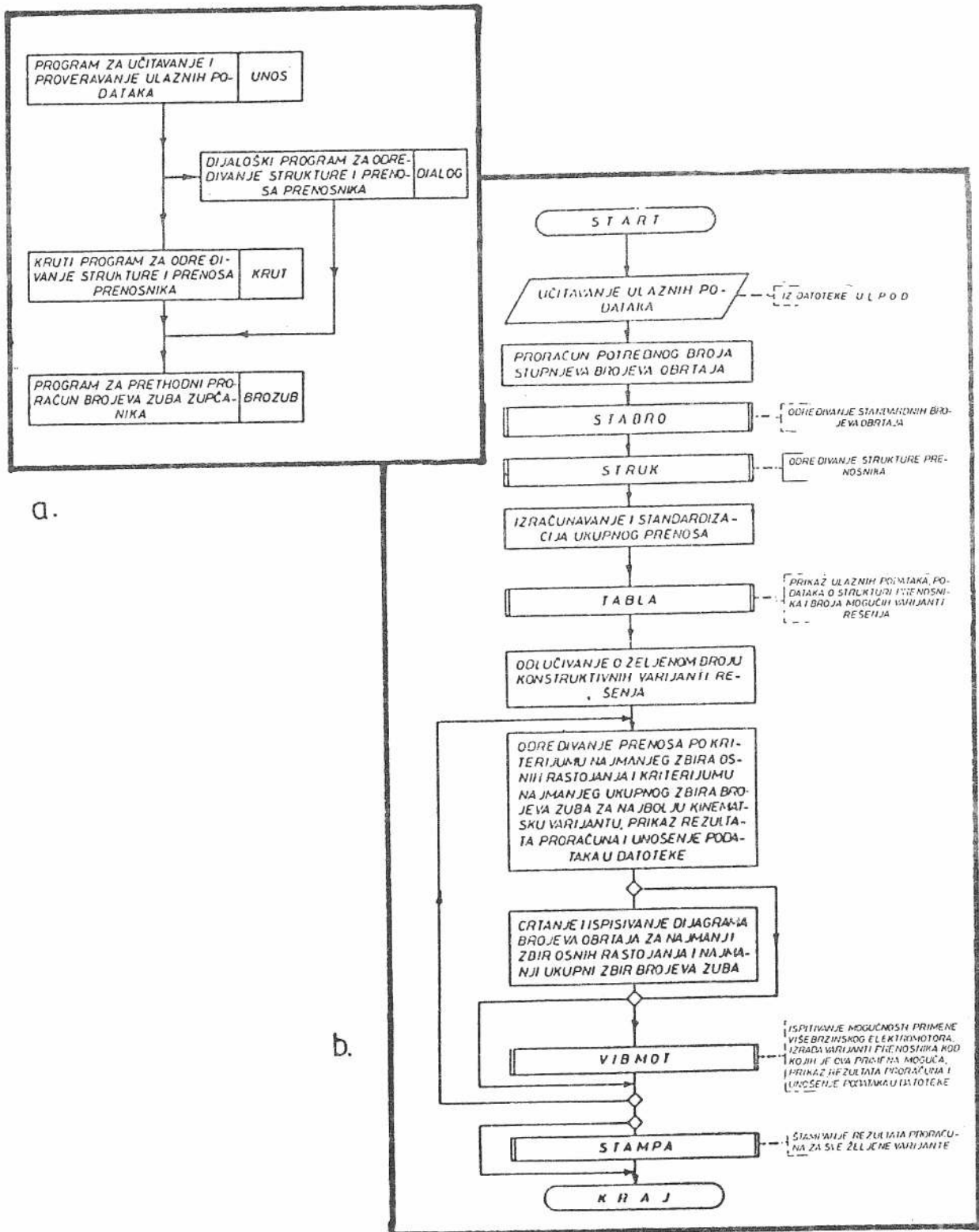
4.2.2 ALGORITAM MODULA

Algoritam modula podeljen je na četiri segmenta (slika 3a) i to:

- unošenje, provera i standardizacija ulaznih podataka,
- određivanje strukture i prenosa u prenosniku (varijanta krutog odvijanja programa).
- određivanje strukture i prenosa u prenosniku (varijanta interaktivnog rada)
- određivanje broja zuba zupčanika u prenosniku.

U vezi sa unošenjem ulaznih podataka neophodno je napomenuti da je isto omogućeno u dve varijante. Prva varijanta podrazumeva učitavanje podataka iz odgovarajuće datoteke dok se druga odnosi na unos preko terminala.

Zbog ograničenog prostora ovde se prikazuje samo globalni algoritam segmenta za određivanje strukture i prenosa u prenosniku u varijanti krutog odvijanja programa (slika 3b).



Sl. 3. Globalni algoritam segmenta za određivanje strukture i prenosa (varijanta krutog odvijanja programa) (b) i njegovò mesto u modulu (a).

Prikazano rešenje omogućava korisniku dobijanje rešenja najboljih kinematskih varijanti, svih varijanti ili željenog broja konstruktivnih varijanti. Pri tome se koristi i kriterijum najmanjeg broja zupčanika i vratila u prenosniku. Rešenja jedino ne moraju da zadovolje preporuke o graničnim prenosima 4:1 i 1:2. To zbog toga što kod redoslednih prenosnika relativno mali broj njih uz korišćenje svih kriterijuma optimiranja zadovoljava ove preporuke, pa bi se, s obzirom na kruti tok odvijanja programa, bez uvida korisnika, koji bi prekoračenje možda tolerisao ili rešenje tražio u drugom smeru, rešenje tražilo u prenosniku sa većim brojem stupnjeva (najviše 36) za isti opseg regulacije i iste kriterijume i ograničenja.

Odredjivanje strukture i prenosa u prenosniku u varijanti interaktivnog rada, odnosno dijaloga obezbedjuje korisniku znatno veće mogućnosti uticaja pri traženju rešenja. Pri tome postoji mogućnost uzimanja u obzir proizvoljnog broja od predvidjenih kriterijuma optimiranja. Kao rešenje može se zahtevati najbolja ili bilo koja kinematska varijanta, sve ili željeni broj konstruktivnih varijanti. Pri tome projektant odlučuje da li želi rešenje bez ograničenja vrednosti prenosa, rešenje sa zadovoljenim preporučenim graničnim vrednostima (4:1 i 1:2), ili rešenje koje zadovoljava proizvoljno odredjene granične prenose. Izboru projektanta prepuštena je i odluka o uzimanju u obzir kriterijuma o najmanjem broju zupčanika i vratila, kao i to da li će se koristiti niz brojeva obrtaja propisan u JUS M.G0.020 za zadati faktor stepenovanja, ili će za odredjivanje niza brojeva obrtaja biti merodavan standardni broj najbliži zadatom najvećem broju obrtaja prenosnika.

Kod segmenta modula za odredjivanja brojeva zuba zupčanika, za najmanji zbir osnih rastojanja usvaja se da najmanji zupčanici svih osnovnih prenosnika imaju isti broj zuba, a kod odredjivanja brojeva zuba zupčanika za najmanji zbir brojeva zuba, da je modul konstantan. Pri tome se, zavisno od toga da li se u prethodnoj fazi ovog modula koristi varijanta krutog ili interaktivnog odvijanja programa, i ovde koriste odgovarajuće varijante. U prvom slučaju najmanji primenljivi zupčanik ima 20 zuba, dok kod drugog (interaktivnog) slučaja korisnik proizvoljno bira broj zuba najmanjeg zupčanika.

4.3.2 REZULTATI TESTIRANJA PROGRAMSKOG PAKETA MODULA

Programski paket modula pisan je u programskom jeziku FORTRAN. Realizovan je na računarskom sistemu Ei-H6/53 sa grafičkim terminalom TEKTRONIX 4010*, a zatim prilagodjen i na računarskom sistemu PC ET 188A sa ploterom EPSON HI-80**.

Pri tome su izvršena kompletna testiranja programa modula kao i njegovo povezivanje sa prethodnim modulom u jedinstvenu programsku celinu.

Radi sagledavanja mogućnosti ovog programskog paketa u nastavku se daje segment rezultata projektovanja za prenosnik za glavno kretanje univerzalnog struga.

Na bazi odgovarajućih polaznih podataka, primenom varijante krutog odvijanja programa, dobijena je kao najbolja kinematska varijanta prve (najbolje) konstruktivne varijante, čiji su rezultati prikazani na slikama 4a, b, c, d i e.

Pri tome slika 4a sadrži rezultate projektovanja kinematskih karakteristika prenosnika, a slika 4b podatke o najboljoj kinematskoj varijanti prve konstruktivne varijante. Za navedenu kinematsku i konstruktivnu varijantu prikazana su rešenja dijagrama brojeva obrtaja za slučaj: najmanjeg zbira osnih rastojanja (slika 4c) i najmanjeg ukupnog zbira brojeva zuba (slika 4d).

*) Računarski sistem instalisan u Institutu za računarstvo, automatiku i merenje FTN u Novom Sadu

***) Računarski sistem instalisan u Institutu za proizvodno mašinstvo FTN u Novom Sadu.

KINEMATSKKE KARAKTERISTIKE PREHOSNIKA

POLAZNI PODACI

	ZADATI	STANDARDIZOVANI
OPSEG REGULACIJE	45.00	45.00
FAKTOR PORASTA	1.40	1.40
BR. OBRTAJA EL. MOTORA	1500.00	1410.00
MAX. BROJ OBRTAJA	1400.00	1400.00

IZLAZNI REZULTATI

IZRACUNAT BROJ STUPNJEVA	12
USVOJEN BROJ STUPNJEVA	12
BROJ DVOSTRUKIH BR. OBRTAJA	0
BR. OSNOVNIH PREHOSNIKA	3
BR. PAROVA ZUPCANIKA	7
BROJ VRATILA	4
UKUPAN PRENOS	45.00

NAZIVNE VREDNOSTI BROJEVA OBRTAJA (JUS M.CO.020):

31.5	45.0	63.0	90.0	125.0	180.0
250.0	355.0	500.0	710.0	1000.0	1400.0

BROJ MOGUĆIH KONSTRUKTIVNIH VARIJANTI
RASPOREDA OSNOVNIH PREHOSNIKA JE 3

Sl. 4a

NAJBOLJA KINEMATSKA VARIJANTA
1. KONSTRUKTIVNE VARIJANTE:

BROJEVI STUPNJEVA:	IZLOZITELJI FAKTORA PORASTA:
BS(1)= 3	KI(1)= 2
BS(2)= 2	NI(2)= 3
BS(3)= 2	KI(3)= 6

PRENOSI ZA:
MIN. ZBIR USNIH RASTOJANJA **MIN. ZBIR BROJEVA ZUBA**

IO(1,1)= 3.000 (19)	IZ(1,1)= 2.500 (10)
IO(2,1)= 1.500 (7)	IZ(2,1)= 1.250 (4)
IO(3,1)= 2.120 (13)	IZ(3,1)= 1.800 (10)
IO(1,2)= 3.750 (23)	IZ(1,2)= 4.250 (25)
IO(2,2)= 1.320 (5)	IZ(2,2)= 1.500 (7)
IO(1,3)= 4.000 (24)	IZ(1,3)= 4.250 (25)
IO(2,3)= 0.500 (-12)	IZ(2,3)= 0.530 (-11)

Sl. 4b

PRETHODNI PRORAČUN BROJEVA ZUBA ZUPCANIKA
ZA 1. KONSTRUKTIVNU VARIJANTU

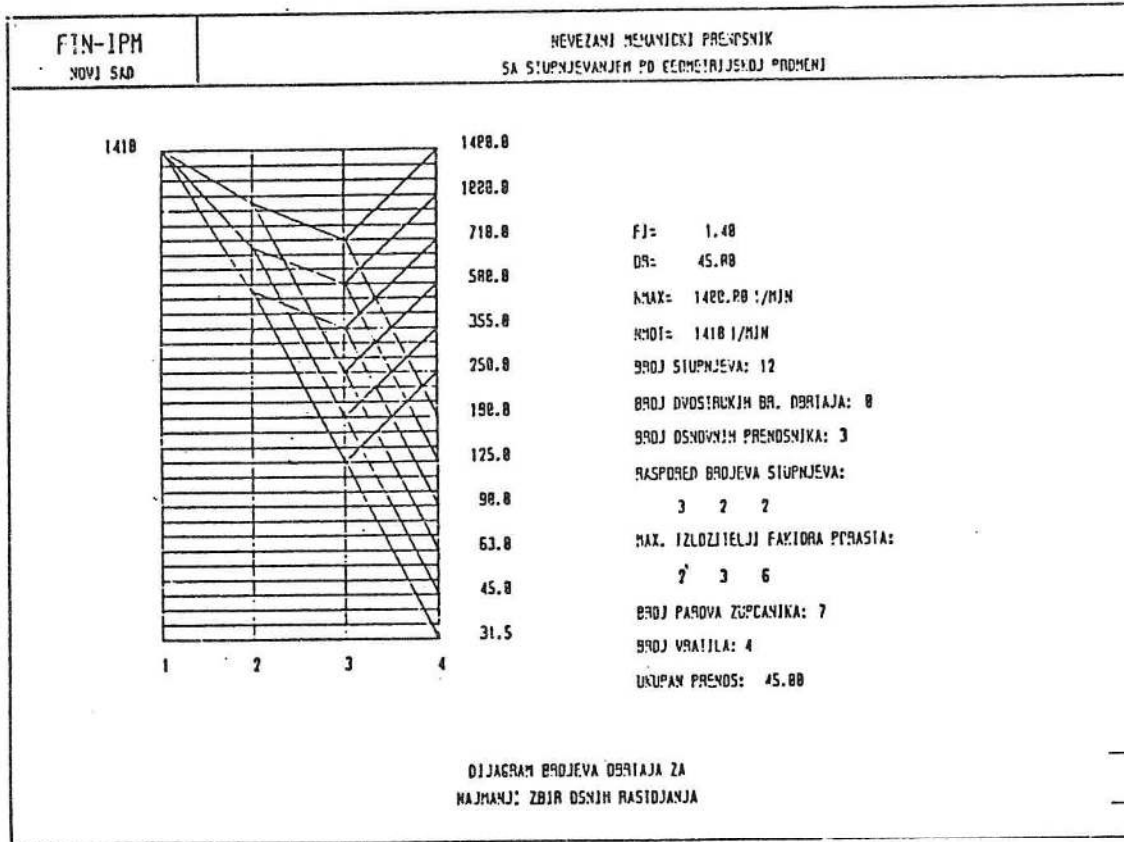
BROJEVI ZUBA ZUPCANIKA ZA:

MIN. ZBIR USNIH RASTOJANJA	MIN. ZBIR BROJEVA ZUBA
ZO(2,1):ZO(1,1)= 61 : 20	ZZ(2,1):ZZ(1,1)= 50 : 20
ZO(4,1):ZO(3,1)= 49 : 32	ZZ(4,1):ZZ(3,1)= 39 : 31
ZO(6,1):ZO(5,1)= 55 : 26	ZZ(6,1):ZZ(5,1)= 44P+ : 25
ZO(2,2):ZO(1,2)= 75 : 20	ZZ(2,2):ZZ(1,2)= 106 : 25
ZO(4,2):ZO(3,2)= 54 : 41	ZZ(4,2):ZZ(3,2)= 79 : 52
ZO(2,3):ZO(1,3)= 79P+ : 20	ZZ(2,3):ZZ(1,3)= 14R : 35
ZO(4,3):ZO(3,3)= 33 : 67	ZZ(4,3):ZZ(3,3)= 63 : 120
UKUPAN BROJ ZUBA: 632	UKUPAN BROJ ZUBA: 837

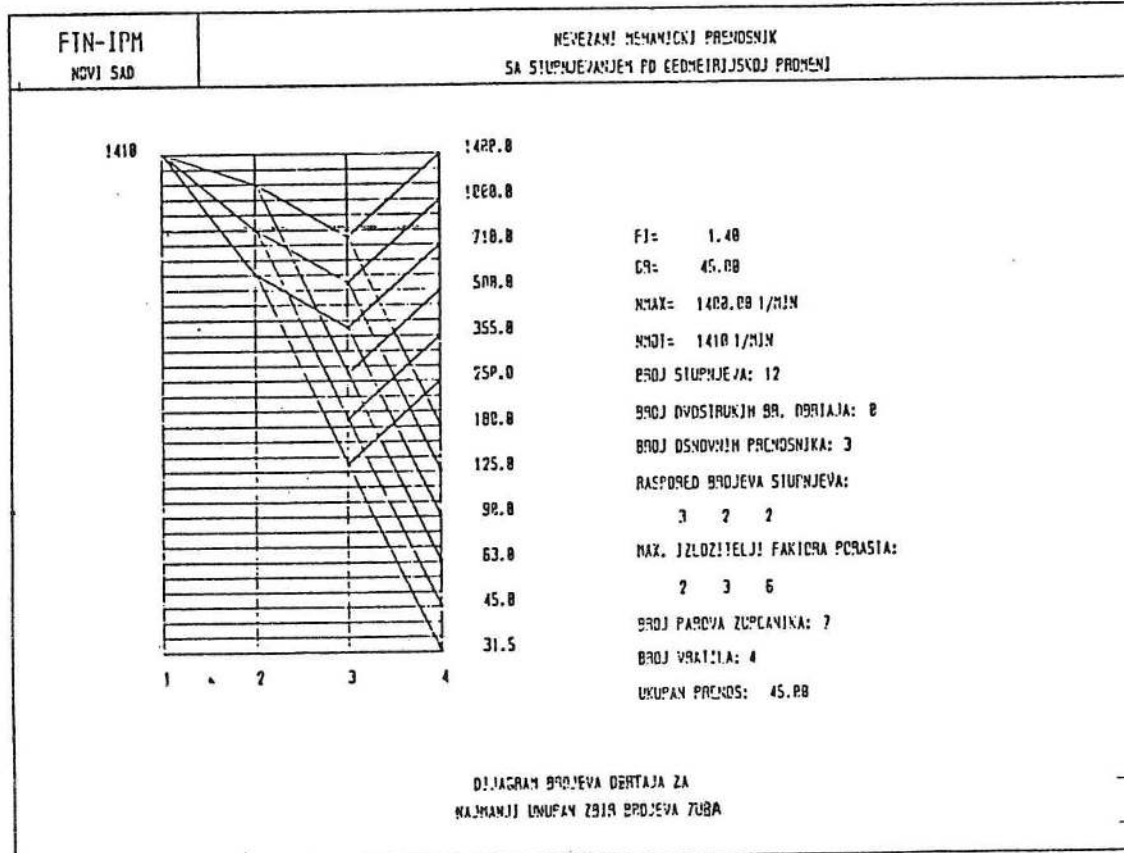
OSTVARENE VREDNOSTI BROJEVA OBRTAJA (1/MIN) ZA:

MIN. ZBIR USNIH RASTOJANJA	MIN. ZBIR BROJEVA ZUBA
31.2 45.0 62.2	31.5 44.7 62.5
88.9 128.0 177.0	87.8 125.0 174.0
250.0 361.0 499.0	253.0 360.0 503.0
713.0 1030.0 1420.0	707.0 1000.0 1410.0

Sl. 4e



Sl.4c*



Sl.4d*

Analiza rezultata pokazuje da je za rešenje po kriterijumu najmanjeg zbira osnih rastojanja zadovoljena i preporuka o graničnim vrednostima prenosa, tj. došlo se do rešenja koje zadovoljava sve kriterijume i preporuke. Za kinematske karakteristike po kriterijumu najmanjeg zbira brojeva zuba, ukoliko se traži da zadovolji preporuke o graničnim vrednostima prenosa, potrebno je potražiti rešenje dijaloškim putem, odustajanjem od nekog kriterijuma ili preporuke.

Dijagrami brojeva obrtaja (slika 4c i 4d) sačinjeni su na osnovu nazivnih brojeva veličina prenosa (brojevi u zagradama iza veličina prenosa na slici 4b), pri čemu osnovna podela mreže odgovara nazivnom broju najmanjeg standardnog faktora stupnjevanja (faktora porasta) $\phi = 1,12$, a veličina vertikalne projekcije prenosa odgovara nazivnom broju veličine prenosa.

Na slici 4e prikazani su rezultati prethodnog proračuna brojeva zuba zupčanika. Napominje se da oznaka P+ iza broja zuba označava da se u tim slučajevima radi o zupčanicima sa pozitivnim pomeranjem profila.

5.0 ZAVRŠNI OSVRT

Do sada razvijeni moduli programskog sistema za automatizovano projektovanje zupčastih prenosnika za glavno kretanje mašina alatki čine samo jedan deo navedenog sistema.

Razvijeni moduli mogu se koristiti i kao samostalna ili čak šta više kao pojedinačne samostalne celine, u procesu projektovanja mašina alatki, u kojem mogu značajno da doprinesu ubrzanju tog procesa i dobijanju kvalitetnijih projektnih rešenja.

Za naredni period planira se intenziviranje istraživanja na razvoju ostalih modula sistema kao i proširenje ukupne koncepcije sistema i na druge prenosnike mašina alatki, a isto tako i povezivanje ovog sistema u integralnu koncepciju sistema za automatizovano projektovanje i konstruisanje mašina alatki a takodje i sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa [10]

6.0 LITERATURA

- [1] Stanković, P.: Mašine alatke 1, IP Gradjevinska knjiga, Beograd, 1968.
- [2] Gatalo, R., Borojev, Lj.: Proračun glavnih karakteristika mašina alatki za obradu rezanjem, FTN, Novi Sad, 1974.
- [3] Gatalo, R., Hodolič, J., Navalušić, S., Milošević, V.: Automatizovano projektovanje delova i proizvoda sa posebnim osvrtom na projektovanje delova rotacionog oblika, Zbornik radova "Nauka o konstruiranju i konstruiranje pomoću računala", Zagreb, 1981.
- [4] Gatalo, R., Rekecki, J., Hodolič, J., Borojev, Lj., Milošević, V., Zeljković, M., Avramov, G.: Istraživanje metoda automatizacije projektovanja i konstruisanja delova i proizvoda, elaborat istraživačke teme, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1980.

*) Rezultati realizovani na računarskom sistemu PC ET 188A sa ploterom EPSON HI-80.

- |5| Gatalo, R., Zeljković, M., Navalušić, S., Rekecki, J., Hodolić, J., Milošević, V., Borojev, Lj., Konjović, Z., Kragujević, V. i dr.: Automatizacija postupaka projektovanja, elaborat teme: Automatizovano projektovanje i konstruisanje proizvoda i delova, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1986.
- |6| Kragujević, V.: Prilog razvoju programskog sistema za automatizovano projektovanje stupnjevitih mehaničkih prenosnika za glavno kretanje univerzalnih mašina alatki, magistarski rad, FTN, Novi Sad, 1987.
- |7| Lazić, M.: Mogući prilaz optimizaciji i automatizaciji projektovanja zupčastih prenosnika alatnih mašina, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1982.
- |8| Muren, H.: Prilog optimizaciji mijenjačkih kutija kod strojeva za obradu rezanjem, Zbornik radova 20. savetovanja proizvodnog mašinstva, Beograd, 1986.
- |9| Wolf, W.: Rechnerunterstützte Auslegung mehrstufiger Zahnradgetriebe, Technischer Verlag Günter Grossmann, Stuttgart, 1975.
- |10| Gatalo, R.: Prilog razvoju integralnog sistema za automatsko projektovanje rotacionih izradaka i njihove tehnologije izrade u metaloprerađivačkoj industriji, doktorska disertacija, FTN, Novi Sad, 1978.