

**INSTITUT MAŠINSKOG FAKULTETA**  
**NOVI SAD, Vladimira Perića-Valtera 2, tel. 55-622**

---

**ZBORNİK SAOPŠTENJA**  
**VII SAVETOVANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA**

**Novi Sad, 5—6. V 1971.**

**II knjiga — RAČUNARI U PROIZVODNOM**  
**MAŠINSTVU**

**Novi Sad, 1971.**

#### INICIJATOR SAVETOVANJA:

Zajednica jugoslovenskih naučnoistraživačkih institucija  
proizvodnog mašinstva

#### ORGANIZATORI SAVETOVANJA:

Institut Mašinskog fakulteta, Novi Sad  
Udruženje proizvođača alata "ALAT", Beograd  
Fabrika alata "JUGOALAT", Novi Sad  
Poslovno udruženje proizvođača alatnih mašina "PAM", Ada  
Industrija motornih delova i odlivaka "27 MART", Novi Sad

#### POKROVITELJ SAVETOVANJA:

Pokrajinska privredna komora, Novi Sad

#### POČASNI ODBOR:

Prof. Ž. Čulum, dekan Mašinskog fakulteta, Novi Sad  
Prof. E. Čupić, predsednik Saveta Mašinskog fakulteta, Novi Sad  
Prof. D. Dimković, rektor Novosadskog univerziteta  
S. Dodić, sekretar za industriju Pokrajinske privredne komore, N. Sad  
Dj. Gvozdenović, predsednik Pokrajinske privredne komore, Novi Sad  
D. Iljićević, predsednik Skupštine opštine, Novi Sad  
Prof. J. Kimer, Mašinski fakultet, Novi Sad  
A. Ladišić, direktor "FAM", Novi Sad  
A. Mora, direktor "Potisje", Ada  
M. Pajić, direktor LTŽ, Kikinda  
Prof. J. Peklenik, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana  
A. Petronić, direktor "Jugoalat", Novi Sad  
P. Rajkov, direktor "Majevisa", Bačka Palanka  
Prof. V. Šalaja, Mašinski fakultet Beograd, direktor IAMA, Beograd

#### ORGANIZACIONI ODBOR:

Z. Bešanić, saradnik Saveta za preradu metala i elektroindustriju  
Pokrajinske privredne komore, Novi Sad  
N. Čabdarić, sekretar Saveta za preradu metala i elektroindustriju  
Pokrajinske privredne komore, Novi Sad  
Prof. Dr. D. Jakšić, direktor Instituta Mašinskog fakulteta, Novi Sad  
J. Rekecki, dipl. ing, predavač Mašinskog fakulteta, Novi Sad  
S. Sekulić, dipl. ing, docent Mašinskog fakulteta, Novi Sad  
D. Zelenović, dipl. ing, predavač Mašinskog fakulteta, Novi Sad

VII Savetovanje proizvodnog mašinstva, odlukom Zajednice jugoslovenskih naučno-istraživačkih institucija proizvodnog mašinstva, održava se u Novom Sadu u organizaciji Instituta Mašinskog fakulteta, Novi Sad. Na dosadašnjih šest savetovanja (I u Beogradu 1965, II u Zagrebu 1966, III u Ljubljani 1967, IV u Sarajevu 1968, V u Kragujevcu 1969 i VI u Opatiji 1970) tretirani su problemi: obrade rezanjem, alata, mašina alatki, obrade deformacijom, automatizacije i upravljanja nekonvencijalnih procesa obrade, tehnologije i organizacije rada.

Za VII Savetovanje, koje obradjuje područja:

- obrada rezanjem,
- računari u proizvodnom mašinstvu i
- materijali u mašinstvu

prijavljeno je 76 saopštenja iz instituta, fakulteta i privrednih organizacija. Iz pojedinih područja prispelo je: obrada rezanjem 28, računari u proizvodnom mašinstvu 12 i materijali u mašinstvu 36, saopštenja.

Organizacijski odbor veruje da izložena saopštenja potvrđuju da su naši stručnjaci kroz ovo i dosadašnja savetovanja dokazali da daju skroman doprinos razvoju naučne misli i njene primene u industriji.

Organizacijski odbor



## S A D R Ź A J

RAČUNARI	Strana
M. Perović, Izračunavanje troškova operacije pomoću elektronskog računara .....	R.01.01.
A. Perić, Neka iskustva u vezi primjene računara ..	R.02.01.
M. Perović, M. Lučić, Sprovedjenje konstruktivno-tehnoloških izmena pomoću elektronskog računara.	R.03.01.
M. Milojević, S. Srećković, N. Mirjanić, Analiza rentabilnosti primene alatnih mašina pomoću elektronskog računara .....	R.04.01.
K. Eman, V.R. Milačić, Sistem analiza cirkulacije tehnološke dokumentacije .....	R.05.01.
M. Kalajdžić, Modeliranje proračuna mašinske konstrukcije .....	R.06.01.
V. R. Milačić, Proizvodni informacijski sistemi ...	R.07.01.
Ž. Spasić, V.R. Milačić, Prilog problemu formiranja datoteke delova .....	R.08.01.
M. Tomašević, P. Pejak, V.R. Milačić, Neki rezultati identifikacije procesa glodanja .....	R.09.01.
S. M. Urošević, R. Korićanac, A. Sofronić, Analiza toka informacija prema modelima IAMA pri planiranju grupe proizvodnje na ERM .....	R.10.01.
B. L. Gligorić, Dinamika krutog neuravnoteženog rotora na elastičnim ležištima .....	R.11.01.
M. Turina, Tehničke mogućnosti numeričkih programatora za alatne mašine .....	R.12.01.



## VII SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA, NOVI SAD, 1971.

M. Perović \*

### IZRAČUNAVANJE TROŠKOVA OPERACIJE POMOĆU ELEKTRONSKOG RAČUNARA \*\*

#### 1. Uvod

Troškovi proizvodnje su jedan od elemenata za upravljanje procesom proizvodnje. Metodologija obračuna troškova preko srednje vrednosti norma-časa, koja danas živi u većini jugoslovenskih preduzeća, i pored svojih dobrih strana, nije najpogodnija za analizu troškova proizvodnje i donošenje brzih operativnih odluka za smanjenje troškova proizvodnje. Bez pretenzija da ulazi u analizu ove metodologije autor smatra da detaljnije razbijanje troškova, nego što to dozvoljava pomenuta metodologija, daje bolju analizu na osnovu koje bi se mogle donositi operativne odluke za smanjenje troškova ili analizu tehnologije proizvodnje.

Polazeći od podele troškova proizvodnje na troškove obrade (To) i dodatne troškove (Td), već poznata podela u literaturi (1/, jasno je da sama takva podela tražeći lociranje troškova na radno mesto i na proizvodnu operaciju iziskuje rad sa velikim brojem podataka što traži uključivanje u rad elektronskih računara. Elektronski računar pruža mogućnost rada sa velikim brojem podataka i davanje brzih informacija na osnovu kojih bi se donosile operativne odluke.

---

\* Milan Perović, dipl.ing., načelnik Odelenja organizacije poslovanja Zavoda "Crvena zastava" Kragujevac

\*\* Ovo saopštenje je proizašlo iz rada na projektu smanjenja troškova obrade u Zavodima "Crvena zastava"

## 2. Analitički izraz za troškove obrade operacije \*

Troškove proizvodnje moguće je podeliti u dve grupe troškova: troškovi obrade ( $T_o$ ) i dodatne troškove ( $T_d$ ). \*\*

$$T_{uo} = T_o + T_d$$

Troškove obrade za jedan artikal čine troškovi proizvodnih operacija ( $t_o$ ).

$$T_o = \sum_{i=1}^n t_{o_i}$$

$$t_o = r + a + m \dots \dots \dots (1)$$

$r$  = troškovi proizvodnog radnika na izradi operacije

$a$  = troškovi reznog alata po operaciji

$m$  = troškovi mašine na kojoj se operacija izvodi

Ovi elementi troškova obrade proizvodne operacije definisani su sledećim izrazima:

Troškovi radne snage

$$(i) \quad r = n k_l t_k \dots \dots \dots (2)$$

$n$  = faktor kojim se uzima u obzir lični dohodak brigadira ili reglera

$k_l$  = lični dohodak proizvodnog radnika izražen u dinarima

$t_k$  = vreme izvodjenja proizvodne operacije, gde je

---

\* Troškovima obrade operacije na isti način se ponašaju troškovi skupa operacija - proizvodne linije, naročito ako je ona sastavljena iz operacijskih mašina. Korektno je u uslovima velikoserijske i masovne proizvodnje posmatrati liniju i davati troškove obrade po skupu operacija - fazi.

\*\* Dodatni troškovi nisu predmet razmatranja ovog saopštenja. U njim spadaju: troškovi direktnog materijala, troškovi pomoćnog materijala, steznog i kontrolnog alata, organizatora proizvodnje



$$t_k = t_g + t_p + t_d + t_{pz}$$

$t_g$  = mašinsko vreme operacije

$t_p$  = pomoćno vreme operacije

$t_d$  = dodatno vreme operacije

$t_{pz}$  = pripremno - završno vreme operacije

Sva ova vremena data su u minutima za jedan komad.

(ii) Troškovi alata

$$a = (nk_1 t_1 + k_2 t_2 + \frac{Ca}{i+1}) \frac{1}{Z_p} \dots \dots \dots (3)$$

$t_1$  = vreme koje se troši na promenu reznog alata u toku izrade serije u min.

$t_2$  = vreme oštrenja alata izraženo u min.

$k_2$  = lični dohodak oštrača u din./min.

$i$  = broj mogućih oštrenja alata

$Ca$  = vrednost alata u din.

$Z_p$  = broj uradjenih komada izmedju dva oštrenja

$$Z_p = \frac{T}{t_g}$$

$T$  = postojanost alata izražena u min.

(iii) Troškovi mašine po operaciji:

$$m = \frac{C_m \cdot p}{F \cdot \eta \cdot 100 \cdot 60} \cdot t_k = \frac{A_m}{\sum Z_g} \dots \dots \dots (4)$$

$$A_m = \frac{C_m \cdot p}{100}$$

$$Z_g = \frac{F \cdot \eta \cdot 60}{t_k}$$

$C_m$  = vrednost mašine

$p$  = procentna amortizaciona stopa

$F$  = raspoloživi godišnji fond časova mašine

$\eta$  = stepen iskorišćenja mašine

$Z_g$  = broj operacija pomnožen sa brojem komada koje mašina uradi za godinu dana

Polazeći od izraza (1), (2), (3) i (4) dobija se sledeći izraz za ukupne troškove obrade operacije:

$$t_0 = nk_1(t_g + t_p + t_d + t_{pz}) + (nk_1 t_1 + k_2 t_2 + \frac{Ca}{i+1}) \frac{1}{Z_p} + \frac{Am}{\sum Z_p} \dots \quad (5)$$

### 3. Izračunavanje troškova obrade pomoću elektronskog računara

Izračunavanje troškova obrade operacije korišćenjem izraza (5) je vrlo komplikovano ako se uzme u obzir da pogon radi i po nekoliko hiljada operacija rezanjem. Ovaj izraz praktično je neupotrebljiv u uslovima ručne obrade jer bi njegova primena tražila angažovanje velikog broja ljudi i zbog vremena koje je za takvo izračunavanje potrebno i izmena u podacima koje bi se u tom vremenu javljale, informacije nikad ne bi bile aktuelne. Elektronski računar sa svojim mogućnostima eliminiše navedene probleme jer daje brze i aktuelne informacije a angažovanje ljudi je minimalno.

Organizacija obrade preko elektronskog računara odvijala bi se na sledeći način:

Pri tehnološkom definisanju operacije kad je poznata mašina, alat, vremena izrade i plan proizvodnje, popunjavao bi se obrazac br. 1 (sl. 1) koji sadrži podatke sadržane u izrazu (5) i sa njim bi se formirao disk operacija. Formiranja diska operacija se izvode pri prvom punjenju, a sve operacije koje bi se kasnije definisale memorisale bi se putem dodavanja. Ovaj proces dat je grubim blok - dijagramom na sl. 2.

Proces izmene se izvodi na isti način (sl. 2) samo se menja šifra kartice i popunjava se podatak, u obrascu br. 1 (sl.1) koji se menja.

VK		Broj dela										Oper															
Artikal	Šifra jedinica	Masina	n	k1	tpz	tg	td	tp	Am	Zp	D	Broj delova		Broj operacija													
15	18	19	22	24	25	28	30	31	34	35	38	39	42	43	46	47	50	51	56	57	62	63	64	70	80	0	0
Šifra alata			Cena alata			j	Zp	t1	t2	k2	P	Broj delova	Busio	Verificir.	Ispostavio												
15			21			24	25	32	33	36	37	38	39	41	42	45	46	47	48	70	80						

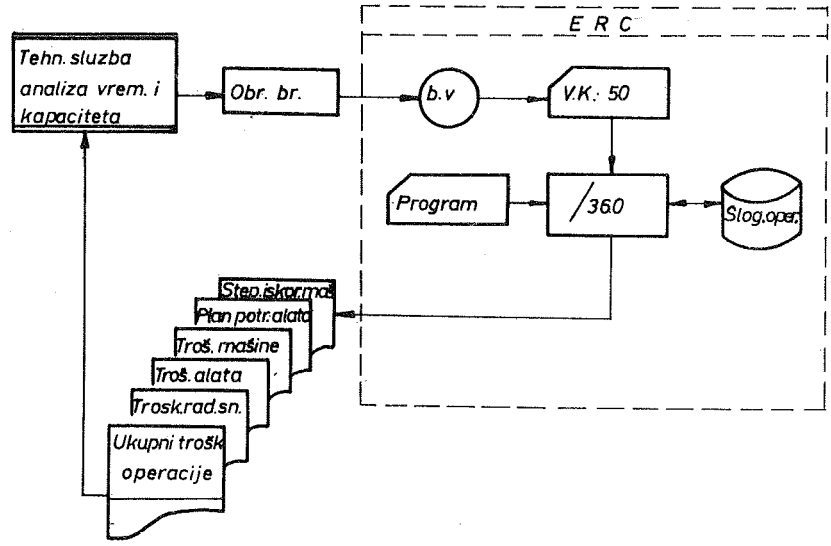
n - Faktor  
 k1 - Lic. dob. prof. rad. u broju ltn (din/min)  
 tpz - Priprema: zav. vreme oper. (min)  
 tg - Vreme obrade (min)  
 td - Dodatno vreme (min)

Ir - Pomocno vreme (min)  
 Am - Odnosna amortizacija (min)  
 Zp - Br. oper. u toku god. na mašini (kom)  
 t1 - Broj odlijeva alata  
 t2 - Br. rad. kom. između dva odlijeva (kom)

t3 - Vreme geometrije alata (min)  
 t4 - Vreme odlijeva alata (min)  
 k2 - Lic. dob. obrad. u broju ltn. (din/min)  
 P - Lic. dob. alata  
 D - Jedan delo - više artikala

Zastava obr. br. 0004

Sl. 1



Sl. 2

Sl. 2

Upotrebom paketa programa i korišćenjem diska operacija dobijaju se sledeće informacije:

- ukupni troškovi operacije (sl. 3)
- troškovi radne snage
- troškovi alata
- troškovi mašina
- plan potreba alata za izradu planirane količine (Q) delova po operaciji
- planirani stepen opterećenja mašina za planirani obim proizvodnje.

Prve četiri tabele dobijaju se na osnovu izraza (5), (2), (3) i (4), dok se plan potreba alata dobija na osnovu sledećeg izraza:

$$Q_{pl} = \frac{Q \cdot tg}{T \cdot (i+1)} \quad \boxed{\text{kom}}$$

a plan opterećenja mašina:

$$n_{pl} = \frac{Q \cdot tk}{F}$$

Informacije o planu potreba alata i planskom stepenu iskorišćenja mašina su dopunskog karaktera ali su sa stanovišta analize troškova potrebne radi dopune analize. Iz njih se vidi da li su veliki troškovi mašina ili alata izazvani malim stepenom iskorišćenja mašine, odnosno velikom potrošnjom alata ili velikom cenom mašine ili alata.

Mada ovo saopštenje nema ambicije da ulazi u analizu troškova operacije niti u metodologiju te analize, autor smatra da, projektovanje tehnološkog proširenja, projektovanje tehnologije održavanja alata, projektovanje organizacije kontrole alata u eksploataciji i niz drugih tehnno-ekonomskih zahvata ne bi trebali da počnu bez prethodne analize na osnovu navedenih ili

UKUPNI TROSKOVI OBRADE OPERACIJE

ARTIKAL	B.R DELA	OPER.	TROSKOVI			Σ ZA DFO	Σ ZA LINIJU	Σ ZA ARTIKAL
			r	a	m			
001	010102	05	005	010	050	—		
		10	007	012	055			
		15	004	012	059	1,64		
	010103	05	—	—	—			
		10	—	—	—	1,26	2,90	
	010104	05	—	—	—	—		
		10	—	—	—	—		
		15	—	—	—	1,34	—	1000,50

Sl. 3

Sl. 3

nekih drugih informacija ove sadržine. Sigurno je da informacije moraju u svakom trenutku biti ažurne što zahteva permanentno sprovođenje izmena u datotekama a informacije bi se dostavljale mesečno ili po zahtevu funkcije kojoj je informacija potrebna radi analize.

Bez upotrebe elektronskog računara, mada je izraz (5) analitički razjašnjen, obračun troškova operacije se ne može raditi zbog njegove komplikovanosti i velikog angažovanja na stvaranju informacija, pa zbog toga ova metoda nije ni primenjena. Izrada informacija preko elektronskog računara za dve hiljade operacija i sto sprovedenih izmena traje dva časa. Upotrebom računara se metoda aktuelizira i sigurno je da sadržaj ovog rada čini samo početak koji treba dalje dogradjivati i usavršiti.

4. Literatura:

Dr. B.Ivković, Jedan metod za ocenu kvaliteta tehnoloških rešenja u obradi metala rezanjem, VI Savetovanje o proizvodnom strojarstvu, Opatija, 1970.

A. Perić<sup>x</sup>

NEKA ISKUSTVA U VEZI PRIMJENE RAČUNARA<sup>xxx</sup>

## 1. Uvod

Vrijeme u kojem živimo nedvosmisleno se može nazvati početkom ere informacija. Svjedoci smo sve šire primjene računara u svim područjima ljudskog života i stvaranja. Opsjednuti nizom nagomilanih informacija na osnovu ranijih iskustava kao i nizom svakodnevnih novih informacija, u želji da čim prije dodje mo do određene odluke neminovno smo prisiljeni na veoma brzu obradu informacija.

Težnja, za oslobađanjem čovjeka od napornog fizičkog i rutinskog rada, izražena kroz automatizaciju proizvodnje, nametnula je isto i u ovom djelokrugu čovjekovog rada primjenu računara, s ciljem da se veoma brzom i tačnom obradom proizvodnih informacija dobije program rada za automatizovani sistem.

Automatizacija kao revolucionarni put razvoja sredstava proizvodnje, olakšanja rada i povećanja blagostanja ljudi [1], svoj dalji najefikasniji i najekonomičniji razvojni pravac danas nalazi u primjeni numerički upravljanih mašina sa programskim upravljanjem uz upotrebu računara [2]. Na ovoj osnovi stvaraju se i grade kompleksni automatizovani sistemi upravljani procesnim računarom.

---

x Aristid Perić, dipl.ing., docent Mašinskog fakulteta u Sarajevu, saradnik Zavoda za alatne mašine, alate i mjernu tehniku u Sarajevu.

xxx Saopštenje na osnovu studije Zavoda za alatne mašine u Sarajevu koju je finansirao Republički fond za naučni rad SRBiH.

Nesumljivo je tačno, da je ovaj razvojni pravac savremene tehnologije najefikasniji i najprogresivniji te ga treba odmah slijediti, stvarajući takve tehničko-ekonomske uslove u kojima će takav razvoj biti rentabilan.

U domaćoj praksi nemamo još za sada naročitih iskustava i informacija o uslovima uvođenja programski upravljanih mašina i cijelih sistema u mašinskoj industriji, što je neophodno za praktičnu primjenu [3]. O tome će vjerovatno biti detaljnijih izlaganja na savjetovanju.

U vezi primjene računara u proizvodnji pred nas se nameće još jedan isto tako važan problem. To je primjena računara u uslovima eksploatacije po strukturi pretežno univerzalne opreme kao i automatizovane opreme sa fiksnim nosiocem programa. Vlada uvjerenje da je to problem koji bi mogao još danas da interesuje i druge razvijene zemlje, pa bi bilo veoma interesantno o tome čuti i podrobnija inostrana iskustva.

U ovom referatu razmotriće se neka domaća iskustva u vezi primjene računara univerzalnog tipa kod procesa rezanja na univerzalnim mašinama.

## 2. Iskustva u vezi primjene računara u nekim istraživanjima

U okviru jednog istraživačkog projekta koji je obuhvatao duža istraživanja u više preduzeća na preko 200 mašina, pojavio se problem obrade veoma velikog broja podataka. Podaci su se odnosili na režimsko iskorišćenje mašina, te iskorišćenje alata i snage mašina [4].

Koristeći domaće i inostrane informacije [5], [6] u Zavodu za alatne mašine u Sarajevu pristupilo se istraživanju primjene računara za obradu dobijenih podataka. Razradjeni su matematički modeli sa algoritmom i ulazne tablice za neke od tretiranih obrada rezanjem [7]. Istraživanja su započeta u ERC - Energoinvest u Sarajevu, a nastavljena su u Metalruškom institutu "Hasan Brkić" u Zenici, gdje su izvedeni prvi proračuni. Nova istraživanja i izrade programa vršena su ponovo u ERC - Energoinvest u Sarajevu.

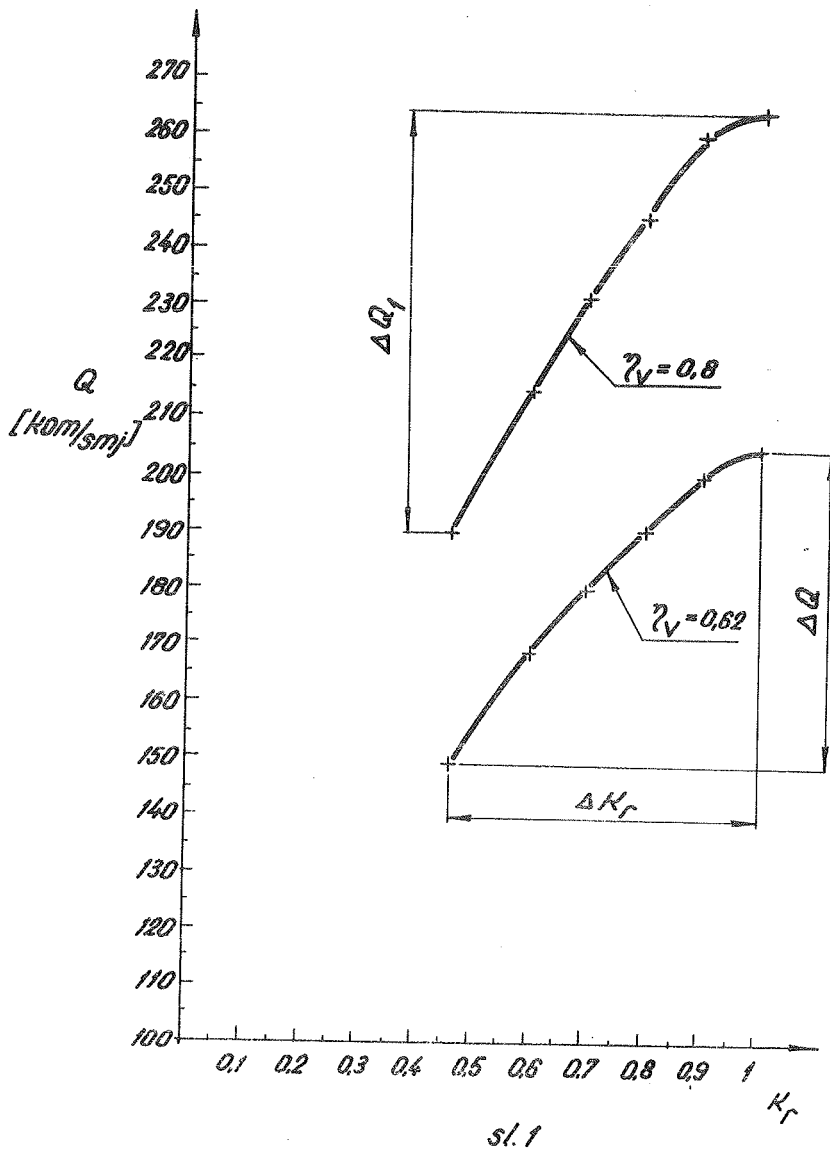


Ne namjerava se ovdje ulaziti u razmatranje koji matematički model i koje matematičke metode treba u algoritmu koristiti [8] /linearno programiranje, metod vezanog ekstrema ili gradijentnu metodu i sl./.

Pažnja se želi usmjeriti na iskustva, koja su dobijena tokom naše prve obimne primjene računara za obradu podataka iz tekuće proizvodnje, kao i na dalja iskustva.

To su slijedeća iskustva:

- Pokazalo se da tehnolozi u preduzeću mogu na određeni način snimiti sve potrebne podatke za proračun režima obrade na računarima.
- Obradu i dopunu snimljenih podataka radi dobijanja ulaznih podataka, tehnolozi u fabrikama bi lako obavili uz kraću dopunsku naobrazbu iz obrade rezanjem i izrade ulaznih podataka; u projektu su taj dio posla obavili saradnici Zavoda.
- Jedan računar univerzalnog tipa može opsluživati veliki broj preduzeća.
- U proračunima se mogu koristiti strani podaci za koeficijente i eksponente, ukoliko se ne posjeduju domaći podaci [9], kojima inače treba dati prednost.
- Teoretski proračunate režime treba stručno uvoditi u praksu, s napomenom da će negdje biti potrebne eventualne korekcije obzirom na stanje mašine, eventualne slučajne greške, te obzirom na upotrebljene ulazne podatke.
- Tehnolozi ne mogu približnim metodama odrediti najpovoljniji režim, a ako se to prepušta radnicima na mašini onda su šanse za optimalni izbor još manje, zbog velikog broja mogućih varijacija i promjene predmeta rada.
- U proizvodnji postoji interesovanje za primjenu računara pri proračunu režima obrade na postojećoj opremi.



- U Zavodu za alatne mašine u Sarajevu razradjene su nove procedure za 34 vrste obrade koje se vrše na mašinama za obradu rezanjem. Pored neuporedive prednosti u pogledu tačnosti, mašinski proračun je znatno efikasniji i ekonomičniji od ručnog.

Tabela 1.

Tehnološka operacija	Vrijeme za 1 proračun			$\Delta t = t_3 - \frac{t_1+t_2}{\text{min/}}$
	Mašinsko		Ručno $t_3$ /min/	
	Vrijeme čitanja prog. $t_1$ /min/	Vrijeme čitanja podat. i računanja $t_2$ /min/		
Struganje	cca 3	cca 1	cca 180	176

U tabeli 1 su data vremena za 1 proračun polazeći od toga da su podaci prethodno dati u snimačkom listu. Očigledna je efikasnost mašinskog proračuna.

- Na osnovu obavljenog projekta [4] koji je imao karakter ocjene kvaliteta tretiranog problema, te drugih istraživanja [10] došlo se do ocjenskih kvantitativnih mjerila potrebe primjene računara u razmatranom slučaju. Koristeći metod ocjene gubitaka proizvodnosti [10] moguće je dati ocjenu gubitka proizvodnosti zbog prikrivenih ciklusnih gubitaka uslijed nepotpunog iskorišćenja režima obrade. Ti gubici se mogu ocijeniti pomoću izraza:

$$\Delta Q = Q'_n - Q_n = \frac{1}{K_r t_s + t_p} (\eta_v - \eta_p)$$

gdje je:  $Q'_n$  - maksimalno moguća proizvodnost mašine,  $Q_n$  - ostvarena proizvodnost mašine,  $K_r$  - koeficijent iskorišćenja režima,  $t_s$  - ciklusno vrijeme radnih hodova,  $t_p$  - ciklusno vrijeme neradnih hodova,  $\eta_v$  - stepen vremenskog iskorišćenja mašine,  $\eta_p$  - stepen proizvodnog iskorišćenja mašine.

Iz slike 1 se vidi da za  $\eta_v = 0,62$  gubitak proizvodnosti iznosi  $\Delta Q = 57$  kom/smjenu a nastaje uslijed nepotpunog iskorišćenja režima, jer je uzeto da je  $K_r = 0,46$ .

U slučaju da je  $\eta_v = 0,8$ , a  $K_r = 0,46$  gubitak proizvodnosti je veći i iznosi  $Q_1 = 74$  kom/smjenu.

- Iz izloženog prikaza koji je dat radi ilustracije problema, jasno se uočava da sadašnje znanje i savremena tehnička sredstva omogućuju iskorišćenje znatnih rezervi proizvodnosti i na postojećoj-staroj opremi za obradu rezanjem.

### 3. Zaključak

Na osnovu istraživačkih radova i stečenih iskustava može se zaključiti slijedeće:

Uporedo sa neodložnim osvajanjem novih progresivnih proizvodnih metoda i sistema, zasnovanih na primjeni specijalnih računara, opravdano je i nužno metode koje omogućuju računari primjenjivati i u staroj tehnologiji sa postojećom opremom, sve dok je ista tehničko-ekonomski opravdana da se nalazi u eksploataciji.

#### 4. Literatura

- [1] Šaumjan G.A.: - Automati i automatičeskie linii, Moskva, 1961.
- [2] Zdenković R.: - Mašinsko programiranje kao savremeno rješenje u primjeni NC - strojeva uz posebni osvrt na EKAPT-jezik i sistem, Zbornik saopštenja, Sarajevo /1968/.
- [3] Simmel W.: - Technologischer Variantenvergleich - unter Berücksichtigung der Bedingungen des Einsatzes numerisch gesteuerter Werkzeug - maschinen, Fertigungstechnik und Betrieb, Heft 9 /1967/.
- [4] Bendelja B., Perić A. - Ispitivanje nivoa eksploatacije alatnih mašina u mašinskoj i metaloprerađivačkoj industriji u SRBIH, Zavod za alatne mašine, Sarajevo /1969/.
- [5] Goranskij G.K.: - Račun režimov rezanja pri pomošći elektrovičisliteljnih mašin, Gosizdat BSSR, Minsk /1963/.
- [6] Popović B.: - Proračun optimalnih faktora obrade metodom linearnog programiranja primjenom digitalnih računara, Tehnika 3, /1966/.
- [7] Perić A.: - Rezultati istraživanja primjene digitalnih mašina za određivanje elemenata režima obrade, Zbornik radova, Sarajevo /1968/.
- [8] Vukelja D., Simonović V.: - Prilog optimalizaciji obrade rezanjem na strugu, Saopštenja IAMA, 9 /1961/.
- [9] Grupa autora: - Sistematsko ispitivanje obradivosti pri obradi rezanjem domaćih konstrukcijskih materijala domaćim alatima, Institut za alatne mašine i alate, Beograd i Institut za strojništvo, Ljubljana /1968/.

[10] Perić A.: -- Metod ocjene gubitaka proizvodnosti  
mašine prouzrokovanih nepotpunim isko-  
rišćenjem režima obrade, Zbornik radova,  
Sarajevo, /1970/.

A.Perić

Some experience at the application a digital computer

At one investigation were used a digital computer for deter-  
mining speed r.p.m. and feed per rev. on universal equipment.  
On the basis of experience it was concluded, that it is also  
useful and needful to use a digital computer at case of the  
old production methods and equipment, if there is on econo-  
mical reason of the use of the old equipement at factory.

M. Perović, M. Lučić \*

SPROVODJENJE KONSTRUKTIVNO - TEHNOLOŠKIH IZMENA POMOĆU  
ELEKTRONSKOG RAČUNARA \*\*

1. Uvod

U sistemu upravljanja procesom proizvodnje, posebno vrlo značajno mesto zauzima podsistem izmena. Funkcija ovog podsistema izvršava se, najvećim delom, u domenu konstruktivno - tehnološko - operativne pripreme preduzeća a smatra se završenom kad se sprovede u svim ostalim podsistemima preduzeća (proizvodnja, komercijala i dr.).

Specifičnost podsistema izmena je tendencija za budućim stanjem sistema proizvodnje. Ovaj podsistem po pravilu interesuje, na osnovu postojećeg stanja, buduće stanje sistema proizvodnje. Koliki su zadaci ovog podsistema zavisi od nivoa tehničkog razvitka i savršenstva preduzeća.

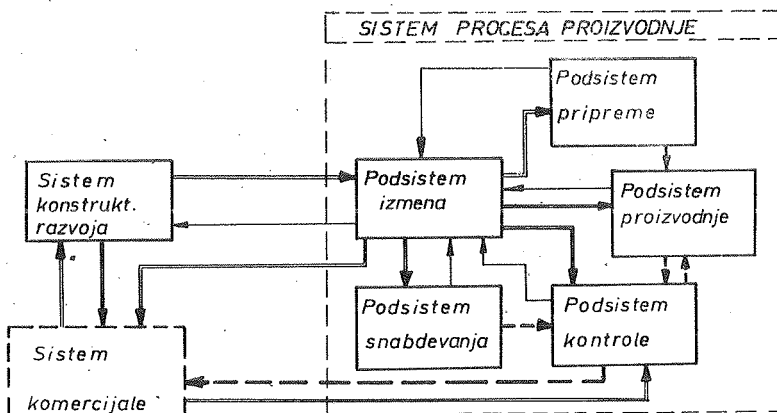
Podsistem izmena zauzima centralno mesto u složenom sistemu procesa proizvodnje posmatrano sa stanovišta značaja kao i sa stanovišta njegovog mesta u informativnom sistemu preduzeća.

---

\* Milan Perović, dipl.ing., načelnik Oddeljenja organizacije poslovanja Zavoda "Crvena zastava" Kragujevac  
Miodrag Lučić, maš.ing., glavni organizator procesa proizvodnje Zavoda "Crvena zastava" Kragujevac

\*\* Jedan deo problematike koju obradjuje ovo saopštenje je praktično sproveden u Zavodima "Crvena zastava", dok je drugi u fazi sprovođenja. Za saopštenje kao i za praktično njegovo sprovođenje korišćena su, pored ostalog, iskustva IBM-a i FIAT-a.

Mesto podsistema izmena je naročito važno u velikim preduzećima kao složenim sistemima, gde je u okviru njega konstruktivni razvoj poseban sistem a poseban sistem proces proizvodnje. U takvoj podeli podsistem izmena kao deo sistema procesa proizvodnje predstavlja jedinu vezu sa sistemom konstruktivnog razvoja i ujedno povezuje sve podsisteme procesa proizvodnje. Mesto i veze dati su grubim blok dijagramom na sl. 1, koji ne pretenduje na to da bude potpun i sveobuhvatan nego mu je cilj da prikaže mesto podsistema izmena u informativnom sistemu preduzeća.



sl. 1

Sl. 1

## 2. Sistem sprovođenja izmena u metaloprerađivačkom preduzeću

Pojam izmena je širok sa stanovišta kako procesa proizvodnje tako i dokumentacije koja taj proces prati. Osnovni zadatak



podсистema izmena je da primi informacije od sistema konstruktivnog razvoja da takve informacije dostavi tehnologiji, pripremi, snabdevanju, kontroli, komercijali i proizvodnji a da donese odluku o terminu stupanja izmena na snagu na osnovu svih raspoloživih podataka o stanju i mogućnostima proizvodnih resursa preduzeća. Najvažniji zadatak podсистema izmena je da obezbedi sinhronizaciju svih aktivnosti kako bi izmena stupila na snagu u pravom trenutku u uslovima obezbedjenosti svih resursa i aktivnog učešća svih podсистema a pod najpovoljnijim ekonomskim uslovima. Ako se pogledaju aktivnosti koje prate sprovođenje izmena onda jasno proističu zadaci podсистema. Da bi se sprovedla izmena potrebno je:

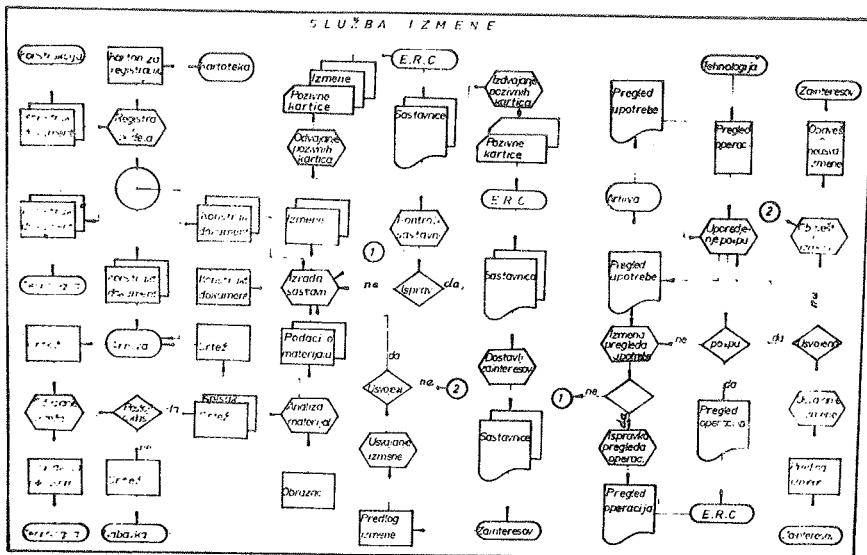
- obezbediti osvajanje delova u kooperaciji
- obezbediti dokumentaciju i snabdevanje sirovim materijalom
- obezbediti izradu alata
- obezbediti kapacitete za proizvodnju
- obezbediti kadrove
- obezbediti za sve napred navedene potrebe odgovarajuću tehničko - tehnološko - operativnu dokumentaciju
- pri sprovođenju izmena potrebno je obezbediti da u momentu stupanja izmene na snagu zalihe alata, sirovog materijala i gotovih delova (koji se menja) budu minimalne.

Zadaci podсистema izmena su naročito komplikovani u uslovima serijske i velikoserijske proizvodnje kad se po više izmena javlja dnevno (FIAT - sto izmena dnevno, ZCZ - 10 izmena dnevno) i kad je potrebno obezbediti jedinstvenost i sa svim elementima podudarne informacije koje trebaju da egzistiraju u svim podsystemima. U proizvodnji automobila postoji oko četiri stotine osnovnih podataka koji su podložni menjanju pri konstruktivnoj i tehnološkoj izmeni i najčešća je pojava da izmena jednog podatka izaziva promenu drugog podatka.

### 3. Elektronski računar u procesu sprovođenja izmena

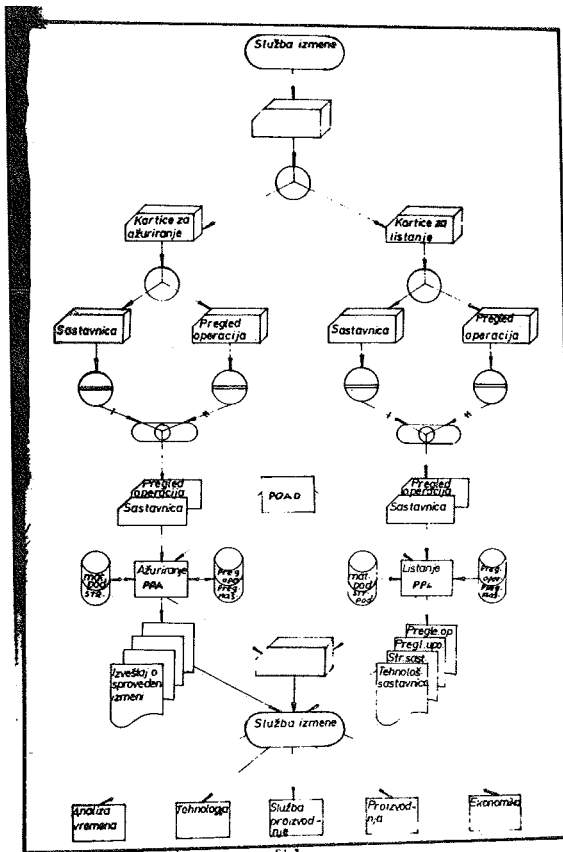
Veliki broj podataka koji egzistiraju u svim podsistemima procesa proizvodnje kao i velika frekvencija izmena u većim preduzećima metaloprerađivačke proizvodnje naročito u onim sa serijskom i velikoserijskom proizvodnjom uslovalo je da proizvođači elektronskih računara zajedno sa računarima treće generacije lansiraju i organizaciju formiranja banke podataka, njeno održavanje i izmene u banci podataka.

Podsistem izmena, uključivanjem elektronskog računara u proces poslovanja preduzeća, dobija zadatak da se prvi uključuje u proces elektronske obrade jer preko tog podsistema se ostvaruje veza između elektronskog računara i sistema procesa proizvodnje formiranjem banke podataka.



Sl. 2

Na slici 2 data je funkcija izmena sa kretanjem informacija izmedju korespodentnih funkcija i funkcije izmena i kretanje informacija unutar funkcije izmena. Posebno se vidi mesto elektronskog računara (obeležena kao funkcija elektronsko-računskog centra - ERC) u sistemu kretanja transformacija informacija. Da bi se shvatila uloga elektronsko računskog centra u sistemu izmena napomenućemo da je ERC deo upravljačkog sistema preduzeća jedan od njegovih podsistema koji se uključuje preko svoje banke podataka u sve podsisteme sistema procesa proizvodnje.



Sl. 3

Na slici 3 dat je grubi blok dijagram izmena preko elektronskog računara, informacije koje prima od funkcije izmena i informacije koje daje funkciji izmena ili drugim funkcijama. Naime, autori su prihvatili organizacionu koncepciju da funkcija izmena dostavlja sve informacije iz domena konstruktivno-tehnoloških izmena i da ERC sve informacije šalje funkciji izmena a ova ih dalje distribuira ostalim funkcijama. Ova koncepcija ima svojih prednosti u uslovima uvođenja elektronskog računara u proces proizvodnje (većina jugoslovenskih preduzeća je u toj fazi) mada smatramo da u uslovima uhodane primene elektronskog računara direktni prijem i direktna distribucija informacija ima svojih prednosti, jer, pored ostalog, skraćuje put informacija.

Banka podataka sadrži četiri datoteke međusobno povezane radom modularnog programa za organizaciju i ažuriranje podataka (POAD)<sup>✖</sup> (u ZCZ je to BOMP<sup>✖✖</sup> modificiran nešto radi primene): datoteka strukture proizvoda, matičnih podataka, datoteka operacija i datoteka mašina.

Datoteka strukture sadrži strukturu proizvoda sa nivoima ugradnje i adrese dela u datoteci matičnih podataka. Datoteka sadrži sve sklopove, podsklopove, delove i materijal koji ulazi u proizvod sa osnovnom oznakom i količinom, odnosno normativan. Matična datoteka sadrži pored osnovnih podataka o delu - materijalu sve podatke potrebne za kontrolu stanja, planiranje potreba, naručivanje i obračun troškova. Da bi se ove aktivnosti obavile datoteka sadrži niz informacija statističke

---

<sup>✖</sup> POAD je modificirani BOMP

<sup>✖✖</sup> BOMP - IB<sup>1</sup>-ov modularni program - Basic Organization and Maintenance Program

prirode i takva polja u koja je moguće zamemorirati podatke koji se dobijaju raznim podprogramima iz osnovnih i prometnih podataka iz datoteka. Ova datoteka sadrži oko sto dvadeset informacija i služi kao baza za upravljanje zalihama preduzeća, narudžbinama, radnim nalogima i troškovima.

Datoteka operacija sadrži osnovne podatke operacija sa adresama dela u matičnoj datoteci i adresama prethodne i sledeće operacije. Ova datoteka je baza za upravljanje terminiranjem, opterećenjem mašina, troškovima operacija i za lansiranje proizvodne dokumentacije.

Datoteka mašina (datoteka proizvodnih radnih mesta) je baza za upravljanje kapacitetima, njihovim opterećenjem, terminiranjem procesa i lansiranjem proizvodne dokumentacije.

Zadatak ove četiri bazne datoteke je da uz pomoć pomenutih datoteka i prometnih informacija upravljaju podsistemima procesa proizvodnje. Učešće baznih datoteka u procesu upravljanja preduzećem sastoji se u davanju osnovnih i izvedenih informacija podsistemima koje opslužuje elektronski računar.

Da bi ove četiri bazne datoteke mogle da obavljaju svoju osnovnu funkciju program za organizaciju i ažuriranje datoteka (POAD) obezbeđuje veze između datoteka, njihov zajednički rad i takvu organizaciju podataka na datotekama da programske informacije budu tačne i jednoznačne. Ovaj program obezbeđuje sprovođenje izmena na svim datotekama u isto vreme ukoliko se izmena javila na bilo kojoj od njih. Svojim logičkim programima, obezbeđuje izmenu i onih podataka na datoteci koji su funkcija podataka koji se menja i kontrolu sprovedene izmene.

Bazne datoteke pomoću osnovnog programa POAD daju bazne informacije za rad sistema procesa proizvodnje:

- tehnološku sastavnicu (sl. 4)
- strukturnu sastavnicu
- pregled upotrebe dela - materijala (sl. 5)
- pregled operacija
- niz ostalih informacija kao: pregled mašina, program proizvodnje po mestu transformacije, materijalni bilans po artiklu itd.

ZAG		FABRIKA AUTOMOBILA		TEHNOLOŠKA SASTAVNICA														
N		1000100		40849		1.02.80.		1		KODOVNI BR		KODOVNI SADR		KODOVNI SADE		KOD		
NAZIV: ZADNJE DESNO VILANJE SKLJP																		
NAZIV DELA - MATERIJALA																		
NO	STAVNA	PROBILA	GRUPNA	NAZIV DELA - MATERIJALA	JE	KODIRAN	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA
MESTO TRANSFORMACIJE																		
1	1000100	1000100	1000100	LEVIŠI ZEMNE GLAVINE	50	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1000100	1000100	1000100	OPREMA ZA POKRETNOST	50	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sl. 4

Navedene informacije zamenjuju klasične informacije: tehnološku nomenklaturu, pregled operacija i dr., a prednost je u tome što se za vrlo kratko vreme dobiju sve informacije i što je zagarantovana njihova podudarnost na svim punktovima: tehnologiji, analizi vremena, službi proizvodnje, ekonomici, nabavci i dr. Podudarnost se garantuje jednim izvorom podataka (bazne datoteke) i jedinstvenim lansiranjem u više primeraka. Pojavom konstruktivno-tehnološke izmene javlja se kao posledica pojava izmene u baznim datotekama i izmena u baznim informacijama. Sprovođenje takve izmene dato je blok-dijagramom na sl. 3, postupak je sledeći:

Funkcija izmena odlučuje o usvajanju izmene i terminu stupanja izmene na snagu. Ako je donela odluku o usvajanju izmena, tada

ZAVODI OPŠTINI ŽESTAVA		PREGLED UPOTREBE DELA										Datum izdavanja 1. 1. 1970		Opis dela 1-13-1-10		Klasifikacija 14-9		Oprema 1-1-1	
Klasifikacija dela		IM	TA	KA	MA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA
1																			
M A T E R I J A L		IM	TA	KA	MA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA
1																			
M A T E R I J A L		IM	TA	KA	MA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA
1																			
M A T E R I J A L		IM	TA	KA	MA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA
1																			
M A T E R I J A L		IM	TA	KA	MA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA
1																			

Sl. 5

popunjava mehanografsku karticu (sl. 6) arhiviranu kod sebe i daje je na obradu. Obradom kartica podprogramom ažuriranja (PPA<sup>\*</sup>) ažuriraju se bazne datoteke a podprogramom listanja (PPL<sup>\*</sup>) listaju se bazne informacije koje se dalje dostavljaju funkciji izmene, a ova ih distribuira zainteresovanim funkcijama.

VK	BROJ SASTAVLJ	PROJ DELA	JM	KUGLINA	PROJ IZ	DATUM IZ	PROJ IZ	DATUM IZ	PROJ IZ	DATUM IZ
1-2	3-11	12-20	12	20-21	36-38	37-41	42-44	45-47	48-50	51-53

VK 14  
IZMENA STRUKTURNIH PODATAKA

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

PIŠI TAČNO I ČITKO TUŠEM  
KARTICE NE LOMI I NE PRLJAJ!

IZVRŠIO KONTROLU	ELIŠO	VERIF.
DATUM	POTPIS	

Sl. 6

\* PPA i PPL su podprogrami osnovnog programa POAD

Prednost ovog sistema sprovođenja izmena preko baznih datoteka elektronskog računara je ne samo u podudarnosti podataka na svim punktovima jednog sistema procesa proizvodnje, nego i u mogućnosti da se sprovođenjem izmene u baznim podacima diriguje i ostalim aktivnostima koje prate sprovođenje izmene kao i u mogućnosti brzog sprovođenja što omogućava veću frekvenciju sprovođenja izmena (nedeljno, dnevno, a u izuzetnim slučajevima i više puta dnevno). Ova zadnja mogućnost je posledica prostog postupka sprovođenja izmena preko elektronskog računara, koji vrlo kratko traje. Postupak sprovođenja izmena na 100 pozicija sa listanjem baznih informacija za artikal koji ima oko 15000 delova traje 20 minuta.

M.Perović, M.Lučić

PERFORMING OF CONSTRUCTIVE - TECHNOLOGICAL MODIFICATIONS  
BY USE OF ELECTRONIC COMPUTER

By this message modification subsystem function is processed within the production process system (fig. 1) with relations and informations ensured by system functioning in future state. Therefore it is necessary to synchronize a variety of activity and information accuracy on several points of production system.

The part of electronic computer in that system (given by rough block - diagram on fig. 2 and detailed one on fig. 3) is to ensure prompt getting of informations necessary for production process subsystems because of introduction of a new produce or modifications in production process. The informations obtained by the electronic computer guarantee matching of data at all points, and it is the main advantage although in this way we can get more informations in very short time.



M. Milojević, S. Srećković, N. Mirjanić<sup>x</sup>

ANALIZA RENTABILNOSTI PRIMENE ALATNIH MAŠINA POMOĆU  
ELEKTRONSKOG RAČUNARA.

Cilj svake proizvodnje, od jedinačne do masovne, je da u jedinici vremena proizvede što veći broj proizvoda odgovarajućeg kvaliteta, ostvarujući pri tome što manje troškova. To znači da su najvažniji kriterijumi za ocenu valjanosti alatnih mašina:

- proizvodnost
- kvalitet proizvoda
- proizvodna ekonomičnost

Poznato je načelno koje alatne mašine treba malo seriska, a koje visoko seriska i masovna proizvodnja. Zahtevi ovih vidova proizvodnje presudne utiču na razvoj alatnih mašina.

Svaki od vidova proizvodnje ima svoje specifične zahteve, pa je otuda nastala čitava lepeza vrsta i tipova alatnih mašina, koje se danas primenjuju kao proizvodna sredstva. Ne sigurno je da se ne može tako jednostavno reći koja mašina je optimalno rešenje za određenu seriju, određenih radnih komada. Ovo pogotovo ne danas kada se proizvode i primenjuju razne klasične mašine i čitav niz savremenih mašina, savremenih sistema obrade.

---

x Mihailo Milojević, Dipl.ing., Slobodan Srećković, Dipl.ing., Nikola Mirjanić, Dipl.ing., projektanti Fabrike mašina "Ivo Lola Ribar" - Železnik.

Proizvodnost mašine je značajna karakteristika za ocenu i izbor alatne mašine, jer govori koliko daje izradaka u jedinici vremena, t.j. za koje vreme može biti obradjena neka serija radnih komada. Proizvodnost kao takva i pod pretpostavkom da se radi o dobrom kvalitetu ne daje potpuni odgovor o opravdanosti primene neke mašine, jer velika proizvodnost jedne mašine ne mora uvek da bude ostvarena pri najmanjim troškovima proizvodnje.

Zbog toga je šira analiza rentabilnosti primene alatnih mašina od velikog značaja, pri projektovanju tehnoloških procesa, pri izradi i izboru ponuda alatnih mašina, pri izboru već instaliranih mašina za obradu određenih radnih komada ili grupa radnih komada (karakterističnih tehnoloških pretstavnika).

Pri jednoj takvoj analizi treba uzeti u obzir sve faktore koji utiču na troškove proizvodnje, a direktno zavise od mašine ili ih mašina uslovljava, kao što su zahtevi za pripremu mašine, izrada programa, pripremu alata i sl.

Ukupni proizvodni troškovi predstavljaju zbir pojedinačnih troškova, a obuhvaćeni su izrazom:

$$CK = \left( \frac{TM}{PTM} + \frac{TR}{PTR \cdot VS} \right) \cdot CCM + \frac{CPI}{BS \cdot VS} + \frac{CPS}{VS}$$

pri čemu je

$$CPS = TRA \times CCA + TRM \times CCM$$

Članovi ovoga izraza imaju sledeće značenje:

CK	(din./kom.)	- proizvodni troškovi
CPI	(din.)	- troškovi pripreme prve serije
CPS	(din.)	- troškovi pripreme ponovljene serije
TM	(min.)	- komadno vreme
TR	(min.)	- pomoćno vreme
PTM	(%)	- vremenski procenat komadnog vremena
PTR	(%)	- vremenski procenat pomoćnog vremena

VS	(kom.)	-	veličina serije
TRA	(min.)	-	pomoćno vreme van mašine
TRM	(min.)	-	pomoćno vreme na mašini
CCM	(din./min)	-	cena časa mašine
CCA	(din./min)	-	cena časa pripreme i podešavanja alata
BS	(kom.)	-	broj serija

Za odredjivanje cene časa mašine uzimaju se u obzir sledeći podaci:

1. cena mašine
2. cena uredjaja za alate (nosači, držači, podešivači)
3. cena specijalnih uredjaja
4. instaliranje i postavljanje mašine
5. vek mašine
6. srednje povećanje cena
7. uticaj postojećih uredjaja
8. godišnji fond časova
9. potreban prostor
10. potrebna energija
11. otpis mašine (amortizacija)
12. kamata na investicije
13. cena prostora
14. cena energije
15. cena alata
16. troškovi održavanja
17. ostali troškovi
18. lični dohodak poslužioca
19. ostala davanja za lične dohotke

O radnom komadu su potrebni sledeći podaci:

1. komadno vreme
2. vremenski procenat komadnog vremena
3. pomoćno vreme
4. vremenski procenat pomoćnog vremena
5. troškovi pripreme prve serije

6. troškovi pripreme ponovljene serije
7. pomoćno vreme van mašine
8. pomoćno vreme na mašini

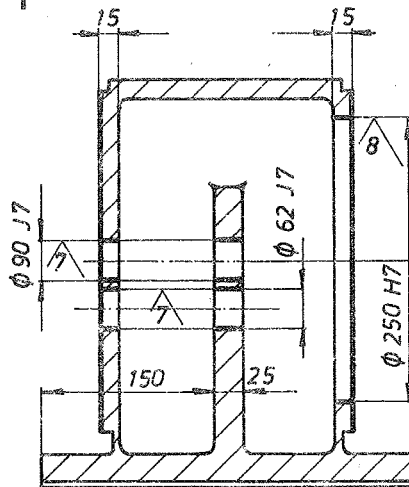
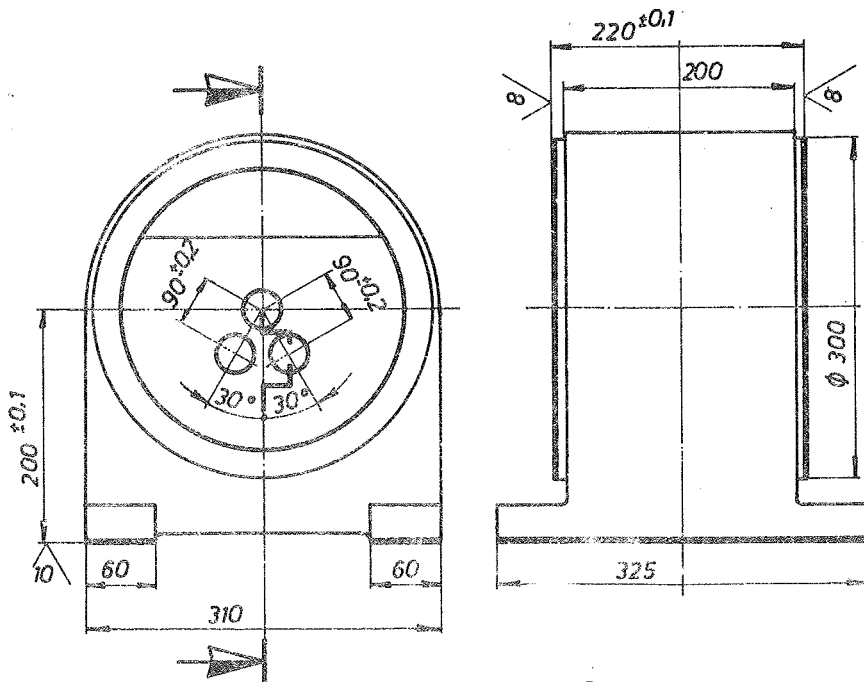
Sredjujući ove podatke i unoseći ih unapred dati obrazac za proizvodne troškove dobijaju se troškovi određene operacije, ili troškovi za obradu određenih komada.

Posmatrajući obradu istih radnih komada na različitim mašinama, različitim po savremenosti, tehničkim karakteristikama, po stepenu automatizovanosti i sl. dobijaju se uporedni proizvodni troškovi. Ako se troškovi izračunavaju za različite veličine serija, primetiće se da se menjaju povoljnosti primene mašina.

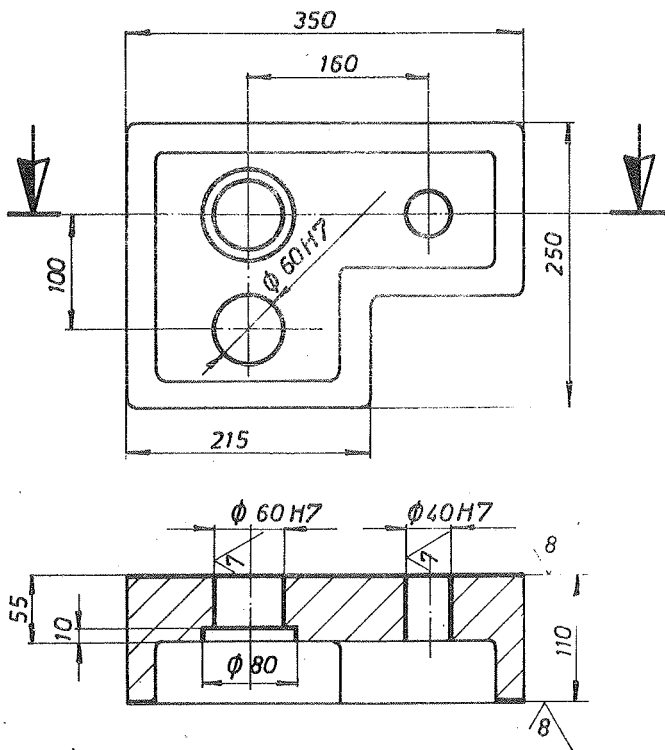
Izračunavanje proizvodnih troškova ručno je zametan posao, ali primena računara za ovakve proračune daje višestruke koristi, jer se brzo dolazi do rezultata i dobijaju se vrlo pregledni dijagrami. Pored ovoga moguće je u pravom smislu vršiti analize, jer variranjem pojedinih promenljivih veličina dobijaju se različita rešenja.

Na slici 1 i 2 prikazani su posmatrani radni komadi tj. kućišta reduktora i medju ploča, čiji će proizvodni troškovi obrade na četiri horizontalne bušilice - glodalice biti posmatrani.

- mašina 1 - horizontalna bušilica - glodalica sa ručnim komandama i optikom kao pokazivačima pozicija.
- mašina 2 - horizontalna bušilica - glodalica sa centralnim upravljanjem i numeričkim pokazivačima pozicija za ose X i Y.
- mašina 3 - horizontalna bušilica - glodalica sa dve numerički upravljane ose X i Y i sa ručnom izmenom alata.



Sl. 1

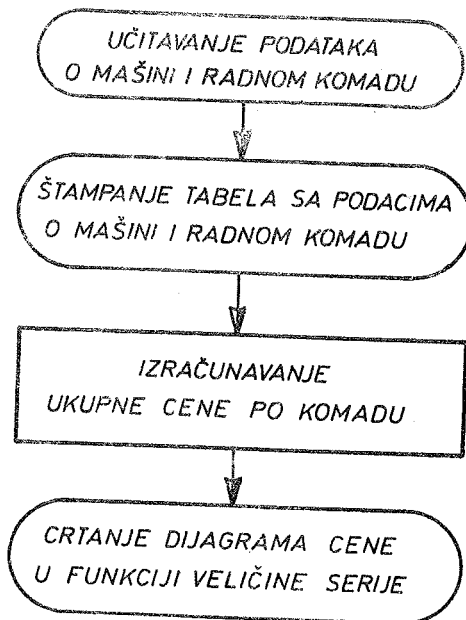


SI.2

mašina 4 - horizontalna bušilica - glodalica sa tri numerički upravljane ose X, Y i Z i sa automatskom izmenom alata.

Na bazi napred iznetog razmatranja problema rentabilnosti, nameće se mogućnost korišćenja elektronskog računara. Analiza jednog problema uz korišćenje računara daje pored ekonomičnosti i mogućnost šireg sagledavanja tretiranog problema. U ovom slučaju moguće je napisati standardni program koji bi efikasno koristili pri razmatranju rentabilnosti. Kakve šire mogućnosti otvara ovakav pristup biće naznačeno niže.

Konceptija programa za ovaj slučaj prikazan je na blok dijagramu sl.3.



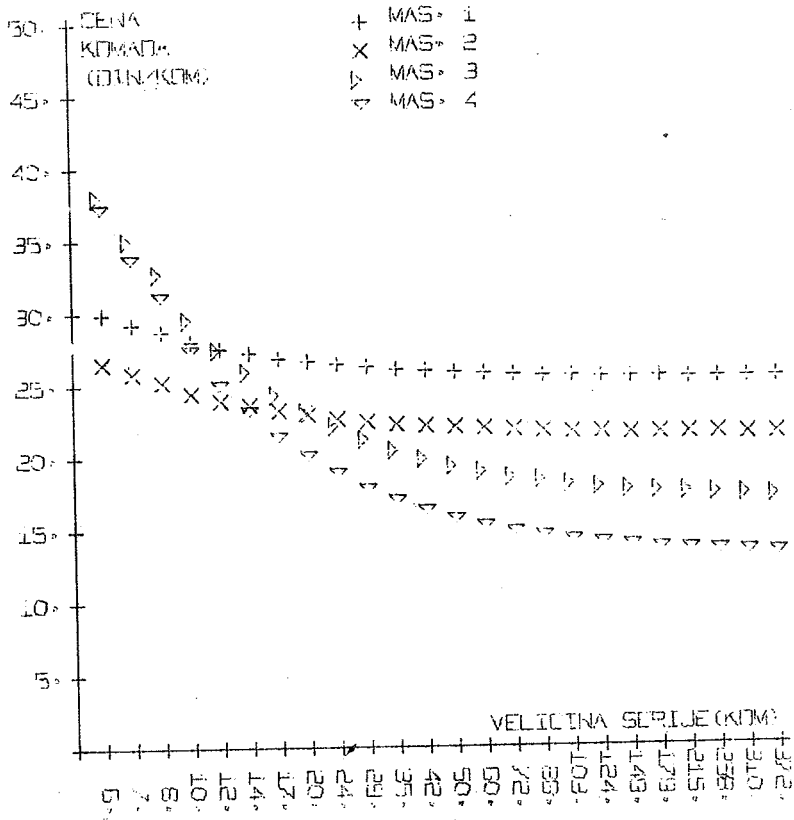
Sl. 3

PODACI O RADNOJ KOMADI 1 I 2	MAS. 1	MAS. 2	MAS. 3	MAS. 4
1. KOMANDNO VREME /MIN/	30.0	22.0	15.0	10.0
	42.0	35.0	25.0	17.0
2. VREM. PROC. KOM. VR./0/0/	100.0	100.0	100.0	100.0
	100.0	100.0	100.0	100.0
3. POMOCNO VREME /MIN/	15.5	14.5	20.0	25.0
	20.5	20.5	40.0	48.0
4. VREM. PROC. POM. VR./0/0/	100.0	100.0	100.0	100.0
	100.0	100.0	100.0	100.0
5. TR. PRIPR. PRVE SER./DIN/	10.0	12.0	100.0	110.0
	15.5	15.5	95.5	105.0
6. TR. PRIPR. PON. SER./DIN/	5.0	5.0	5.0	5.0
	5.0	5.0	5.0	5.0

CENA CASA MASINE	MAS. 1	MAS. 2	MAS. 3	MAS. 4
1. CENA MASINE /DIN/	400000.0	550000.1	700000.1	800000.1
2. CENA UR. ZA ALAT/DIN/	0.0	0.0	0.0	0.0
3. CENA SPEC. URED./DIN/	0.0	0.0	0.0	0.0
4. INSTALAC. MASINE/DIN/	4500.0	5500.0	6000.0	6500.0
5. VEK MASINE /GOD/	10.0	10.0	10.0	10.0
6. POVECANJE CENA (0/0)	10.0	10.0	10.0	10.0
7. ZBIR(1+2+3+4+6) /DIN/	444950.0	611050.1	776600.1	887150.1
8. UTICAJ POST. UR./DIN/	0.0	0.0	0.0	0.0
9. POPR. CENA(7+8) /DIN/	444950.0	611050.1	776600.1	887150.1
10. GCD. FOND CASOVA(H/G)	3900.0	3900.0	3900.0	3900.0
11. POTREBAN PROS. /M**2/	28.0	30.0	32.0	32.0
12. POTREBNA ENERGIJA/KW/	10.0	12.0	12.0	12.0
13. AMORTIZACIJA (DIN/H)	11.4	15.6	19.8	22.5
14. KAMATA NA INV./DIN/H/	2.0	2.8	3.5	4.0
15. CENA PROSTORA (DIN/H)	8.5	9.0	9.7	9.7
16. CENA ENERGIJE (DIN/H)	4.0	4.8	4.8	4.8
17. CENA ALATA (DIN/H)	6.0	7.0	7.0	8.0
18. TROSKOVI ODRZ.(DIN/H)	2.5	3.0	6.3	10.0
19. OSTALI TROSK. (DIN/H)	5.5	5.5	5.5	5.5
20. LICNI DOH. R. (DIN/H)	7.0	7.0	7.0	7.0
21. OST. ZA L. D. (DIN/H)	3.5	3.5	3.5	3.5
22. CENA CASA MAS. (DIN/H)	50.4	58.2	67.1	75.0

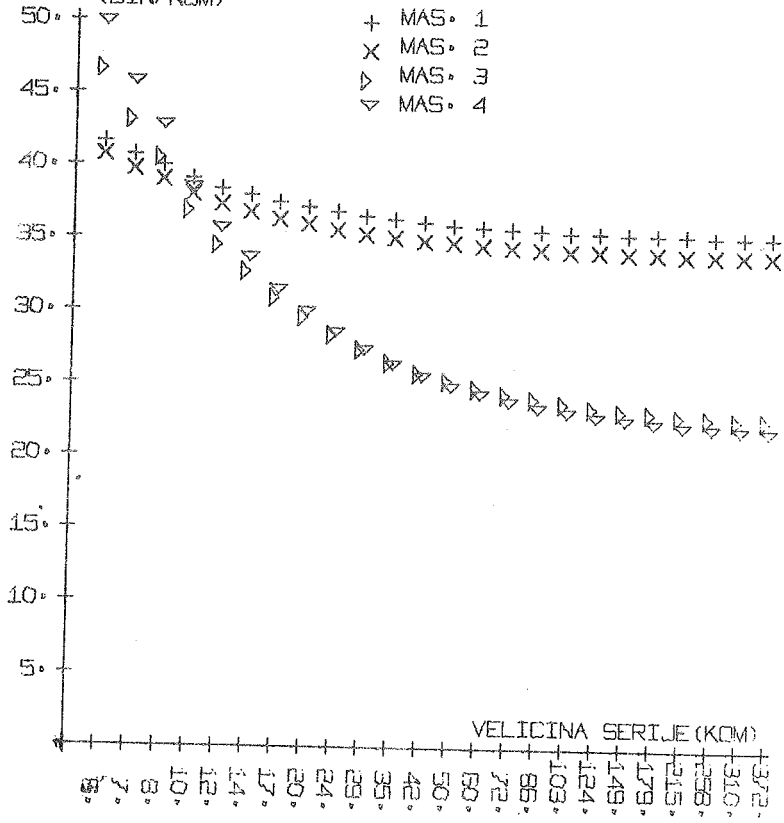


RADNI KOMAD 1 - KUCISTE REDUKTORA  
 BRZI SEPIJA GOBISNJE B5=1



CENA  
KOMADA  
(DIN/KOM)

RADNI KOMAD 2 - MEĐUPLOČA  
BROJ SERIJA GODISNJE BS-1



Najpre treba pripremiti i učitati sve podatke o mašinama i radnim komadima koji učestvuju u razmatranju a od interesa su za izračunavanje. Program predviđa da elektronski računar u vidu tabele otštampa učitane podatke i veličine koje su funkcije tih podataka a učestvuju u proračunu.

Zatim se računa ukupna cena po komadu za svaku od mašina. Kao primeri su uzeti dva radna komada (prikazani na sl. 1 i 2) i posmatrani efekti rada na četiri mašine.

Rezultate je moguće štampati na štampaču tabelarno sredjeno, ali plastičnije se sagleda problem ako su rezultati dati dijagramima, kao što se to vidi na sl. 4,5

To je moguće samo kod onih konfiguracija računara koji imaju posebnu jedinicu - crtač. Sa dijagrama je jasno vidljivo kako optimalnost obrade varira od mašine do mašine za različite veličine serija.

Ovako postavljeno rešenje omogućava da jednom napisan program koristimo po potrebi, menjajući od slučaja do slučaja ulazne podatke. Takođe iz dijagrama može se sagledati jedan problem za čije rešenje je preporučljivo koristiti elektronski računar. To je slučaj kada je za određene vreme potrebno izraditi seriju koju najekonomičnija mašina ne može da izbací u datom roku. Moguće je iz dijagrama videti koje mašine angažovati za optimalnu raspodelu posla. Kombinacija ima veoma mnogo i ručna obrada je nemoguća i u relativno prostim slučajevima. Ovaj tip zadatka uspešno se rešava metodom linearnog programiranja, koga većina modernih elektronskih računara ima kao gotov program i može se direktno koristiti kao nastavak izloženog programa.

#### L I T E R A T U R A :

1. PAVLE STANKOVIĆ: MAŠINE ALATKE I  
-- Konceptijska analiza --  
Beograd 1968

2. Primena NU alatnih mašina

Beograd 1969

3. W. SIMON: Die numerische Steuerung Von Werkzeugmaschinen

München 1963

4. ERNST SALJE: Elemente der spanenden Werkzeugmaschinen

Berlin 1968

5. Informacioni materijal

firme Gildeneister - Bielefeld

RENTABILITÄTS ANALYZE ÜBER DEN WERKZEUGMASCHINEN EINSATZ  
DURCH COMPUTER - ENTSCHEIDUNGSHILFE

Der zeitliche Aufwand für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist sehr hoch, und erst durch den Einsatz einer elektronischen-Datenverarbeitungs-Anlage wird eine sinnvolle Anwendung möglich.

Man kann relativ kurzer Zeit eine Wirtschaftlichkeitsberechnung ausarbeiten, in der die Herstellkosten für ein bis zehn Werkstücke bei verschiedenen Losgrößen ermittelt wurden.

Gesondert dazu werden vom Rechner für jedes Werkstück die Herstellkosten in Abh. von der Losgröße in einem Diagramm für die zu vergleichenden Maschinen graphisch dargestellt. So erhält man schnell einen Überblick über das kostengünstigste Verfahren man.

K. Eman, V.R. Milačić x)

SISTEM ANALIZA CIRKULACIJE TEHNOLOŠKE DOKUMENTACIJE xx)

1. Uporedna analiza dokumentacije

U procesu izgradnje proizvodnog informacijskog sistema potrebno je izvršiti analizu cirkulacije dokumentacije [1],[2]. U sklopu dokumentacije za jedan proizvodni sistem kompleks tehnološke dokumentacije zauzima značajno mesto. Pod tehnološkom dokumentacijom, u širem smislu, podrazumeva se konstrukcijska dokumentacija, tehnološka dokumentacija i proizvodna dokumentacija. Površan pregled tehnološke dokumentacije, u raznim preduzećima industrije prerade metala, ukazuje na raznovrsnost oblika i sadržaja, što je rezultat nezavisnog formiranja koncepta ove dokumentacije na osnovu stečenih iskustava.

Uvodjenje kompjutera u proces upravljanja proizvodnjom, a samim tim i stvaranje integralnog proizvodnog informacijskog sistema višeg nivoa, pretpostavlja kritičku analizu postojeće dokumentacije i stvaranje pogodnih oblika za automatsko upravljanje proizvodnjom. Za uporednu analizu uzeta je dokumentacija četiri preduzeća iz industrije prerade metala. Kao primer za uporednu analizu navode se četiri karakteristična dokumenta za ova četiri preduzeća.

---

x) Kornel Eman, dipl.ing., asistent Mašinskog fakulteta, saradnik Instituta za alatne mašine i alate, Dr. Vladimir R. Milačić, dipl.ing., vanr. profesor Mašinskog fakulteta, saradnik Instituta za alatne mašine i alate

xx) Saopštenje Katedre za proizvodno mašinstvo Mašinskog fakulteta i Instituta za alatne mašine i alate, predstavlja deo uvodnih istraživanja za Makroprojekt RAZVOJ I OPTIMIZACIJA OBRADNIH SISTEMA ZA INDIVIDUALNU, MALO SERIJSKU I SREDNJE SERIJSKU PROIZVODNJU, u čijem finansiranju učestvuju Savezni fond za finansiranje naučnih delatnosti, Republička zajednica za naučni rad SR Srbije i privredne organizacije.

Na slici 1 dat je broj informacija na pojedinim dokumentima. Ta-

BROJ SADRŽANIH INFORMACIJA NA POJEDINIM DOKUMENTIMA

PREDUZEĆE DOKUMENT	1	2	3	4
PROPRATNICA	80	61	67	32
RADNA LISTA	46	34	--	--
TREBOVANJE MATERIJALA	21	27	28	13
OPERACIONI LIST	33	28	45	--

Slika 1.

ko se za dokument "propratnica" broj informacija kreće između 32 do 80, zavisno od preduzeća, dok "trebovanje materijala" ima između 13 i 28 informacija. I u jednom i u drugom slučaju odnos broja informacija je preko 2.

Na slici 2 dati su tipovi zaglavlja propratnica za ova četiri preduzeća. Iz izgleda zaglavlja kao sadržaja vidi se raznovrsnost razmeštaja, kao i izabranih informacija za propratnicu. Sigurno da je pri projektovanju izgleda propratnice potrebno postići daleko veći stepen saglasnosti zaglavlja ovog dokumenta. To je slučaj i sa ostalim dokumentima.

Ako se pogleda struktura informacija za pojedine vrste dokumenata vidi se da je moguće izvršiti sledeće raščlanjavanje: opšti podaci, podaci o materijalu, podaci o mašini i operacijama, vremena izrade, podaci o ceni i ostali podaci. Kombinovanjem ovih grupa podataka kao i drugih specifičnih dobija se struktura informacija za pojedina dokumenta.

Na slici 3 data je struktura propratnice. Struktura informacija jedne propratnice može da se podeli na sledeće segmente: opšti podaci, podaci o materijalu, podaci o mašini i operacijama, vremena izrade, nalazi kontrole, podaci o cenama i ostali podaci. Pobljiže su specificirani podaci o seriji i delu, tj. opšti podaci koji obuhvataju: nalog broj, naziv dela, artikal, sklop, šifra dela - broj crteža, količina, komada u seriji, datum lansiranja i rok izrade. Tako je moguće izraditi i specifikaciju za ostale grupe podataka u okviru ovog dokumenta.

Na slici 4 data je struktura podataka radne liste. Vidi se da se i ovde ima veći deo istih grupa podataka, a da su dodatni podaci o radniku i podaci o cenama i zaradama. Za ovaj dokument pobljiže su specificirana vremena izrade. Kao treći primer strukturisanog dokumenta navodi se operaciona lista (slika 5).

ISPISANO DANA	PUŠTATI U PROIZVODnju	LANSIRANA KOLIČ.	OZNAKA RADNOG NALOGA
	SKLADISNI BROJ	NAZIV PROIZVODA	
PROPRATNICA	SKLADISNI BROJ	KOLIČ KODI	NAZIV ILI KOMERCIJALNA OZNAKA

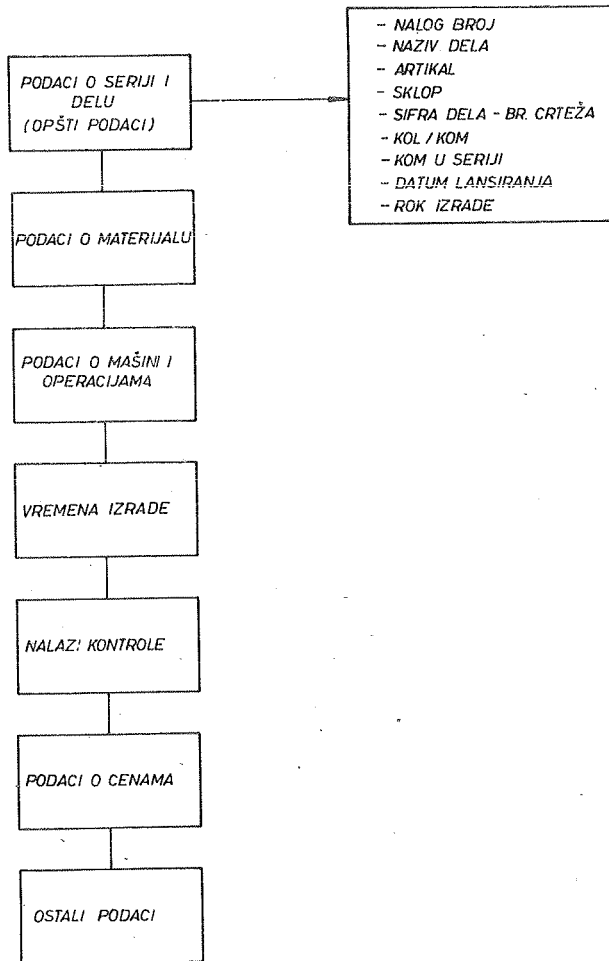
Broj radnog naloga	Rok izrade	Datum lansiranja	Broj komada za izradu
P Broj PO	Naziv dela	Kom. za jedinicu	Artikal
Propratska			Sklop Broj dela

Sifra radnog naloga - serija	Datum lan.	Termin	kg in. materijal	kg mm	Broj kom.
Postupar	Naziv dela	Artikal	Sklop	Sifra dela	

Nalog broj preziv. serija god.	Datum lansiranja	Rok izrade	Komad. Kom. u seriji obj.
PP	Postup. br.	NAZIV DELA	Sifra dela - br. crteža
Materijal treba Zamena	Sifra materijala	VRSTA	NAZIV
		DIMENZIJA	Jed. m
		Pl. cena	Vrednost

SL. 2 TIPOVI ZAGLAVLJA PROPRATNICA

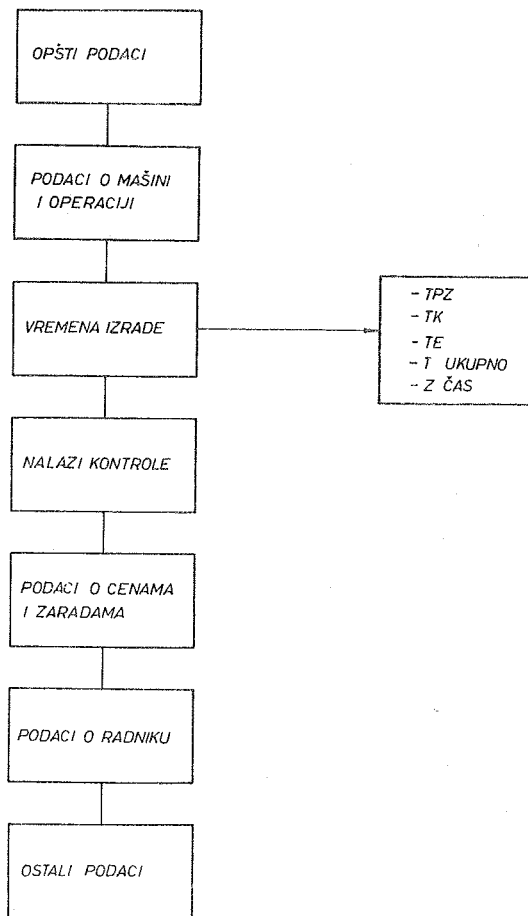
PROPRATNICA



Slika 3.

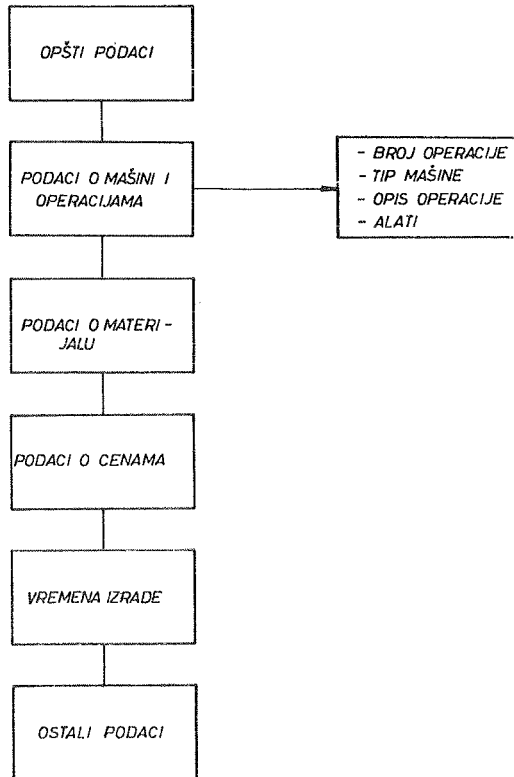


RADNA LISTA



Slika 4.

OPERACIONA LISTA



Slika 5.

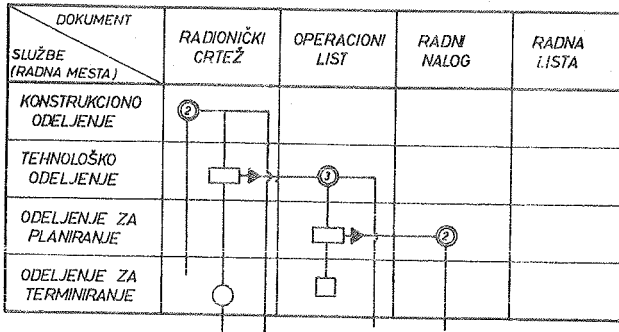
Iz ovog pregleda može se zaključiti da je potrebno tehnološku dokumentaciju formirati na modularnom principu, kako bi se u jednom integralnom proizvodnom informacijskom sistemu proces izrade i obrade pojedinih dokumenata mogao da izvede automatizovano. Ovo bi olakšalo i formiranje datoteka delova za pojedine grupe aktivnosti u okviru informacijskog sistema višeg nivoa.

## 2. Metode analize cirkulacije dokumentacije

U procesu uvođenja informacijskog sistema razlikuju se tri nivoa. Prvi nivo je proučavanje postojećeg sistema i projektovanje novog sistema, drugi nivo je primena sistema i treći nivo je funkcionisanje samog sistema. Informacionu zgradu jednog proizvodnog sistema treba shvatiti kao prostorni sistem u kome se cirkulacija informacija izvodi na raznim nivoima, kao i između pojedinih nivoa ove zgrade. Saglasno tome potrebno izgraditi i tipove dokumenata i utvrditi njihove tokove. Ovde se ne ulazi u dokumentaciju za više nivoa, već se razmatra cirkulacija bazne dokumentacije koja služi za ocenu pojedinih vrsta aktivnosti i za učvršćivanje iskorišćenja postojećih izvora u jednoj organizaciji. Zbog toga se u ovoj analizi cirkulacije zadržava samo na cirkulaciji tehnološke dokumentacije.

Na slici 6 data je jedna od mogućih metoda za utvrđivanje cirkulacije dokumentacije i njene analize. To je hodogram dokumentacije koji u matičnom obliku daje vrstu dokumenta u horizontalnom pravcu kao i službe - radna mesta u vertikalnom pravcu. Koriste se razni simboli za opisivanje pojedinih aktivnosti i stanja koja se odnose na dokumente kada prolaze kroz određene službe ili aktivnosti unutar pojedinih službi. Na navedenom hodogramu dokumentacije dat je jedan hipotetičan slučaj kretanja nekoliko dokumenata iz grupe tehnološke dokumentacije. Svaki od simbola označava određenu grupu aktivnosti, kao što su, na primer, izrada dokumenata, korišćenje dokumenata u cilju izrade drugih dokumenata, prolaz dokumenata, korišćenje dokumenata za obavljanje posla na tom radnom mestu, upisivanje novih podataka kao rezultat rada službe radnog mesta, privremeno odlaganje dokumenata, prenošenje podataka u drugi dokument, arhiviranje dokumenata itd. Nedostatak ovakvog sistema ogleda se u vrlo gru-

HODOGRAM DOKUMENTACIJE



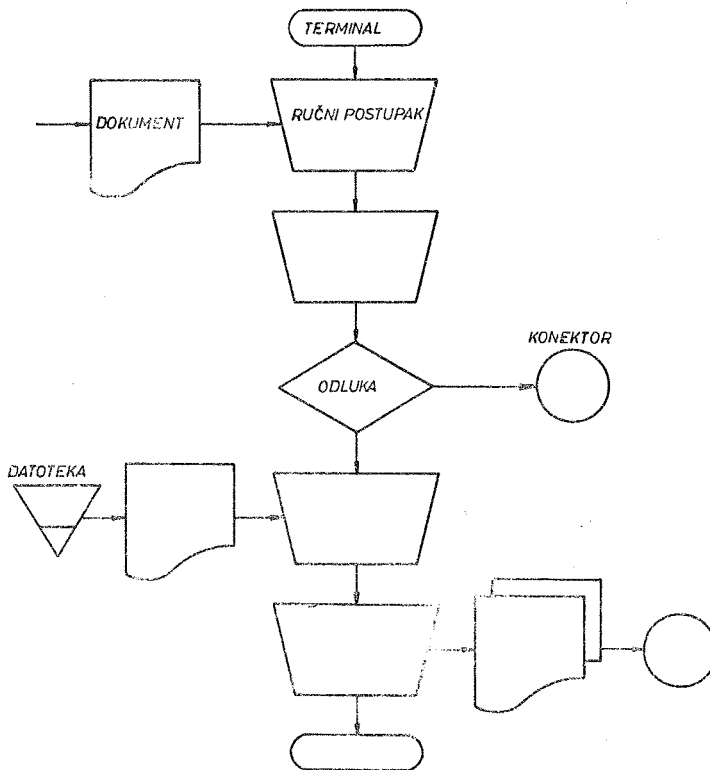
- ② IZRADA DOKUMENATA  
(N - BROJ KOPIJA)
- KORIŠĆENJE DOKUMENATA  
U CILJU IZRADA DRUGIH  
DOKUMENATA
- PROLAZ DOKUMENATA
- KORIŠĆENJE DOKUMENATA  
ZA OBAVLJANJE POSLA NA  
TOM RADNOM MESTU

Slika 6.

bom označavanju pojedinih grupa aktivnosti, kao i to da se nema dovoljno tačan uvid u strukturu tih aktivnosti sa svim potrebnim detaljima za izgradnju jednog pouzdanog informacijskog sistema. Zbog toga ovakav način prikazivanja cirkulacije dokumentacije nije pogodan za proučavanje postojećeg sistema i projektovanje novog.

Drugi pristup bazira na primeni dijagrama toka. Dijagram toka izradjuje se na bazi procesa, dokumenata, datoteka i osoblja ili lokacija pojedinih aktivnosti. Izradjen je sistem standardnih simbola za dijagrama toka. Ovi dijagrami toka koriste se za izgradnju informacijskih sistema višeg nivoa. U svakoj firmi, kao i medjunarodnim konvencijama utvrđjena je simbolika za iskazivanje pojedinih aktivnosti u jednom dijagramu toka. Tako, na primer, definisani su ručni postupci, računске procedure, dokument, odluka, terminal, konektor, propratni komentar, off-line memorija, bušena kartica, bušena traka, magnetna traka, magnetni doboš, magnetni disk itd.

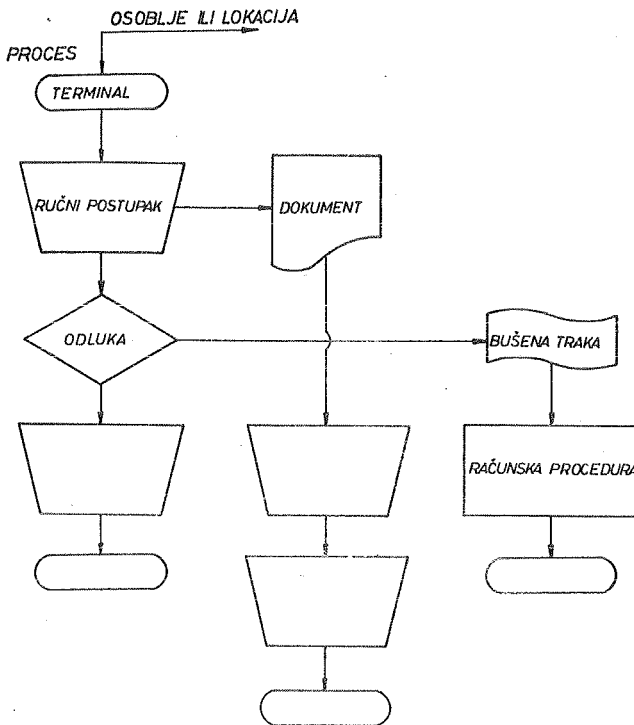
Na slici 7 dat je dijagram toka na bazi procesa, gde su prika-



SL. 7 DIJAGRAM TOKA  
NA BAZI PROCESA

zani ulaz, operacije, odluke, korišćene archive i izlaz prema redosledu procesa koji se predviđa za dati sistem. U prostor simbola dato je njihovo značenje. Strelice pokazuju da ulaz u proces ide uvek sa leve strane, dok je izlaz iz procesa dat na desnoj strani. Proces se odvija odozgo na dole, prema redosledu operacija.

Na slici 8 dat je hipotetičan dijagram toka na bazi osoblja ili lokacija. Simboli su raspoređeni u dvodimenzionoj matricnoj površini. Odozgo na dole odigravaju se procesi prema utvrđenom redosledu operacija, dok se u horizontalnom pravcu imaju definisano osoblje ili mesta na kojima se odgovarajući procesi odigravaju. I ovde su u prostoru za simbole data njihova značenja.



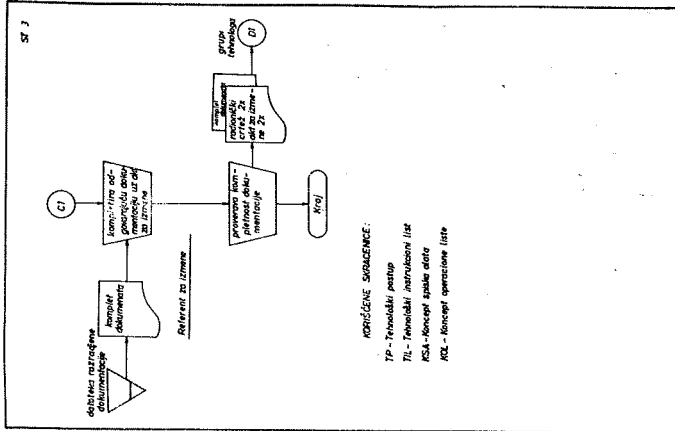
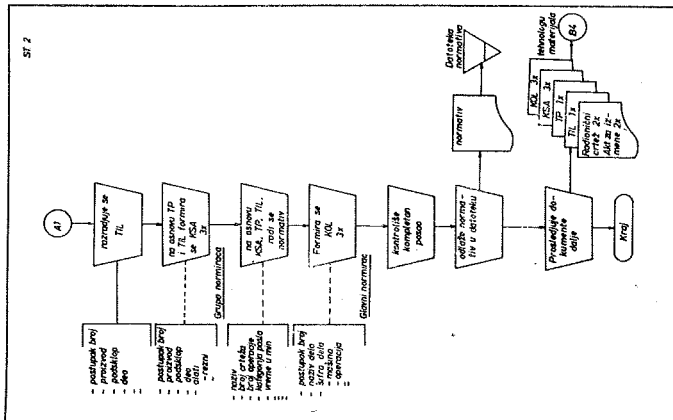
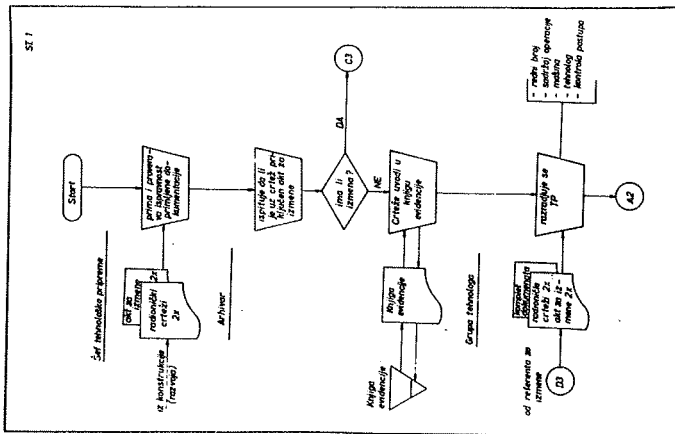
SL. 8 DIJAGRAM TOKA NA BAZI OSOBLJA ILI LOKACIJA

Slično se formiraju dijagrami toka na bazi dokumenata i na bazi datoteka. U ova dva slučajeve dijagram toka dat je u dimenzij-skoj matrici, s tim što se u horizontalnom pravcu nalaze doku-menta ili datoteke, zavisno od tipa dijagrama toka.

Na jedan od navedena četiri načina moguće je izvršiti analizu postojećeg sistema i projektovanje novog sistema cirkulacije tehnološke dokumentacije sa svim potrebnim elementima za izgradnju integralnog proizvodnog informacijskog sistema. Na kraju se na- vodi primer jednog dijagrama toka na bazi procesa, a za poslove industrije prerade metala.

### 3. Primer sistem analize preko dijagrama toka

Na slici 9 dat je primer jednog hipotetičnog dijagrama toka si- stema na bazi procesa. Crtež je dat u tri segmenta radi konek-



Slika 9.

torskih veza na njemu. Za ovaj slučaj se polazi od šefa tehnološke pripreme koji dobija iz konstrukcije akt za izmene i radionički crtež i vrši proveravanje ispravnosti primljene dokumentacije. Arhivar ispituje da li je uz crtež priključen akt za izmene, ako jeste, utvrđuje da li izmena ima ili nema.

U slučaju da postoje izmene, onda se ide direktno preko konektora C3 na segment 3 gde se vrši kompletiranje odgovarajuće dokumentacije uz akt za izmene. Ovako kompletirana dokumentacija ide kod referenta za izmene koji proverava kompletnost dokumentacije, i to daje grupi tehnologa koja je označena konektorom D1, i onda se vraća ceo tok na prvi segment dijagrama toka.

Za slučaj da izmena nema, crteži se uvode u knjigu evidencije (sa leve strane je prikazana knjiga evidencije njeno korišćenje, tj. ažuriranje i vraćanje na prvobitno mesto) i predaju se grupi tehnologa. Od ove tačke u dijagramu toka ima se ista cirkulacija dokumentacije, pošto je na ovom nivou data konektorska veza od referenta za izmene koji je kompletirao radioničke crteže sa aktima za izmenu.

Grupa tehnologa razradjuje tehnološki postupak sa označenim elementima koji su dati sa desne strane dijagrama toka, zatim se razradjuje tehnološki instrukcioni list, i na osnovu ova dva dokumenta formira se koncept spiska alata u tri primerka. Grupa normiraca radi na osnovu ova tri dokumenta normative i formira se koncept operacionog lista. Glavni normirac kontroliše kompletan posao, odlaže normativ u datoteku i prosledjuje dokumentaciju do tehnologa materijala. Na ovaj je način u ovom delu zatvoren dijagram toka informacija na bazi procesa.

#### 4. Zaključne napomene

Primena dijagrama toka omogućuje kompleksnu analizu cirkulacije postojeće dokumentacije i utvrđivanje punktova izmene te dokumentacije, kao i veze pojedinih grupa dokumenata sa određenim punktovima aktivnosti u jednom proizvodnom sistemu. Na osnovu dobijene slike postojećeg stanja informacijskog i funkcionalnog sistema vrši se projektovanje novog informacijskog sistema, koji pretpostavlja korišćenje kompjutera. To ima za posledicu da



se prenose čitavi nizovi funkcija u programskom obliku u cilju kretanja i ažuriranja pojedinih grupa dokumenata u proizvodnom pogonu. Za izvodjenje ovih aktivnosti neophodne je postojanje datoteka i razvoj odgovarajućih programa koji su proistekli iz utvrđenog informacijskog sistema za upravljanje proizvodnjom.

## 5. Literatura

- [1] V.R. Milačić, Primena elektronskih računskih mašina (komputera) u upravljanju industrijskim preduzećima, Zbornik Savetovanja o organizaciji rada, Koper (1970) str. 231
- [2] V.R. Milačić, Tehnološki sistemi, Monografije IAMA,3(1971)

K. Eman, V.R. Milačić

### System Analysis of Documentation Flow

The paper is divided in three parts. First part deals with the structure of work documentation. Comparison has been made for four different factories. Documentation flow analysis methods are discussed in the second part. Finally, the third part is an example of flowchart documentation analysis in workshop environment.



M. Kalajdžić x)

MODELIRANJE PRORAČUNA MAŠINSKE KONSTRUKCIJE xx)

1. Uvod

U analizi složenih mašinskih konstrukcija u izvodjenju predprojektne, a i projektne koncepcije, kao i u statičkoj i dinamičkoj identifikaciji određenih parametara kvaliteta, koji se odnose na ponašanje realne, izvedene konstrukcije u eksploataciji, u komparaciji i korišćenju eksperimentalnog testa, nameće se potreba bržeg razvoja i njihove realizacije, što je omogućeno bržim razvojem kompjuterske tehnike, a ekonomski je opravdano i u oblasti projektovanja alatnih mašina.

Radovi u ovoj oblasti (napr. [1], [2], [3]) na strani, a i kod nas [4], [5], izvedeni i u toku u Institutu za alatne mašine i alate, pokazuju da niz novih metoda, koje se prvenstveno odnose na sračunavanje statičkih i dinamičkih karakteristika, posebno nosećih konstrukcija, mogu dovesti do razrešavanja niza dilema u projektnoj fazi, pri čemu se koriste razvijeni programi za digitalne kompjutere.

Uporedo sa razvojem i modeliranjem proračuna mašinskih konstrukcija, izvedeni su i fizički modeli od pleksiglasa, za teške a-

---

x) Milisav J. Kalajdžić, dipl.maš.ing., samostalni saradnik Instituta za alatne mašine i alate, Beograd, 27 marta 80

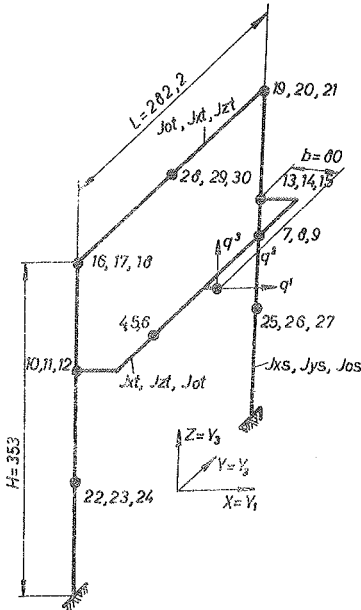
xx) Saopštenje iz Instituta za alatne mašine i alate, Beograd, predstavlja deo radova na projektima "Istraživanje i razvoj metoda za ispitivanje obradljivosti i grupna tehnologija sa optimizacijom u pojedinačnoj i serijskoj proizvodnji", u čijem su finansiranju učestvovali Savezni fond za finansiranje naučnih delatnosti i Republička zajednica za naučni rad SR Srbije, a takodje i deo uvodnih istraživanja za Makroprojekt "Razvoj i optimizacija obradnih sistema u individualnoj, maloserijskoj i srednjoserijskoj proizvodnji".

latne mašine portalnog tipa kao primer, uz posebno razvijene metode njihovog testiranja koriste se eksperimentalni rezultati za verifikaciju sprovedenog proračuna.

U daljem se iznose određeni rezultati i sopstvena iskustva u modeliranju proračuna statičkih i dinamičkih karakteristika noseće konstrukcije teških alatnih mašina portalnog tipa.

## 2. Metod koncentrisanih masa

Proračun, statički i dinamički, koristeći sličan metod koncentrisanih masa kao u radovima [1], [2] sproveden je za model portalne dugohode rendisaljke, [4], [5]. Ovde je ceo portal (stubovi sa poprečnom gredom i traverza sa nosačem alata) predstavljen preko koncentrisanih masa (slika 1), tako da se između pojedinih koncentrisanih masa za stub, poprečnu gredu i traverzu usvajaju elastične grede konstantne krutosti na savijanje i uvijanje. Za ovako usvojen dinamički model portala postavljena je diferencijalna jednačina oscilovanja u tenzorskom obliku [4]



Sl. 1 Usvojen dinamički model portala sa koncentrisanim masama [4]

$$a^{-\ell m} g_{mj} \ddot{q}^j + 2a^{-\ell m} p_{mj} \dot{q}^j + q^\ell = a^{-\ell m} b_{mj} F^j \cos(\Omega t) ,$$

gde su  $g_{ij}$  = osnovni metrički tenzor usvojenog konfiguracionog prostora,  $p_{ij}$  = tenzor prigušivanja, i  $a_{ij}$  = uticajni koeficijenti elastičnosti.

Iz gornje jednačine dobija se frekventna jednačina sistema u obliku

$$|g_j^\ell - a^{-\ell m} g_{mj}(\omega)^2| = 0 .$$

Iz ove frekventne determinantne jednačine, korišćenjem standard-

nih programa za kompjutere izvršeno je sračunavanje sopstvenih frekvenci sistema, pri čemu su rezultati u odnosu na eksperimentalno dobijene bili u potpunosti zadovoljavajući.

S druge strane, posebno pitanje u ovom slučaju postavlja se u odnosu na određivanje tenzora uticajnih koeficijenata, kao i ekvivalentnih krutosti komponenti portala.

Tenzor uticajnih koeficijenata određen je članovima matrice  $[a_{ij}]$  koja je u potpunosti "ispunjena", tako da ovaj momenat za sisteme sa usvojenim većim brojem stepeni slobode dovodi do određenih teškoća u programiranju, pored otvorenog pitanja određivanja ekvivalentnih krutosti elemenata portala.

### 3. Metod konačnih elemenata

Analiza konstrukcije karusel struga, za koju su razvijene i usavršene metode za statičko-dinamičko testiranje već bile iznete [5] koristeći model izrađen od pleksiglasa, vrši se metodom konačnih elemenata, čija je primena u oblasti alatnih mašina već uvedena (npr., [3]). Proračun pojedinih elemenata prema radovima [6],[7] sprovodi se na taj način što se cela konstrukcija, koja je u osnovi jako složena, deli na dovoljno velik broj elemenata, u prvom redu trouglastog oblika. Za svaki element trouglastog oblika (ili u obliku četvorougla) određuje se matrica krutosti koja je u opštem slučaju kvadratna i 9-og reda.

Ova matrica određuje se preko

$$[k_{em}] = \iint_A t [\mathcal{E}]^t [D] [\mathcal{E}] dx dy ,$$

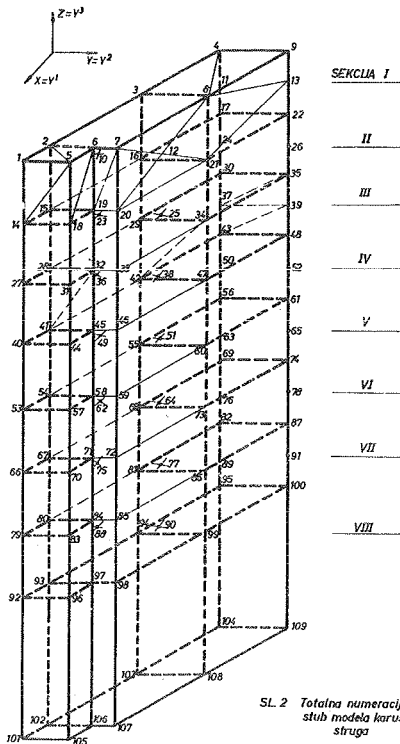
gde je  $t$  = debljina konačnog elementa,  $[\mathcal{E}]$  = matrica deformacije,  $[D]$  = matrica elastičnosti, odnosno

$$[D] = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} ,$$

gde su  $E$  i  $\nu$  = modul elastičnosti i Puasonov koeficijent.

Podelom cele konstrukcije na niz konačnih elemenata i vršenjem

totalne nomenklature tačaka, koje predstavljaju temena konačnih



SL. 2 Totalna numeracija za stub modela karusel struga

elemenata, ceo proces odredjivanja parcijalnih matrica krutosti, kao i formiranje matrice krutosti za celu konstrukciju potpuno se automatizuju razvijanjem posebnih programa za digitalni kompjuter. Na slici 2 za stub modela karusel struga daje se totalna nomenklatura tačaka prema kojoj se vrši podela na konačne elemente trouglaste forme i formira matrica krutosti. Kao ulazni podaci za kompjuter koriste se koordinate ovih tačaka.

Na slici 3 daju se, primera radi, dimenzije matrice krutosti za ceo stub. Puno šrafirana polja predstavljaju matrice krutosti za pojedine sekcije stuba  $[K]_I, [K]_{II}, \dots, [K]_{VII}, [K]_{VIII}$ , dok matrice  $[C]_I, \dots, [C]_{VII}$

predstavljaju matrice veza izmedju pojedinih sekcija.

S obzirom da je

$$[K] \{ \delta \} = \{ R \},$$

gde je  $\{ \delta \}$  = vektor pomeranja za numerisanje tačke, a  $\{ R \}$  = vektor spoljašnjeg opterećenja, to bi za odredjivanje statičkih pomeranja bilo potrebno odrediti inverznu matricu  $[K]^{-1}$ .

S druge strane, pošto je matrica  $[K]$  za ovako složene konstrukcije jako velika (npr., za stub karusel struga  $109 \times 3 = 327$ , kvadratna 327-og reda), to bi memorija čak i mamutskih kompjutera bila praktično nedovoljna. No pošto je, kako se na slici 3 vidi matrica krutosti "trakasta", odnosno veliki broj njenih članova jednak nuli, to se i s druge strane deljenjem stuba na sekcije može izvršiti odredjivanje pomeranja. Ovo se sprovodi iteracionom metodom, odnosno (videti sliku 3),

gde je

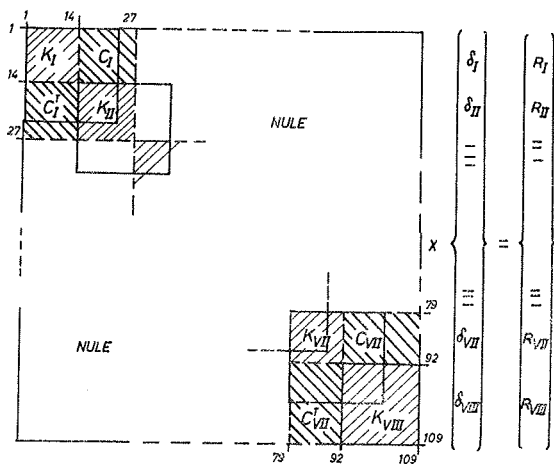
$$\{\delta\}_{VIII} = [\bar{K}]_{VIII}^{-1} \cdot \{\bar{R}\}_{VIII}$$

$$[\bar{K}]_N = [K]_N - [C]_{N-1}^T \cdot [\bar{K}]_{N-1}^{-1} \cdot [C]_{N-1} ,$$

$$\{\bar{R}\}_N = \{R\}_N - [C]_{N-1}^T \cdot [\bar{K}]_{N-1}^{-1} \cdot \{\bar{R}\}_{N-1} ,$$

$$(N = I, II, \dots, VII, VIII) .$$

U ovom se slučaju ima da je matrica  $[\bar{K}]_{VIII}$  kvadratna 42-og reda.



SL. 3 Oblik matrice krutosti za stub modela karusel struga

Za dinamički proračun portala koristi se matrica masa  $[M]$  koja se formira od parcijalnih matrica masa konačnih elemenata.

Formiranje matrice masa takodje se automatizuje izradom programa za digitalne kompjutere.

Sa matricom krutosti  $[K]$  i matricom masa  $[M]$  sprovodi se dalje sračunavanje sopstvenih frekvenci sistema, gde se valja zadržati na prvih nekoliko

najnižih, koje mogu biti od interesa za posmatranu konstrukciju i imaju mehaničkog smisla.

Dalji put u modeliranju proračuna prenosne funkcije sistema koristi i eksperimentalne rezultate za koeficijente prigušivanja, o čemu ovde neće biti detaljnijeg izlaganja.

#### 4. Umesto zaključka

Metod konačnih elemenata koji se u Institutu i dalje intenzivno proučava, posebno za primenu na složene konstrukcije, i koji se trenutno koristi u proračunu i analizi dvostubnog karusel struga, ima određenih nedostataka koji su skopčani sa teškoćama oko izrade pogodnih i generalnih programa za kompjutere. Posebno se postavlja pitanje kapaciteta memorije kompjutera za dovoljno

složene i velike konstrukcije.

Na osnovu dosadašnjih radova i iskustva stečenog u Institutu, a ne prilažući ovde posebne rezultate i programe za kompjutere, metod konačnih elemenata nalazi svoju primenu za analizu i proračun složenih konstrukcija alatnih mašina. S druge strane, metod konačnih elemenata u kombinaciji sa metodom koncentrisanih masa i ekvivalentnih krutosti pojedinih elemenata može naći širu primenu, posebno kod složenih konstrukcija, na čemu se intenzivno radi, a naročito na formiranju kompjuterskih programa.

## 5. Literatura

- [1] S. Taylor, S.A. Tobias, Lumped-constants Method for the Prediction of the Vibration Characteristics of Machine Tool Structures, Adv. Mach. Tool. Design and Res., Pergamon Press (1965) 37-52
- [2] S. Taylor, S.A. Tobias, Computer Methods for the Structural Analysis of Machine Tools, Ann. C.I.R.P., (1969) N-4, 519 - 531
- [3] A.C. Stephen, S. Taylor, Computer Analysis of Machine Tool Structures by Finite Element Method, Adv. Mach. Tool Design and Res., Pergamon Press (1969) 751-761
- [4] M. Kalajdžić, Razvoj računsko eksperimentalnih metoda za modelska ispitivanja struktura alatnih mašina, Saopštenja IAMA, 7 (1969) 847-858
- [5] M. Kalajdžić, Prikaz tehnike razvijene u IAMA za identifikaciju struktura mašinskih konstrukcija, Saopštenja IAMA, 11.(1970) 1623-1636
- [6] O.C. Zienkiewicz, The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics, Ma Graw-Hill (1967)
- [7] Dž. Argiris, Sovremennye dostiženija v metodah rasčeta konstrukcij s primeneniem matric, Moskva (1969) - ruski prevod s engleskog

M. Kalajdžić

The Mathematical Models for the Static and Dynamic Identification of Mechanical Structures

The paper examines a few information and reviews some experience in connection with the application of the method of concentrated masses with beams of equivalent rigidity and of the method of finite elements in calculation of static and dynamic behaviour of mechanical structures. The work carried out so far at the Institute for Machine Tools and Tooling in Beograd concerns the portal machine tools, and the models of a planing machine and of a vertical lathe made in plexiglass gave the necessary experimental evidence as the input in the developed system of calculation and verification.

R.06.06.



V. R. Milačić x)

PROIZVODNI INFORMACIJSKI SISTEMI xx)

1. Pretpostavke za formiranje proizvodnog informacijskog sistema

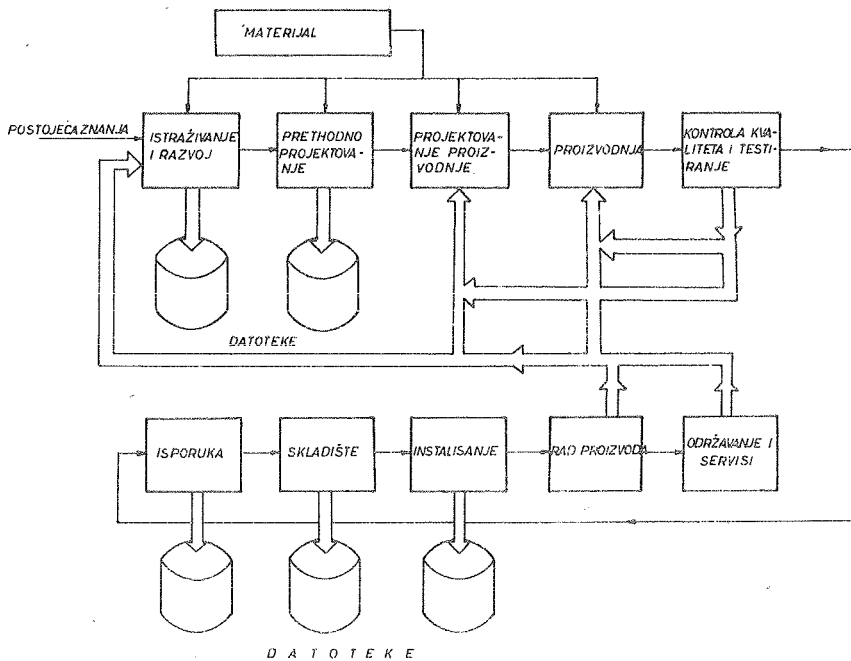
Da bi jedan kompleks predstavljao sistem treba da sadrži tri osnovne funkcije: upravljanje, radni proces i povratni tok informacija. Prelazeći preko poslovnog sistema kao široke kategorije koja obuhvata vrlo raznolike tipove sistema i aktivnosti u njima dolazi se na proizvodni sistem. Proizvodni sistem obuhvata skup tehnološko-ekonomsko-društvenih podсистема sa ciljem podizanja vrednosti polaznog materijala. Proizvodni sistem može da predstavlja pogon, fabriku ili preduzeće, zavisno do kog nivoa su spuštene pojedine aktivnosti. U cilju definisanja proizvodnog sistema potrebno je utvrditi kretanje materijala i informacija, saglasno definisanim aktivnostima unutar sistema.

Na slici 1 date su osnovne aktivnosti unutar jednog proizvodnog sistema, sa naznačenim pravcem kretanja materijala i informacija. Kretanje materijala i informacija na ovom primeru dato je za slučaj nastanka jednog proizvoda u nekom proizvodnom sistemu. Polazi se od postojećih znanja vezanih za taj proizvod, koja se primenjuju potrebnim u istraživanjima i razvoju, da bi u narednoj fazi nastupilo prethodno projektovanje, kao i konačno projektovanje proizvoda. Dalji tok odnosi se na utvrđivanje proizvodnje, kontrolu kvaliteta i testiranje samog proizvoda kao i

---

x) Vladimir R. Milačić, Dr.ing., vanr.profesor Mašinskog fakulteta, saradnik Instituta za alatne mašine i alate, Beograd

xx) Saopštenje Katedre za proizvodno mašinstvo i Instituta za alatne mašine i alate, Beograd, odnosi se delom i na uvodna istraživanja u Makroprojekt "RAZVOJ I OPTIMIZACIJA OBRADNIH SISTEMA ZA INDIVIDUALNU, MALO SERIJSKU I SREDNJESERIJSKU PROIZVODNJU



Slika 1.

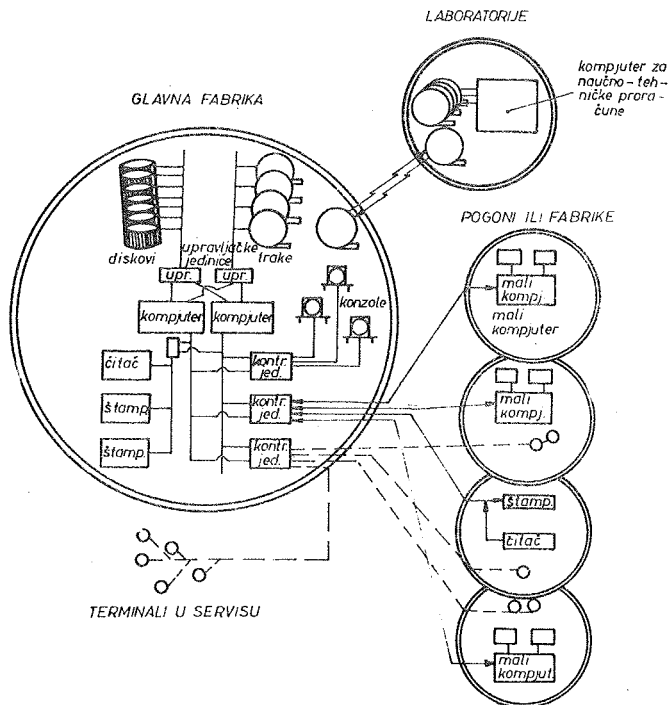
njegovu isporuku. Utvrđivanjem isporuke proizvoda vrši se njegovo skladištenje zatim instalisanje, onde gde je isporučen proizvod, kao i sam rad proizvoda kod kupca. Kod rada proizvoda potrebno je organizovati održavanje i servisiranje samog proizvoda.

Ovo bi bio tok materijala po aktivnostima koje dovode od ideje do postavljanja proizvoda u radne uslove za njegovim održavanjem i servisiranjem. Na slici 1 je širokim strelicama označena cirkulacija potrebnih informacija za pojedine aktivnosti. Za određene aktivnosti predviđeno je direktno formiranje datoteka u cilju prikupljanja utvrđenih informacija, dok je između pojedinih aktivnosti predviđena i mogućnost povratne veze sa pojedinim elementima celog proizvodnog sistema. Tako, na primer, informacije koje se dobijaju održavanjem i servisiranjem kao i radom samog proizvoda, koriste se u daljim istraživanjima i razvoju tog proizvoda, kao i u fazi projektovanja i proizvodnje samog proizvoda. Iz ovoga proizilazi da tokove informacija treba shvatiti kao infrastrukturu jednog proizvodnog sistema, tj. da

tokovi informacija predstavljaju ustvari proizvodni informacijski sistem.

U cilju izgradnje proizvodnog informacijskog sistema razradjen je kompleks dokumentacije, kao i pomoćna tehnika za obradu takve dokumentacije. Primena kompjutera u upravljanju proizvodnim sistemima omogućuje stvaranje proizvodnih informacijskih sistema višeg nivoa. Ovakav proizvodni informacijski sistem višeg nivoa polazi od pretpostavke da je kompletna logika cirkulacije informacija kao i obrada informacija sa permanentnim prikupljanjem i obnavljanjem u potpunosti rešena. Povezivanjem aktivnosti i informacija u logičke celine dobijaju se moduli informacijskog sistema koji se koriste za praćenje, a takodje i za odlučivanje unutar obuhvaćene grupe aktivnosti.

Dalje usložavanje proizvodnog informacijskog sistema javlja se u slučaju kada je njime obuhvaćen veći broj fabrika i aktivnosti unutar jednog preduzeća (slika 2). Na slici 2 dat je izgled



Slika 2.

jednog kompletnog proizvodnog informacijskog sistema koji se sastoji od informacijskog sistema glavne fabrike, informacijskih sistema pogona ili fabrika i informacijskog sistema laboratorije za ispitivanje.

Svi ovi satelitski sistemi telekomunikaciono su povezani sa glavnom fabrikom preko specijalnih kompjutera ili preko terminalskih jedinica. Prema ovoj šemi glavna fabrika ima dva kompjuterska sistema, i to sa trakama i sa diskovima, kao i čitav niz display jedinica razmeštenih po pojenim punktovima glavne fabrike za komuniciranje sa kompjuterima. Pogoni ili fabrike koje ulaze u sastav glavne fabrike vezani su direktno sa kompjuterima glavne fabrike, i to preko malih kompjutera gde se vrše određene operacije u okviru upravljanja proizvodnim sistemom tog pogona ili se pak vrši terminalsko komuniciranje sa glavnom fabrikom. Veza laboratorije sa glavnom fabrikom je drugačija, i komuniciranje je off-line, tj. određene informacije koje se odnose na naučno-tehničke proračune uskladištavaju se na diskove i tek onda će biti pristupačni za kompjutere glave fabrike. Ovom šemom nije obuhvaćeno komuniciranje sa obradnim jedinicama unutar jedne fabrike, i to direktno kompjuterom. Time bi se još više usložila šema komuniciranja u okviru jednog proizvodnog informacijskog sistema.

U cilju izgradnje integralnog sistema za upravljanje proizvodnjom, tj. integralnog proizvodnog informacijskog sistema, pojedini proizvođači kompjutera pristupili su izradi oštih koncepta za rešavanje ovog problema. Navode se tri takva primera integralnih proizvodnih informacijskih sistema.

## 2. Primeri proizvodnih informacijskih sistema

Svaki proizvođač kompjutera teži da izgradi paket programa koji se odnose na integralno upravljanje proizvodnjom. Ovde nije namera da se ti paketi programa, koji se odnose na ovu problematiku analiziraju, već se daju samo tri razradjena sistema, i to firmi Honeywell, IBM i ICL. Elementi Honeywell integralnog informacijskog sistema za upravljanje proizvodnjom dati su na slici 3. Ovaj sistem sastoji se iz 8 podsistema, i to obrade poru-

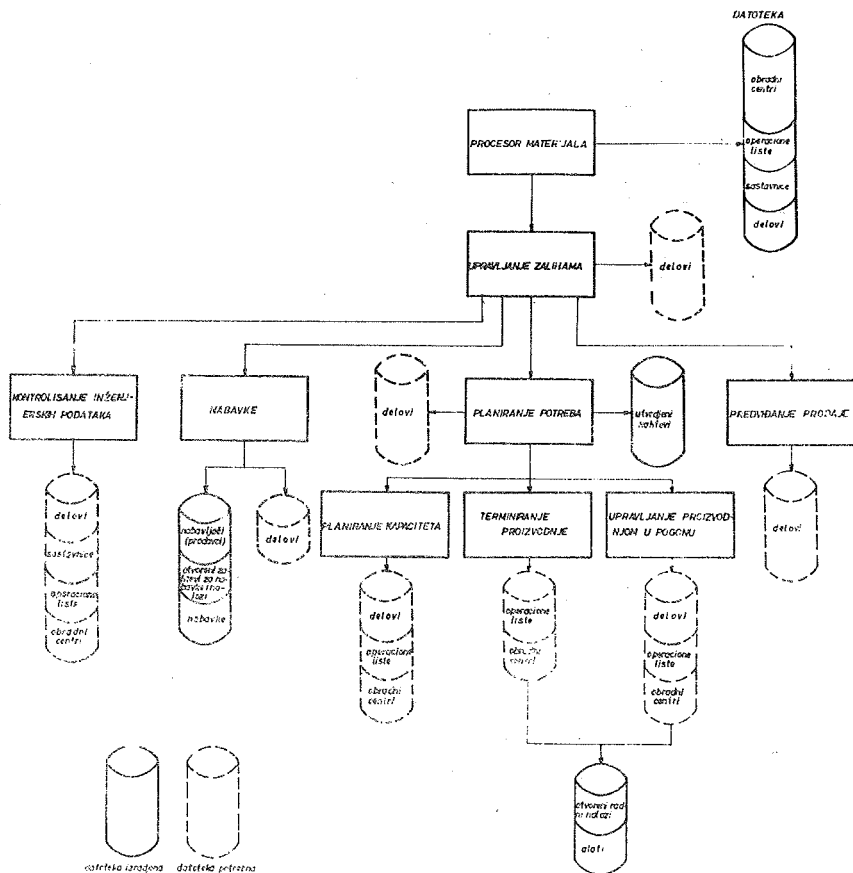


džbina, predviđanja vezana za zalihe i njihova kontrola, planiranje upravljanja, nabavke, tehničko proizvodne aktivnosti, generisanje zahteva, terminiranje proizvodnje i za kontrolu proizvodnje.

Na slici 3, pored veza koje su date za pojedine podsisteme, naznačene su i faze uvođenja ovog sistema. Punom linijom dati su elementi sistema koji se uvode u prvoj fazi. Linijama crta - tačka dati su elementi sistema koji se uvode u drugoj fazi, dok je treća faza označena isprekidanom linijom. Ovaj sistem polazi od obrade porudžbina kao osnove za definisanje prognoze prodaje i utvrđivanja osnovnih elemenata za kontrolu zaliha materijala i gotovih proizvoda. U drugoj fazi pristupa se definisanju neto potreba, time što se određuju aktivnosti vezane za nabavke kroz formiranje zahteva, što predstavlja i pripremu za uvođenje treće faze, koja obuhvata terminiranje proizvodnje i direktnu kontrolu u proizvodnji. Za ovaj sistem izgrađen je čitav niz potrebnih datoteka sa kojima je moguća ostvariti i navedene aktivnosti.

Sistem IBM, za integralno upravljanje proizvodnjom, polazi od definisanja osnovnih podataka vezanih za materijal (slika 4). Pre svega, preko procesora materijala definišu se osnovne datoteke i to: datoteka delova, datoteka sastavnica, datoteka operacionih lista i datoteka obradnih centara. Na osnovu procesora materijala pristupa se izgradnji prvog nivoa informacijskog sistema, a to je upravljanje zalihama korišćenjem datoteke delova. Na drugom nivou nalaze se sledeći moduli ovog sistema: kontrolisanje inženjerskih podataka, nabavka, planiranje potreba i predviđanje prodaje. Na osnovu planiranja potreba vrši se utvrđivanje zahteva, dok na osnovu nabavki definišu se datoteke za nabavke, otvoreni zahtevi i nabavljači. Na trećem nivou ovog sistema vrši se planiranje kapaciteta, terminiranje proizvodnje i upravljanje proizvodnjom u pogonu. Za module terminiranja proizvodnjom kao i upravljanja proizvodnjom u pogonu formiraju se datoteke otvorenih radnih naloga kao i datoteka alata.

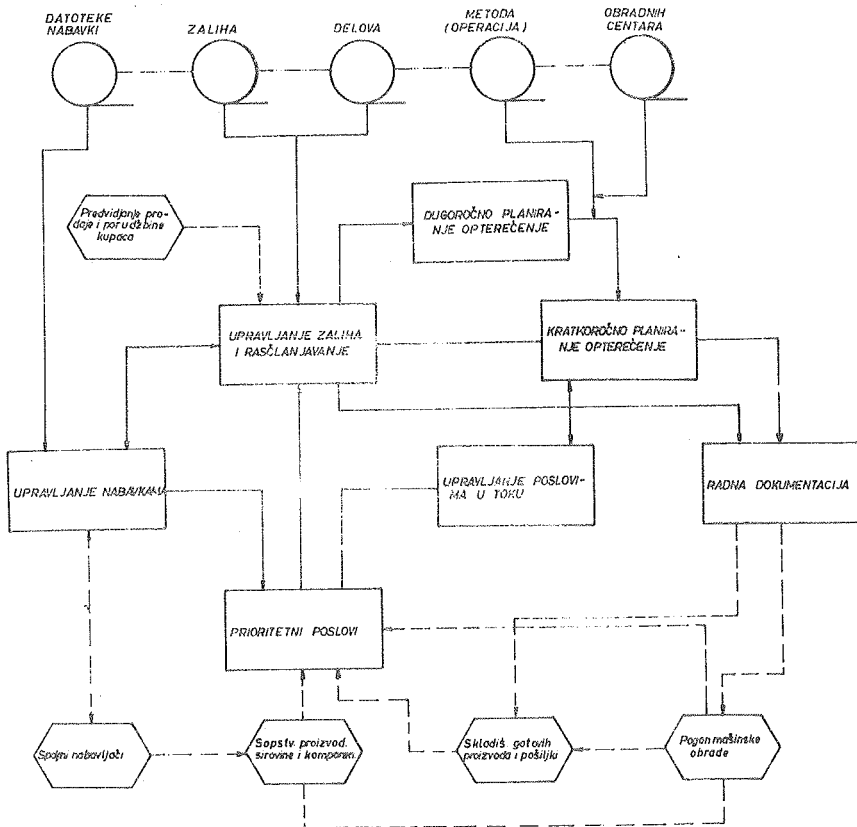
Treći sistem za upravljanje proizvodnjom je sistem firme ICL dat na slici 5. Ovaj sistem sastoji se iz sledećih osnovnih elemenata: upravljanje zalihama, rasčlanavanja, upravljanje na-



Slika 4.

bavkama i upravljanje proizvodnjom. Modul upravljanja proizvodnjom obuhvata podsisteme dugoročnog planiranja opterećenja, kratkoročnog planiranja opterećenja, upravljanja poslovima u toku kao i radnom dokumentacijom. Ovaj sistem je predviđen za datoteke na magnetnim trakama, i to sa pet osnovnih datoteka. Osnovne datoteke za izgradnju ovog sistema su datoteka nabavki, zaliha, delova, operacija i obradnih centara. Ove datoteke su građene na modularnom principu, tako da svaka od njih sadrži i odgovarajuće kapsule koje se koriste u određenim operacijama.

Sva tri sistema predstavljaju hipotetične sisteme koji zahtevaju vrlo velike konfiguracije kompjutera za realizaciju postav-



Slika 5.

ljenih modela. Poseban problem predstavlja definisanje pojedinih datoteka i struktura tih datoteka. Svaki od ovih sistema bazira se na datotekama sa vrlo velikim brojem informacija, što zahteva postavljanje komplikovanog informacijskog sistema. Dosađajne iskustvo ukazuje da ovako konceptirani integralni proizvodni informacijski sistemi nisu dosledno sprovedjeni u praksi, već su korišćeni samo delovi koji su najviše odgovarali postojećoj strukturi informacija u određenoj organizaciji. Zbog toga je neophodno potrebno pristupiti i izgradnji odgovarajućih proizvodnih informacijskih sistema za pojedine fabrike kod nas.



### 3. Zaključne napomene

Navedeni kratki pregled primera proizvodnih informacijskih sistema kao i uvid u njihovu realizaciju u pojedinim grupama inostranih preduzeća ukazuje na sledeće probleme:

- (i) Za izgradnju informacionog sistema višega nivoa potrebno je u velikoj meri koristiti postojeći sistem informacija sa dogradnjom koja je usmerena u pravcu formiranja potrebnih datoteka. To ima za posledicu sistematizaciju baznih podataka vezanih za delove, operacije i obradne sisteme, kao i odgovarajući metod definisanja geometrijske i tehnološke informacije.
- (ii) Stvaranje modela integralnog informacijskog sistema za prethodnih definisanjem faza uvođenja. Iskustva ukazuju da se postojeći proizvodni informacijski sistemi međusobno razlikuju, jer su u različitim organizacijama u različitim periodima bili uvođeni. Svaka organizacija, tj. preduzeće ne polazi od istog koncepta prilikom projektovanja proizvodnog informacijskog sistema, već ga bazira na stečenim dotadašnjim iskustvima u oblasti upravljanja proizvodnjom.
- (iii) Projektovani integralni proizvodni informacijski sistem, treba da bude na modularnom principu, kako bi mogao da se uvodi u svojim delovima, a da prilikom konačnog uvođenja predstavlja zaokruženu celinu. Ovo je naročito važno, jer je period uvođenja jednog integralnog proizvodnog informacijskog sistema relativno vrlo dug, i iznosi najmanje nekoliko godina.
- (iv) Moduluski projektovan proizvodni informacijski sistem treba da omogući dobijanje na svim nivoima njegovog uvođenja potrebne informacije za odlučivanje i upravljanje unutar jedne organizacije.
- (v) Dosadašnji nivo razvoja proizvodnih informacijskih sistema kod nas ukazuje da se nalazimo na samom početku, tj. nalazimo se u fazi formiranja osnovnih datoteka za izgradnju jednog integralnog proizvodnog informacijskog sistema.

#### 4. Literatura

- [1] V. R. Milačić, Primena elektronskih računskih mašina (komputera) u upravljanju industrijskim preduzećima, Zbornik Savetovanja o organizaciji rada, Koper (1970) str. 231
- [2] V. R. Milačić, Tehnološki sistemi, Monografija IAMA, 3 (1971) - u štampi.

V. R. Milačić

#### Production Information Systems

Three developed Production Information Systems have been discussed in the paper. The first system is Factor system introduced by Honeywell. Factor system has following subsystems: order processing, forecasting, inventory reporting and control, purchasing, manufacturing /engineering file processing, requirements generation, production scheduling and control and management planning. The IBM PICS-system is divided in eight subsystems: engineering data control, inventory control, sales forecasting, requirements planning, purchasing, capacity planning, operation scheduling and shop floor control. The ICL PROMPT system consists of four interlocking stages each, of which may be operated independently: breakdown, stock control, factory planning and control and purchase control. After reviewing the three systems, the author compares them and discusses the relevant circumstances in Yugoslav Industries.

Ž. Spasić, V.R. Mlačić x)

PRILOG PROBLEMU FORMIRANJA DATOTEKE DELOVA xx)

1. Strukturisanje proizvoda

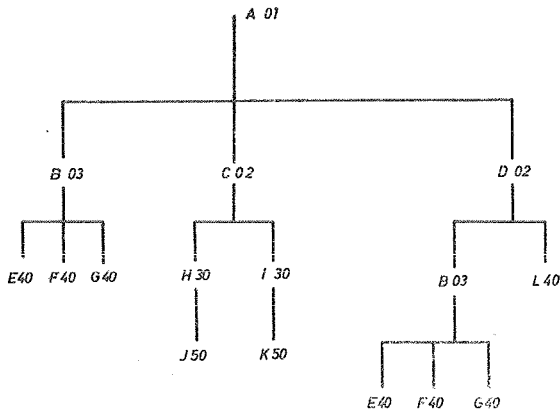
Za definisanje proizvodnog sistema potrebno je utvrditi kretanje materijala, informacija i energije. U cilju dobijanja uvida u materijal potrebno je odrediti šta je od materijala sve potrebno, koliko je od pojedinih vrsta materijala potrebno i kada je to potrebno. Zbog toga se vrši i strukturisanje finalnog proizvoda ili pak strukturisanje pojedinih podsklobova u okviru finalnog proizvoda. Iz ovoga može da se formira spisak materijala sa svim potrebnim elementima u procesu proizvodnje.

Na slici 1 pokazana je struktura finalnog proizvoda A sa označenim kodovima nivoa. Polazi se od proizvoda A koji je na prvom nivou i koji se sastoji iz proizvoda C i D, čija je pripadnost drugi nivo, kao i proizvoda B koji se nalazi na trećem nivou. Dalje je prikazano grananje svakog od ovih elemenata drugog nivoa. Tako, na primer, prikazano je da se podsistem D grana u B i L, dok se dalje B na trećem nivou grana u elemente E, F i G. Oznake koje su navedene odnose se na pojedine elemente u strukturi finalnog proizvoda, dok brojevi označavaju nivoe na kojima se ti elementi nalaze. Tako, na primer, kao fik-

---

x) Žarko Spasić, dipl.ing., asistent Mašinskog fakulteta, saradnik Instituta za alatne mašine i alate, Beograd, Dr. Vladimir R. Mlačić, dipl.ing., vanr. profesor Mašinskog fakulteta, saradnik Instituta

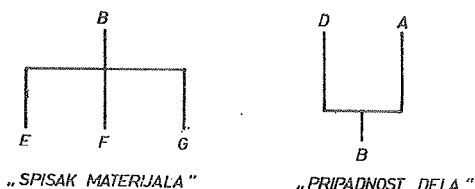
xx) Sadržaj Katedre za proizvodno mašinstvo Mašinskog fakulteta i Instituta za alatne mašine i alate, Beograd, a odnosi se na priprema istraživanja za Makroprojekt RAZVOJ I OPTIMIZACIJA OBRADNIH SISTEMA ZA INDIVIDUALNU, MALOSERIJSKU I SREDNJE SERIJSKU PROIZVODNJU, u čijem finansiranju učestvuju Savezni fond za finansiranje naučnih delatnosti, Republička zajednica za naučni rad i nekoliko privrednih organizacija.



SL. 1 STRUKTURA FINALNOG PROIZVODA A SA OZNAČENIM KODOVIMA NIVOVA

vidi se da je za deo B, koji se sastoji iz elemenata E, F i G, moguće dodati i broj elemenata (ili jedinice mere) kako bi se definisao spisak materijala u odnosu na polazni deo B.

Za pripadnost dela ide se obrnutim tokom, tako da se polazi od



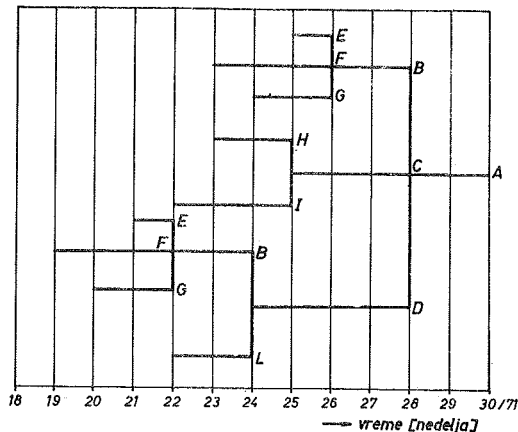
Slika 2.

pripadnost jednog dela u okviru pojedinih sklopova ili podsklopova. Da bi se odgovorilo na pitanje kad je koliko materijala potrebno, strukturisanje proizvoda se izvodi na način što se strukturnom dijagramu dodaje vremenska dimenzija za posmatrani proizvod. Na sl.3 dat je prikaz jednog takvog strukturnog dijagramasa vremena ostvarenja za finalni proizvod A. Navedene su vremenske jedinice u nedeljama date godine. Definiše se termin završetka proizvoda A, a onda su ulevo naneti pojedini podsklopovi i kom-

sni nivoi su uzeti: 30 - kao sitni delovi za spajanje, 40 - delovi koji se nabavljaju i 50 - sirovina. Moguće je dati i strukturni dijagram finalnog proizvoda na taj način što pored nivoa sadrži i broj jedinica svakog elementa koji čini sklop.

Na slici 2 dat je izgled spiska materijala, kao i pripadnost dela. U prvom slučaju

dela B, a onda se specificiraju, vertikalno na više, delovi kojima pripada deo B. Deo B pripada direktno finalnom proizvodu A, kao i podsklopu D. Preko dijagrama pripadnosti dela iskazuje se direktna pri-



SL. 3 VREMENA OSTVARENJA ZA PROIZVOD A I NJEGOVE KOMPONENTE

ponente kao i sirovine, prema redosledu u vremenu kada treba da budu izradjeni ili nabavljeni. Prema prikazanom dijagramu, proizvodnja za proizvod A počinje devetnaeste nedelje u godini, a završava se tridesete nedelje. Na osnovu ovoga moguće je formirati potrebne narudžbine i utvrditi stanje na skladištu u cilju definisanja neto potreba koje se odnose na aktivnosti u proizvodnom pogonu.

## 2. Struktura datoteke delova

Na bazi strukturisanja proizvoda kao i odredjivanja potrebnih informacija pristupa se izradi datoteke delova. Pritom je značajno da se razmotri struktura datoteke delova. Kao primeri uzimaju se datoteke delova firmi IBM, ICL i HONEYWELL.

Na slici 4 navedena je glavna datoteka delova firme IBM. Ova datoteka sadrži 109 naslova kojima su obuhvaćene određene grupe informacija potrebne za ostvarenje integralnog proizvodnog informacijskog sistema. Glavna datoteka delova, kao jedna od osnovnih datoteka u proizvodnom informacijskom sistemu, u grupama zaglavlja ima potrebne elemente za pojedine podsisteme.

Na početku se daju osnovni podaci vezani za artikal kao što su: sklop, podsklop, izradjen deo, sirovina, nabavljen deo itd. Zatim se vrši definisanje strukture proizvoda, način poručivanja, prognoziranje i struktura potrebnog vremena za proizvodnju jednog takvog proizvoda. Naredni deo datoteke odnosi se na utvrđivanje cene samog proizvoda, odredjujući pre svega standardne i stalne troškove, a zatim jediničnu cenu. Istorijat korišćenja



artikla obuhvata potraživanje tog artikla i njegovo izdavanje. Posebna grupa informacija odnosi se na zalihe proizvoda koji je obuhvaćen datotekom, i to za tekuci period, raspoložive zalihe i fizičke zalihe. Na osnovu ovoga vrši se planiranje količine za naručivanje sa definisanjem ograničenja potreba za ovim proizvodom kao i navodjenje kod kog je nabavljača naručeno. Poslednji segment datoteke delova odnosi se na inženjerske crteže kao i na izmene. Aktivnosti službe izmena obuhvataju zadnju inženjersku izmenu i trenutnu inženjersku izmenu. Svaki od ovih segmenta u okviru glavne datoteke delova obuhvata čitav niz potrebnih informacija, kao i veza sa drugim datotekama ovog informacijskog sistema.

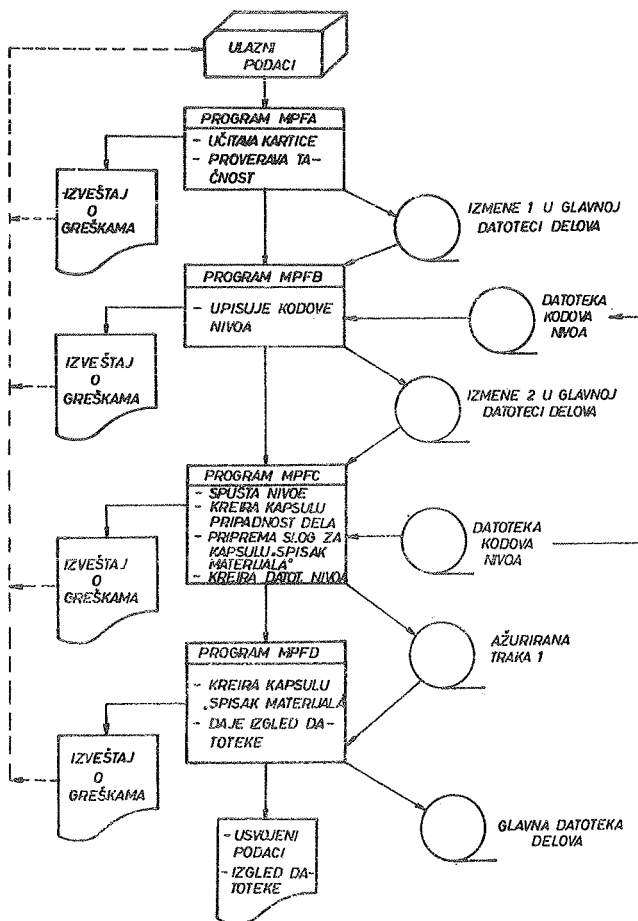
Prednost ovako definisane glavne datoteke delova sastoji se u tome što posmatra vrlo veliki broj potrebnih informacija za integralno upravljanje proizvodnjom. Međutim, osnovni nedostatak je što su za vođenje tolikog broja informacija i za njihovo permanentno ažuriranje potrebni vrlo veliki izdaci, za kupovinu konfiguracija, kao i za organizovanje službi unutar preduzeća za praćenje ovog broja informacija.

Firma ICL daje modularnu organizaciju glavne datoteke delova kroz definisanje kapsula, koje predstavljaju celinu za određene grupe aktivnosti, dok grupe kapsula definišu glavnu datoteku delova. Svaka kapsula sastoji se iz fiksnog dela kapsule i ponavljajućeg dela kapsule. Ovde se navode dve osnovne kapsule : kapsula pripadnosti dela i kapsula spiska materijala. Fiksni deo kapsule sastoji se iz podataka zaglavlja kao i podataka o delu. Na ovaj način moguće je daleko racionalnije, tj. sa daleko manjom konfiguracijom sistema, izvršiti poslove kojise odnose na upravljanje proizvodnjom.

Treća datoteka delova firme HONEYWELL za sistem FACTOR sadrži takodje veliki broj podataka, ukupno 31 zaglavlje. Zaglavlja se u najvećoj meri odnose na proces organizovanja proizvodnje, a samo vrlo malim delom na definisanje samog procesa proizvodnje. To znači da najveći deo ove datoteke obuhvataju informacije vezane za sistem upravljanja zalihama, kao i za sistem narudžbina i isporuka, dok samo jednim delom odnose se na utvrđivanje troškova radne snage, troškova materijala i troškova transporta.

Primer ove datoteke nedvosmisleno pokazuje da je ceo sistem za upravljanje proizvodnjom gradjen sa zadatkom organizovanja narudžbina i prodaje proizvoda kao glavnim aktivnostima u ukupnom procesu upravljanja proizvodnjom.

Na slici 5 dat je dijagram toka za formiranje glavne datoteke



Slika 5.

delova. Kako je ovde navedeno za formiranje glavne datoteke delova potrebna su četiri programa. Prvi program se odnosi na čitanje kartica i proveru tačnosti, dok se u drugom programu upisuju kodovi nivoa. Ovaj drugi program vezan je za samo strukturisanje proizvoda, kako je u prvom poglavlju navedeno. Naredna etapa, u



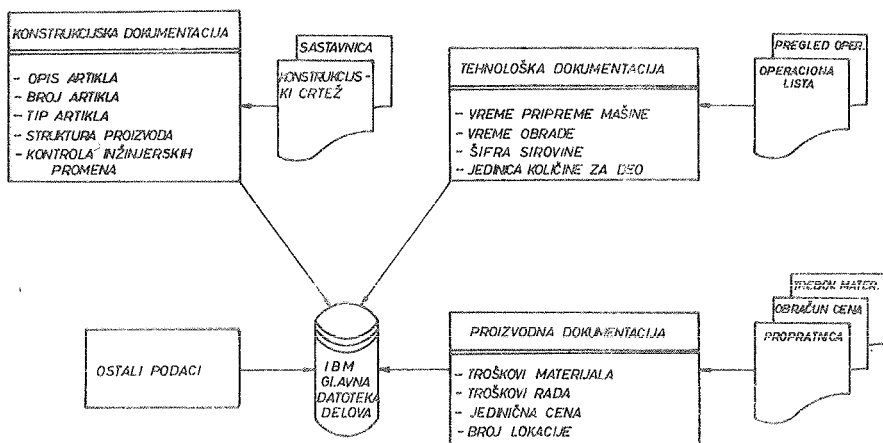
kreiranju glavne datoteke delova, predviđa razvoj programa koji se odnosi na formiranje kapsule pripadnosti dela, kao i pripremu sloga za kapsulu spiska materijala. Četvrti program obuhvata kreiranje kapsule materijala i daje ukupan izgled datoteke delova.

Na svim ovim nivoima vrši se izveštavanje o greškama i korekcijama ulaznih podataka, dok se sa desne strane navode dva nivoa izmena i datoteka kodova nivoa, uz potrebnu traku za ažuriranje. Ovaj primer odnosi se na glavnu datoteku delova koja se formira na trakama, a koja je u saglasnosti sa sistemom PROMPT firme ICI.

### 3. Formiranje datoteke iz postojeće dokumentacije

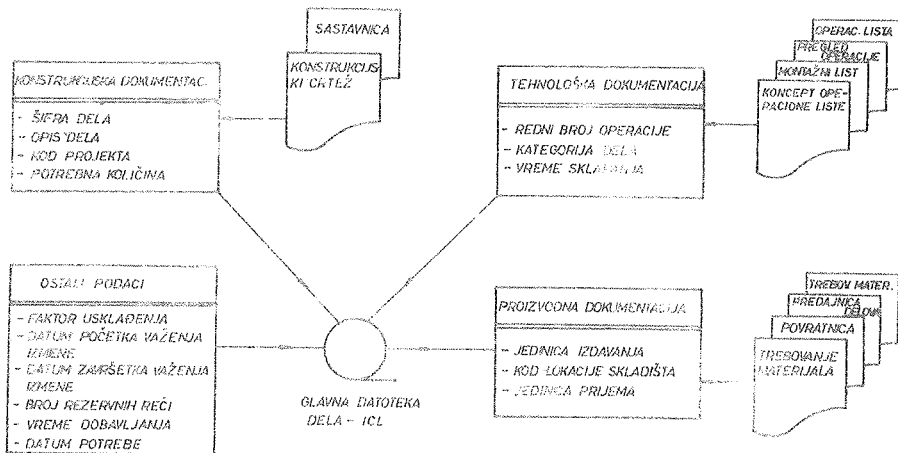
Na formiranje glavne datoteke delova utiče koncept integralnog informacijskog sistema za upravljanje proizvodnjom i postojeća dokumentacija. Nesumnjiv je vrlo veliki uticaj oblika postojeće dokumentacije u procesu projektovanja integralnog informacijskog sistema, te je zbog toga neophodno u prvoj fazi uvođenja sistema višeg nivoa razmotriti mogućnost formiranja glavne datoteke delova iz postojeće dokumentacije. Ukoliko postojeća dokumentacija, tj. konstrukcijska, tehnološka i proizvodna dokumentacija, sadrži sve potrebne elemente za formiranje ove datoteke, utoliko je i lakši prelazak sa jednog nivoa informacijskog sistema u okviru jednog preduzeća na njegov viši nivo primenom kompjutera.

Izvršena je analiza postojeće dokumentacije u pet različitih organizacija i istražena njihova pogodnost za formiranje glavnih datoteka delova za tri navedena informacijska sistema. Tako je na slici 6 dat pregled elemenata, tj. informacija koje se koriste iz konstrukcijske, tehnološke i proizvodne dokumentacije za formiranje glavne datoteke delova po sistemu IBM. Za svaku grupu dokumentacije navedeni su i sami dokumenti iz kojih se koriste pojedina zaglavlja. Uporedjenje glavne datoteke delova, koja sadrži preko stotinu naslova, i informacija koje se dobijaju iz ove tri grupe dokumentacija ukazuje da ostali podaci, kojih je vrlo mnogo, moraju da se crpe iz druge dokumentacije.



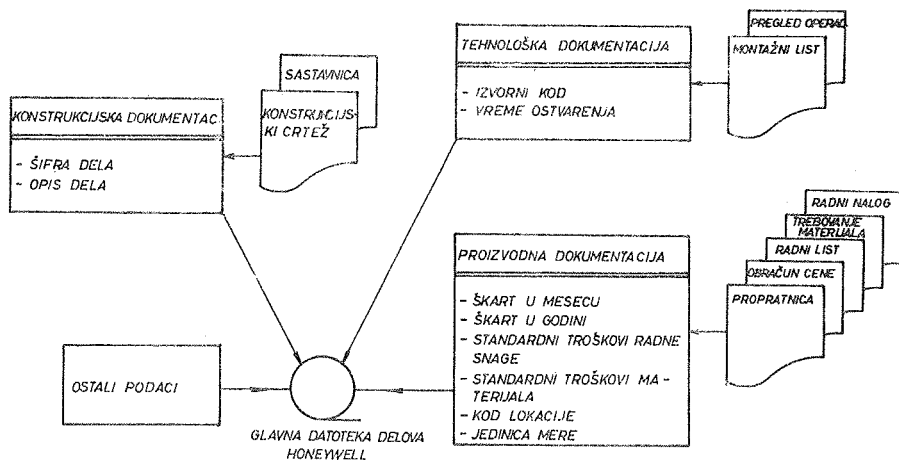
Slika 6.

Izvorne informacije za formiranje druge glavne datoteke delova firme ICI je na slici 7. Za razliku od prethodnog, za ovaj sistem, u grupi "ostali podaci", navedeni su svi podaci koji nisu pokriveni informacijama iz konstrukcijske, tehnološke i proizvodne dokumentacije.



Slika 7.

Na slici 8 dat je pregled izvornih informacija za formiranje glavne datoteke delova po sistemu HONEYWELL. Pošto glavna datoteka delova po sistemu HONEYWELL ima 81 naslov, u grupi "ostali



Slika 8.

podaci" sadržan je najveći deo naslova. To znači da ove tri grupe dokumentacija najmanjim delom pokrivaju potrebno područje informacija za formiranje glavne datoteke delova po ovom sistemu.

#### 4. Umesto zaključka

Ovako prezentirana komparativna analiza sadržaja datoteka i postojeće konstrukcijske, tehnološke i proizvodne dokumentacije ukazuje na dva moguća zaključka. Prvi zaključak je vezan za koncept integralnog informacijskog sistema. Tako je za dve firme sistem gradjen na bazi ostalih grupa dokumentacija, dok je za sistem firme ICL pretežno gradjen za konstrukcijsku, tehnološku i proizvodnu dokumentaciju. Drugi zaključak je da postojeće grupe dokumentacija po svome sadržaju nisu prilagođjene za izgradnju integralnih proizvodnih informacijskih sistema, tj. za formiranje glavne datoteke delova. Elementi potvrde za prvi zaključak mogu da se potraže u konceptu integralnog proizvodnog informacijskog sistema, dok je za drugi zaključak potrebno izvršiti strukturnu analizu ove tri grupe dokumentacije.

Pregled dokumentacije nekih preduzeća metalske industrije pokazuje da se broj informacija u jednom dokumentu kreće i do 80. Tako je za četiri dokumenta, iz ove tri grupe dokumentacija, dobi-

jeno između 150 i 180 informacija, uključujući i ponovljive informacije koje neke od ovih dokumenata sadrže. Ovo nedvosmisleno ukazuje da je za izgradnju integralnog proizvodnog informacijskog sistema, u našim uslovima, neophodno potrebno izvršiti značajne modifikacije, kako u glavnoj datoteci delova, tako i u konceptu sistema za upravljanje proizvodnjom, gde bi do maksimuma iskoristile informacije koje sadrže ove tri grupe dokumentacije. U ovom pravcu se vrše dalja istraživanja u Katedri i u Institutu, programom i aplikacijom vezujući realizovano znanje za u uvodnoj napomeni citirani Makroprojekt.

## 5. Literatura

- [1] V.R. Milačić, Primena elektronskih računskih mašina (kompjuter) u upravljanju industrijskim preduzećima, Zbornik Savetovanja o organizaciji rada, Koper (1970) str. 231
- [2] V.R. Milačić, Tehnološki sistemi, Monografije IAMA, 3(1971) - u štampi

Ž. Spasić, V.R. Milačić

### An Approach to the Master Part File Creation

Tree-diagram could be used to represent assembly structure in order to define material requirements and scheduling procedure. The assembly structure has predominant influence upon the master part file creation. The IBM Master parts file has 109 headings covering different groups of information. Similar situation is with Honeywell's Factor system Master parts file, where the structure of information is basically commercial. The third Master part file belongs to ICL PROMPT system. On the other side, information structure of work documentation could not meet requirements given in all three files. It means that it is necessary to adopt the structure of files according to the used work documentation.

M. Tomašević, P. Pejak, V. R. Milačić x)

NEKI REZULTATI IDENTIFIKACIJE PROCESA GLODANJA xx)

## 1. Uvod

Obradni sistem je definisan procesom koji se odigrava u njemu, kao i alatnom mašinom koja izvodi taj proces. Od značaja je utvrditi ulaze u proces kao i izlaze iz procesa koji predstavljaju ulaz u strukturu mašine alatke. U cilju identifikacije procesa potrebno je odrediti izlaze iz samog procesa, dok su ulazi u proces, ne uzimajući u obzir povratno dejstvo same strukture, dati kao polazne projektne veličine. Između mogućih izlaznih veličina iz procesa rezanja izabrane su sile rezanja, šum i temperatura u procesu rezanja [1], [2]. Razvijeni su teorijski modeli kao i eksperimentalne metode za identifikaciju procesa rezanja preko dinamičkih sila, tj. otpora rezanja i preko šuma. Posebno mesto u procesu identifikacije rezanja zauzimaju sile rezanja s obzirom na to da je vrlo veliki deo istraživanja usmeren u pravcu analitičke prezentacije i eksperimentalnog praćenja, kao i to da sile rezanja predstavljaju ulaz u dinamičku strukturu mašine alatke koja pod njihovim dejstvom ima određene vibracije u prostoru. Zbog toga je identifikacija procesa re-

x) Milan Tomašević, dipl.ing., Petar Pejak, dipl.ing., mlađji saradnici Instituta za alatne mašine i alate, Beograd, Dr. Vladimir R. Milačić, dipl.ing., vanr. profesor Mašinskog fakulteta, saradnik Instituta

xx) Saopštenje iz Instituta za alatne mašine i alate, Beograd, odnosi se na projekt ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ METODA ZA ISPITIVANJE ALATNIH MAŠINA, u čijem finansiranju učestvuju Savezni fond za finansiranje naučnih delatnosti, Republička zajednica za naučni rad SR Srbije i nekoliko industrijskih organizacija, a predstavlja i deo ulaznih istraživanja za projekt TEHNOLOGIJA MAŠINOGRADNJE; ISPITIVANJE OBRADLJIVOSTI I GRUPNE TEHNOLOGIJE ZA POJEDINACNU I SERIJSKU PROIZVODNJU i za Makroprojekt RAZVOJ I OPTIMIZACIJA OBRADNIH SISTEMA ZA INDIVIDUALNU, MALOSERIJSKU I SREDNJESERIJSKU PROIZVODNJU, u čijem finansiranju takodje učestvuju društveni fondovi i privreda

zanja u ovim istraživanjima išla isključivo preko sila rezanja, stim što su sile rezanja uzete kao izlaz iz procesa rezanja i ulaz u dinamičku strukturu mašine, dok je istovremeno praćeno oscilovanje dinamićke strukture alatne mašine, tj. praćene su promene amplituda oscilovanja. Ako se podje od jednog dinamićkog sistema sa jednim stepenom slobode oscilovanja koji je dat diferencijalnom jednaćinom u obliku

$$m \frac{d^2X}{dt^2} + b \frac{dX}{dt} + c X = - dF_x \quad (1)$$

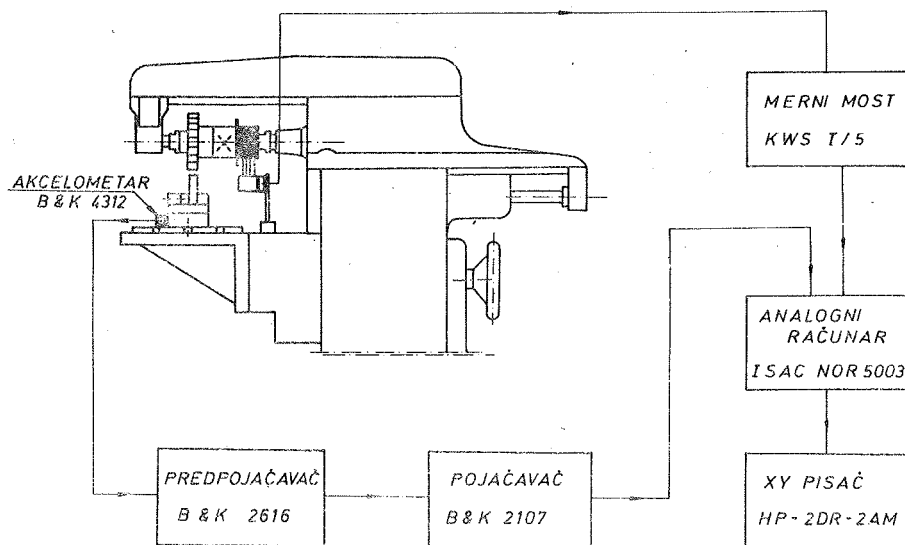
gde su  $\{X\}$  i  $\{dF_x\}$  slučajne funkcije koje imaju korelacione funkcije  $R_x(\tau)$ ,  $R_p(\tau)$  kao i odgovarajuće spektre  $\Phi_x(f)$ ,  $\Phi_p(f)$ , onda je moguće primenom statistićkog koncepta izvršiti identifikaciju s jedne strane procesa rezanja, i s druge strane identifikaciju dinamićke strukture mašine alatke.

Kao poseban slučaj procesa rezanja razmatrano je horizontalno suprotnosmerno glođanje, i rezultati identifikacije koji su dobijeni odnose se na ovu vrstu obrade rezanja. Za rešenje navedene diferencijalne jednaćine sa slučajnim funkcijama potrebno je izvršiti identifikaciju slučajnih funkcija kako dinamićke sile, tako i vibracije dinamićkog sistema u cilju dobijanja određenog modela za rešenje postavljenog izraza. U opštem slučaju rešenje diferencijalne jednaćine definiše tri područja ponašanja samog sistema. Prvo područje predstavlja oblast stabilnog rada, drugo područje predstavlja granicu stabilnog rada i treće područje predstavlja oblast nestabilnog rada alatne mašine, tj. pojavu podrhtavanja. Za sva tri navedena područja specifićnog ponašanja dinamićke strukture potrebno je izvršiti identifikaciju slučajnih funkcija, i to dinamićkih sila i oscilovanja sistema, kako u vremenskom, tako i u frekventnom domenu. Zbog toga je razvijen odgovarajući eksperimentalni koncept za identifikaciju otpora rezanja preko korelacionih funkcija i preko spektara snaga, kao i amplituda oscilovanja sistema sa odgovarajućim korelacionim funkcijama i spektrima snage.

## 2. Eksperimentalni koncept

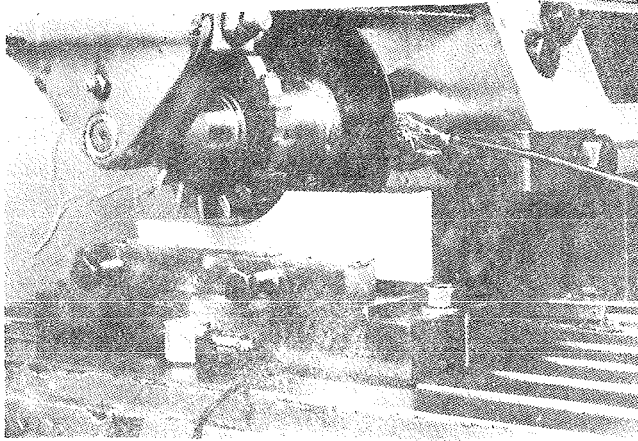
Na slici 1 data je blok šema korišćene instrumentacije za mere-

nje kao i za obradu dobijenih podataka.



SL.1 BLOK ŠEMA KORIŠĆENE INSTRUMENTACIJE

Uzeta je horizontalna glodalica čija je glavno vreteno projektovano tako da su nalepljene merne trake za praćenje momenta pri glodanju. Znači, glavno vreteno je izvedeno u obliku dinamometra za merenje tangencijalne sile, ili pak momenta pri glodanju ako se uzme u obzir i prečnik glodala. Preko kliznih prstenova vremenska funkcija momenta pri glodanju vodi se na merni most kao pojačivački element samog sistema, a odatle u analogni računar gde se zapisuje. S druge strane, na sto mašine je postavljen radni predmet u specijalan stezač na koji je pričvršćen pretvarač, koji je postavljen u horizontalnom pravcu, dok je istovremeno drugi pretvarač postavljen u vertikalnom pravcu. Ova dva pretvarača su pretvarači za ubrzanje sa piezokristalom, tako da imaju prepojačivački i pojačivački deo. U prepojačivačkom delu dolazi do integraljenja ubrzanja kako bi se dobila veličina pomeranja, tj. amplitude oscilovanja u horizontalnom pravcu. I ovaj signal se direktno odvodi u drugi kanal analognog statističkog računara. Na fotografiji 2 dat je izgled radnog dela instalacije, tj. glavno vreteno sa glodalom, radnim predme-



Slika 2.

tom kao i pretvaračem postavljениm u horizontalni položaj. U toku jednog prolaza vrši se prikupljanje podataka kako sa glavnog vrtena, merenjem momenta pri glodaњу, tako i od pretvarača sa radnog stola mašine, tj. promena amplitude oscilovanja u horizontalnom pravcu ispitivane mašine. Ove vremenske funkcije nanose se na magnetnu traku analognog statističkog računara i time su pripremljene za statističku obradu. Sa ovako postavljenom instalacijom izvršene su serije oglеda i određene korelacione funkcije i frekventni spektri kako za momenat pri glodaњу, tako i za amplitude oscilovanja radnog stola.

### 3. Neki rezultati ispitivanja

U cilju pouzdanog zaključivanja, s obzirom na karakteristične oblasti rada sistema (područje stabilnog rada, područje prelaznog rada i područje nestabilnog rada sistema), izvršen je veliki broj eksperimenata. Jedan deo ovih eksperimenata naveden je tabelarno na slici 3. Prema raspoloživim brojevima obrta i koracima na mašini izvršeno je određeno kombinovanje ovih veličina sa dubinom rezanja u cilju dobijanja dovoljno velike veličine poprečnog preseka strugotine za svako od karakterističnih oblasti rada mašine. Brojevi obrta kreću se u granicama od 60 do 186 [o/min], korak od 56 do 168 [mm/min], dok je dubina rezanja varirana od 10 do 20 [mm]. U donjem delu navedene tablice

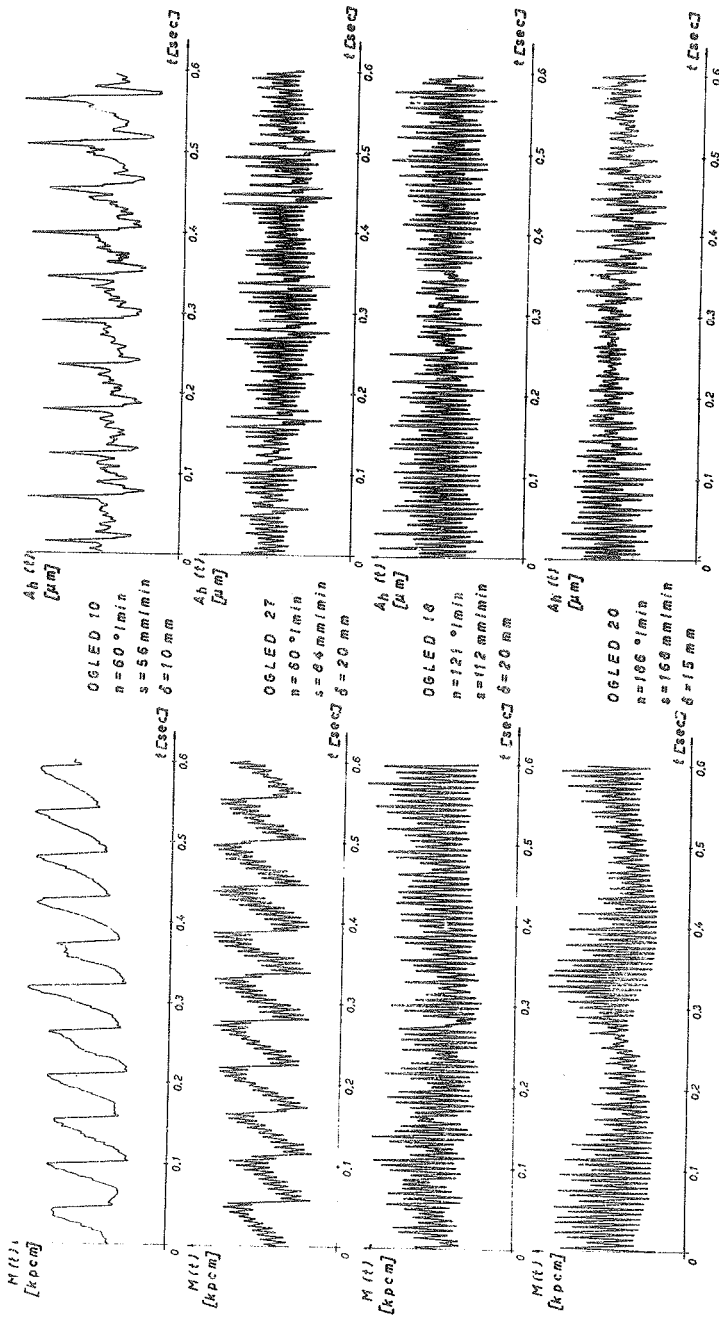


	BROJ EKSPERIMENTA																										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27									
$n$ [ $^{\circ}/\text{min}$ ]	60	60	60	92	92	92	121	121	121	186	186	186	121	121	121	60	60	60									
$s$ [ $\text{mm}/\text{min}$ ]	56	56	56	84	84	84	112	112	112	168	168	168	168	168	168	84	84	84									
$\delta$ [ $\text{mm}$ ]	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20									
$f_z$ [ $\text{Hz}$ ]	17,9			27,7			35,9			50,4			35,9			17,9											
$f_0$ [ $\text{Hz}$ ]									139		155	155		165	140												

SL. 3 TABELARNI PRIKAZ IZVEDENIH EKSPERIMENTA

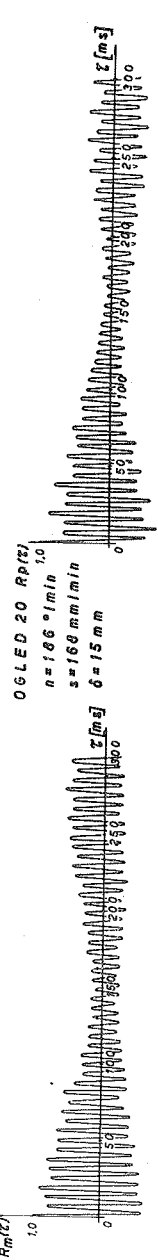
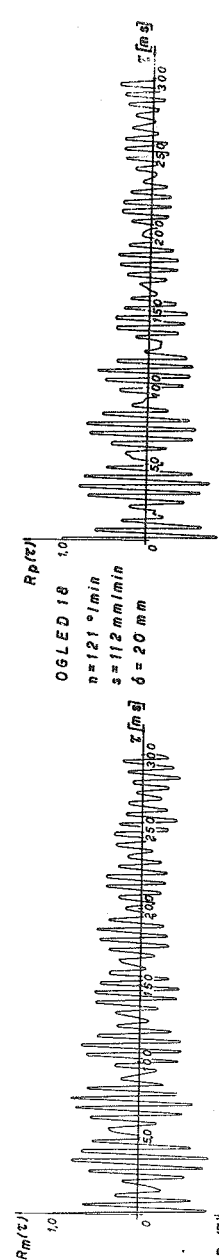
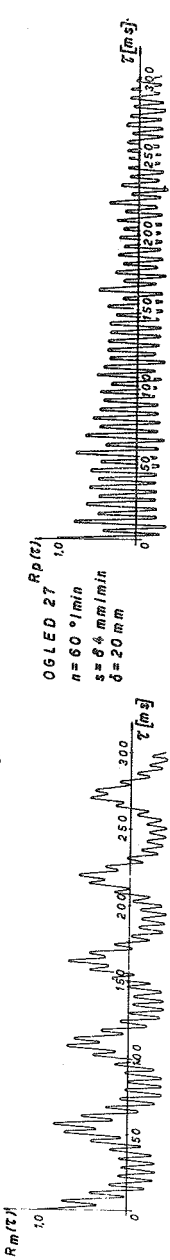
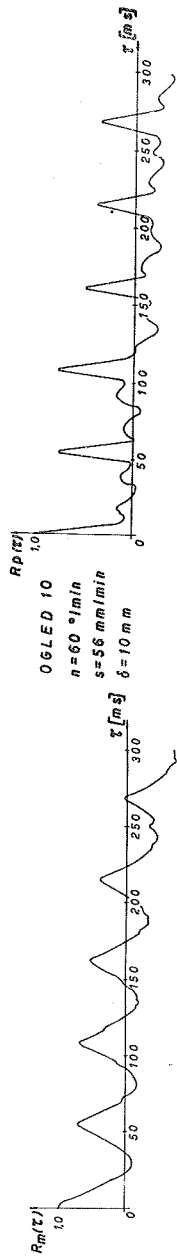
date su stvarne učestanosti po zubu za ove eksperimente, kao i neke vrednosti sopstvenih učestanosti sistema koje su dobijene iz frekventnih spektara. Iz ove grupe eksperimenata izdvojeni su rezultati za četiri ogleđa, i to za ogleđe pod brojem 10, 27, 18 i 20. Ogljed pod brojem 10 predstavlja slučaj čisto prinudnih vibracija sistema, tj. predstavlja oblast stabilnog rada sistema. Eksperiment pod brojem 27 predstavlja slučaj prelaznog režima rada sistema, gde se pored učestanosti po zubu javljaju i više učestanosti samog sistema. Ogleđi pod brojem 18 i 20 predstavljaju primere nestabilnog rada sistema, gde je dominantno prisustvo samopobudnih vibracija sistema.

Za ova četiri ogleđa navedene su vremenske funkcije za momenat pri glodanju, vremenske funkcije oscilovanja radnog stola u horizontalnom pravcu kao i njihova obrada u vremenskom domenu preko korelacionih funkcija i u frekventnom domenu preko spektara snage. Na slici 4 dat je izgled vremenskih funkcija za momenat pri glodanju, i to za ova tri područja rada sistema, dok su na slici 5 date vremenske funkcije oscilovanja radnog stola u horizontalnom pravcu. Statističkom obradom u vremenskom domenu preko statističkog analognog računara određene su za ove vremenske funkcije odgovarajuće korelacione funkcije. Na slici 6 dat je izgled korelacionih funkcija za momenat pri glodanju. U ogleđu 10 korelaciona funkcija ima izrazitu učestanost po zubu, dok je prisutna i učestanost ekscentriciteta samog glodala. Du-



SL.4 VREMENSKE FUNKCIJE ZA  
MOMENT PRI GLODANJU

SL.5 VREMENSKE FUNKCIJE OSCI-  
LOVANJA RADNOG STOLA U  
HORIZONTALNOM PRAVCU



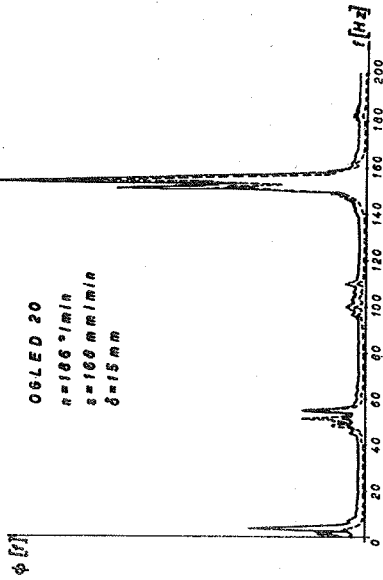
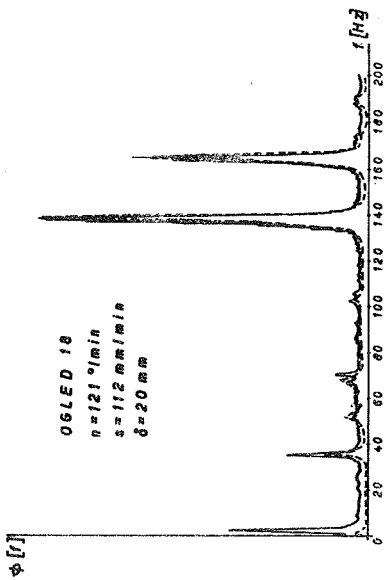
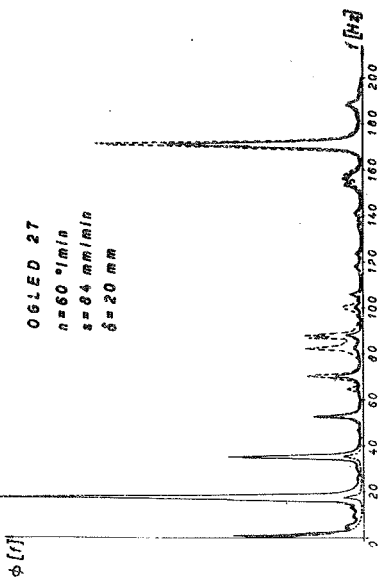
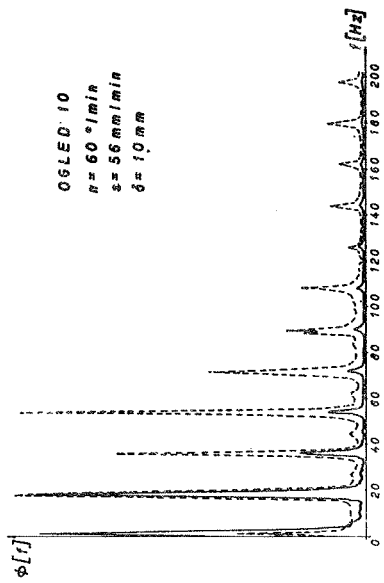
SL 6 KORELACIONE FUNKCIJE ZA  
 MOMENT PRI GLODANJU

SL 7 KORELACIONE FUNKCIJE OSCILACIONE  
 LOVANJA RADNOG STOLA U  
 HORIZONTALNOM PRAVCU

žina zapisa korelacione funkcije odgovara delu od pet zuba, tako da ukoliko bi se povećala dužina zapisa dobio bi se puni efekat ekscentriciteta glodala u odnosu na glavno vreteno. U prelaznom procesu između područja stabilnog i nestabilnog rada sistema (ogled broj 27) očigledan je dominantan uticaj učestanosti po zubu dok su prisutne i više učestanosti, tj. sopstvena učestanost strukture alatne mašine. I u ostala dva ogleda koji se odnose na oblast pojave samopobudnih vibracija (ogledi 18 i 20) prisutna je učestanost po zubu, ali u izrazito smanjenom intenzitetu, tako da je dominantna učestanost strukture mašine. Korelacione funkcije pokazuju "efekt bijenja" koji je karakterističan za pojavu samopobudnih vibracija, tj. za podrhtavanje samog sistema. Na slici 7 date su korelacione funkcije oscilovanja radnog stola u horizontalnom pravcu i to za iste režime koji su navedeni i pri analizi momenta pri glodanju. Oblik ovih korelacionih funkcija je vrlo sličan obliku korelacionih funkcija momenta pri glodanju i sadrže slične karakteristike koje su navedene za korelacione funkcije za moment pri glodanju.

I konačno, identifikacija u frekventnom domenu izvršena je preko spektara snage, momenta pri glodanju kao i amplitude oscilovanja radnog stola (slika 8). Iz spektra snage vidi se da je moguće izvršiti identifikaciju sva tri karakteristična stanja rada mašine i u frekventnom domenu. Iz spektra snage za oblast stabilnog rada mašine (ogled 10) vidi se dominantan uticaj ekscentriciteta kao i učestanosti po zubu, dok se intenzitet viših harmonika naglo smanjuje, tj. opada. Kod frekventnog spektra za horizontalno oscilovanje radnog stola (dat je isprekidanom linijom) ekscentricitet glodala ima manji uticaj, dok je učestanost po zubu izrazito smanjena. Ovde je prisutno nejednako učestće ostalih viših harmonika u frekventnom spektru za prelazni proces, u oblasti viših učestanosti, javlja se izraziti harmonik, kako za moment pri glodanju, tako i za oscilovanje radnog stola (ogled broj 27), da bi se u oblasti nestabilnog rada mašine izvršilo pomeranje učestanosti u oblast sopstvenih učestanosti sistema a učestanost po zubu izgubila svoj prethodni dominantan značaj.

Navedeni eksperimentalni podaci pokazuju da statistička identifikacija sva tri stanja mašine, stabilan, granični i nestabilan



LEGENDA:  
 ——— MOMENT PRI GLODANJU  
 - - - - - HORIZONTALNO OSCILOVANJE  
 RADN06 STOLA

SL.8 SPEKTRI SNAGE

rad sistema, je moguće identifikovati preko korelacionih funkcija i spektara snage. I ostali izvršeni eksperimenti verifikuju ovako postavljen koncept. Naredna etapa u identifikaciji procesa glodanja predstavlja razvoj analitičkog modela za rešenje date diferencijalne jednačine preko statističkih veličina, tj. preko korelacionih funkcija i spektara snage. Rešenje postavljene diferencijalne jednačine omogućuje utvrđivanje i karakteristika dinamičkog sistema kao što su krutost i prigušenja koje se javljaju u datom izrazu. To znači da se u ovom pristupu ne polazi od strukture mašine alatke i procesa rezanja kao "crnih kutija" već se unapred definišu karakteristike dinamičke strukture mašine i preko diferencijalnih jednačina vrši se njihovo odredjivanje. Ovo omogućuje, s jedne strane utvrđivanje dinamičkog ponašanja razvijene konstrukcije mašine alatke, i to direktno u procesu rezanja, kao i razvoj analitičkih metoda za projektovanje alatnih mašina s obzirom na njihovo dinamičko ponašanje direktno u procesu rezanja.

#### 4. Literatura

- [1] V. R. Milačić, An Approach to the Dynamical Adaptive Control of Manufacturing Systems, Second Int. Seminar of Manufacturing Systems, Trondheim (1970)
- [2] P. Pejak, Identifikacija procesa glodanja i bušenja preko šuma, Saopštenja IAMA, 11 (1970) 1637

P. Pejak, M. Tomašević, V. R. Milačić

Contribution to the Identification of the Milling Process

The manufacturing system and process are defined with the second order differential equation

$$m \frac{d^2 X}{dt^2} + b \frac{dX}{dt} + cX = \dot{d}F_x$$

where  $X(t)$  and  $dF_x(t)$  are stationary random functions. These random functions have corresponding autocorrelation functions and density spectrums. The differential equation defines stable, unstable and boundary region of milling process. For experimental verification cutting tests have been developed. In all tests the autocorrelation functions and the density spectrums for milling torque and table vibrations are determined. The shape of autocorrelation functions and density spectrums separate stable, unstable and boundary region of milling process, in a reliable manner.

S.M. Urošević, R. Korićanac, A. Sofronić x)

ANALIZA TOKA INFORMACIJA PREMA MODELIMA IAMA PRI PLANIRANJU  
GRUPNE PROIZVODNJE NA ERM xx)

1. Uvod

Primena grupne tehnologije ili grupnih metoda u tehnološkim procesima obrade materijala uslovljena je kontinualnom aktivnošću na formiranju uredjenih skupova tehnoloških zadataka. Kako grupna metoda počiva na konceptu klasifikacije zadataka (na primer, klasifikacija delova koje treba izradjivati) radi formiranja sličnih grupa, a zatim projektovanje (rešavanje) grupnih umesto individualnih rešenja, to praktično znači da se u sferi tehnologije obrade informacija rešava problem primene grupnih metoda u sferi tehnologije obrade materijala. U skladu sa ovim postavkama, sistemi obrade informacija moraju biti orijentisani ka stalnom klasiranju informacija koje se obrađuju u cilju stvaranja njihovih uredjenih skupova.

Razvojem elektronskih računskih mašina (ERM) praktično je rešeno pitanje "sortiranja" ili stvaranja uredjenih skupova podataka (informacija) u "realnom vremenu" i za tekuće potrebe unapre-

---

x) Sreten M. Urošević, dipl.ing., rukovodilac odeljenja za tehnologiju mašinske obrade, Radisav Korićanac, dipl.ing., samostalni saradnik i Aleksandar Sofronić, dipl.ing., samostalni saradnik, Institut za alatne mašine i alate, Beograd, 27 marta 80

xx) Saopštenje iz Instituta za alatne mašine i alate. U njemu se daje sažet prikaz jedne varijante plana toka informacija u toku njihove obrade na ERM pri rešavanju zadataka planiranja proizvodnje u uslovima korišćenja grupne tehnologije. Varijanta je još u razradi i zasniva se na korišćenju klasifikacionih sistema IAMA, odnosno razvijenog modela u IAMA za projektovanje informacionih sistema za potrebe preduzeća metalne industrije. Rad predstavlja jedan od ulaza u Makroprojekt RAZVOJ I OPTIMIZACIJA OBRADNIH SISTEMA ZA INDIVIDUALNU, MALOSERIJSKU I SREDNJSERIJSKU PROIZVODNJU.

djenja tehnologija obrade informacija i materijala. Može se reći da je time stvorena potrebna tehnička osnova za široku primenu ideja grupne obrade ili grupne tehnologije u praksi. Sada je moguće klasirati veoma širok spektar tehnoloških zadataka koje treba rešavati u okviru krupnih tehnoloških sistema preduzeća mašingradnje, odnosno metalne industrije, a zatim po odredjenom planu memorisati u sistemima eksternih memorija ERM da bi se za svakodnevne potrebe "uredjivali" radi formiranja sličnih grupa. Grupe formirane na ovaj način čine članove uredjenog skupa zadataka.

U narednom prilogu čini se osvrt na metodologiju formiranja grupa delova mašinskih i elektromašinskih konstrukcija u toku planiranja grupne proizvodnje. Razume se, problem primene grupne tehnologije u praksi se rešava kroz usaglašen rad projektnokonstrukcijskih biroa, biroa za tehnološko projektovanje i operativne tehničke pripreme preduzeća. Međutim, ovde se razmatra rad samo ove poslednje funkcije preduzeća u uslovima kada je moguća primena ERM u planiranju proizvodnje. Razvoj projektnih modela kojima se rešavaju relevantni zadaci, zasniva se u IAMA na sledećim osnovnim modelima:

- (i) klasifikator projektno konstrukcijske dokumentacije preko kojeg se rešava problem jedinstvenog sistema klasifikacije i individualne identifikacije (šifriranje ili brojno označavanje) svih nosilaca tehničkih informacija (NTI) u preduzeću,
- (ii) tehnološkog klasifikatora delova mašinskih i elektromašinskih konstrukcija,
- (iii) klasifikatora tehnološke opreme, radnih mesta i tehnoloških operacija u preduzećima metalne industrije, i
- (iv) projektnih modela za oblikovanje projektnokonstrukcijske dokumentacije, obradu tehnološke i lancerske dokumentacije.

Sa aplikacijom prethodnih projektnih modela u preduzeću, omogućuje se dalji rad na projektovanju i formiranju sledećih datoteka na eksternim memorijskim ERM:

- (i) datoteke primene dela, odnosno komponente u proizvodima,







formiranje uredjenih skupova tehnoloških operacija čime se stvaraju i mogućnosti da se organizuje grupna obrada delova koji pripadaju istoj grupnoj operaciji. Uredjenje ovih skupova i štampanje podataka o njima treba da se obavi automatski uz korišćenje specifičnih programa na ERM.

Memorisanje podataka u slogove broj 1 i 2 datoteke tehnoloških postupaka vrši se korišćenjem tehnološke informacije koja nosi naziv "pregled operacija tehnološkog postupka". Kompozicija podataka u ovom pregledu se prikazuje na slici 3.

Proizvodni broj	Br. narudž.	R. broj	Komada	Datum	Br. lansm.	S-termin	O-termin
Naziv dela - sklopa			Materijal	Poz.	Broj nacrt	122.50.17	
Poklopec			Č.0345				
Dimenzije materijala	Standard - atest	Sifra	Jed.mere	Kol./kom.	Broj tipškog postupka	01.25	
Ø63 x 3000 mm	JUS C.83.02	0200.60.14	kp	0,37			
GD -TDS	Naziv operacije (opis operacije po potrebi)		Norma vremena u		Tehnol. broj	010.1501.0	
			1/100 h				
Br.oper.	Broj grupe oper.	Strugarska obrada svih rotacionih površina. Zahvati: 05.1, 05.2, 05.3, 05.4, 05.5 i 05.6	Radn.	Bod/h	$T_{pz}$	$t_1$	
08	11311.02		1		150	5	
Teh.lin.			$K_d$	$t_p$	$T_{pz}$	$t_t$	
01			0,2	2,0		2,2	
Br.oper.	Broj grupe oper.	Bušenje i urezivanje navoja. Zahvati su	Radn.	Bod/h	$T_{pz}$	$t_1$	
10	12105.04		1		38	6	
Teh.lin.			$K_d$	$t_p$	$T_{pz}$	$t_t$	
	10.1, 10.2, 10.3 i 10.4		0,2	4,2		0,38	

### Sl. 3. Kompozicija informacija u "pregledu operacija tehnološkog postupka"

U svom zaglavlju "pregled operacija" sadrži matične (osnovne) podatke o delu. U delu obrasca u kojem se daju podaci o svakoj tehnološkoj operaciji ponaosob, za dalja razmatranja bitni su sledeći:

- (i) Normativi tehnološke operacije u koje spadaju: broj radnika =  $r$ , pripremozavršno vreme =  $T_{pz}$  i operacijsko vreme koje je označeno sa  $t_1$ .
- (ii) Klasifikaciona oznaka broja grupne (ili individualne) operacije. Ova oznaka je upisana u prvoj koloni obrasca.

Normativi tehnološke operacije, omogućuju računaru da u toku

obrade podataka vrši proračun opterećenja radnog mesta po sledećoj matematičkoj vezi

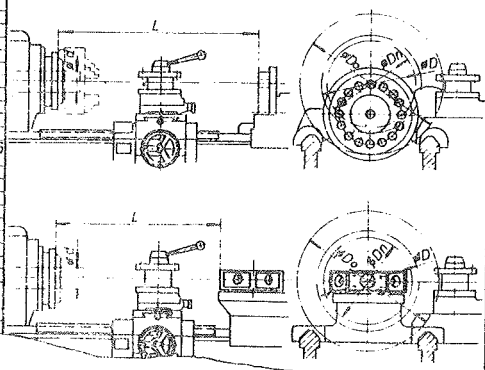
$$T = \frac{f \cdot T_{pz} + n \cdot t_1}{60 \cdot r} \quad (1)$$

gde je T = ukupno opterećenje radnog mesta u satima, f = broj serija, n = broj komada delova za izradu. Vremena  $T_{pz}$  i  $t_1$  se računaju obično u minutima.

Klasifikacija tehnološki operacija prema projektnim modelima IAMA se prikazuje uz pomoć slike 4.

IAMA Beograd		KLASIFIKACIJA TEHNOLOŠKE OPREME (TO)				ALATNE MAŠINE ZA OBRADU SKIDANJE	
POTKLASE		F	A	M	I	L	I
10	100	101		102		103	104
11	110	111		112		113	114
STRUGOVI		Automati i poluautomati specijalni		Jednokratni automati i poluautomati	Višekratni automati i poluautomati	Revolverski strugovi	
12	120	121		122		123	124
BUŠILICE		Sivne stubne, radne i vertikalne bušilice		Višekratne bušilice		Bušilice	
J	130	131		132		133	134
MAŠINE ZA BR-							

IAMA Beograd		KLASIFIKACIJA TEHNOLOŠKE OPREME (TO)								Familija TO	Broj Naziv	113 REVOLVER STRUGOVI
GTO	Ød [mm]	ØD [mm]	ØD <sub>1</sub> [mm]	ØD <sub>2</sub> [mm]	l [mm]	L [mm]	n	P [kW]				
113xx												
00												
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10	60	550	300	350	630			105				
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												



Broj GTO  
XXXXX.XX  
Redni broj grupne operacije

Sl. 4. Klasifikacija tehnološke opreme i formiranje klasifikacionih oznaka za tehnološke operacije po sistemu IAMA

Prema slici 4 klasifikaciona oznaka tehnološke operacije se sastoji od klasifikacione oznake grupe alatnih mašina (ili grupe

tehnološke opreme) - GAM i sopstvenog broja. Sopstveni broj je uvek "00" ako je operacija individualna. Grupne operacije projektovane za istu grupu alatnih mašina (GAM) se označavaju brojevima 01, 02, ... , 99. Treba istaći još i pravilo formiranja GAM koje sadrži osnovno načelo "da u istu GAM ili GTO mogu ući sve one alatne mašine, odnosno tehnološka oprema, proizvedena od raznih proizvođača pod uslovom da u tehnološkim procesima pokazuje iste ili veoma približne tehnološke mogućnosti sa etalon predstavnikom grupe". Ovim se obezbeđuje zamenljivost tehnoloških zadataka između mašina koje pripadaju istoj GAM te to ulazi u osnovne pretpostavke za razvoj sistema bilansiranja kapaciteta prema proizvodnim zadacima u toku operativnog planiranja proizvodnje na ERM.

### 2.3. Datoteka primene alata

Osnovna kompozicija podataka u slogovima datoteke primene alata, prikazuje se na slici 5.

	Brojač reči	Vrsta sloga	KIB alata	Naziv alata	Težina alata	Cena	NS za izradu	Vreme nabavke	Operativ. napom.	Brojač reči	Vrsta sloga	KIB dela	Komada alata	Operativ. napom.	
	Slog br.1									Slog br.2					

Sli. 5. Kompozicija podataka u slogovima datoteke primene alata

Slog broj 1 datoteke primene alata sadrži osnovne podatke o datom alatu. U ovaj slog memorišu se pored podataka o KIB alata, još i njegova cena, vreme izrade u sopstvenim pogonima ili pak vreme potrebno za nabavku, odnosno kroz operativne napomene druge kodirane informacije o referentnom alatu. U slogove broj 2 memoriše se KIB dela koji se obrađuje s alatom opisanim u slogu broj 1, a zatim potreban broj komada i operativne napomene.

### 3. Osnove plana toka informacija na sistemu ERM pri planiranju grupne proizvodnje

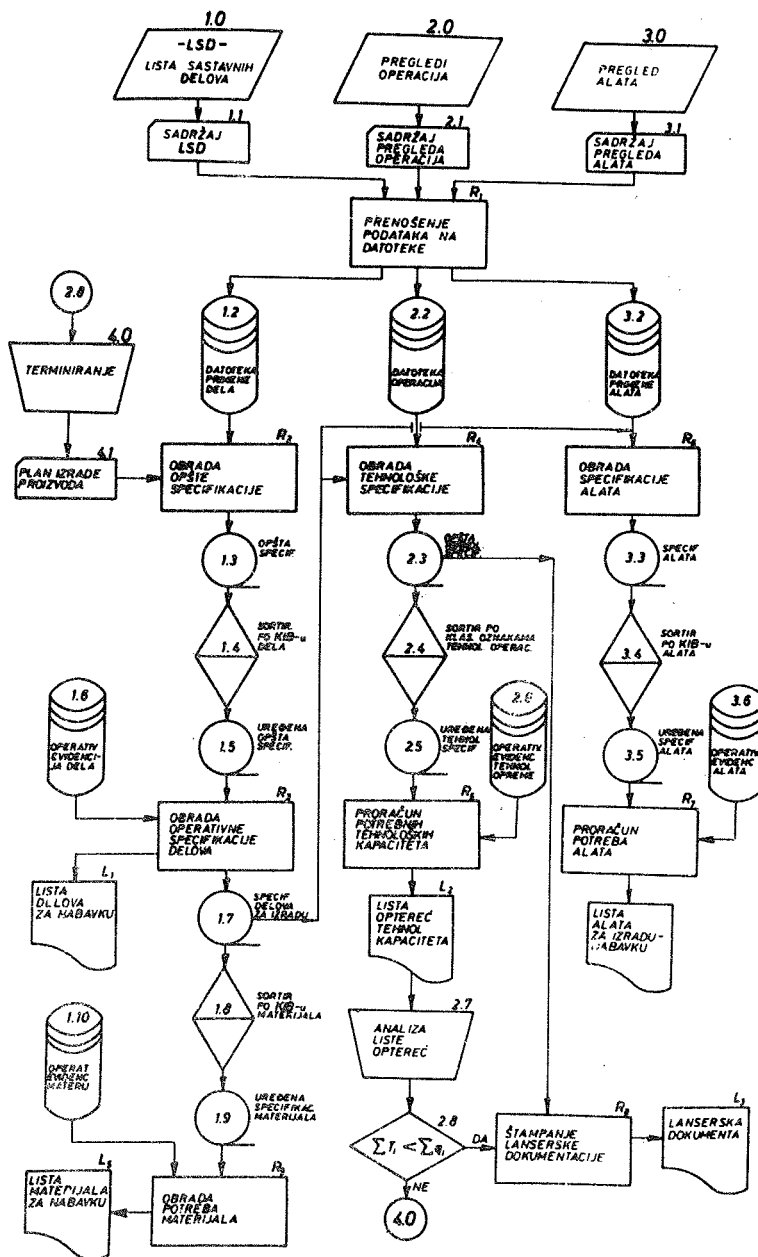
Kompozicija jedne varijante plana toka informacija (Flowchart, Datenflussplan) pri planiranju grupne proizvodnje na ERM se prikazuje na slici 6.

Iz slike 6 se vidi da je koncipirana konfiguracija računara koji sadrži kombinaciju perifernih jedinica magnetnih diskova i traka. Nosioei ulaznih podataka su bušene kartice. Rezultati obrade podataka se štampaju na standardnim tabelir listama sa specifičnim rasporedom kolona u njima. Kapacitet memorija centralne jedinice računara se ne razmatra. Pretpostavlja se prilagođavanje programa obrade podataka njegovim kapacitetima.

Prema planu toka informacija prikazanog na slici 6, na nivou 1.0 - 3.0, odnosno 1.1 - 3.1 vrši se obrada osnovnih nosilaca informacija za planiranje od strane radnika odgovarajućih funkcija (odeljenja) preduzeća. Računski centar ove informacije kroz obradu  $R_1$  memoriše na datoteke 1.2, 2.2 i 3.2. Informacije memorisane na ovim datotekama se koriste tokom obrade na ERM po tri grane - 1.2 do 1.10, 2.2 do 2.8 i 3.2 do 3.6. Medjutim, obrada po granama 2.2 do 2.8 i 3.2 do 3.6 je u funkcionalnoj zavisnosti od obrade po grani 1.2 do 1.7.

Po grani 1.2 do 1.10 obrada počinje terminiranjem izrade finalnih artikala (4.0). Podaci s količinama se prenose na bušenu karticu (4.1) i preko obrade  $R_2$  dolazi do opšte specifikacije potrebnih delova (1.3). Ova se specifikacija uređuje sortiranjem (1.4). Na osnovu sortiranih podataka na traci (1.5) i operativne evidencije o stanju izrade i stanju delova na skladištu (1.6) proračunom  $R_3$  se dolazi do podataka o dva uređena skupa delova. Prvi skup čine delovi koje treba nabaviti. Podatke o njima računar štampa u listi  $L_1$ . Drugi skup (1.7) čine delovi koje treba izraditi u preduzeću. Produžetak grane 1 (od 1.7 do 1.10) kroz obradu  $R_9$  daje pregled potrebnog materijala za nabavku  $I_5$ .

Obrada podataka po grani 2.2 do 2.8 počinje s podacima koje sadrži uređena specifikacija delova za izradu (1.7). Preko pro-



Sl.6 - Jedna varijanta plana toka informacija (Flowchart, Datenflussplan) pri planiranju grupe proizvodnje na ERM

računa  $R_4$  dolazi se do tehnološke specifikacije (2.3) koja u ovom obliku sadrži neuredjeni skup tehnoloških zadataka. Preko programa sortiranja (2.4) formira se uređena specifikacija tehnoloških zadataka. Uredjenje ove specifikacije nastaje tokom sortiranja tehnoloških operacija prema njihovim klasifikacionim oznakama. U okviru klasifikacionih oznaka, tehnološke operacije su sortirane prema terminskim jedinicama koje označavaju termine završetka zadatka na datim operacijama. Program proračuna  $R_5$  se temelji na informacijama (2.5) i (2.6). Informacije memorisane na disku (2.6) sadrže ažuran pregled stanja opterećenja tehnološke opreme i to prema klasifikacionim oznakama (slika 4). Kroz proračune  $R_5$  obavljaju se matematičke operacije prema jedinici (1), a zatim niz sabiranja prema klasifikacionim oznakama uređenih sklopova. Rezultati se štampaju u listi  $L_2$ . Analiza podataka s liste  $L_2$  je manuelna (2.7). Dalji postupak zavisi od rezultata (2.8). Informacija "ne" znači da se moraju ponovo uskladiti termini (4.0) dok informacija "da" znači naredbu za štampanje lancerske dokumentacije jer su termini usklađeni s mogućnostima pogona.

Obrada po grani 3.2 do 3.6 je analogna prethodnim obradama. Ova obrada ima za cilj da se dobiju podaci o potrebnim alatima s terminima njihove primene u proizvodnji. Dobijanje podataka o količini potrošnje alata u tehnološkim procesima, nije cilj ovih proračuna.

#### 4. Literatura

- [1] V. Šolaja, S.M. Urošević, Optimization of Group Tehnology Lines (GTL's) by Methods Developed in the Institute for Machine Tools and Tooling (IAMA) in Beograd, First Group Tehnology Seminar, Int. Centre for Advanced Technical and Vocational Training, Turin, Italy (1969)
- [2] S.M. Urošević, Prilog proučavanju funkcionisanja tehnološkog sistema preduzeća metalne industrije, Saopštenja IAMA, 8 (1968) 1073
- [3] S.M. Urošević, R. Korićanac, Operativno planiranje proizvodnje u uslovima grupne obrade delova u FAMOS-u, Elaborat 89/7/68, Institut za alatne mašine i alate (1968)
- [4] Grupa autora, Projekt informacionog sistema i tehnološke organizacije integrisane funkcije proizvodnje i prometa alata, Elaborat 109/69, Institut za alatne maš. i alate (1969)



- [5] Grupa autora, Projekt klasifikacije tehnološke opreme u preduzeću "Prva Petoletka", Trstenik, Elaborat 128/70, Institut za alatne mašine i alate (1970)
- [6] Systematik und Aufbau von Stücklisten, IBM Form 80512-1
- [7] Einführungsschrift IBM - Stücklistenprozessor. Ein zentrales Informationssystem für Festigungsbetriebe
- [8] Informationsverarbeitung SINNBILDER für Datenfluss und Programmablaufpläne - DIN 66001

S.M. Urošević, R. Korićanac, A. Sofronić

EINE ANALYSE DER DATENFLUSSPLAN NACH DEN MODELLEN IAMA BEI DER PLANUNG DER GRUPPENBEARBEITUNG AN DER DVA

In der Mitteilung aus der Institut für die Werkzeugmaschine und die Werkzeuge (IAMA) wird der Auszug einer Variante der Datenflussplan während Planung der Gruppenbearbeitung am DVA dargestellt. Die Variante wird nach der Benutzung des Klassifikationssystems IAMA, bzw. des entwickelten Modellen in IAMA zur Projektierung des Informationssystems für die Bedarfen der metallverarbeitenden Industrie gegründet.



B. L. Gligorić x)

DINAMIKA KRUTOG NEURAVNOTEŽENOG ROTORA NA ELASTIČNIM  
LEŽIŠTIMA xx)

1. Uvod

Pod postupkom uravnotežavanja masa obrtnih delova mašina - rotora se podrazumeva takva raspodela masa na rotoru, pri kojoj će slobodne inercijalne sile - kinetički pritisci na ležišta, odnosno njihove vibracije, pri obrtanju oko geometrijske konstruktivno prinudne ose obrtanja, biti u dozvoljenim granicama. Ovaj postupak obuhvata merenje veličine i položaja neuravnoteženosti, kao i njeno ispravljanje korekcije. Cilj je, dakle, da odstupanje glavne centralne ose inercije - tzv. masene ose rotora od ose obrtanja bude u dozvoljenim tolerancijama.

Savremena mašina za dinamičko uravnotežavanje rotora predstavlja delom mernu - test mašinu i delom alatnu mašinu, jer je snabdevena pored mernih uredjaja i jedinicom za korekciju neuravnoteženosti.

Tehnika uravnotežavanja kod alatnih mašina se odnosi kako na delove i sklopove samih mašina, tako i na radne predmete koji se na njima obradjuju. Ova tehnika tretira samo jedan deo dinamike alatnih mašina - pobudne vibracije, a ne samopobudne, parametar-ske i dr. probleme.

Pošto se kod alatnih mašina postavljaju zahtevi za sve većim brojem stepena prenosa, tj. za širim opsegom broja obrtaja, to

---

x) Mag. Branko L. Gligorić, dipl.ing., docent Mašinskog fakulteta, Odeljenje Kragujevac, saradnik Instituta za alatne mašine i alate, Beograd

xx) Saopštenje iz Mašinskog fakulteta, Odeljenje Kragujevac i Instituta za alatne mašine i alate, Beograd

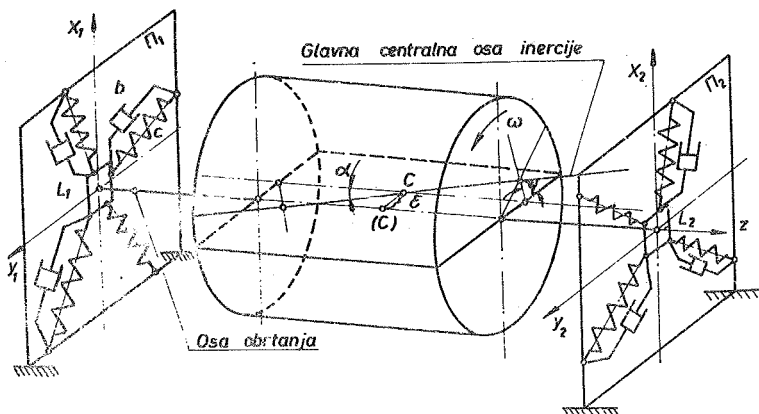
se javlja sve veći broj obrtnih delova u prenosnicima, pa i potreba njihovog uravnotežavanja. Tako se uravnotežavaju: glavna vretena, delovi prenosnika, spojnice, kaišnici, vretena i točila brusilica, ravne ploče, obrtni pribori, višedelni obrtni s-  
lati, rotori motora itd.

U praksi se koriste svi postupci uravnotežavanja: uravnotežavanje pojedinih delova, uravnotežavanje kompletnih sklopova - vretena, postupno uravnotežavanje u nekoliko operacija u toku sklopanja rotora, uravnotežavanje rotora ili kompletne jedinice u ugrađenom stanju pri pogonskim uslovima i uravnotežavanje cele mašine - analiza polifrekventnih vibracija.

Opšta je težnja u gradnji mašina i uređaja, raznih vrsta, povećanje broja obrtaja njihovih rotora. S povećanjem broja obrtaja naglo se povećavaju kinetički pritisci, tako npr. pri ekscentricitetu od  $\epsilon = 100 \mu\text{m}$  i brojevima obrtaja rotora  $n = 3000$ ;  $6000$ ;  $30.000$  [o/min], kinetički pritisci iznose respektivno 1-, 4-, i 100 puta veće od sopstvene težine rotora. Međutim, ovi brojevi obrtaja ne predstavljaju danas rekordne veličine. Vretena nekih savremenih brusilica npr. obrću se s nekoliko stotina hiljada obrtaja u min. (oko  $500.000$  1/min), pokretanih specijalnim elektromotorima napajanim strujama visoke učestanosti.

## 2. Mehanički model

U radu se istražuje dinamičko ponašanje krutog rotora oslonjenog na mehanički oscilatorni sistem mašine za dinamičko uravnotežavanje. Međutim, teorijska razmatranja i izvedeni zaključci se mogu primeniti i na neke druge neuravnotežene rotor koji se obrće u sopstvenim ležištima mašine. Kruti rotor se oslanja horizontalno na dva ležišta koja se nalaze u odgovarajućim elastičnim sistemima. Ovi sistemi se sastoje od niza cilindričnih opruga radijalno postavljenih u dve poprečne ravni normalno na osu obrtanja (slika 1). Paralelno sa oprugama su postavljeni i apsorbenti oscilacija. Rotor se obrće konstantnom ugaonom brzinom  $\omega$ . Težište rotora se nalazi između ležišta  $L_1$  i  $L_2$ . Najpre se posmatra idealno uravnotežen rotor, kod koga se glavna



Sl. 1. Model krutog neuravnoteženog rotora sa elastičnim uležištenjima

centralna osa inercije poklapa s osom obrtanja - položaj težišta u (C). Zatim se na ovako stanje rotora uvodi statička i dinamička neuravnoteženost, određena linearnom ( $\epsilon$ ) i ugaonom ekscentričnošću ( $\alpha$ ).

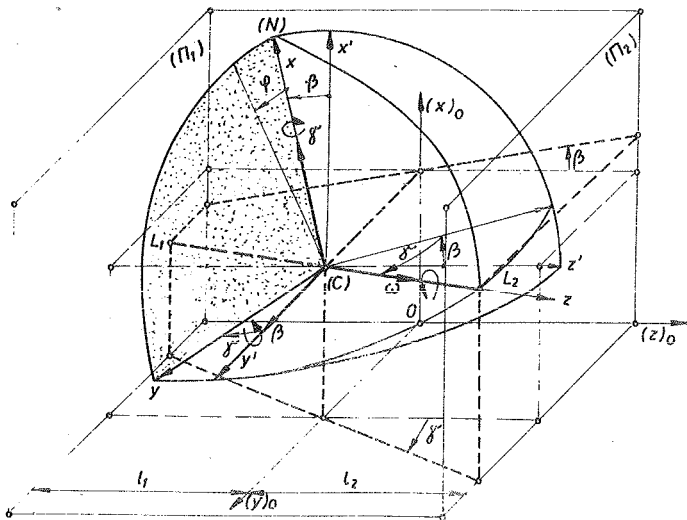
### 3. Matematički model

#### 3.1. Slobodne oscilacije rotora s prigušenjem

Izabran je nepokretni koordinatni sistem  $(x)_0, (y)_0, (z)_0$ , čiji se koordinatni početak O poklapa s težištem (C) u stanju statičke ravnoteže (slika 2). Pri tome se osa  $(z)_0$  poklapa sa geometrijskom osom obrtanja, a ostale dve ose  $(x)_0$  i  $(y)_0$  obrazuju ortogonalni sistem. Rastojanje između ležišta je  $l$ , a položaj težišta (C) je određen rastojanjima  $l_1$  i  $l_2$  od levog  $L_1$  odnosno desnog  $L_2$  ležišta.

U ravninama  $(\Pi_1)$  i  $(\Pi_2)$  se nalaze elastični sistemi, tzv. anizotropna ležišta koja imaju različite krutosti  $c$  i koeficijente prigušenja  $b$  u dva ortogonalna pravca.

Položaj rotora u prostoru može se dobiti iz opšteg kretanja krutog tela u prostoru - translacije centra inercije  $C(X_C, Y_C, Z_C)$  i rotacije oko centra inercije - određene uglovima  $\beta, \gamma$  i  $\varphi$ . Ovaj položaj se može odrediti i koordinatama ležištima  $L_1(x_1, y_1)$ .



Sl. 2. Položaj ose rotora u prostoru

$L_2(x_2, y_2)$  i uglom obrtanja  $\varphi$ , pošto se pomeranje ose rotora u aksijalnom pravcu  $z_0$  može zanemariti kao mala veličina višeg reda.

Dakle, oscilatorni sistem je određen sa pet nezavisnih koordinata, tj. imamo sistem sa pet stepeni slobode kretanja; međutim, praktično je sa četiri stepena, pošto je  $\varphi = \omega t$ . Jednostavnim merenjem oscilacija rotora na mestima ležišta se dolazi do stepena neuravnoteženosti.

U tabeli T-1 dat je sistematski pregled mehaničkih sistema mašina za dinamičko uravnotežavanje prema broju stepeni slobode kretanja i konceptijskim rešenjima. Sistem pod 1 je sa relativno krutim - nepokretnim uležištenjem; primenjuje se kod mašina čiji senzori reaguju na silu kinetičkog pritiska na ležišta. Mašine sa mehaničkim okvirom (2) imaju centar oscilacija i koriste se pretežno kao rezonantne mašine sa mehaničkim i optičkim mernim uređajima.

Sistem sa tri stepena slobode (3), tj. sa dva (jer je  $\varphi = \omega t$ ) poseduje dva para lisnatih opruga koje omogućuje poprečne horizontalne oscilacije rotora. Ako se primene strune dobija se još jedan stepen slobode u aksijalnom pravcu. Mehanički sistemi pod

T-1 Pregled mehaničkih sistema mašina za uravnoteženje prema broju stepeni slobode i konstrukcijskim svojstvima.

Red. broj	Broj stepeni slobode	Šema mehaničkog sistema	Legenda
1.	Jedan ( $\varphi = \omega \cdot t$ )		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Piezoelektrični pretvarači</li> <li>2. Opruge velike krutosti</li> </ol>
2.	Dva ( $\varphi, X$ )		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Oscilatorni okvir s oprugom</li> <li>2. Centar oscilacije</li> <li>3. Indikacijski instrument</li> </ol>
3.	Tri ( $\varphi, X_1, X_2$ )		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lisnate opruge</li> <li>2. Oslonci ležišta</li> </ol>
4.	Četiri ( $\varphi, X_1, X_2, Z$ )		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lisnate opruge za poprečne oscilacije</li> <li>2. Lisnate opruge za aksijalne oscilacije</li> </ol>
5.	Pet ( $X_1, Y_1, X_2, Y_2, \varphi$ )		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Strune kružnog preseka</li> <li>2. Membrana</li> <li>3. Postolja</li> <li>4. Pretvarač oscilacija</li> <li>5. Struna pretvarača</li> </ol>
6.	Šest ( $X_1, Y_1, X_2, Y_2, Z, \varphi$ )		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cilindrične torzijske opruge</li> <li>2. Okvir s ležištima za oslanjanje rotora.</li> </ol>

4, 5 i 6 nalaze primenu kod mašina za uravnotežavanje mikromotora u finoj mehanici i automatici.

Veza između koordinata težišta i koordinata ležišta  $L_1$  i  $L_2$  (slika 2) data je relacijom:

$$\begin{bmatrix} x_c \\ \beta \\ y_c \\ \gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ell_2/e & \ell_1/e & 0 & 0 \\ -1/e & 1/e & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ell_2/e & \ell_1/e \\ 0 & 0 & -1/e & 1/e \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Uglovi  $\beta$  i  $\gamma$  se obično nazivaju uglovima precesije i nutacije, a ugao  $\varphi$  je ugao sopstvene rotacije.

Pri ovim pretpostavkama i početnim uslovima dobijaju se male prigušene oscilacije rotora oko položaja statičke ravnoteže.

Za dobijanje matematičkog modela primenimo Lagrange-ove jednačine kretanja druge vrste.

Kinetička i potencijalna energija i funkcija rasipanja sistema mogu se izraziti sledećim relacijama:

$$T = \frac{1}{2} m(\dot{x}_c^2 + \dot{y}_c^2) + \frac{1}{2} [J(\dot{\beta}^2 + \dot{\gamma}^2) + J_z(\omega + \dot{\beta}\gamma)^2]$$

$$\Pi = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n c_{ik} q_i q_k = \frac{1}{2} [(c_{xx_1} x_1^2 + 2c_{xy_1} x_1 y_1 + c_{yy_1} y_1^2) + (c_{xx_2} x_2^2 + 2c_{xy_2} x_2 y_2 + c_{yy_2} y_2^2)] \quad (2)$$

$$\Phi = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n b_{ik} \dot{q}_i \dot{q}_k = \frac{1}{2} [(b_{xx_1} \dot{x}_1^2 + 2b_{xy_1} \dot{x}_1 \dot{y}_1 + b_{yy_1} \dot{y}_1^2) + (b_{xx_2} \dot{x}_2^2 + 2b_{xy_2} \dot{x}_2 \dot{y}_2 + b_{yy_2} \dot{y}_2^2)]$$

Pri čemu je  $c_{ik} = c_{ki}$  i  $b_{ik} = b_{ki}$  - Betievska ležišta.

Lagranževe jednačine imaju oblik:

Izraz za  $T$  je linearizovan prema [3].

$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_1} - \frac{\partial T}{\partial q_1} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_1} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_1} = 0 \quad (3)$$



gde su generalisane koordinate

$$q_1 = \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} \quad (4)$$

pa dobijamo sledeće:

$$m\ddot{x}_c + b_{xx_1}\dot{x}_1 + b_{xx_2}\dot{x}_2 + b_{xy_1}\dot{y}_1 + b_{xy_2}\dot{y}_2 + c_{xx_1}x_1 + c_{xx_2}x_2 + c_{xy_1}y_1 + c_{xy_2}y_2 = 0$$

$$m\ddot{y}_c + b_{yy_1}\dot{y}_1 + b_{yy_2}\dot{y}_2 + b_{xy_1}\dot{x}_1 + b_{xy_2}\dot{x}_2 + c_{yy_1}y_1 + c_{yy_2}y_2 + c_{xy_1}x_1 + c_{xy_2}x_2 = 0 \quad (5)$$

$$J\ddot{\beta} + J_z\omega\dot{\gamma} + b_{xx_2}l_2\dot{x}_2 - b_{xx_1}l_1\dot{x}_1 + b_{xy_2}l_2\dot{y}_2 - b_{xy_1}l_1\dot{y}_1 + c_{xx_2}l_2x_2 - c_{xx_1}l_1x_1 + c_{xy_2}l_2y_2 - c_{xy_1}l_1y_1 = 0$$

$$J\ddot{\gamma} - J_z\omega\dot{\beta} + b_{yy_2}l_2\dot{y}_2 - b_{yy_1}l_1\dot{y}_1 + b_{xy_2}l_2\dot{x}_2 - b_{xy_1}l_1\dot{x}_1 + c_{yy_2}l_2y_2 - c_{yy_1}l_1y_1 + c_{xy_2}l_2x_2 - c_{xy_1}l_1x_1 = 0$$

Ovaj sistem homogenih diferencijalnih jednačina sa stalnim koeficijentima opisuje prigušene oscilacije ose rotora. Medjutim, ovde nije cilj proučavanje prigušenih oscilacija, već korišćenje ovog stanja idealno uravnoteženog rotora za dobijanje prinudnih oscilacija realnog rotora.

### 3.2. Prinudne oscilacije rotora sa prigušenjem

Posmatra se realni rotor sa statičkom ( $\mathcal{E}$ ) i dinamičkom ( $\alpha$ ) neuravnoteženošću. Ova dva poremećaja se mogu izraziti relacijama:

$$\begin{aligned} X_c &= (x_c) + \mathcal{E} \cos \omega t \\ Y_c &= (y_c) + \mathcal{E} \sin \omega t \\ \beta &= (\beta) + \alpha \cos(\omega t - \psi) \\ \gamma &= (\gamma) + \alpha \sin(\omega t - \psi) \end{aligned} \quad (6)$$

gde je:

$(x_c), (y_c)$  - koordinate prodora ose obrtanja i poprečnog preseka kroz težište

$(\beta), (\gamma)$  - uglovi između projekcija ose obrtanja rotora na ravan  $zx$  odnosno  $yz$  i ose  $(z)_0$

$\beta, \gamma$  - uglovi između projekcija glavne centralne ose na ravan  $zx$  odnosno  $yz$  i ose  $(z)_0$

$\alpha$  - ugao nagiba glavne centralne ose inercije i ose obrtanja  $(c)_z$

$\psi$  - ugao između ravni koja prolazi kroz osu obrtanja  $(c)_z$  i težište  $C$  i ravni u kojoj leži ugao  $\alpha$  (slika 1).

Ako se u obrasce (6) unesu veličine iz obrasca (1) i izvrši zamena u sistemu (5) dobija se sistem linearnih nehomogenih simultanih diferencijalnih jednačina sa stalnim koeficijentima:

$$\begin{aligned} \ddot{x}_1 &= -k_{11}\ddot{x}_2 - k_{12}\dot{x}_1 - k'_{12}\dot{x}_2 - k''_{12}\dot{y}_1 - k''_{31}\dot{y}_2 - k_{13}x_1 - k'_{13}x_2 - \\ &\quad - k_{14}y_1 - k_{15}y_2 + k_0 \cos \omega t \\ \ddot{x}_2 &= \ddot{x}_1 + k_{23}\dot{x}_1 - k_{22}\dot{x}_2 + (k_{21} + k'_{23})\dot{y}_1 - (k_{21} + k'_{22})\dot{y}_2 + \\ &\quad + k_{25}x_1 - k_{24}x_2 + k_{27}y_1 - k_{26}y_2 + k' \cos \omega t + k'' \sin \omega t \\ \ddot{y}_1 &= -k_{11}\ddot{y}_2 - k''_{12}\dot{x}_1 - k''_{31}\dot{x}_2 - k_{31}\dot{y}_1 - k'_{31}\dot{y}_2 - k_{14}x_1 - k_{15}x_2 - \\ &\quad - k_{32}y_1 - k'_{32}y_2 + k_0 \sin \omega t \\ \ddot{y}_2 &= \ddot{y}_1 + (k'_{23} - k_{21})\dot{x}_1 - (k'_{22} - k_{21})\dot{x}_2 + k_{42}\dot{y}_1 - k_{41}\dot{y}_2 + \\ &\quad + k_{27}x_1 - k_{26}x_2 + k_{44}y_1 - k_{43}y_2 + k' \sin \omega t + k'' \cos \omega t \end{aligned} \quad (7)$$

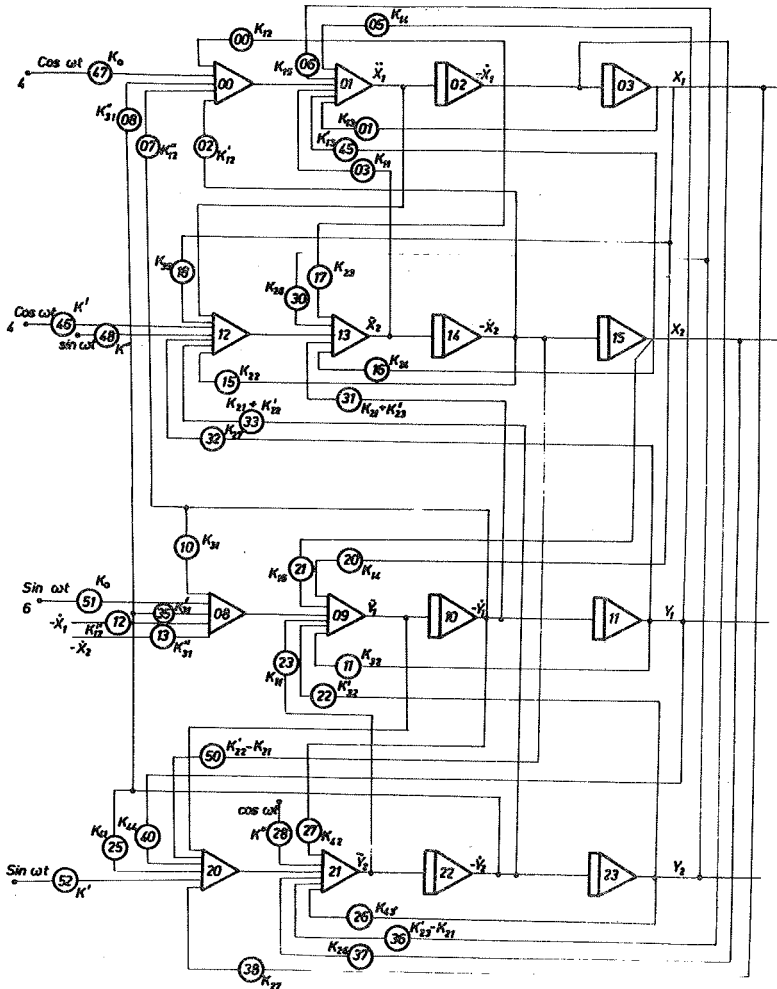
Za iznalaženje ovog modela od interesa su sledeća tri karakteristična ležišta

T-2

Karakteristike krutosti i prigušenja		Naziv elastičnog ležišta
1	$c_{xy} = 0$	$c_{xx} = c_{yy} = c$ $b_{xx} = b_{yy} = b$ Izotropno (a priori simetrično)
2	$b_{xy} = 0$	$c_{xx} \neq c_{yy}$ Anizotropno - simetrično
3	$c_{xy} \neq 0$ $b_{xy} \neq 0$	$b_{xx} \neq b_{yy}$ Anizotropno - asimetrično

#### 4. Analogni model

Na osnovu matematičkog modela - sistema (7) uradjen je analogni model (slika 3) za simuliranje na analognom elektronskom računaru.



Sl. 3. Analogni model za simulaciju sistema (7) na analognom računaru "PACE Tr 48"

naru. Na taj način se, još pre projektovanja mehaničkog sistema mašine, mogu dobiti informacije o uticaju pojedinih parametara na docniju konstrukciju. Model je radjen za programiranje na a-

nalognoj mašini tipa "PACE Tr 49" i sastoji se od: osam integratora - po dva za svaku varijablu, zatim od osam sabirača, od četrdeset potencijometara, pri čemu se pobude  $\sin \omega t$  i  $\cos \omega t$  dovode iz generatora harmonijskih funkcija.

Ilustracije radi prikazani su dobijeni rezultati oscilacija ležišta za dva karakteristična slučaja (slike 4 i 5), i to za:

1. Izotropna ležišta ( $c_{xx1,2} = c_{yy1,2} = c$ ;  $b_{xx1,2} = b_{yy1,2} = b$ ) i
2. Anizotropna simetrična ( $c_{xx1,2} = c_x$ ;  $c_{yy1,2} = c_y$  i  $b_{xx1,2} = b_x$ ;  $b_{yy1,2} = b_y$ ).

Koeficijenti za ova dva slučaja dobijaju se prema obrascima iz tablice T-3.

T-3 Koeficijent	slučaj	
	1	2
$K_{11}$	$l_1/l_2$	$l_1/l_2$
$K_{12} = K'_{12}$	$b l/m l_2$	$b_x l/m l_2$
$K_{13} = K'_{13}$	$c l/m l_2$	$c_x l/m l_2$
$K_0$	$l l \omega^2 / l_2$	
$K_{21}$	$J_z \omega / J$	
$K_{22}$	$b l l_2 / J$	$b_x l l_2 / J$
$K_{23}$	$b l l_1 / J$	$b_x l l_1 / J$
$K_{24}$	$c l l_2 / J$	$c_x l l_2 / J$
$K_{25}$	$c l l_1 / J$	$c_x l l_1 / J$
$K'$	$\frac{J-J_z}{J} \alpha l \omega^2 \cos \psi$	
$K''$	$\frac{J-J_z}{J} \alpha l \omega^2 \sin \psi$	
$K_{31} = K'_{31}$	$K_{12} = K'_{12}$	$b_y l/m l_2$
$K_{32} = K'_{32}$	$K_{13} = K'_{13}$	$c_y l/m l_2$
$K_{41}$	$K_{22}$	$b_y l l_2 / J$
$K_{42}$	$K_{23}$	$b_y l l_1 / J$
$K_{43}$	$K_{24}$	$c_y l l_2 / J$
$K_{44}$	$K_{25}$	$c_y l l_1 / J$

Vrednosti krutosti i prigušenja:

- 1)  $c = 850 \text{ N/m}$ ;  $b = 120 \text{ Nms}^{-1}$
- 2)  $c_x = 1000 \text{ N/m}$ ;  $b_x = 100 \text{ Nms}^{-1}$   
 $c_y = 700 \text{ N/m}$ ;  $b_y = 150 \text{ Nms}^{-1}$

Ostali polazni podaci:

$$m = 5 \text{ [kg]} \quad l_1 = 0,25 \text{ [m]}$$

$$l_2 = 0,35 \text{ [m]} \quad l = 0,60 \text{ [m]}$$

$$\omega = 150 \text{ [1/sec]} \quad \psi = 30^\circ$$

$$\xi = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ [m]} [= 2009 \text{ mm/kg}]$$

$$J_z = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ [kgm}^2\text{]}$$

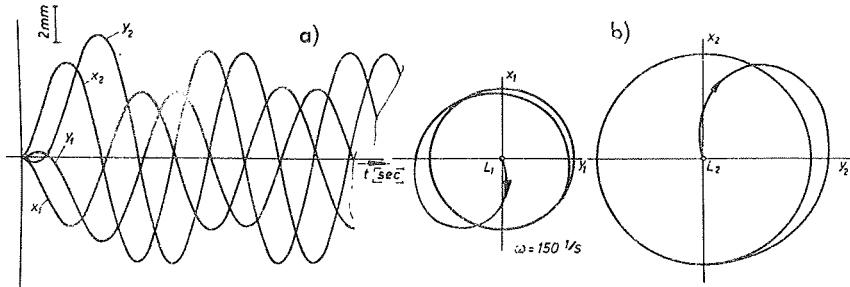
$$J = 10 \cdot 10^{-2} \text{ [kgm}^2\text{]}$$

$$\alpha = \pi/90 \text{ [rad]}$$

Ostali koeficijenti:

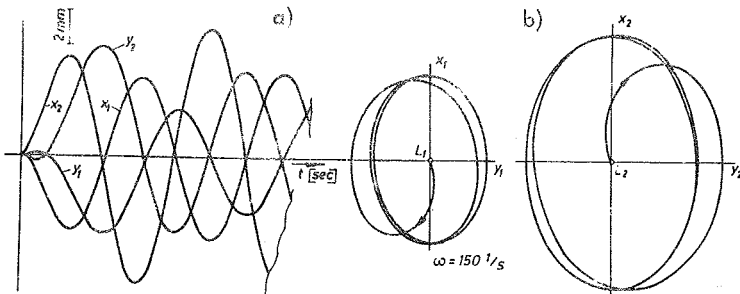
$$K''_{12} = K_{14} = K_{15} = K'_{22} = \\ = K'_{23} = K_{26} = K_{27} = K''_{31} = 0.$$

U prvom slučaju, u stacionarnom stanju, se dobijaju trajektorije ležišta  $L_1$  i  $L_2$  krugovi poluprečnika  $S_1 = 4,2$  i  $S_2 = 6,3$  [mm] (slika 4).



Sl. 4. Oscillogrami ležišta  $L_1(x_1, y_1)$  i  $L_2(x_2, y_2)$  izotropskih karakteristika u vremenskom a) i faznom domenu b) (trajektorije)

U drugom slučaju za anizotropna ležišta se dobijaju za trajektorije stojeće elipse (slika 5).



Sl. 5. Oscillogrami ležišta  $L_1(x_1, y_1)$  i  $L_2(x_2, y_2)$  anizotropskih karakteristika u vremenskom a) i faznom domenu b) (trajektorije)

### 5. Izotropsko-elastična ležišta

Ako se u obe ravni  $\Pi_1$  i  $\Pi_2$  rasporede opruge i amortizeri tako da čine izotropsko-elastična i simetrična ležišta, tj.  $c_{xx_1} = c_{yy_1} = C$ ,  $c_{xy_1} = 0$ ,  $b_{xx_1} = b_{yy_1} = b$  i  $b_{xy_1} = 0$ , gde je  $i = 1, 2$ ; tada se sistem (7) egzaktno može rešiti uvodeći "Ansatz":

$$\begin{aligned}
 x_1(t) &= A_1 \cos \omega t + B_1 \sin \omega t \\
 y_1(t) &= A_2 \sin \omega t + B_2 \cos \omega t \\
 x_2(t) &= A_3 \cos \omega t + B_3 \sin \omega t \\
 y_2(t) &= A_4 \sin \omega t + B_4 \cos \omega t
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Amplitude  $A_i$ ,  $B_i$  se dobijaju izjednačenjem koeficijenata uz  $\cos \omega t$  i  $\sin \omega t$ , pri čemu se dobija sistem od 8 linearno zavisnih nehomogenih algebarskih jednačina, koji se svodi na sistem od 4 nezavisne linearne homogene algebarske jednačine:

$$\begin{bmatrix}
 (-ml_2\omega^2 + cl) & (-ml_1\omega^2 + cl) & -bl\omega & -bl\omega \\
 bl\omega & bl\omega & (-ml_2\omega^2 + cl) & (-ml_1\omega^2 + cl) \\
 J\omega^2 + J_2\omega^2 - cl_1 & -(J\omega^2 + J_2\omega^2 - cl_2) & bll_1\omega & -bll_2\omega \\
 -bll_1\omega & bll_2\omega & J\omega^2 + J_2\omega^2 - cl_1 & -(J\omega^2 + J_2\omega^2 - cl_2)
 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}
 A_2 - A_1 \\
 A_4 - A_3 \\
 B_1 + B_2 \\
 B_3 + B_4
 \end{bmatrix} = 0 \tag{9}$$

Ako je determinanta sistema  $D^* \neq 0$ , onda sistem ima rešenje:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= A_2 ; & A_3 &= A_4 \\
 B_1 &= -B_2 ; & B_3 &= -B_4
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Zamenom ovih vrednosti u sistemu od 4 nezavisne nehomogene linearne jednačine dobija se:

$$\begin{bmatrix} (-ml_2\omega^2 + cl) & (-ml_1\omega^2 + cl) & bl\omega & bl\omega \\ -bl\omega & -bl\omega & (-ml_2\omega^2 + cl) & (-ml_1\omega^2 + cl) \\ (J-J_z)\omega^2 - cll_1 & - (J-J_z)\omega^2 - cll_2 & - bll_1\omega & bll_2\omega \\ bll_1\omega & - bll_2\omega & (J-J_z)\omega^2 - cll_1 & - (J-J_z)\omega^2 - cll_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} A_1 \\ A_3 \\ B_1 \\ B_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m l \varepsilon \omega^2 \\ 0 \\ (J - J_z) \alpha l \omega^2 \cos \psi \\ (J - J_z) \alpha l \omega^2 \sin \psi \end{bmatrix} \quad (11)$$

Ako je determinanta ovog sistema  $\det D \neq 0$ , onda će sistem imati sledeće rešenje:

$$A_1 = \frac{D_1}{D}, \quad A_3 = \frac{D_2}{D}, \quad B_1 = \frac{D_3}{D}, \quad B_3 = \frac{D_4}{D} \quad (12)$$

gde su:  $D_1 \dots 4$  - subdeterminante - koje se dobijaju iz determinante  $D$  zamenom odgovarajućih kolona uz nepoznate slobodnim članovima sa desne strane sistema (11).

Uvodeći rezultujuće amplitude i fazne pomeraje

$$\begin{aligned} S_1 &= \sqrt{A_1^2 + B_1^2}; \quad \varphi_1 = \arctg B_1/A_1 \\ S_2 &= \sqrt{A_3^2 + B_3^2}; \quad \varphi_2 = \arctg B_3/A_3 \end{aligned} \quad (13)$$

rešenja (8) se mogu napisati u obliku:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= S_1 \cos(\omega t - \varphi_1) \\ y_1(t) &= S_1 \sin(\omega t - \varphi_1) \\ x_2(t) &= S_2 \cos(\omega t - \varphi_2) \\ y_2(t) &= S_2 \sin(\omega t - \varphi_2) \end{aligned} \quad (8a)$$

Dobijene prinudne oscilacije rotora usled statičke i dinamičke neuravnoteženosti predstavljaju dva para sinhronih i sinfaznih oscilacija, dok su međusobno asinfazne. Trajektorije tačaka  $L_1$

i  $L_2$  predstavljaju krugove poluprečnika  $S_1$  i  $S_2$ , respektivno. Rezonantni režim, tj. frekventna jednačina se dobija i determinantne sisteme ( $\det D = 0$ ) ako se isključe članovi koji predstavljaju prigušenje sistema, tj.

$$D(\omega^2) = m(J - J_z)\omega^4 - [2c(J - J_z) + mc(\ell_1^2 + \ell_2^2)]\omega^2 + c\ell^2 = 0$$

pa su rezonantne kružne učestanosti

$$\omega_{I,II} = \sqrt{\frac{2c(J - J_z) + mc(\ell_1^2 + \ell_2^2) \pm \sqrt{[2c(J - J_z) + mc(\ell_1^2 + \ell_2^2)]^2 - 4mc^2\ell^2(J - J_z)}}{2m(J - J_z)}} \quad (14)$$

U specijalnom slučaju za  $\ell_1 = \ell_2 = \frac{\ell}{2}$  imamo:

$$\omega_I = \sqrt{\frac{2c}{m}} \quad ; \quad \omega_{II} = \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{c}{J - J_z}} \quad (14a)$$

Dalje se pokazuje da pri neizmernom povećanju brzine rotora nastaje njegovo samocentriranje (asimptotska stabilnost):

$$\lim_{\omega \rightarrow \infty} \begin{bmatrix} A_1 \\ A_3 \\ B_1 \\ B_3 \end{bmatrix} = \lim_{\omega \rightarrow \infty} \begin{bmatrix} A_2 \\ A_4 \\ -B_2 \\ -B_4 \end{bmatrix} = \alpha \begin{bmatrix} \ell_1 \cos \psi \\ -\ell_2 \cos \psi \\ \ell_1 \sin \psi \\ -\ell_2 \sin \psi \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \xi \\ \xi \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

pa iz jednačina (1) i (6) izlazi

$$\lim_{\omega \rightarrow \infty} \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ \beta \\ \delta \end{bmatrix} = 0 \quad (16)$$

Dakle, efekt samocentriranja krutog neuravnoteženog rotora na elastičnim ležištima pri neizmerno velikim brzinama se sastoji u tome, što se glavna centralna osa inercije pri obrtanju poklapa sa osom obrtanja koja određuje stanje statičke ravnoteže.

Kao primer dati su egzaktni rezultati proračuna amplituda oscilacija izotropno-elastičnih ležišta za tri karakteristična slu-



čaja sa neuravnoteženošću:

1. Složenom statičko-dinamičkom
2. Čisto dinamičko ( $\dot{c} = 0$ ,  $\alpha$  postoji) i
3. Čisto statičkom ( $\alpha = 0$ ,  $\epsilon$  postoji) .

T-4 Proračun amplituda oscilacija

Veličine	c = 850 N/m ; b = 120 Nm/s x)		
	1	2	3
D	$-0,422621 \cdot 10^{17}$	$-0,422621 \cdot 10^{17}$	$-0,422621 \cdot 10^{17}$
D <sub>1</sub>	$-0,101579 \cdot 10^{15}$	$-0,111635 \cdot 10^{15}$	$0,100563 \cdot 10^{14}$
D <sub>2</sub>	$0,135305 \cdot 10^{15}$	$0,128537 \cdot 10^{15}$	$0,676869 \cdot 10^{13}$
D <sub>3</sub>	$0,144917 \cdot 10^{15}$	$0,147916 \cdot 10^{15}$	$-0,299917 \cdot 10^{13}$
D <sub>4</sub>	$-0,230947 \cdot 10^{15}$	$-0,227535 \cdot 10^{15}$	$-0,341291 \cdot 10^{13}$
S <sub>1</sub> [m]	$4,16 \cdot 10^{-3}$	$4,38 \cdot 10^{-3}$	$0,248 \cdot 10^{-3}$
S <sub>2</sub> [m]	$6,32 \cdot 10^{-3}$	$6,18 \cdot 10^{-3}$	$0,180 \cdot 10^{-3}$

x) Napomena: Ostali podaci kao pod paragrafom 4.

## 6. Programiranje na digitalnom računaru

Matematički model (7) prilagodjen za programiranje na elektronskom digitalnom računaru može se transformisati u sledeći oblik:

$$\begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{1+K_{11}} \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} & A_{15} & A_{16} & A_{17} & A_{18} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & A_{24} & A_{25} & A_{26} & A_{27} & A_{28} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & A_{34} & A_{35} & A_{36} & A_{37} & A_{38} \\ A_{41} & A_{42} & A_{43} & A_{44} & A_{45} & A_{46} & A_{47} & A_{48} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ x_1 \\ x_2 \\ y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} + \frac{1}{1+K_{11}} \begin{bmatrix} 1 & -K_{11} & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -K_{11} \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{bmatrix} \quad (17)$$

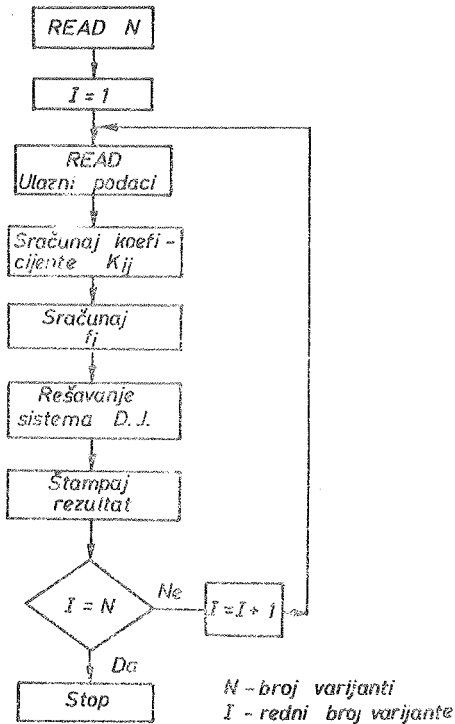
Program je napisan u Fortanu IV u modifikaciji Siesta - Rechenberg [6], a realizovan je na Computeru SDS 930 (C90-40), čije su glavne karakteristike:

Mašina je sa paralelnim radom u binarnom sistemu sa  $S_1$  - tranzistorima.

Dužina reči: 24 bita + 1 paritetni bit

Centralna jedinica: 16 k reči; 1,75  $\mu$ s vreme ciklusa.

Na slici 6 dat je šematski prikaz algoritma za programiranje u nekoliko varijanti.



Sl. 6. Sematski prikaz algoritma za programiranje

U cilju komparativne ilustracije dati su dobijeni rezultati oscilacija rotora za jedno izotropno ležište (prema podacima datim u T-3 pod 1) sa složenom statičko-dinamičkom neuravnoteženošću (tablica T-5). Prikazan je prelazni i stacionarni režim. U stacionarnom režimu dobijaju se amplitude oscilacija  $S_1 = 4,16 \cdot 10^{-3}$  [m] i  $S_2 = 6,3 \cdot 10^{-3}$  [m], što se poklapa sa rezultatima dobijenim na analognom računaru (slike 4 i 5) i egzaktnim putem (tablica T-4).

PARAMETER:

1	1.50000E 02	$\omega$
2	1.20000E 02	}
3	1.20000E 02	
4	8.50000E 03	}
5	8.50000E 03	
6	2.00000E -04	$\epsilon$
7	3.49066E -02	$\alpha$
8	5.23599E -01	$\nu$

t [Sec]	$x_1(t)$ [m]	$y_1(t)$ [m]	$x_2(t)$ [m]	$y_2(t)$ [m]
	5	7	6	8
.000E 00	.00000E 00	.00000E 00	.00000E 00	.00000E 00
2.00E-03	-2.26530E-C4	9.98720E-05	3.34171E-04	-1.36063E-04
4.00E-03	-8.17287E-C4	2.39635E-04	1.19473E-03	-3.09731E-04
6.00E-03	-1.62299E-C3	2.47128E-04	2.34894E-03	-2.73050E-04
8.00E-03	-2.48950E-C3	2.96895E-05	3.56230E-03	1.00987E-04
1.00E-02	-3.27388E-C3	-4.38326E-04	4.62238E-03	8.38826E-04
1.20E-02	-3.85685E-C3	-1.12894E-03	5.35665E-03	1.88791E-03
1.40E-02	-4.15141E-C3	-1.97458E-03	5.64460E-03	3.13888E-03
1.60E-02	-4.10814E-C3	-2.88230E-03	5.42436E-03	4.44782E-03
1.80E-02	-3.71697E-C3	-3.74778E-03	4.69407E-03	5.65770E-03
2.00E-02	-3.00559E-C3	-4.46839E-03	3.50817E-03	6.61800E-03
2.20E-02	-2.03495E-C3	-4.95470E-03	1.96928E-03	7.20173E-03
2.40E-02	-8.92091E-C4	-5.13984E-03	2.16463E-04	7.31878E-03
2.60E-02	3.18912E-C4	-4.98618E-03	-1.58927E-03	6.92499E-03
2.80E-02	1.48718E-03	-4.48895E-03	-3.28075E-03	6.02641E-03
3.00E-02	2.50557E-C3	-3.67661E-03	-4.70064E-03	4.67867E-03
3.20E-02	3.28068E-C3	-2.60814E-C3	-5.71610E-03	2.98170E-03
3.40E-02	3.74142E-C3	-1.36752E-03	-6.23105E-03	1.07032E-03
3.60E-02	3.84542E-C3	-5.59356E-05	-6.19495E-03	-8.98267E-04
3.80E-02	3.58288E-C3	1.21758E-03	-5.60735E-03	-2.75899E-03
4.00E-02	2.97738E-C3	2.34599E-03	-4.51791E-03	-4.35412E-03
4.20E-02	2.08366E-C3	7.27474E-C3	-3.02183E-03	-5.54776E-03

a)

1.140E-01	2.95467E-C3	-2.95166E-03	-4.81314E-03	4.12964E-03
1.160E-01	3.69673E-C3	-1.95322E-03	-5.81719E-03	2.51944E-03
1.180E-01	4.10942E-C3	-7.78942E-C4	-6.30125E-03	6.85126E-04
1.200E-01	4.15558E-C3	4.65944E-04	-6.22226E-03	-1.20965E-03
1.220E-01	3.83382E-C3	1.66993E-03	-5.58744E-03	-2.99582E-03
1.240E-01	3.16390E-C3	2.72516E-03	-4.45367E-03	-4.51402E-03
1.260E-01	2.21416E-03	3.53711E-03	-2.92236E-03	-5.62881E-03
1.280E-01	1.06624E-C3	4.03300E-03	-1.13041E-03	-6.24076E-03
1.300E-01	-1.77498E-C4	4.16830E-03	7.61984E-04	-6.29535E-03
1.320E-01	-1.40612E-C3	3.93073E-03	2.58570E-03	-5.78785E-03
1.340E-01	-2.51001E-03	3.34132E-C3	4.17775E-03	-4.76370E-03
1.360E-01	-3.39367E-03	2.45258E-03	5.39585E-03	-3.31450E-03
1.380E-01	-3.96952E-03	1.34376E-03	6.13116E-03	-1.56978E-03
1.400E-01	-4.19493E-C3	1.13809E-C4	6.31795E-03	3.14530E-04
1.420E-01	-4.04679E-C3	-1.12749E-03	5.93952E-03	2.17005E-03
1.440E-01	-3.53838E-C3	-2.26932E-03	5.02966E-03	3.83099E-03
1.460E-01	-2.71512E-C3	-3.20971E-03	3.66966E-03	5.14895E-03
1.480E-01	-1.65354E-C3	-3.86470E-03	1.98101E-03	6.00617E-03
1.500E-01	-4.39738E-C4	-4.17576E-03	1.14583E-04	6.32609E-03

b)

Tablica T-5 Rezultati oscilacija dobijeni na digitalnom računaru

- a) prelazni režim  
b) stacionarni režim

## 7. Zaključci

Karakteristike oscilatornih mehaničkih sistema mašina za uravnotežavanje ili pri uravnotežavanju mašina u sopstvenim ležištima se mogu dobiti pre projektovanja simulacijom na analognom odnosno programiranjem na digitalnom računaru. Pri tome se obično pretpostavljaju očekivane veličine statičke i dinamičke neuravnoteženosti kao pobude.

Sa izotropno elastičnim uležištenjima za trajektorije tačaka  $L_1$  i  $L_2$  se dobijaju krugovi, dok se za anizotropno simetrično uležištenje dobijaju stojeće elipse. Najzad za anizotropno-asimetrične sisteme dobijaju se kose elipse. Pokazano je dalje da se može iskoristiti tzv. efekt samocentriranja rotora u cilju smanjenja vibracija ležišta i temelja mašina čiji rotori rade iznad druge kritične brzine.

Metoda ove simulacije se može primeniti i u slučaju uležištenja sa nelinearnim karakteristikama.

## 8. Literatura

- [1] J. Kožešnik, Dinamika mašin (prevod sa češkog: Dinamika stroju), Mašgiz, Moskva (1961)
- [2] K. Federn, Umdrucke zur Vorlesung "Auswuchttechnik", 1. Hauptabschnitt "Dynamik des ungewichtigen starren Körpers", TU Berlin (1967)
- [3] B. Gligorić, Obrtanje krutog neuravnoteženog rotora na elastičnim osloncima, Tehnika - Mašinstvo 15 (1966) 192
- [4] F.M. Dimentberg, Izgibnie kolebanija vrašćajuščihsja valov, Izd. AN SSSR, Moskva (1959)
- [5] A.S. Keljzon, Dinamika žestkovo rotora, vrašćajuščegosja v druh uprugih oporah, učenje zapiski LVIMU im. admir. Markarova, vip. X (1958)
- [6] P. Rechenberg, Simulationsprache für Digitalrechner. u okviru seminara "Simulation technischer und biologischer Systeme", na TU Berlin, 4.-20. Sept. 1967.

Dynamik eines starren, unwichtigen Rotors in elastischen Lagern

In dieser Abhandlung wird die Dynamik eines starren, unwichtigen Rotors behandelt, der sich mit konstanter Geschwindigkeit in zwei elastischen und schwingungsgedämpften Lagern dreht. Behandelt wird mechanisches und entsprechendes mathematisches Modell, d. h. ein System von inhomogenen linearen Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten, deren Lösungen die Schwingbewegungen der Drehachse des Rotors darstellen. Dieses Modell bezieht sich auf eine Auswuchtmaschine oder Auswuchtvorgang eines Rotors in seinen eigenen Lagern. Es wird zum Schluss ein analoges Modell für Analogrechner, ebenso ein Programm für digitale Rechner gegeben. Einige charakteristische Ergebnisse zeigen, in der Tat, die Simulation solche dynamische Probleme.



## VII. SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA

NOVI SAD, 1971

M. Turina<sup>x</sup>

### TEHNIČKE MOGUĆNOSTI NUMERIČKIH PROGRAMATORA ZA ALATNE MAŠINE<sup>xx</sup>

#### 1. Uvod

Numeričko upravljanje predstavlja najviše tehničko dostignuće u oblasti upravljanja alatnim mašinama. Broj instaliranih alatnih mašina sa numeričkim upravljanjem raste iz dana u dan. Radi ilustracije navodim samo nekoliko podataka. Procjenjuje se, da je krajem 1970.g. bilo u SAD u upotrebi više od 20000 numerički upravljanih alatnih mašina. Istovremeno u Velikoj Britaniji bilo je 2500 do 3000, u Saveznoj Republici Njemačkoj oko 2000, a u Švicarskoj više od 300 numerički upravljanih alatnih mašina (1). Ne raspolazem sa domaćim statistikama, ali se sa velikom vjerovatnošću može pretpostaviti, da u našim tvornicama nema u radu više od 10 do 15 numerički upravljanih alatnih mašina.

Sadašnje stanje minimalne, ili nikakve, primjene numerički upravljanih alatnih mašina u Jugoslaviji je dalje neodrživo. Vjerujem, da će se u našim tvornicama, u narednih nekoliko godina, uvišestručiti broj takvih mašina. Logika razvoja navodi nas na ovakav zaključak.

Odluka za nabavku i uvođenje u pogon numerički upravljanih alatnih mašina mora uslijediti nakon brižljivo provedene prethodne studije. Studija treba obuhvatiti tehničke, ekonomske i sociološke aspekte primjene numerički upravljanih mašina. Također treba proučiti da li će uvođenje nove opreme zahtijevati neke organizacione promjene. Mašine sa numeričkim upravljanjem su skupe. Radi toga je potrebno pažljivo planiranje nabavke, izbor karakteristika i specificiranje tipa mašina.

<sup>x</sup> dipl. ing. Miroslav Turina, savjetnik u Institutu za elektroniku, telekomunikacije i automatizaciju tvornice RIZ, Zagreb, Božidarevićeva 13

<sup>xx</sup> Saopštenje iz Instituta za elektroniku, telekomunikacije i automatizaciju. Rad je napravljen u okviru programa razvoja i osvajanja proizvodnje numeričkih programatora za alatne mašine.

Svrha ovoga saopštenja je da ukratko prikaže osnovne karakteristike i tehničke mogućnosti numeričkih programatora. Dat je poseban osvrt na široku mogućnost uvođenja posebnih, dopunskih, funkcija, koje svaki korisnik izabire prema svojim specifičnim potrebama.

## 2. Osnovne karakteristike numeričkih programatora za alatne mašine

Numerički programatori za alatne mašine predstavljaju složene elektronske uređaje. Gledajući pojednostavljeno svaki numerički programator se može predstaviti, kao uređaj, koji se sastoji od četiri glavna dijela. Prvi dio predstavlja grupu elektromehaničkih i elektronskih sklopova, koji imaju zadatak primiti podatke o funkcijama, koje mašina mora izvršiti. Najveći broj numeričkih programatora, koji se danas proizvode, prima podatke preko 8-kanalne bušene trake. Postoje i druge mogućnosti unošenja podataka kao što je na primjer magnetska traka ili bušene kartice. Svaki programator također treba imati mogućnost ručnog programiranja.

Drugi osnovni dio programatora je kontrolno upravljački sklop. To je u biti mali elektronski računar, koji prima podatke sa ulaznog dijela, obrađuje ih i na izlazu daje komande za rad izvršnih organa. Veličina i složenost kontrolno upravljačkog dijela ovisi o broju funkcija, koje programator mora izvršavati.

Treći dio programatora predstavljaju izvršni organi. Kao izvršni organi javljaju se istosmjerni servo motori, električki impulsni motori ili elektrohidraulički impulsni motori. Između izvršnog organa i kontrolno upravljačkog sklopa nalaze se elektronski sklopovi koji imaju zadatak da komandu primljenu iz kontrolno upravljačkog sklopa pretvore u signal pogodnog oblika i dovoljne snage za pokretanje izvršnog organa. U kompletu numeričkog programatora nalazi se onoliki broj izvršnih organa koliko ima osi u kojima se vrši programiranje.



Četvrti osnovni dio numeričkog programatora su mjerni organi. Zadatak mjernih organa je da ustanove stvarni trenutni položaj mašine. Taj položaj se uspoređuje sa željenim položajem i, ukoliko se ustanovi razlika, daje se nalog izvršnom organu, da izvrši korekciju položaja. Potrebno je napomenuti, da postoje numerički programatori bez mjernih organa. Kod ovih programatora se pretpostavlja da izvršni organ, u ovome slučaju impulsni motor, izvršava primljenu komandu bez greške.

Nakon kratkog i najopćenitijeg prikaza strukture numeričkog programatora, pokušajmo ukratko definirati njegove osnovne funkcije. Ukratko rečeno kod alatnog stroja sa numeričkim programiranjem programator izvršava jedan dio funkcija, koje inače na konvencionalnom stroju vrši čovjek. U odnosu na čovjeka stroj ispoljava neke prednosti, a to su : rad bez zamora, veća brzina, veća tačnost.

Osnovna funkcija programatora je pozicioniranje, tj. postavljanje predmeta koji se obrađuje i alata sa kojim se obrađuje u određeni međusebni položaj. Postoje dva osnovna tipa numeričkog pozicioniranja ; diskretno pozicioniranje i konturno vođenje. Tačka po tačka ili diskretno pozicioniranje je najjednostavniji način numeričkog upravljanja. U takvom načinu rada giba se komad koji se obrađuje, ili alat sa kojim se vrši obrada, duž dvije osi od jednog mjesta do drugog za redom, tako da se mogu izvršiti radne operacije. Ovakav način programiranja se primjenjuje kod mašina kao što su : bušilice, glodalice, zakivne mašine itd.

Konturno vođenje predstavlja mnogo složeniji način upravljanja. Pri ovome načinu rada alat se vodi konturno u dvije ili više osi istovremeno. Putanja ili kontura se opisuje u neprekidnom slijedu vrlo kratkih segmenata. Segmenti mogu biti pravolinijski ili krivolinijski. Oblik putanje određen je kodiranjem na perforiranoj traci. Da bi se opisao određeni oblik, u zahtjevanim tolerancama, potrebno je tisuće segmenata. Obrada metala se odvija kontinuirano sve dok se ne dobije

potreban oblik. Konturno vođenje se koristi kod tokarskih mašina, vertikalnih i horizontalnih, kao i kod glodalica za konturno glodanje. Sistemi za konturno upravljanje su vrlo skupi i primjenjuju se samo u obradi kompliciranih oblika kakvi se traže u vazduhoplovnoj industriji ili prilikom izrade brodskih elisa na primjer.

Složenije alatne mašine, kao na primjer, vertikalni strug sa dvije glave, zahtjevaju istovremeno upravljanje sa više alata u više osiju. Izrađuju se programatori sa mogućnošću programiranja u 8, 9 ili više osiju.

Glavno područje primjene numerički upravljanih mašina je izrada predmeta u malim i srednjim serijama i čak pojedinačnih komada. Jedino numeričko upravljanje omogućuje efikasnu automatizaciju obrade predmeta, koji se proizvode u malim serijama.

Prilikom donošenja odluke o nabavi mašine sa numeričkim upravljanjem postavlja se kao važno pitanje pouzdanost sistema. O pouzdanosti sistema, odnosno o odnosu vremena dok je mašina u pogonu i van pogona ovisi konačna cijena po jednom proizvedenom komadu. Kratko vrijeme stajanja će se postići ukoliko postoji mogućnost brzog otklanjanja kvara na samoj alatnoj mašini i na numeričkom programatoru. Radi toga treba prije donošenja odluke o kupovini i izboru tipa numeričkog programatora pažljivo proučavati kakve su mogućnosti održavanja i otklanjanja kvarova. Programator mora imati dovoljan broj ispitnih tačaka. Elektronski sklopovi moraju biti lako pristupačni. Najbolje je, kada su ploče sa elementima umetnute u konektore, tako da se mogu vaditi iz uređaja bez odlemljivanja. Sve važnije funkcije programatora bi morale imati svjetlosnu indikaciju ispravnog funkcioniranja. Sistem identifikacije grešaka mora biti jednostavan. Najbolje je, da se tekuće intervencije svedu na zamjene pojedinih funkcionalnih sklopova. Također je važno kakva je mogućnost obuke osoblja u rukovanju, održavanju i popravkama.

Na tržištu se danas nalaze numerički programatori, koji su izgrađeni na osnovu široke upotrebe poluvodičkih elemenata, tranzistora i integriranih krugova. Noviji tipovi pretežno koriste integrirane krugove, koji osiguravaju veliku pouzdanost i dug rad bez otkaza.

### 3. Neobavezne i pomoćne funkcije

Numerički programatori raznih tipova namijenjeni za razne mašine posjeduju neka zajedničke funkcije i neke različite funkcije, koje su uslovljene namjenom programatora ili željom naručioca. Na pr. mogućnost pozicioniranja je funkcija, koju moraju posjedovati svi programeri, a kontrola brzine vretena nije obavezna za sve.

U ovoj glavi je dat kratki opis pomoćnih i nekih najčešće korištenih neobaveznih funkcija, koje se koriste kod numeričkih programatora za alatne mašine

- "Ručno unasanje podataka" omogućuje ručno umetanje programskih kodova u numerički programator pomoću dekadnih preklopnika, tastature i t. sl. Svaki kod, koji se može unijeti preko bušene trake, može se unijeti i ručno.

- "Indikator položaja" daje vizuelnu numeričku indikaciju trenutnog položaja alata u odnosu na neku ishodišnu tačku. Kod većine uređaja indikator položaja se isporučuje uz doplatu.

- "Vraćanje na nulu". Korištenjem ove komande sinhroniziraju se sve osi prema ishodišnoj tački. Ono omogućuje jednostavni nastanak odvijanja programa nakon nekog prekida u radu.

- "Ploveća nulta tačka". Komanda sa ovim nazivom omogućuje, da se ishodišna tačka, od koje se računaju sve kote, pri programiranju, postavi na ono mjesto, koje najbolje odgovara obrađivanom komadu.

- "Zrcaljenje" je velika pomoć i ubrzanje pri programiranju. Ukoliko predmet zahtjeva simetričnu obradu u odnosu na neki os, komanda "zrcaljenje" prenosi program iz jednog kvadranta u drugi.

- "Kompenzacija dužine alata" je korisna osobina kod svih mašina, a posebno kod mašina sa automatskom promjenom alata. Ova funkcija omogućuje, da se programiranje vrši ne uzimajući u obzir dužinu ili

radius alata. Stvarne dimenzije alata, koje se tačno izmjere, unose se u programator ručno preko komandne table. Na taj način promjene dimenzija alata, do kojih dolazi radi trošenja i brušenja, ne zahtjevaju promjenu programa na bušenoj traci.

- "Fiksni ciklusi" omogućuju, da se neka radna operacija, koja se sastoji od više koraka, obavi na komandu samo jednog kodnog broja sa bušene trake. Ovo je naročito korisno, ako se pojedine operacije češće ponavljaju tokom obrade. Na primjer pri bušenju će se jedna operacija sastojati od slijedećih koraka : brzo pri-  
laženje alata do površine materijala, bušenje rupe do određene dubine, reverziranje osovine, izvlačenje alata iz materijala na površinu, brzo odmićanje i priprema za slijedeću operaciju. Ako programator nema predviđene fiksne cikluse svaka od ovih radnji se mora posebno programirati.

- Zadržavanje rada omogućava operatoru zaustavljanje mašine u bilo kojoj fazi operacije bez gubitka pozicije ili sinhronizacije u programu i ponovo nastavljanje rada na mjestu gdje je prekinut.

Osim navedenih pomoćnih funkcija postoji još niz drugih kao što je na primjer : upravljanje brzinom vretena, uključenje i isključenje hlađenja, ručno podešavanje brzine posmaka, indikator broja operacije i.t.d.

#### 4. Tabelarni pregledi

Da bi se budući korisnici numeričkih programatora lakše snalazili u obilju mogućnosti, koje programatori pružaju, kao i da bi kritičnije mogli procjenjivati prospektne materijale, dato je nekoliko tabela za olakšanje izbora uređaja. U tabelama su nabrojene funkcije numeričkih programatora i vrste alatnih mašina na koje se pojedine funkcije odnose.

Uvedena su četiri stepena korisnosti za svaku funkciju :

PR - preporuča se

VK - vrlo korisno

PZ - po zahtjevu

NF - ne primjenjuje se

Tabela 2

Konturno glodanje	Profilna glodalica		Borverk		
	2 osi	3 osi	3 osi	4 osi	5 osi
Karakteristika programatora					
Pozicioniranje	PR	PR	PR	PR	PR
Konturno vođenje					
Linearna interpolacija	PR	PR	PR	PR	PR
Kružna interpolacija	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ
Razdjelna memorija	PR	PR	PR	PR	PR
Programirano hlađenje	PR	PR	PR	PR	PR
Programirani posmak	PR	PR	PR	PR	PR
Ručno podešavanje brzine posmaka	PR	PR	PR	PR	PR
Zadržavanje rada	PR	PR	PR	PR	PR
Programirana promjena alata	PZ	PZ	PR	PR	PR
Čitač trake					
Brzina 100 slova/s	PR	PZ	PZ	PZ	PZ
Brzina 300 slova/s	VK	PR	PR	PZ	PZ
Brzina 500 slova/s	PZ	VK	VK	PR	PR
Dvostruki čitač trake	PZ	VK	VK	VK	VK
Automatsko premotavanje	VK	VK	VK	VK	VK
Redni broj sekvence					
Indikator broja	VK	VK	VK	VK	VK
Traženje broja	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ

Karakteristika programatora	Profilna glodalica		Borverk		
	2 osi	3 osi	3 osi	4 osi	5 osi
Ručno unošenje podataka	PR	PR	PR	PR	PR
Prematavanje do određenog broja	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ
Zrcaljenje	PR	PR	VK	VK	VK
Vraćanje na nulu	PR	PR	PR	PR	PR
Floveća nulta tačka	PR	PR	PR	PR	PR
Dviije osi	PR	NP	NP	NP	NP
Tri osi	NP	PR	PR	NP	NP
Četiri osi	NP	NP	NP	PR	NP
Pet osi	NP	NP	NP	NP	PR
Tri osi, jedna sa prekapčanjem	NP	NP	NP	PZ	NP
Više od pet osiju	NP	NP	NP	NP	NP
Indikator položaja	VK	VK	PZ	PZ	PZ

Tabela 1

Programiranje tačka po tačka	Drvo osno bušenje	Tri osno bušenje/glo- danje	Tri osno sa promjenom alata	Četiri osno sa promjenom alata	Udarne prese	Tačkasto zakivanje
Karakteristika programatora						
Pozicioniranje, svaka os posebno	PR	PR	PR	PR	PR	PR
Pozicioniranje, više osi istovremeno	VK	VK	VK	VK	NP	NA
Rezanje pod uglom	NP	VK	VK	VK	NP	NP
Konturno						
Linearna interpolacija	NP	PZ	PZ	PZ	NP	NP
Kružna interpolacija		PZ	PZ	PZ	NP	NP
Čitač trake						
brzina 100 imp/s	PR	PZ	PZ	PZ	VK	VK
brzina 300 imp/s	PZ	VK	VK	VK	PZ	PZ
automatsko premotavanje	VK	VK	VK	VK	VK	VK
Programirani posmak	NP	VK	VK	VK	NP	NP
Ručno podešavanje brzine posmaka	FR	PR	PR	PR	NP	NP
Zadržavanje rada	FR	PR	PR	PR	PR	PR
Programirano hlađenje	VK	VK	PR	PR	NP	NP
Fiksni podprogram	PZ	VK	VK	VK	VK	VK
Indikator broja sekvence	VK	VK	VK	VK	VK	VK
Automatska promjena alata	NP	NP	PR	PR	PR	NP
Kompenzacija dužine alata	NP	NP	VK	VK	NP	NP
Zrcaljenje	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ
Ručno unošenje programa	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ
Vraćanje na nulu	PR	PR	PR	PR	PR	PR
Ploveća multa tačka	VK	VK	VK	VK	VK	VK
Indikator položaja	PZ	PZ	ØZ	PZ	PZ	PZ
Karakteristike održavanja	VK	VK	VK	VK	VK	VK

## 5. Zaključak

Numeričko upravljanje alatnim strojevima pruža široke mogućnosti za automatizaciju obrade predmeta, koji se izrađuju u manjim serijama. Ekonomski opravdana veličina serije utvrdit će se komparativnom analizom cijene koštanja obrade na mašini sa numeričkim upravljanjem i konvencionalnoj mašini.

Tehničke prednosti mašina sa numeričkim upravljanjem, u odnosu na konvencionalne mašine, su znatne. Povećava se tačnost obrade. Brzina obrade je veća, a bolja je i reproduktivnost. Vrlo široke i raznolike tehničke karakteristike numeričkih programatora i relativno visoka cijena nabavke zahtjevaju pažljivo studiranje vlastitih potreba i karakteristika programatora, koji se nude na tržištu. Institut za elektroniku, automatizaciju i telekomunikacije pri pcduzeću Radioindustrija Zagreb već duže vrijeme radi na pripremi proizvodnje numeričkih programatora za alatne mašine. Institut je u mogućnosti, da sam, ili u suradnji sa inozemnim kooperantima ponudi programatore, koji ispunjavaju sve standardne zahtjeve. Institut također prima porudzbine za projektiranje i pojedinačnu izradu specijalnih elektronskih uređaja za alatne mašine.

## 6. Literatura

1. M.F. Rubin, Economic Application of Numerical Controls an Production Machines, Schweizerische Handelszeitung of June 16, 1969.
2. Richard P.Blass, Matchnig the machine NC Optiaus, Am. Mach, 20.11.1967.



M. Turina

TECHNICAL POSSIBILITIES OF NUMERICAL CONTROL  
FOR MACHINE TOOLS

There are first steps made in the Yugoslav industry for application of numerical control for machine tools. In order to make easier the choice of numerical control for the future users, a short description of the basic numerical control characteristics is given. There are also some auxiliary and unbound functions described.

At the end two lists are given, which enable an easy choice of numerical control characteristics depending on the type of machine tools.



