

Hodolič, J.*

INTEGRALNI PRILAZ POSTPROCESIRANJU UPRAVLJAČKIH INFORMACIJA
U SISTEMU ZA AUTOMATIZOVANO PROGRAMIRANJE FLEKSIBILNIH TEH-
NOLOŠKIH SISTEMA ZA OBRADU ROTACIONIH IZRADAKA**)

INTEGRALNI APPROACH TO CONTROL INFORMATION POSTPROCESSING IN
THE SYSTEM FOR THE AUTOMATIC PROGRAMMING OF FLEXIBLE MANUFAC-
TURING SYSTEM FOR THE MACHINING OF ROTATIONAL PART

Summary

The paper starts with definition of the postprocessor in narrow and extended sence. It is pointed out that introduction of standardization within CNC units programming languages didn't decrease necessity for postprocessing. It's also emphasized that a number of developed generalized postprocessors and their generators originate from researches performed due to postprocessors development.

In the paper the original model of postprocessing system is presented. The postprocessor which is shown belongs to the group of postprocessors in extended sence based on integral approach to postprocessing for CNC machine tools for rotational parts machining, for measuring machines and manipulation systems. The system is considered to be a part of the complex technologically oriented system for automatic programming of flexible technological systems, having simple regeneration abilities. The presentation of the model is performed through four subsystems: input informations subsystem, information basis subsystem, the main program with accompanied segments and output informations subsystem.

The model of the main computer program is organized as matrix structure with rows representing postprocessing phases and columns representing postprocessing branches. The branches are dedicated to postprocessing of control informations for particular FTS components such as CNC machine tools, industrial manipulators, measuring machines, transport systems etc.

The most important question, among a number existing, due to development of the proposed and partially tested postprocessing system, seems to be development of metalanguage intended to describe programming languages for CNC units belonging to flexible technological systems.

*) Dr Janko Hodolič, dipl. ing., docent, Institut za proizvodno mašinstvo. Fakultet tehničkih nauka, V. Perića-Valtera 2, Novi Sad

**) Rad je proizašao iz istraživanja koja finansira SIZ NR Vojvodine.

Rad je saopšten na 22. Savetovanju proizvodnog mašinstva Jugoslavije u Ohridu, 1989. godine.

Rezime

U radu su prikazani originalni rezultati istraživanja integralnog postprocesorskog sistema za jedan tehnološki orijentisani sistem za programiranje fleksibilnih tehnoloških sistema. Rezultatima je obuhvaćen prikaz modela sistema baziranog na podsistemu ulaznih informacija, podsistemu informacionih podloga, glavnog programa i izlaznim informacijama. Rezultati istraživanja potkrepljeni su primerom za koji je testirano postavljeno rešenje postprocesora.

1. UVOD

Postprocesori su programi sa kojima se vrše programska prilagodjavanja uređjaja ili programskih sistema na druge uređjaje ili programske sisteme [6]. U osnovi postprocesor predstavlja sprežni sistem (interfejs) između različitih uređjaja ili programskih sistema.

U sistemima za automatizovano programiranje (SAP) osnovni zadatak postprocesora je da upravljački program projektovan u procesoru sistema u jednom neutralnom jeziku prevede u programski jezik konkretne numeričke upravljačke (NU) jedinice. Pored toga u opštem slučaju njegov zadatak se svodi na obezbeđenje nosioca upravljačkih informacija kao i obezbeđenje oblika i sadržaja dokumentacije za poslužioca NU jedinice. U ovom slučaju se može govoriti o postprocesoru u užem smislu (sl. 1). Šire posmatrano postprocesor može u ukupnom SAP obavljati i druge zadatke kao što su sekundarna optimizacija tehnološkog procesa, proveravanje projektovanih upravljačkih programa itd. U ovom slučaju se može govoriti o postprocesoru u širem smislu (sl. 2).

2. STANJE U RAZVOJU POSTPROCESORA

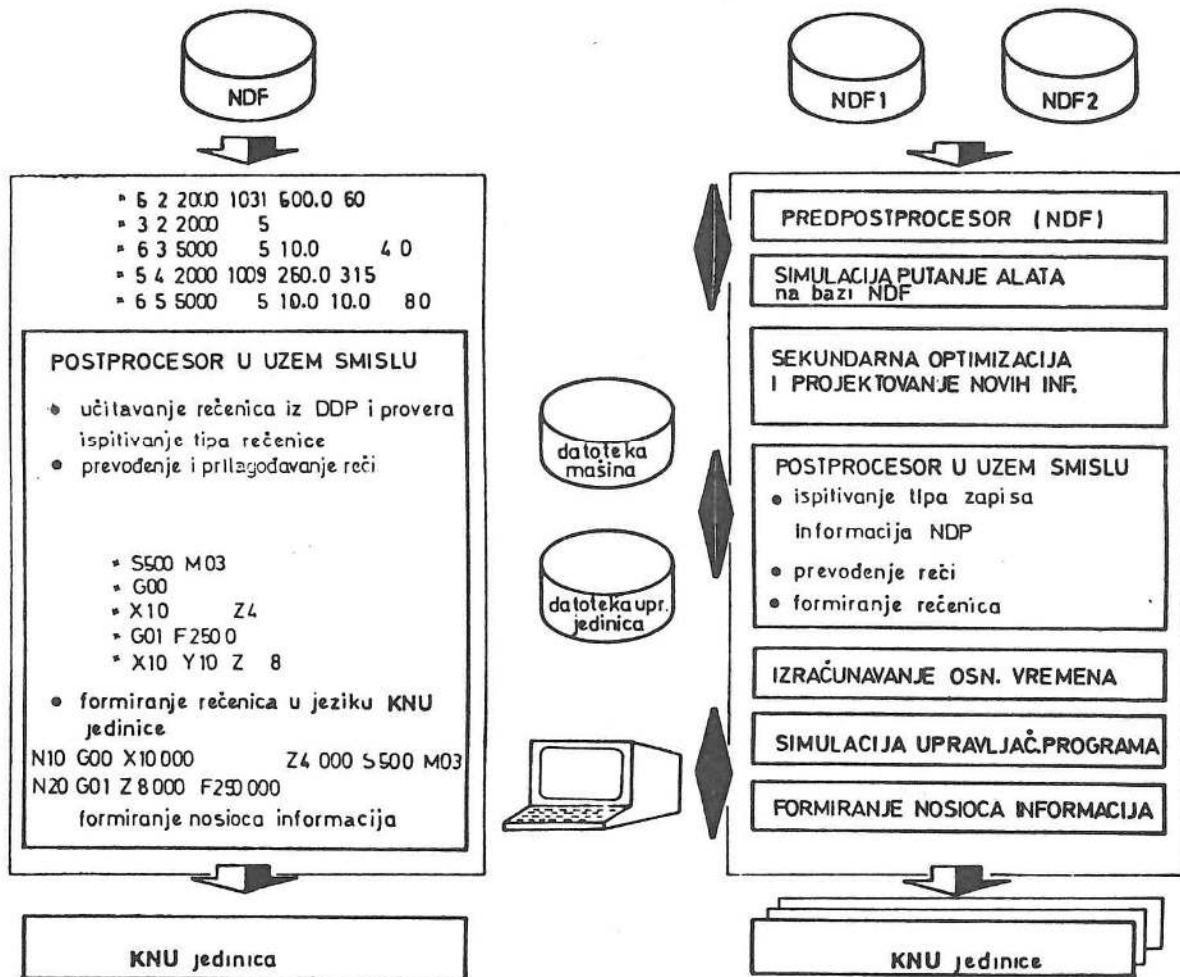
Pojam postprocesora u SAP datira od njihove pojave. U najčešćem broju slučajeva, pre svega kod SAP koji datiraju od ranijih godina, postprocesorski deo SAP se sastoji od niza pojedinačnih postprocesora razvijenih za jedno konkretno rešenje: NU jedinica - mašina alatka ili druga komponenta. Uvodjenjem standardizacije u području programskih jezika NU jedinica došlo je do smanjenja raznolikosti programskih jezika pre svega u pogledu semiotike¹⁾ i semantike²⁾. Bilo je za očekivati da će zbog toga doći do nestajanja potrebe za postprocesorima. To se nije obistinilo a razlozi za to su višestruki:

- Nepostojanje standardizacije u pogledu sintakse³⁾ programskih jezika NU jedinica
- Sve veći fond reči u programskim jezicima NU jedinica zbog permanentnog usavršavanja i proširivanja mogućnosti NU mašina alatki, robo-

ta, mernih mašina itd.

- Sve veći zahtevi od SAP u pogledu stepena automatizacije i kvaliteta upravljačkih programa a koji su rezultirali razvojem postprocesora u širem smislu (sl. 2)
- Svesno odstupanje pojedinih proizvođača (NU) jedinica od pomenutih standarda radi postizanja određene automnosti svojih rešenja.

Gledajući sa aspekta prethodnog, problem postprocesora i u budućnosti biće aktuelan i bitan. Zbog toga, kao i zbog velikih potreba u pogledu broja postprocesora, metodama i načinima razvoja postprocesora se u naučno-stručnim

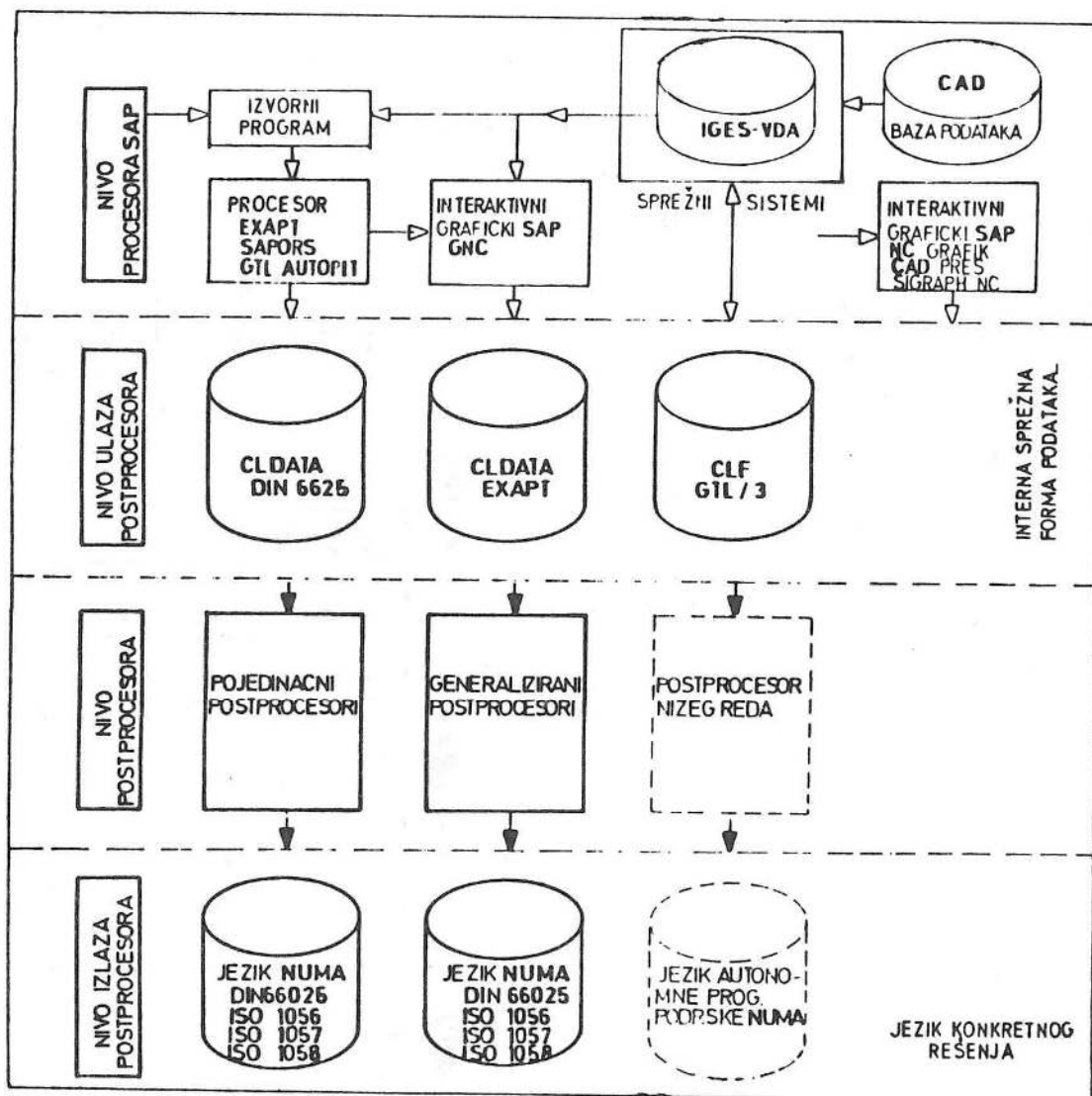


Sl. 1. Postprocesor u užem smislu
 Fig. 1. Postprocessor in narrow sense

Sl. 2. Postprocesor u širem smislu
 Fig. 2. Postprocessor in extended sense

- 1) Semiotika je grana gramatike koja se bavi proučavanjem teorije znakova i simbola u programskom jeziku
- 2) Semantika kao deo gramatike je nauka o značaju reči
- 3) Sintaksa je deo gramatike koji se bavi rečenicom kao celinom, njenim sastavnim delovima, kao i načinom uredjenja tih delova

krugovima posvećuje velika pažnja. Danas je razvoj postprocesora (sl. 3) rezultirao nizom prilaza, neutralnih jezika, specijalnih sistema za automatsko generisanje postprocesora (generatori postprocesora) i kompleksnim rešenjima postprocesora za nekoliko NUMA¹⁾ (generalizovani postprocesori). Sve to je



Sl. 3. Rešenja postprocesora u SAP NUMA

Fig. 3. Postprocessor's solutions within APSS for NC Machine Tools

prisutno pre svega u SAP sa malim mogućnostima u pogledu projektovanja tehnološkog procesa. Sa druge strane kod novih i tehnološki orijentisanih SAP istražuju se nove metode i prilazi u razvoju postprocesora.

Na drugoj strani postoji određeno kašnjenje u razvoju SAP industrijskih robota i SAP mernih mašina kao i odgovarajućih programskih jezika, zbog čega je došlo do određene podvojenosti u prilazima i rešenjima postprocesora u odnosu na SAP.

1) NUMA - Numerički Upravljana Mašina Alatka

U jednom kompleksnom SAP FTS¹⁾ takva podvojenost mogla bi da bude krupna prepreka za njegovu uspešnu primenu.

Na bazi prethodnih činjenica proizašao je cilj da se postavi jedan postprocesorski sistem u širem smislu na bazi integralnog prilaza i sa jednostavnim regenerativnim mogućnostima kao sastavni deo jednog tehnološki orijentisanog SAP FTS.

3. MODEL INTEGRALNOG POSTPROCESORSKOG SISTEMA

Polazeći od prethodnih razmatranja i polaznih ograničenja u smislu izradka odnosno NU komponenata FTS za koje se žele projektovati upravljački programi u njihovim programskim jezicima, postavljen je model sistema, prikazan na slici 4.

Model je sastavljen od četiri osnovna strukturna dela i to:

1. Podсистема ulaznih informacija (gornji i desni deo),
2. Podсистема informacionih podloga (levi deo),
3. Glavnog računarskog programa sa odgovarajućim programskim segmentima (centralni deo) i
4. Izlazne informacije (donji deo)

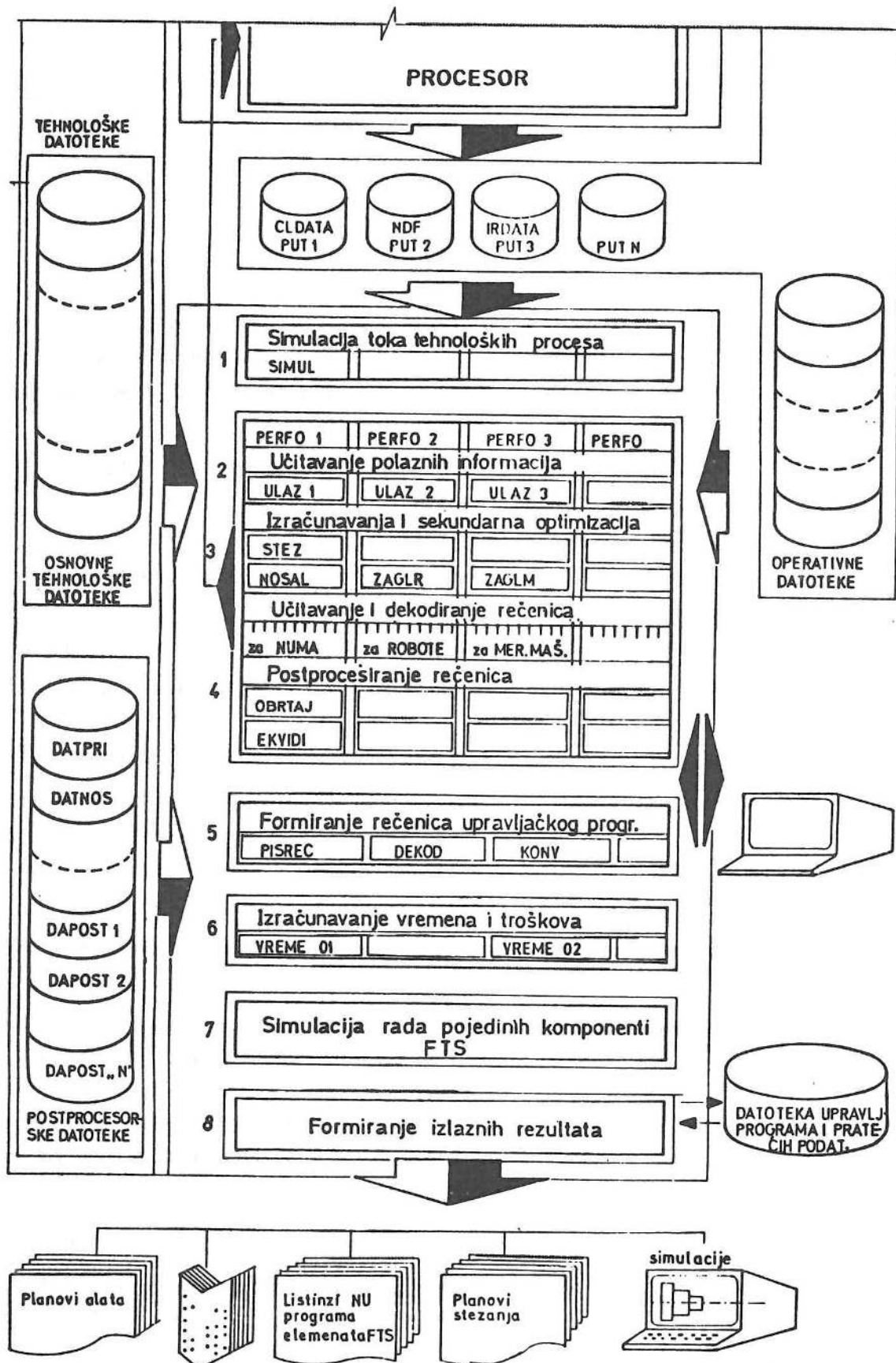
U nastavku se ukratko prikazuju osnovne funkcije pojedinih delova strukture.

... 1. *Podсистem ulaznih informacija* prema modelu na sl. 4 predstavlja ulazni deo celog sistema. Prvi (osnovni) deo ulaznih informacija su ustvari izlazni rezultati iz procesora: osnovne tehnologije obrade (odsecanja, obrade krajeva, struganje, brušenje i sl.) definisanih na bazi CLDATA internog jezika [5], procesora merno kontrolnih zahvata (datih u vidu NDF²⁾ internog jezika [6]), procesora manipulacionih zahvata (datih u IRDATA internom jeziku [7]) odnosno procesora transportno skladišnih zahvata. Ove informacije se u fazi njihovog projektovanja upisuju u pojedinačne datoteke koje predstavljaju deo operativnih datoteka celog SAP FTS. One su označene sa PUT1, PUT2, PUT3...PUTn. Drugi, manji deo, ulaznih informacija koristi se iz drugih operativnih datoteka. Pored navedenih, kao ulazne informacije prema modelu na slici 4. mogu se smatrati i odgovori projektanta u dijalogu računar-projekant, kada do takvog režima dodje.

... 2. *Podсистem informacionih podloga* oblikovan je u vidu datoteka tzv. tehnoloških informacija. U ovom slučaju glavni čine informacije kojima su definisane karakteristike pojedinih upravljačkih sistema kao i karakteristi-

1) FTS - Fleksibilni Tehnološki Sistem

2) NDF - Neutral Data File



Sl. 4. Model integralnog postprocesorskog sistema
 Fig. 4. The model of the integral postprocessing system

ke njihovih programskih jezika. Podsystem sadrži deo tehnoloških datoteka SAP FTS, nazvanih kako sledi:

- DAPOST1 - datoteka karakteristika upravljačkih jedinica i njihovih programskih jezika za obradne komponente FTS,
- DAPOST2 - datoteka karakteristika upravljačkih jedinica i njihovih programskih jezika za merno kontrolne komponente FTS,
- DAPOST3 - datoteka karakteristika upravljačkih jedinica i njihovih programskih jezika za manipulacione komponente FTS i
- DAPOST4 - datoteka karakteristika upravljačkih jedinica i odgovarajućeg programskog jezika transportno skladišnih komponenta FTS.

Pored navedenih datoteka sa informacionim podlogama delimično se koriste i druge tehnološke datoteke SAP FTS u kojima su definisane karakteristike samih komponenta FTS odnosno njihovih funkcionalnih sklopova (npr. datoteka mašina, pribora za stezanje, nosača alata itd.).

. . . .3. *Glavni računarski program integralnog postprocesorskog sistema*, strukturiran je po odredjenim nivoima odnosno kolonama. Nivoi predstavljaju faze projektovanja u integralnom postprocesorskom sistemu dok kolone predstavljaju grane postprocesorskog sistema namenjene za prilagodjavanje i projektovanje upravljačkih informacija za pojedine vrste komponenta FTS.

Prvi nivo obuhvata module za simulaciju tehnoloških procesa. Simulacija se obavlja samo na bazi informacija sadržanih u operativnim datotekama: PUT1, PUT2, itd. Pri tome se ne uzimaju u obzir stvarni uslovi (dimenzije alata, radnog prostora itd.) jer informacije još nisu prilagodjene konkretnom rešenju. Ova simulacija služi za vizuelnu kontrolu informacija projektovanih u procesoru SAP FTS.

Drugi nivo predstavlja predpostprocesor. Ima zadatak, izmedju ostalog, učitavanje ulaznih informacija iz pojedinih datoteka SAP. U njemu mogu da se lociraju i odgovarajući programi za prevodjenje u formu koju predvidja neki od internih jezika za definisanje ulaznih informacija. Na taj način je moguće povezivanje postprocesorskog sistema i sa procesorima SAP koji ne obezbeđuju svoj izlaz u prethodno navedenim neutralnim jezicima.

Treći nivo čini deo postprocesora koji se odnosi na sekundarnu optimizaciju (primarnu obavljaju odgovarajući delovi procesora) kao i projektovanje dodatnih informacija. Ovaj deo postprocesora čini niz modula - segmenata, većinom problemski orijentisanih za pojedine vrste komponenta FTS. Zavisno od rezultata projektovanja u ovoj fazi, korišćenjem posebne povratne veze od

postprocesora do procesora, moguća je aktuelizacija novih rešenja u procesu SAP-FTS.

Četvrti nivo predstavlja postprocesor u užem smislu, u njemu se upravljačke informacije na bazi karakteristika programskog jezika sadržane u datotekama DAPOST prilagodjavaju konkretnoj komponenti FTS.

Na petom nivou na bazi prilagodjenih informacija formiraju se rečenice upravljačkog programa.

Šesti nivo obuhvata module za izračunavanje vremena trajanja pojedinih operacija obrade, manipulacije, odnosno merenja i kontrole. Ove informacije se koriste kao osnovni podaci za upravljanje proizvodnjom u FTS.

Na sedmom nivou pre formiranja nosioca izlaznih informacija vrši se proveravanje prilagodjenih upravljačkih informacija na bazi simulacije rada pojedinih komponenti i praćenja od strane projektanta.

Pošto se radi o OFF-LINE sistemu, poslednji (osmi nivo) predstavljaju programi za prenošenje projektovanih upravljačkih programa u odgovarajuću mašičnu datoteku i formiranje odredjenih kompleta programa. Osim toga, na ovom nivou formiraju se i odgovarajući nosioci informacija neophodni za pripremu alata, hvataljki, mernih pipaka, pribora za stezanje itd. U slučaju potrebe, u odsustvu DNU na ovom nivou, moguće je korišćenje posebnih programa za formiranje perforiranih ili magnetnih traka kao nisoica upravljačkih informacija.

. . . .4. *Izlazne informacije iz postprocesorskog sistema* dobijaju se u vidu:

- rezultata simulacije pojedinih tehnoloških procesa i procesa rada pojedinih komponenti FTS
- upravljačkih programa za pojedine komponente FTS,
- plana stezanja obradka,
- plana alata, mernih pipaka i hvataljki,
- odredjenih napomena i informacija za poslužioce sistema i za sistem upravljanja proizvodnjom FTS i
- nosioca upravljačkih programa (po potrebi).

U slučaju "ON-LINE" režima rada SAP-FTS sa potpuno automatizovanim FTS prethodno navedena struktura izlaznih informacija iz postprocesorskog sistema bila bi drugačija. Tako npr. za opremanje mašine više neće biti potreban plan stezanja ili plan alata već odgovarajući upravljački programi za manipulacioni odnosno transportni sistem.

4. REZULTATI - PROVERE

Za postavljene model integralnog postprocesorskog sistema SAP FTS, za obradu rotacionih izradaka obavljena su jednim delom detaljna a drugim delom delimična testiranja. Detaljna testiranja obavljena su za deo postprocesors-

kog-sistema koji se odnosi na NU strugove. Ovaj deo je ujedno bio osnova razvoja drugih delova postprocesorskog sistema. Naime, za delove koji se odnose na prilagodjavanje upravljačkih informacija za industrijske robote i višekoodinatne merne mašine obavljena su samo parcijalna - delimična testiranja. Ukupni rezultati testiranja u suštini čine rezultate verifikacije modela integralnog postprocesorskog sistema.

Za postavljanje koncepcije dela integralnog postprocesorskog sistema koji se odnosi na industrijske robote i za kasnija parcijalna testiranja tog dela sistema, korištena su konkretna rešenja portalnih industrijskih robota - manipulatora. Osnovu za programske jezike navedenih rešenja predstavlja DIN66025.

Od konkretnih rezultata primene razvijenog postprocesorskog sistema ovde ćemo se zadržati samo na primeru rezultata za potrebe jednog industrijskog robota - manipulatora u sastavu fleksibilne tehnološke strukture na nivou fleksibilnog tehnološkog modula.

Kao primer segmenta ulaznih informacija napisanih u IRDATA jeziku sadržanih u odgovarajućoj datoteci PUT2 (sl. 4) prikazuje sl. 5. Ovaj primer

```

700, 22230, 1000;
701, 5000, 193, 4, 1, 500., 1, 0., 1, 0.;
702, 28000, 71;
703, 2003, 67, 1, 6.;
704, 5000, 209, 4, 1, 500., 1, 0., 16, R043;
705, 28000, 85, 59;
706, 28000, 55, 0;
707, 28000, 58, 77;
708, 28000, 51, 21;
709, 5000, 193, 4, 16, R042, 1, 0., 16, R043;
710, 28000, 81, 0;
711, 28000, 52, 99;
712, 5000, 65, 4, 1, 500., 1, 0., 16, R043;
713, 5000, 65, 4, 1, 500., 1, 0., 16, R045;
714, 5000, 65, 4, 16, R070, 1, 0., 16, R045;
715, 5000, 73, 4, 16, R070, 1, 0., 16, R022;
716, 28000, 62, 88;
717, 28000, 96, 61;
718, 28000, 92, 0;
719, 22810, 16, R032;
720, 28000, 87, 0;
721, 2003, 67, 1, 30.;
722, 5000, 89, 4, 16, R070, 1, 0., 16, R045;
723, 5000, 65, 4, 1, 500., 1, 0., 16, R045;
724, 5000, 193, 4, 1, 500., 1, 0., 16, R043;
725, 28000, 72, 0;
726, 5000, 65, 4, 1, 100., 1, 0., 16, R043;
727, 5000, 73, 4, 16, R042, 1, 0., 16, R043;
728, 28000, 51, 0;
729, 5000, 65, 4, 1, 500., 1, 0., 16, R043;
730, 5000, 65, 4, 1, 500., 1, 0., 16, R028;
731, 22240;

```

Sl. 5. Primer ulaznih informacija u IRDATA jeziku za računar
 Fig. 5. An example of the input informations represented by IRDATA Language for computer processing

u suštini predstavlja deo upravljačkog programa za skidanje izmeljivih čeljusti sa stezne glave i njihovo odlaganje u odgovarajući pomerljivi magacin sa kasetama izmenljivih čeljusti.

| I | | MANIPULATOR | | PL-16 | 123098 | I | |
|---|-------|----------------------|-------|------------------------|--------|---------|---|
| I | | MANIPULACIJE : T F V | | : DVOSTRUKE HVATAJLJKE | H-132 | 678 | I |
| I | | | | | | | I |
| I | % | | | | | | I |
| I | N1000 | X500. | | | | M29 | I |
| I | N1001 | | ZR043 | F600. | | M15 M41 | I |
| I | N1002 | | | | | M45 | I |
| I | N1003 | | | | | M42 M23 | I |
| I | N1004 | | | | | M49 M79 | I |
| I | N1005 | XR042 | | | | M19 | I |
| I | N1006 | | | | | M48 M01 | I |
| I | N1007 | X500. | | | | | I |
| I | N1008 | | ZR045 | | | | I |
| I | N1009 | XR070 | | | | | I |
| I | N1010 | 601 | ZR022 | | | | I |
| I | N1011 | | | | | | I |
| I | N1012 | | | | | M38 M12 | I |
| I | N1013 | | | | | M04 M39 | I |
| I | N1014 | 604 R032 | | | | M08 | I |
| I | N1015 | | | | | | I |
| I | N1016 | 601 | ZR045 | | | M17 | I |
| I | N1017 | X500. | | | | | I |

Sl. 6. Podprogram za odlaganje steznih čeljusti pomoću industrijskog robota PL-16.

Fig. 6. The subroutine for putting away the fisturing jaws by industrial manipulator PL-16.

Na sl. 6. prikazan je segment izlaznih rezultata u vidu odgovarajućeg podprograma za industrijski robot PL-16. sa upravljačkom jedinicom PRIMO SG, Siemensove proizvodnje. Robot se koristi za manipulaciju u okviru FTM za struganje tipa NDM-16 iz proizvodnog programa "Georg Fischera". U navedenom FTM sa strugom i mernim sistemom upravlja posebna KNU jedinica SINUMERIC 6T.

5. ZAKLJUČAK

Neophodni povod ovim istraživanjima je razvoj kompleksnog sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa i upravljačkih informacija za FTS pod nazivom SAPOR-FTS u okviru integralnog SAPOR sistema i koncepcije

U slučaju delova postprocesorskog sistema koji se odnose za industrijske robote i merne mašine u ovoj razvojnoj fazi istraživanja su zadržana na nivou kompleksnih rešenja postprocesora u užem smislu koji potvrđuju koncepciju integralnog prilaza rešavanju ovog problema.

U nizu pitanja vezanih za budući razvoj postavljenog postprocesorskog sistema čine se najznačajnijim istraživanja u vezi informacija sadržanih u datotekama DAPOST1, DAPOST2... i stvaranje jednog opšteg meta jezika za opis programskih jezika NU jedinica pojedinih komponenti FTS.

REFERENCE

- |1| HODOLIČ, J.: Integralni prilaz postprocesiranju upravljačkih informacija u sistemu za automatizovano programiranje fleksibilnih tehnoloških sistema za obradu rotacionih izradaka, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1988.
- |2| HODOLIČ, J., GATALO, R., ZELJKOVIĆ, M., MILOSEVIĆ, V., KONJOVIĆ, Z., REKECKI, J. BOROJEV, LJ., i drugi: Automatizovano projektovanje tehnološkog procesa za NU fleksibilne tehnološke sisteme za obradu rotacionih izradaka - prva faza. Elaborat naučno istraživačke teme, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 1986.
- |3| HODOLIČ, J., MILOSEVIĆ, V., GATALO, R., REKECKI, J.: Sistemski postprocesor kao modul SAPOR-S sistema i baza za efikasnu primenu sistema u proizvodnim uslovima XVI Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Mostar, 1982.
- |4| CMMA Neutral Data File Specification, (Level One) for Coordinate Measuring Machines, CMMA-Coordinate Measuring Machine Manufacturers Association, London, 1986.
- |5| DIN 66215, CLDATA, Allgemeiner Aufbau und Satztypen, August 1974, DIN Taschenbuch 200, DIN Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, 1984.
- |6| DIN 66025, Programmaufbau für numerisch gesteuerte Arbeitsmaschinen, Januar 1983, DIN Taschenbuch 200, DIN Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin, 1984.
- |7| IRDATA-Programming of Numerically Controlled Handling Devices. DIN/VDI 2863, Verein Deutscher-Ingenieure, Düsseldorf, 1984.
- |8| JANIĆ, P.: Postprocesori - mjesto, funkcije, struktura i modeli, Tehnika - Elektrotehnika (1987) 3.
- |9| GATALO, R., HODOLIČ, J.: Automatizovano programiranje fleksibilnih tehnoloških struktura - dostignuća u razvoju i koncepcije sopstvenih istraživanja za potrebe struktura za obradu rotacionih delova, XXII Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Ohrid, 1989.