

PREGLEDNI RAD

S. Vasić^{x)}

**ANALIZA PROGRAMSKIH JEZIKA ZA PROGRAMIRANJE
NUMERIČKI UPRAVLJANIH MERNIH MAŠINA^{xx)} (I DEO)**

**ANALYSE OF PROGRAMMING LANGUAGES FOR NUMERICAL
CONTROLLED MEASURING MACHINES PROGRAMMING (PART ONE)**

S u m m a r y

Measuring machines made possible automatization of quality inspection in the metal working industry. Advantages of these metrological systems are speed of measuring performance, great accuracy and reliability of measuring results and subjective influence on the measuring results elimination as well. Besides of these, the computers added on measuring machines, enable automatization of measuring results processing and analyse.

Measuring machines application solve almost all of the metrological problems appear in practice:

- co-ordinate measurement and inspection*
- length measurement in the axis, in the plane and in the space,*
- form and location inspection of characteristic geometrical shapes in the plane and in the space,*
- form and location inspection of complex geometrical shapes in the plan and in the space (gears, crankshafts, camshafts, turbine blades).*

Because of the effective realization of these metrological tasks, intensive software development for different generation of measuring machines is done. For CNC and DNC measuring machines several programming languages and systems

x) Siniša Vasić, dipl.ing., asistent, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, Vladimira Perića Valtera br 2

xx) Rad je proizašao iz istraživačkog projekta TEHNOLOGIJE I SREDSTVA RADA ZA OBRADU MAŠINSKIH MATERIJALA REZANJEM čiju realizaciju finansira SIZNR Vojvodine

are developed. In the paper, analyse of these languages and systems is given. NCMES is the most famous and the most developed programming system for off-line measuring machines programming. Because of that fact the greatest part of paper to the NCMES is devoted.

R e z i m e

Merne mašine su omogućile automatizovanje kontrole u industriji prerade metala. Prednost ovih savremenih metroloških sistema ogleda se u brzini izvodjenja merenja, velikoj tačnosti i pouzdanosti mernih rezultata, kao i u eliminisanju subjektivnih uticaja na rezultate merenja. Pored toga, računari pridodati mernim mašinama dozvoljavaju automatizaciju obrade i analize mernih rezultata.

Primenom mernih mašina rešavaju se sve klase metroloških problema koji se javljaju u praksi:

- merenje i kontrola koordinata
- dužinska merenja po osi, u ravni i u prostoru
- kontrola oblika i položaja karakterističnih geometrijskih oblika u ravni i u prostoru,
- kontrola oblika i položaja složenih geometrijskih oblika u ravni i u prostoru (zupčanici, kolenasta vratila, lopatice turbina).

Radi što efikasnije realizacije navedenih metroloških zadataka pristupilo se intenzivnom razvoju programske podrške za različite generacije mernih mašina. Za merne mašine sa CNC i DNC upravljanjem razvijeno je nekoliko programskih jezika i sistema za automatizovano programiranje. U radu se daje analiza ovih sistema i jezika pri čemu je najveći deo posvećen NCMES programskom sistemu kao najpoznatijem i najrazvijenijem sistemu za eksterno (off-line) programiranje mernih mašina.

1.0. U V O D

Paralelno sa razvojem numerički upravljanih mernih mašina (NUMM) razvijana je i njihova programska podrška. Pri tome je svaki proizvođač mernih mašina razvijao programe za svoje mašine, što je dovelo do značajne raznovrsnosti i raznorodnosti, tako da se merni programi za iste metrološke probleme, razvijeni za NUMM jednog proizvođača ne mogu prenositi i koristiti na NUMM drugog proizvođača. Stoga se nametnuo problem unificiranja programske podrške, odnosno, razvoj programa čija primena ne bi zavisila od tipa NUMM i njenog proizvođača.

Dakle, razvoj programske podrške tekao je u dva pravca (slika 1):

- razvoj autonomnih sistema za projektovanje upravljačkih informacija zasnovanim na osnovnim geometrijskim elementima (tačka, prava, ravan, krug, itd.)
- razvoj problemsko orijentisanih jezika za automatizovano projektovanje upravljačkih informacija.



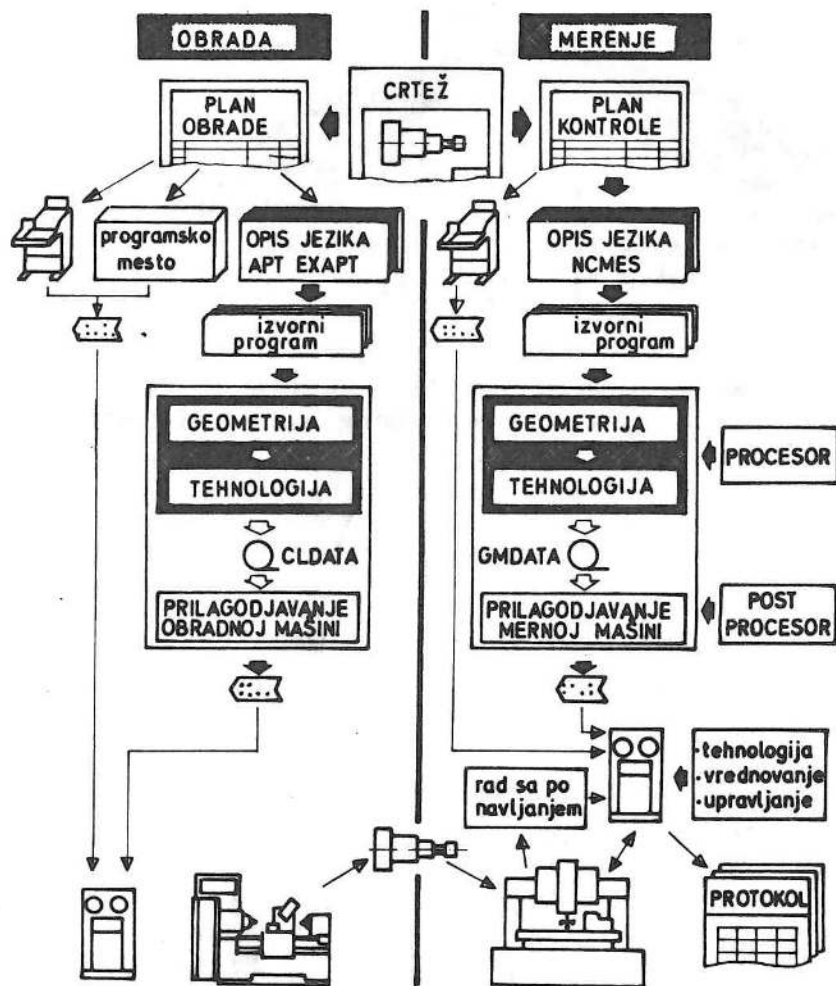
Slika 1. Razvoj programske podrške za NUMM
Figure 1. Development of programming support for NCM

Eksploatacija NUMM. kao i savremene tendencije pri razvoju proizvodnih sistema različitih stepena složenosti i automatizovanosti, pokazali su da je autonomnost programske podrške ograničavajući faktor u primeni NUMM. Iz tog razloga se pristupilo razvoju programskih jezika orijentisane namene za radioničko i eksterno programiranje.

2.0. RAZVOJ PROGRAMSKIH JEZIKA ORIJENTISANE NAMENE

Razvoj sistema za automatizovano programiranje NUMM oslanjao se na sisteme za programiranje numerički upravljanih mašina alatki (NUMA). Pri programiranju obradnih operacija definišu se geometrijski elementi po kojima se rezni alat vodi ili pozicionira, pri čemu se uglavnom opisuju tačke, linije, krugovi, ravni koje se povezuju u konture. Zahtevani oblik radnog predmeta dobija se oblikom i dimenzijom reznog alata, njegovim kretanjem i postepenom obradom površina rad-

nog predmeta. Pri merenju je, u principu, potrebno trodimenzionalno obuhvatanje mernog predmeta, tako da je na osnovu definisane geometrije potrebno programirati pojedine merne tačke koje se u toku merenja moraju opipati. Pored toga, često je potrebno definisati merne zadatke koji se ne odnose na istu ravan, kao što su paralelnost, normalnost itd. Iz tog razloga je potreban potpuno trodimenzionalni opis geometrijskih elemenata, što je prvi uslov koji programski jezik mora da ispuni. Analogija izmedju procesa programiranja NUMA i NUMM prikazana je na slici 2.



Slika 2. Sličnost postupaka programiranja NU mernih mašina i NU mašina alatki (1)

Figure 2. Similarity of programming procedures for NC measuring machines and NC machine tools (1)

Pri eksternom (off-line) programiranju NUMM vrši se formalizovanje izvornih informacija o geometriji mernog predmeta i potrebnim mernim zadacima. Ovo formalizovanje ulaznih podataka vrši se u skladu sa pravilima komponovanja informacija o mernom predmetu koja sadrži svaki problemsko orijentisani jezik. Propuštanjem ulaznih podataka kroz geometrijski i tehnološki procesor dobija se datoteka GMDATA¹⁾, na osnovu koje se pomoću postprocesora za konkretnu mernu mašinu dobijaju podaci koji se smeštaju na perforiranu traku ili disketu, kao nosioce upravljačkih informacija za automatizovani proces merenja.

Vidi se da je filozofija i logika programiranja NUMM preuzeta od postupaka programiranja NUMA, kod kojih se povezivanje procesorskog i postprocesorskog dela vrši preko standardizovane sprežne forme podataka - CLDATA²⁾.

Do danas je razvijeno nekoliko jezika i sistema za programiranje NUMM koji su našli veću ili manju primenu u proizvodnoj praksi:

- iz saradnje nekoliko naučnoistraživačkih institucija u SR Nemačkoj, pod rukovodstvom VDI Technologiezentrum iz Berlina, a zahvaljujući finansijskoj podršci Saveznog ministarstva za istraživanje i tehnologiju, proizašao je NCMES³⁾ programski jezik,
- italijanska firma OLIVETTI razvila je programski jezik SCAI⁴⁾,
- može se reći da i HELP⁵⁾ jezik italijanskog proizvođača mernih mašina DEA ima neke elemente programske podrške opšte namene,
- sredinom sedamdesetih godina u DR Nemačkoj se započelo sa razvojem programskog jezika MAUS⁶⁾,

1) GMDATA - General Measuring Data

2) CLDATA - Cutter Location Data

3) NCMES - Numerical Control Measuring and Evaluation System

4) SCAI - Software Controllo Automatico Inspector

5) HELP - High Level Expansible Language for Programming

6) MAUS - Mess Auswertungs Sprache

u SSSR-u je za merne mašine sovjetskih proizvođača razvijen problemsko orijentisani simbolički jezik MIKRON.

3.0. PROGRAMSKI JEZIK NCMES

NCMES je najpoznatiji i najrazvijeniji jezik za ekster-no programiranje NUMM koji je razvijen na osnovu sintakse i semantike APT i EXAPT programskih jezika za programiranje NUMA.

Strukturu ovog jezika sačinjavaju znaci, slova, brojevi, reči, oznake i instrukcije, pomoću kojih se formira kompleksni jezik za merenje i kontrolu radnih predmeta. Merni zadaci se formulišu u izvornom programu, pri čemu je izvršeno raščlanjavanje na (9,10) :

- opšte instrukcije
- geometrijske definicije
- tehnološke definicije i naredbe
- instrukcije za vrednovanje rezultata merenja
- instrukcije za štampanje mernih rezultata.

Naredbe se formiraju po odredjenim pravilima od reči, brojeva i sintaksnih elemenata. Jedna NCMES naredba se sastoji od niza jezičkih elemenata koji se opisuju u jednom ili više redova. Opšti oblik jedne naredbe glasi:

adresa) glavni deo /pomoćni deo

3.1. Opšte instrukcije

Na početku izvornog programa se daje njegova definicija, ime:

PARTNO/tekst

Komentar je moguće navesti u bilo kom delu izvornog programa pomoću naredbe:

REMARK/tekst

ili

§§ tekst

Ova naredba se ne obradjuje, ali se pojavljuje u listingu izvornog programa.

U slučaju da je potrebno da operater na mernoj mašini u toku merenja izvrši neku intervenciju, moguće je na pogodnom mestu u programu ispisati odgovarajući tekst pomoću naredbe:

PRINT/tekst

U izvornom programu se mora zadati i podatak kojim postprocesorom program treba da bude obradjen, odnosno, na kojoj mašini deo treba da bude izmeren, npr:

MACHIN/UMM 500

Ova naredba obavezno sledi naredbu PARTNO, pri čemu može biti istovremeno pozvano više različitih postprocesora.

Kraj izvornog programa definiše se naredbom:

FINI.

3.2. Geometrijske definicije

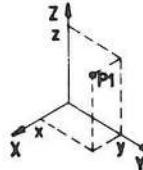
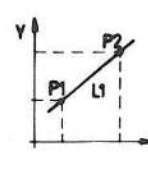
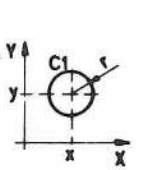
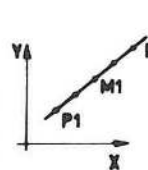
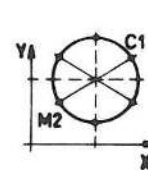
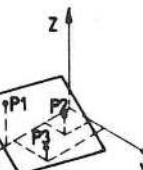
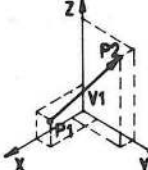
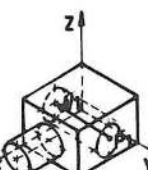
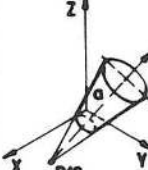
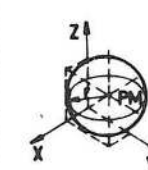
Kod geometrijskih definicija treba razlikovati definicije koordinatnih sistema i definicije geometrijskih elemenata.

Položaj mernih tačaka definiše se u desno orijentisanom kartezijanskom koordinatnom sistemu pri čemu se početak koordinatnog sistema bira tako da opis predmeta bude što jednostavniji. Moguće je, u cilju lakšeg generisanja izvornog programa, vršiti obrtanje usvojenog koordinatnog sistema oko jedne od osa ili translatorno pomeranje u proizvoljnom pravcu.

Za geometrijski opis mernog predmeta koriste se osnovni geometrijski elementi: tačka, prava, ravan, krug, sfera, cilindar i konus (slika 3.).

Struktura definicije geometrijskog elementa sastoji se od simbola, glavne reči i pomoćnog dela. Glavna reč opisuje geometrijski element:

- POINT	- PATTERN	- CYLNDR
- LINE	- VECTOR	- SPHERE
- CIRCLE	- PLANE	- CONE

<p>TAČKA</p>  <p>P1=POINT/x,y,z</p>	<p>PRAVA</p>  <p>L1=LINE/P1,P2</p>	<p>KRUG</p>  <p>C1=CIRCLE/x,y,r</p>	<p>M2-PATERN/ARC,C1,30,CLW</p>   <p>M1-PATERN/LINEAR,P1,P2,5</p>	
<p>RAVAN</p>  <p>E1=PLANE/P1,P2,P3</p>	<p>VEKTOR</p>  <p>V1=VECTOR/P1,P2</p>	<p>CILINDAR</p>  <p>Z1-CYLNR/P1,V1,r</p>	<p>KONUS</p>  <p>K1=CONE/P10,V3,α</p>	<p>SFERA</p>  <p>KU3-SPHERE/PM,r</p>

Slika 3. Osnovne geometrijske definicije NCMES jezika (2)

Figure 3. Basic geometrical definitions of NCMES language (2)

Pomoćni deo bliže određuje metod definisanja geometrijskog elementa, a moguće reči su:

- | | | | |
|----------|----------|-----------|----------|
| - DELTA | - YLARGE | - LEFT | - ATANGL |
| - INTOF | - LINEAR | - TANTO | - XPAR |
| - XSMALL | - RTHETA | -PERPTO | - YPAR |
| - XLARGE | - CENTER | - INCR | - RADIUS |
| - YSMALL | - RIGHT | - PARALEL | - IN |
| | | | - OUT |

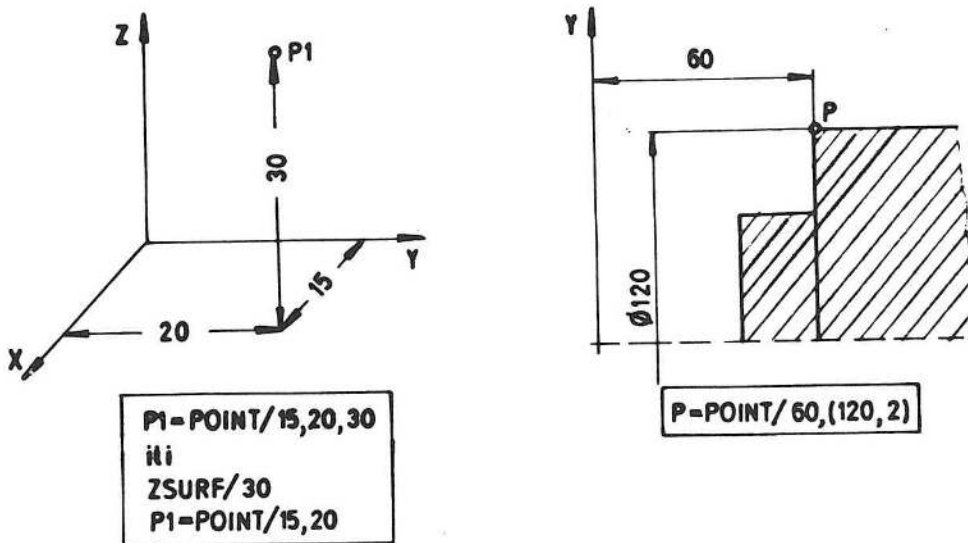
Kao najjednostavniji primer definisanja geometrijskog elementa, na slici 4. su prikazane dve mogućnosti definisanja tačke.

3.3. Naredbe kretanja

Naredbom kretanja definiše se cilj kretanja mernog pipka. U NCMES jeziku postoji mogućnost zadavanja pozicije na kojoj se izvodi zamena mernih pipaka:

SAFPOS/pomoćni deo

pri čemu pomoćni deo bliže određuje poziciju zamene.



Slika 4. Definisanje tačke u NCES jeziku

Figure 4. Point definition in NCES language

Naredbe za pozicioniranje mernih pipaka mogu se dati apsolutno, zadavanjem ciljne tačke, ili relativno, zadavanjem priraštaja puta:

GOTO/pomoćni deo
 GODLTA/pomoćni deo

Moguće je definisati i ravni u kojima ne može doći do kolizije sa mernim predmetom:

SASURF/pomoćni deo

koje se poništavaju naredbom

NOMORE.

3.4. Tehnološke definicije i naredbe

Ove definicije i naredbe ograničene su na opis mernih glava i pipaka, pozivanje mernih pipaka i specifične naredbe.

Merni pipak se definiše kao:

TOOLNO/ident broj [,

Ovom naredbom se prekida tok merenja na tom mestu i postavlja zahtev poslužiocu mašine ili uređaju za automatsku izmenu mernih pipaka za izmenom mernog pipka.

Za odredjivanje položaja mernog pipka u odnosu na mer-
nu tačku, kao i za odredjivanje prečnika vrha mernog pipka
koristi se naredba:

CALIB/pomoćni deo.

Ovo kalibrisanje se izvodi ručno ili automatski i to
na sferi ili kocki za kalibrisanje.

Pomoću naredbe:

MFORCE/pomoćni deo

moгуće je definisti merne sile koje odstupaju od standardnih
vrednosti, kako za jedan, tako i za sve pravce dodirivanja.

Bezuslovno zaustavljanje procesa merenja postiže se na-
redbom:

STOP

dok je uslovno, po želji zaustavljanje, definisano naredbom:

OPSTOP.

3.5. Instrukcije za vrednovanje rezultata merenja

Parametri merenih geometrijskih elemenata odredjuju se na-
redbom:

Simbol = CONEL/pomoćni deo

gde se pomoćni deo sastoji od skraćenih reči geometrijskih
elemenata:

Se1 = CONEL/PNT

LIN

CIR

CYL

PLA

CON

SPH

Na primer, centar P kruga C1 definiše se kao:

P = CONEL/PNT, CENTER, C1

Izračunavanje skalarnih veličina na jednom geometrij-
skom elementu ili odnosa više geometrijskih elemenata, odre-
djuje se kao:

Var = DIST/pomoćni deo
ANGL
DIAM
RADM
OPTION

Stvarna geometrija dela koji se meri obuhvaćena je u obliku mernih tačaka:

Simbol = MEASPT/pomoćni deo

Na primer:

C = MEASPT/ON, C2, CIR, 4, ZCONST, 50, XMIN,-180, IN

Moguće je i poredjenje stvarnih i zadatih informacija sa memorisanjem i dokumentovanjem odstupanja i prekoračenja tolerancija, što se postiže naredbom:

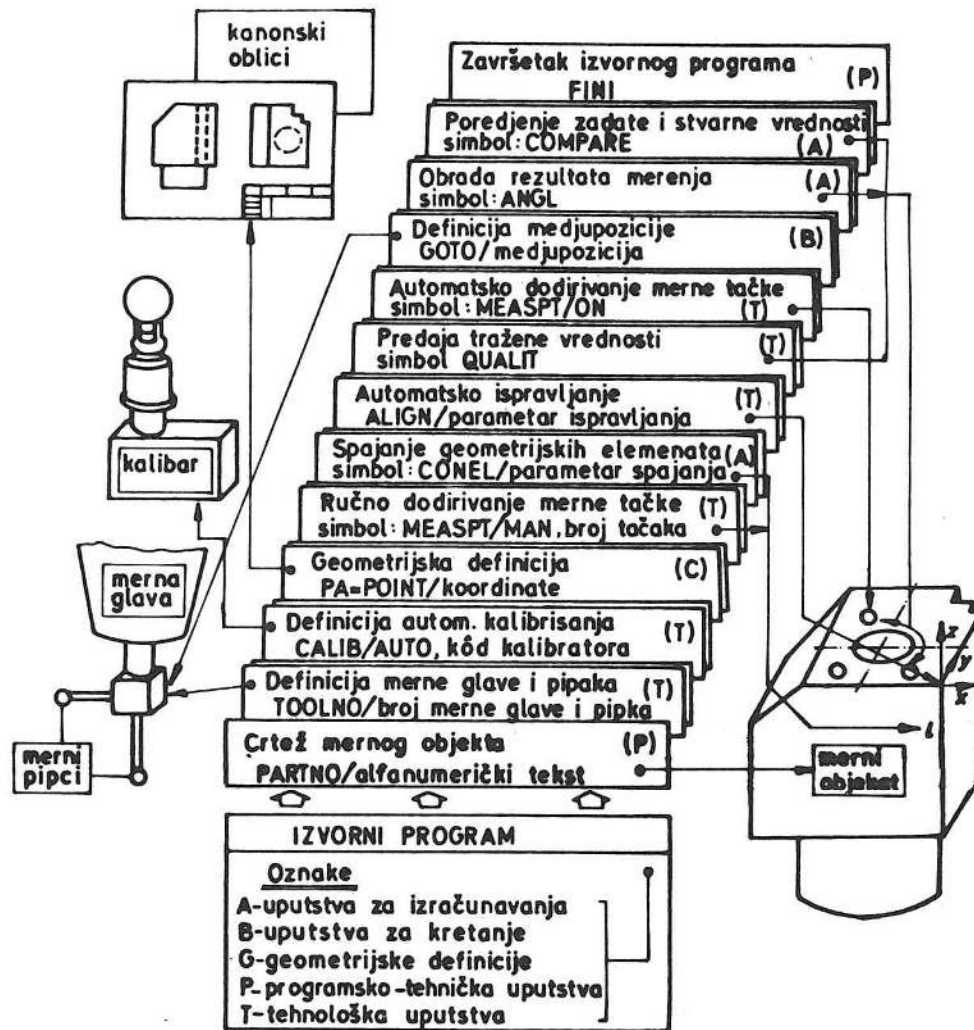
QUALIT/ pomoćni deo.

3.6. Struktura izvornog programa

Programski sistem NCMES sastoji se od tri glavna dela:

- geometrijskog procesora, u kome se na osnovu ulaznih podataka vrši geometrijska obrada,
- tehnološkog procesora, čija je uloga obrada merno-tehničkih i tehnoloških uputstava i
- postprocesora, koji ima zadatak prilagodjavanja upravljačkih informacija konkretnoj mernoj mašini.

Sam izvorni program sadrži potrebne organizacione podatke, geometrijske definicije i merno-specifične informacije (slika 5). Pored osnovnih geometrijskih elemenata moguće je njihovom pogodnom kombinacijom formirati nove izvedene. Ovi osnovni i izvedeni geometrijski elementi stavljaju se na raspolaganje tehnološkom delu u obliku jednačina (kanonski oblici). Slično kao i u geometrijskom procesoru i u tehnološkom delu postoji mogućnost medjusobnog povezivanja izmerenih elemenata.

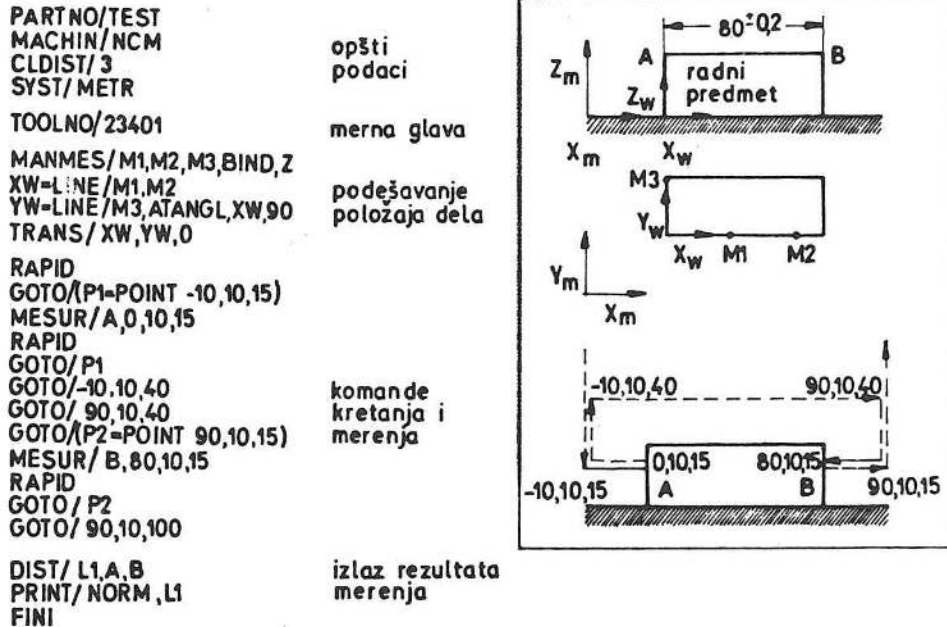


Slika 5. Struktura NCMS izvornog programa (5)

Figure 5. Structure of NCMS part program (5)

Generisanje i priprema svih informacija za upravljanje mer-
nom mašinom i obradu mernih rezultata vrši se prvo nezavis-
no od merne mašine. Tek se nakon postprocesorske obrade
vrši izdavanje upravljačkih podataka specifičnih za mernu
mašinu, koje se izvodi nakon što se izvorni program bez gre-
šaka propusti kroz procesor. Poslužiocu se konačno stavlja
na raspolaganje lista upotrebljenih mernih pipaka i simbola
korištenih u izvornom programu (Cross-Reference lista), kao
i listing sadržaja izvornog programa za praćenje toka mere-
nja.

Kao ilustracija principa programiranja sa NCMES programskim jezikom, na slici 6. je prikazan izvorni program za merenje dužine radnog predmeta.



Slika 6. Izvorni NCMES program za merenje dužine (4)

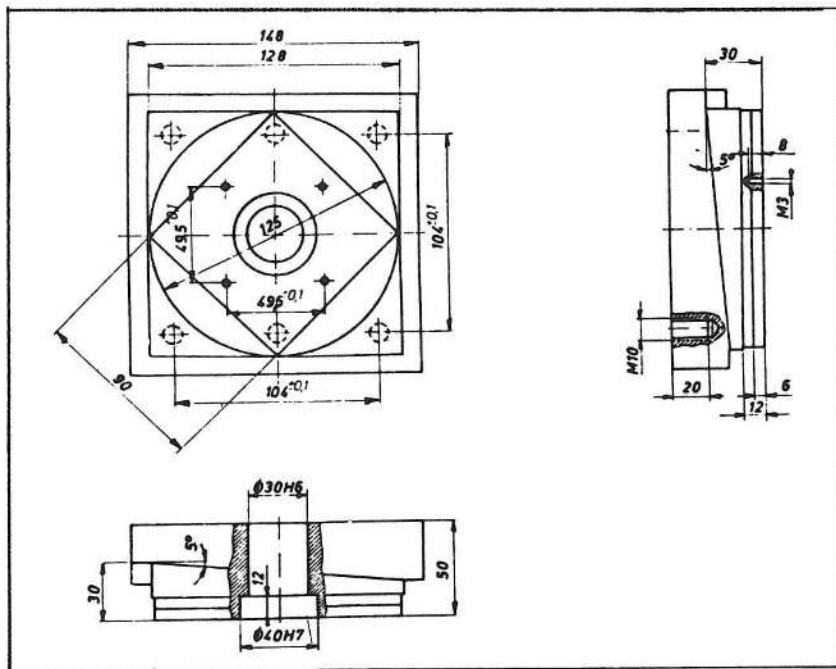
Figure 6. NCMES part programm for length measurement (4)

Izvorni program počinje opštim informacijama o mernom zadatku kojima se daju podaci o mernom predmetu, tipu postprocesora, mernom sistemu (mm/inch). Zatim se iz datoteke mernih glava i mernih pipaka bira za dati merni zadatak najpogodnija konfiguracija mernih pipaka. U posebnom bloku se određuje koordinatni sistem u kome će se izvršiti merenje i na osnovu kojeg se u računaru određuje matrica transformacija koordinata u koordinatnim sistemima mašine i mernog predmeta. Nakon toga slede komande kretanja i merenja, a izvorni program se završava naredbama za izračunavanje i štampanje izmerenih vrednosti.

Na slici 7. je dat kompletan izvorni program napisan u poslednjoj verziji NCMES procesora, pomoću makroa, lista mernih pipaka, deo izlaznog protokola i grafička kontrola toka merenja u pojedinim ravnima.

4.0. ZAKLJUČAK

Numerički upravljane merne mašine su zahvaljujući svojoj visokoj tačnosti i pouzdanosti doprinele automatizaciji metroloških zadataka, kako u konvencional-



N.C.M.E.S. - Prozessor, Version .02 VAX/VMS 4.5 04/14/87, 15:28:28

```

1 PARTNO/ NAS PROBEWERKSTUECK STEINEL
2 **
3 CALL/ START // CALL/ ZEISS // LMODUL/ PPUM36
4 **
5
6
7 CLPRNT/ ON ** CROSS REFERENCE LIST PRINT ON
8 TOOLNO / 103, 6 // CALIB / AUTO, 1
9 **
10
11 ** DEFINITION DER GRUNDGEOMETRIE
12 **
13 **-- LAENGEN -----
14 L1 = 148 // L2 = 128 // L3 = 90
17 L4 = 104 // L5 = 104 // L6 = 30
20 L7 = 50 // L8 = 12 // L9 = 6
23 L10 = 12
24 **-- DURCHMESSER -----
25 D1 = 125 // D2 = 40 // D3 = 30
28 **-- WINKEL -----
29 W1 = 5 // W2 = 5
31 **
32 ZC = 10 // TR = 3
34 SASURF/ ZCONST, ZC
35 FROM/ -10, -10, 100
36 **
37 **----- MESSBEWEGUNGEN -----
38 **
39 Z1 = -(L7+L6)/2
40 CALL/ CUB001, ZOF=Z1, KANTE=L1, HPZ=3
41 **
42 XY = (L1-L2)/2 // Z = -(L10+L9/2)
44 GODLTA/ 0, 0, (Z-Z1)
45 CALL/ CUB001, XOF=XY, YOF=XY, ZOF=Z, KANTE=L2, 8
46 **
47 Y = XY // XY = L1/2 // Z = -L9/2
50 CALL/ CUB001, XOF=XY, YOF=Y, ZOF=Z, ALPHA=45, 8
51 **
52 GOSAFE
53 **
54 GOTO/ (POINT/(L1/2), (L1/2), 10)
55 CALL/ CIRFUL, XM=(L1/2), YN=(L1/2), DPZ=(-L9/2), RM=(D2/2), 8
56 **
57 GOSAFE
58 **
59 GOTO/ L1, (L1/2), ZC
60 ZCIR = -(L9+L10)/2
61 CALL/ ZIRSEG, XM=(L1/2), YN=(L1/2), DPZ=ZCIR, RM=(D1/2), 8
62 **
63 AVON=0, ABIS=270, TZ=(5*TR), HD=TR, HPZ=4
64 GOSAFE
65 **
66 FINI
    
```

```

63 START = MACRO
80 ZEISS = MACRO
94 CUB001 = MACRO / XOF = 0,
94 YOF = 0,
94 ZOF = 0,
94 ALPHA = 0,
94 KANTE = 10,
94 HD = 5,
94 HPZ = 0
231 CIRFUL = MACRO / XM = 0,
231 YN = 0,
231 DPZ = 0,
231 RM = 10,
231 AVON = 0,
231 UML = 1,
231 HD = 1,
231 HPZ = 4
322 ZIRSEG = MACRO / XM = 0,
322 YN = 0,
322 DPZ = 0,
322 RM = 10,
322 AVON = 0,
322 ABIS = 360,
322 UML = 1,
322 TZ = 0,
322 HD = 1,
322 HPZ = 3
    
```

Slika 7. Izvorni NCMES program

Figure 7. NCMES part program

N.C.M.E.S. - PP UMESH 36, Version 0.1, VAX/VMS 4.14/04/87 15:30:02 SEITE: 1

PARTNO : NAS PROBEWERKSTUECK STEINEL

LISTE DER BENUTZTEN TASTER

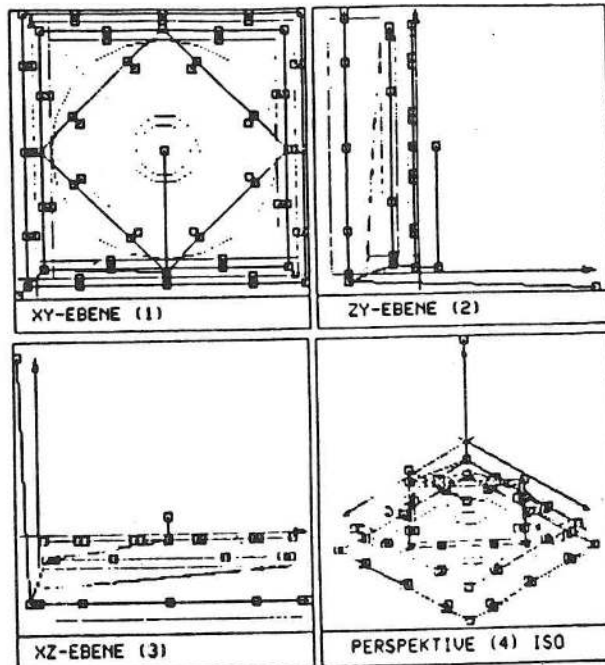
TASTER NR.	STIFT NR.	X KOORDI-NATE	Y KOORDI-NATE	Z KOORDI-NATE	KUGEL-RADIUS	SCHAFT-LAENGE	EIN-SPAN-NUNG
103	6	0.0	0.0	-63.0	1.5	22.0	0

N.C.M.E.S. - PP UMESH 36, Version 0.1, VAX/VMS 4.14/04/87 15:30:02 SEITE: 2

PARTNO : NAS PROBEWERKSTUECK STEINEL

Z-NR NCMS ADR SK PK SOK AKZ X/NENN-M Y/O.TOL Z/U.TOL OPERATION

Z-NR	NCMS	ADR	SK	PK	SOK	AKZ	X/NENN-M	Y/O.TOL	Z/U.TOL	OPERATION
0001	0001		7			MA S P				ROBEWERKSTUECK STEINEL KOMMENTAR
0002	0035		1		1	0	-10.0000	-10.0000	100.0000	ZWISCHENPOSITION
0003	0195		1		1	0	-5.0000	-5.0000	-40.0000	ZWISCHENPOSITION
0004	0208		1		1	0	-5.0000	24.6667	-40.0000	ZWISCHENPOSITION
0005	0221		1	8 24		0				GERADE
0006	0209		1		1	11	0.0000	24.6667	-40.0000	ANTASTUNG IN +Y
0007	0210		1		1	0	-5.0000	24.6667	-40.0000	ZWISCHENPOSITION
0008	0208		1		1	0	-5.0000	74.0000	-40.0000	ZWISCHENPOSITION
0009	0209		1		1	11	0.0000	74.0000	-40.0000	ANTASTUNG IN +Y
0010	0210		1		1	0	-5.0000	74.0000	-40.0000	ZWISCHENPOSITION
0011	0208		1		1	0	-5.0000	123.3333	-40.0000	ZWISCHENPOSITION
0012	0209		1		1	11	0.0000	123.3333	-40.0000	ANTASTUNG IN +Y
0013	0210		1		1	0	-5.0000	123.3333	-40.0000	ZWISCHENPOSITION
0014	0209		8 67			0				N-PUNKTE FERTIG
0015	0209		8 59			0				EXTREMHERT
	0195		1							ZWISCHENPOSITION



Slika 7. Nastavak
Figure 7. continuation

nim tehnološkim sistemima, tako i u sistemima zasnovanim na fleksibilnoj automatizaciji. O intenzivnom razvoju ovih mernih uređaja govori i činjenica da su u svom dvadesetogodišnjem razvoju do industrijske primene dovedena četiri tehnološka nivoa ovih mašina. Uporedo sa razvojem NUMM razvijani su i sistemi za njihovo programiranje i programska podrška, naročito za merne mašine treće i četvrte generacije. Analiza postupaka programiranja NUMM dovodi do saznanja o raznolikosti prilaza, terminologije i podela vezanih za ovu aktivnost, a koji se u osnovi mogu podeliti na (7,8):

- radioničko (pogonsko) programiranje,
- eksterno (off-line, odvojeno) programiranje.

Do danas je u svetu razvijeno nekoliko sistema za eksterno programiranje NUMM, pri čemu se polazilo od analogije sa sistemima za programiranje NUMA. U ovom delu rada dat je širi prikaz NCMES programskog jezika kao najpoznatijeg, najrazvijenijeg i najrasprotranjenijeg sistema za eksterno programiranje NUMM, čija je modularna struktura sa odvojenom obradom geometrijskih i tehnoloških informacija omogućila njegovo povezivanje sa dvadesetak postojećih CAD sistema (ANVIL, BRAVO, CADAM, CADEX, DETAIL2, EUROCAD, EUCLID, UNIGRAPHICS itd).

Dalji razvoj sistema za automatizovano programiranje NUMM baziraće se na sve tešnjem povezivanju ovih sistema sa CAD/CAM/CAO sistemima, obzirom da takva rešenja obezbeđuju:

- povećanje ekonomičnosti pri izradi mernih programa na osnovu raspoloživih podataka smeštenim u zajedničkoj bazi podataka,
- smanjenje učestalosti grešaka,
- bržu reakciju na konstruktivne izmene zahvaljujući centralnoj bazi podataka,
- stvaranje uslova za potpuno automatizovano generisanje mernih programa,
- poboljšanje grafičke kontrole kolizije simuliranjem toka merenja na modelu pomoću grafičke ekranske jedinice.

5.0. LITERATURA

- [1] Bambach, Pfeifer, Göluke, Stöferle i dr., Rationale Qualitätssicherung durch Prüfplanung und objektivierte Meßmethoden, Industrie Anzeiger, 70, (1978)
- [2] Berner A., Geometrieverarbeitung und Beschreibung geometrischer Elemente in NCMES, Industrie Anzeiger, 99, (1977), Nr 33
- [3] Majstorović V., Stanić J., Software-ska podrška za NU merne mašine, III naučno-

-stručni skup MMA '83, Novi Sad, 1983.

- [4] Pfau D., Koerth D., Probleme der maschinellen programmierung numerisch gesteuerter Messmaschinen, Techn. Zbl. prakt. Metallbearbeitung, 69, (1975), 2
- [5] Schöling H., Optimierung der off-line-Programmierung von CNC-Mehrkoordinaten-Meßgeräten, disertacija, RWTH, Aachen, 1985.
- [6] Stanić J., Majstorović V., Analiza software-a za NU merne mašine, stručni seminar "Koordinatna merilna tehnika v proizvodnji", Maribor, 1982.
- [7] Vasić S., Analiza programske podrške za koordinatne merne mašine, seminarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 1988.
- [8] Vasić S., Stankov J., Systematization of Methods for NC Measuring Machines Programming, IFIP T.C.5/W.G.5.3. Working Conference on "Computer Integrated Quality System in CIM Systems", Beograd, 1989.
- [9] Wollersheim H.R., Problemorientierte Programmiersprache NCMES mit Anwendungsbeispilen, VDI-Berichte, Nr 378, 1980.
- [10] Wollersheim H.R., Programmierung von Koordinatenmessgeräten mit NCMES, EXAPT e.V. Technische Tagung, 1985.