

General-major  
RATOMIR MILOVANOVIĆ, dipl. inž.  
(predsednik Saveta)

General-major  
mr SAVA PUSTINJA, dipl. inž.

General-major  
RADOJICA KADIJEVIĆ, dipl. inž.

General-major  
mr MILAN ZAKLAN, dipl. inž.

Pukovnik  
dr JUGOSLAV KODZOPELJIĆ, dipl. inž.  
(zamenik predsednika)

Profesor  
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.

Profesor  
dr ZORAN STOJILJKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr VOJISLAV ŠORONDA, dipl. inž.

Pukovnik  
mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
mr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr MILOŠ ČOLAKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
mr ŽIVOJIN GRUJIĆ, dipl. inž.  
(sekretar Saveta)

Pukovnik  
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.

Potpukovnik  
mr SAŠA MILUTINOVIĆ, dipl. inž.

Potpukovnik  
mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.

Major  
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

Major  
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.

#### GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Pukovnik  
mr ŽIVOJIN GRUJIĆ, dipl. inž.

#### LIKOVNO-TEHNIČKI UREDNIK SLOBODAN MIHAILOVIĆ

#### LEKTOR

DOBRILA MILETIĆ, prof.

#### KORICE

MIHAJLO STANKIĆ, dipl. inž.

#### KOREKTOR

JOVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.

#### SEKRETAR REDAKCIJE

BRANKA STOJAKOV

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI  
GLASNIK — BEOGRAD, Bircaninova 5,  
VE-1. Telefoni: centrala 656-122, lokali:  
odgovorni urednik 23-156, sekretar 23-156,  
pretplata 32-937, žiro račun: Vojnotehnički  
glasnik) 60823-849-2393 Beograd. Polugo-  
dšnja pretplata: za pojedince — 3.000.000  
dinara, a za ustanove, preduzeća i dru-  
ge organizacije — 9.000.000 dinara. Ru-  
kopsi se ne vraćaju. Štampa: Vojna  
štampanija — Beograd, Generala Zdeno-  
va 40 b.

#### IZDAJE

TEHNIČKA UPRAVA GENERALŠTABA  
VOJSKE JUGOSLAVIJE

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS  
VOJSKE JUGOSLAVIJE

# VOJNOTEHNIČKI glasnik



# 3

GODINA XLI • MAJ—JUN 1993.



## S A D R Ž A J

- Tomislav Lukić,** 249 O nekim specifičnostima optoelektronskih uređaja sa  
major, dipl. inž. pretvaračima i pojačivačima slike
- Mr Dragan Simić,** 261 Avionske magistrale podataka  
potpukovnik, dipl. inž.
- Spec. Momčilo Đorović,** 282 Prostorno-diverziti radarski sistemi  
major, dipl. inž.
- Dr Novica Đorđević,** 294 Elektromagnetna propulzija na brodovima I deo  
pukovnik, dipl. inž.
- Mr Svetomir Minić,** 303 Sistemski prilaz izboru koncepcije i modela preventivnog  
potpukovnik, dipl. inž. održavanja prema stanju motornih vozila
- Prof. dr Jovan Todorović,** 303  
dipl. inž.
- Milosav Majstorović,** 317 Model objekti-veze kao izvršna specijalizacija  
kapetan, dipl. inž.
- Dr Vladimir Vujičić,** 330 Privremena zaštita metalnih proizvoda  
pukovnik, dipl. inž.
- Mr Vasilije Mišković,** 337 Korišteno ulje — sekundarna sirovina  
major, dipl. inž.

## NOVE KNJIGE

- Mr Svetomir Minić,** 342 Inženjersko održavanje tehničkih sistema  
potpukovnik, dipl. inž.

## PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

- L. Bugarski,** 347 Zavarivanje plazma postupkom  
dipl. inž.
- S. Živković,** 350 Novi sistem održavanja u oružanim snagama Francuske  
dipl. inž.
- Z. Čušić** 352 Intelovi dvostruko brži procesori

## TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

- 355 Poljski bacač svetlećih raketa »WPO-5000«
- 355 Zapreminski detektor za otkrivanje upada »MERCURE  
GOB« francuske firme »SERPE-IESM«
- 356 Španski sistem za upravljanje vatrom »DORNA«
- 357 Britanska protivradarska vazduhoplovna raketa »ALARM«
- 357 Američka protivradarska vazduhoplovna raketa »HARM«
- 358 Francuska protivoklopna raketa dugog dometa »HOT-2«
- 359 Elektronski upaljač »M/88« danske firme »NEA-LIND-  
BERG« za protivtenkovske mine

- 359 Izraelski lažni torpeda meta »SCUTTER«
- 360 Sovjetska fregata »NEUSTRAŠIMY«
- 360 Prva sovjetska raketna korveta izgrađena na principu »SES«
- 361 Nova koncepcija norveških minolovaca klase »OKSOY« i »ALTA«
- 362 Nemački pomoćni brod klase »404«
- 362 Nemački motorni brod za snabdevanje »PEENESTROM«
- 363 Najnovija verzija američkog lovca »F-14D SUPER TOM-CAT«
- 363 Austrijska PT mina »88« i uređaj za razminiranje »DEAK«
- 364 Britanski detektor bojnih otrova »CAM«
- 365 NBH zaštitno odelo »SAFEGUARD 6004« nemačke firme »KÄRCHER«
- 365 NHB zaštitno odelo »S3P« francuske firme »PAUL BOYÉ«
- 366 Novo švajcarsko terensko vozilo familije »DURO«
- 366 VF komunikacioni sistem »CHIRPCDMM« američke firme »BR COMMUNICATIONS«
- 367 Koncepcija zaštite informacionih resursa
- 367 Simulator taktičkog dejstva streljačkog oružja »MINI-DRA« belgijske firme »LEENTJENS-BOES«

## O NEKIM SPECIFIČNOSTIMA OPTOELEKTRONSKIH UREĐAJA SA PRETVARAČIMA I POJAČIVAČIMA SLIKE

Ovaj rad predstavlja pokušaj da se na popularan način izlože osnovne karakteristike optoelektronskih uređaja za osmatranje i nišanje noću (princip rada, konstrukcija, upotreba i održavanje) pri čemu je poseban naglasak dat specifičnostima elektronskooptičkih pretvarača slike, elementarnim načelima upotrebe i osnovnim zahtevima održavanja optoelektronskih uređaja. U radu se ne ulazi dublje u suštinu složenih procesa koji predstavljaju suštinu rada optoelektronskih komponenata, s obzirom da je namenjen širem krugu zainteresovanih čitalaca, a posebno neposrednim korisnicima i licima odgovornim za njihovo održavanje.

### Uvod

Poznato je da čovek preko čula vida dobija više od 80% svih saznanja o spoljašnjem svetu. Gledanjem se tiču najbolje i najpotpunije informacije o objektima i događajima. Zato je sasvim prirodno što su vekovima ulagani izuzetni naponi da se prošire mogućnosti oka kao prijemnika informacija.

Durbini i teleskopi omogućili su osmatranje veoma udaljenih objekata, a zahvaljujući mikroskopima postali su vidljivi i ekstremno mali predmeti. S druge strane, osmatranje u području izvan spektralne osetljivosti oka i u uslovima veoma niskog nivoa osetljivosti omogućeno je pojavom optoelektronskih uređaja sa elektronsko-optičkim pretvaračima slike.

Primena optoelektronskih uređaja u vojne svrhe inicirana je potrebom neprekidnog prikupljanja podataka o stanju i namerama neprijatelja, ali i radi neposredne zaštite sopstvenih jedinica u uslovima ograničene vidljivosti: noć, magla, kiša, dim... Zato su prvi optoelektronski uređaji koji su uvedeni u naoružanje bili namenjeni za osmatranje i nišanje, a docnije se razvio čitav niz drugih, sa drugačijom namenom. Perspektive daljeg razvoja i primene su, praktično, bezgranične, a tokovi razvoja često neravnomerni i nepredvidivi.

Postoje dva veoma bitna razloga koja nalažu potrebu dobrog poznavanja i pažljivog odnosa prema ovim uređajima. Prvi je — cena osnovnih komponenti, koja često iznosi preko 80% cene uređaja, a direktna je posledica tehnologije njihove izrade. Iako je optoelektronika dospela u period tzv. industrijske zrelosti, neke tehnologije još uvek su više rezultat iskustva nego nauke. U proizvodnji se koriste veoma skupe unikatne mašine, sintetizuju novi unikatni materijali, razrađuju superprecizne tehnologije... S druge strane, optoelektronski uređaji imaju izuzetno značajnu ulogu u pripremi i izvođenju borbenih dejstava noću i često presudno utiču na njihov ishod. Sve to nalaže maksimalno disciplinovan i ekonomičan odnos prema ovim veoma osetljivim i veoma skupim uređajima.

### Karakteristike oka kao prijemnika informacija u uslovima ograničene vidljivosti

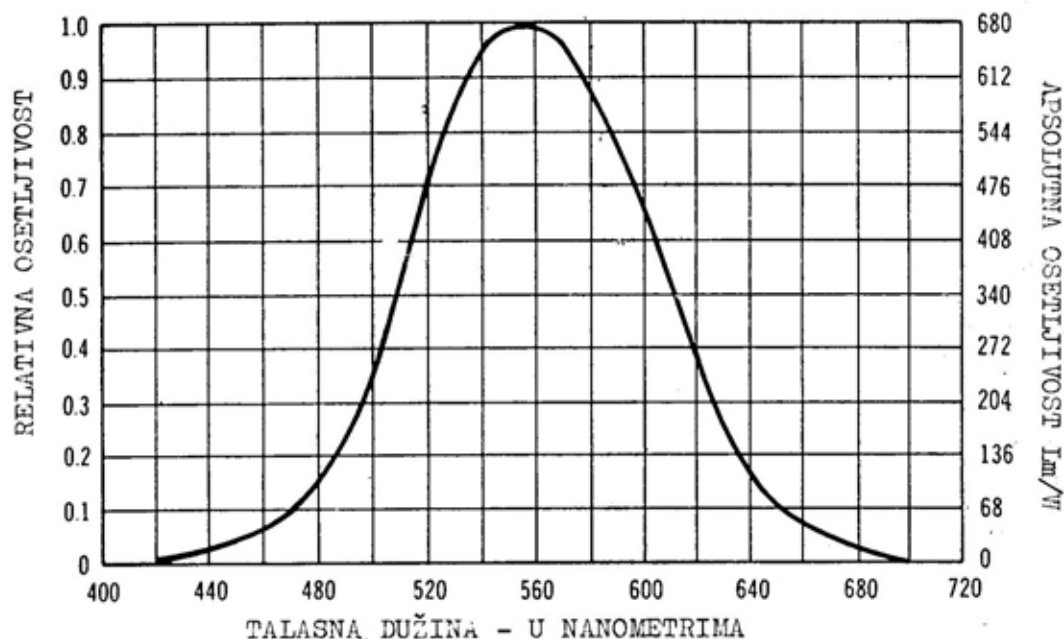
Svi ključni parametri optoelektronskih uređaja usklađeni su sa karakteristikama čula vida.

Oko je izuzetno prilagodljiv optički instrument. Mada je osetljivo na relativno uzani deo spektra elektromagnetskog zračenja, od 380 [nm] do 760 [nm] (sl. 1), ono je sposobno da regi-

struje predmete čija se sjajnost kreće od  $10^{-6}$  [cd/m<sup>2</sup>] (skoro potpuni mrak) do  $10^4$  [cd/m<sup>2</sup>] (veoma jako sunce). Pouzdano gledanje za normalne čovekove funkcije postiže se, međutim, samo pri dnevnom svetlu. Gledanje noću je ograničeno niskim nivoom raspoložive svetlosti, statističkim varijacijama nivoa osvetljenosti i relativno malom kvantnom efikasnošću oka za veoma niske nivo osvetljenosti kvantna efikasnost oka je oko 1%, što pokazuje da je za postizanje praga opažaja kontrasta potrebno da mrežnjača primi najmanje 100 fotona za vreme od oko 0,2 sekunde [1]. Saglasno tome, svetlost zvezda je dovoljna da se raspoznaju samo objekti visokog kontrasta i većih dimenzija, a fini detalji niskog kontrasta ne mogu se raspoznati.

da reguliše količinu svetlosti koja ulazi u oko. Ona se automatski širi pri niskim nivoima osvetljenosti i skuplja pri povećanju sjajnosti posmatranog predmeta. Ovaj proces, koji je poznat kao adaptacija, omogućava da oko primi više svetlosti od scene pri niskim nivoima osvetljenosti i tako poboljša kvalitet gledanja noću. Oko adaptirano na mrak ima prečnik zenice približno 7,6 mm i to predstavlja gornju granicu prilagođenja oka [1].

Može se zaključiti da je kvalitet gledanja pri niskim nivoima osvetljenosti ograničen veličinom prihvaćene energije od strane oka koja je regulisana prečnikom zenice, kvantnom efikasnošću fotosetljivih ćelija mrežnjače i



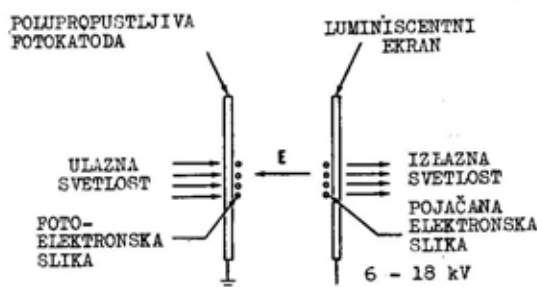
Sl. 1 — Spektralna osetljivost oka

Za gledanje noću posebno je važno da se što više svetlosti prikupi u oko. Količina svetlosti koja dopire na mrežnjaču — fotsenzibilni deo oka, proporcionalna je površini zenice, ali i vremenu posmatranja. Funkcija zenice je

vremenom odziva oka. Otuda sledi da se osmatranje noću može poboljšati pomoću uređaja koji mogu dobro da skupljaju svetlost, imaju visoku kvantnu efikasnost i kratko vreme odziva na pobudnu svetlost.

## Elementi konstrukcije optoelektronskih uređaja

Princip rada optoelektronskih uređaja zasniva se na dvostrukoj transformaciji energije optičkog zračenja koje dospeva na objektiv uređaja. Najpre se energija zračenja niskog nivoa pretvara u energiju ubrzanih elektrona koji su fotoemisijom izbijeni iz fotokatode, a zatim ponovo u energiju svetlosti luminiscentnog ekrana (sl. 2). Ove transformacije dešavaju se u ključnoj komponenti optoelektronskih uređaja — *elektronsko-optičkom pretvaraču (EOP-u)*. U zavisnosti od spektralnih karakteristika EOP-a, optoelektronski uređaji mogu da rade kao *pretvarači spektra* optičkog zračenja, menjajući spektar nevidljivog (infracrvenog) zračenja u vidljivu svetlost (uobičajeni naziv *IC uređaji*) i, kao *pojačavači sjajnosti*, pri čemu koriste, uglavnom, samo vidljivi i delom kratkotalasni infracrveni deo optičkog spektra zračenja (*pasivni uređaji*). U skladu sa ovom podelom uobičajena je i terminološka podela EOP-a na *pretvarače i pojačavače slike*.



Sl. 2 — Princip rada elektronsko-optičkog pretvarača

Konstrukcija optoelektronskih uređaja najvećim delom je uslovljena njihovom namenom, ali i tehnološkom generacijom ugrađenih komponenata. Tako se od uređaja za vožnju oklopnih vozila zahteva da obezbede široko vidno polje, visoku sposobnost razlaganja i uvećanje slike približno jednako 1, pri čemu gabariti nemaju presudnu ulogu;

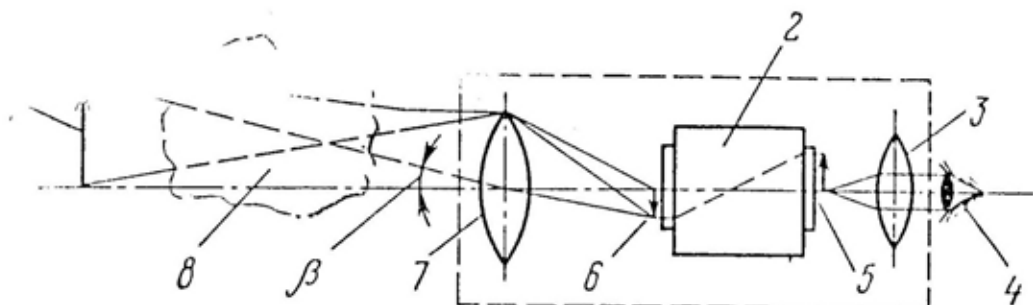
»noćne naočare«, međutim, moraju imati vrlo malu masu i što manje gabarite; noćne nišanske sprave treba da obezbede što veću daljinu detekcije i sigurno raspoznavanje objekata, itd.

Na sl. 3 prikazana je elementarna struktura optoelektronskog uređaja za osmatranje noću sa njegovim osnovnim komponentama koje su redovno izrađene kao jedna konstruktivna celina. Kod uređaja koji rade po tzv. *aktivnom principu* (IC uređaji), kompletu uređaja pripada još i ozračivač cilja (IC far ili IC reflektor) i blok za generisanje visokog napona neophodnog za rad pretvarača slike.

### Optički sistemi

Osnovni elementi optičkih sistema optoelektronskih uređaja su objektiv i okulari. Međutim, postoji i niz drugih elemenata koji nisu prikazani na sl. 3, a mogu imati veoma važnu ulogu u primeni uređaja. Tu spadaju končanice (ako nisu ugravirane na fotokatori) ili sistemi za uvođenje lika končanice u vidno polje, aperturne dijafragme, blende, filtri, delitelji snopa, kondenzori, ogledala i prizme za vezu sa dnevnim kanalima kod složenih uređaja, itd.

U strukturi optoelektronskog uređaja *objektiv* je smešten tako da na fotokatodi EOP-a formira sliku objekta. Pri tome okvir fotokatode (nosač EOP-a) predstavlja dijafragmu vidnog polja, dok je aperturna dijafragma najčešće okvir (nosač) jednog od sočiva objektiva, čija je uglovna veličina lika u odnosu na centar objektiva najmanja. U nekim uređajima, sa osnovnim ciljem zaštite EOP-a od prejakog svetla, ugrađene su posebne iris-dijafragme, dok neki uređaji imaju tzv. zastore ili zavesе. Njihova uloga je da spreče, pre svega, dnevnu svetlost da dopre do fotokatode i izazove oštećenja fotoosetljivog sloja, bez obzira na to da li je optoelektronski uređaj uključen ili nije.



Sl. 3 — Šema optoelektronskog uređaja za osmatranje noću

1 — objekat posmatranja; 2 — EOP; 3 — okular; 4 — oko posmatrača; 5 — slika objekta na ekranu EOP-a; 6 — slika objekta na fotokatodi EOP-a; 7 — objektiv; 8 — prenosni medijum (atmosfera)

Objektivi optoelektronskih uređaja moraju da zadovolje niz specijalnih zahteva: moraju biti dovoljno prozirni u radnoj oblasti spektralne osetljivosti fotokatore, na fotokaturi moraju da obezbede ravnomernu osetljivost, korriguju aberacije u ravni formiranja slike, formiraju zakrivljenu površinu slike saglasno zakrivljenosti površine fotokatore, zaštite fotokatoru od neželjenog zračenja i niz drugih. Prvi zahtev obezbeđuje se izborom odgovarajućeg optičkog materijala. Na primer, za rad u bliskoj IC oblasti (do 1,3  $\mu\text{m}$ ), u kojoj je osetljiva  $\text{CsO}$  fotokatora, primenjuje se obično optičko staklo. Korekcija aberacija i proračun antirefleksnih zaštitnih slojeva na sočivima objektivna vrši se za talasnu dužinu  $\lambda=0,9$   $\mu\text{m}$ , a vrednost srednje disperzije izračunava za dijapazon 0,76 do 1,3  $\mu\text{m}$  [3]. Ravnomerna osetljivost u ravni slike postiže se uvođenjem posebnih sočiva i dijafragmi. Da bi se sprečilo drastično smanjenje osetljivosti nekih fotokatora (npr.  $\text{AgCsO}$ ), pri dužem izlaganju dnevnom svetlu u objektiv se ugrađuju spektralni filtri.

Kod pasivnih uređaja objektivi moraju biti konstruisani tako da zadovolje stroge zahteve i u vidljivom delu optičkog spektra. Radi lakše korekcije hromatskih aberacija često se upotrebljavaju ogledala. Sve to doprinosi velikoj složenosti objektivna te je on, naj-

češće, izrađen od većeg broja sočiva ili od kombinacije sočiva i ogledala.

Uloga okulara je da poveća pojačanu sliku sa ekrana EOP-a, a da pri tome ne degradira rezoluciju slike i ne smanji kontrast. Kod optoelektronskih uređaja koji su namenjeni za osmatranje, u svojstvu okulara primenjuje se lupa i mikroskop. Ako je okular izveden po šemi lupe, onda on predstavlja optički sistem sastavljen od dva ili više sočiva sa uvećanjem, najčešće, do 12 puta i fokusnom dužinom 20 do 25 mm [3]. Izvesni uređaji imaju mikroskopski okular kojim se postiže veće uvećanje i okreće slika za  $180^\circ$ . Mikroskop, takođe, ima svoj okular i objektiv, što omogućava promenu uvećanja celog optičkog sistema uređaja.

#### *Elektronsko-optički pretvarači slike*

Za detekciju, pojačanje i transformaciju zračenja optičkog spektra koriste se elektronsko-optički pretvarači koji predstavljaju osnovni deo optoelektronskih uređaja za osmatranje. To su vakuumski elektronski elementi koji rade, uglavnom, u vidljivom i bliskom IC području, koristeći zračenje prirodnih objekata (zvezda, meseca, noćnog neba), ali i svih drugih, veštačkih obje-



kata koji imaju jako povišenu temperaturu u odnosu na okolinu. Osnovni delovi EOP-a su fotokatoda, ekran i fokusirajući sistem.

*Fotokatoda* je veoma fini, tanak poluprozračni sloj poluprovodnika složene strukture ( $\text{AgCsO}$ ) sa malim izlaznim radom i svojstvom spoljašnjeg fotoefekta. Njen kvalitet određen je nizom karakteristika, a među najvažnije spadaju integralna osetljivost i spektralno područje osetljivosti. Minimalna energija kvanta upadne svetlosti koji još može da izazove fotoefekat određuje maksimalnu talasnu dužinu optičkog zračenja, tj. gornju granicu osetljivosti fotokatode.

koje se, zatim, dopira malom koncentracijom cezijuma radi smanjenja elektronskog afiniteta. Debljina multikalnih fotokatoda je nekoliko desetina [nm] kod tankih fotokatoda (S-20) do nekoliko stotina [nm] kod fotokatoda čija se osetljivost prostire i u infracrveni deo optičkog spektra.

Iz tabele se može uočiti da tzv. bialkalne fotokatode (S-11), koje su osetljive u vidljivom delu spektra, imaju veoma malu struju termoemisije, što je veoma značajno za dobar odnos signal-šum, a daleko najveću integralnu osetljivost imaju fotokatode  $\text{GaAs}(\text{CsO})$  koje pripadaju III generaciji fotokatoda.

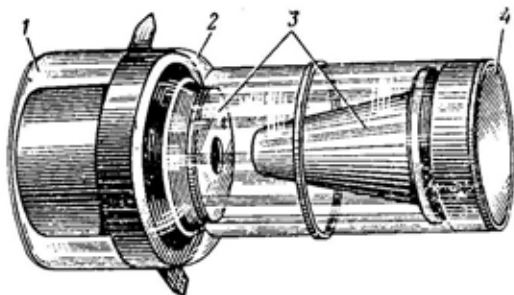
Tabela 1

Fotokatoda (oznaka)	Materijal	Maksimalna integralna osetljivost [ $\mu\text{A/lm}$ ]	Talasna dužina maksimalne spektralne osetljivosti $\lambda_{\text{max}}$ [nm]	Talasna dužina gornje granice osetljivosti $\lambda_{\text{gr}}$ [nm]	Maksimalna kvantna efikasnost %	Gustina struje termoemisije [ $\text{A/cm}^2$ ]
S-1	$\text{AgOCs}$	60	800	1200	0,5	$10^{-12}$
S-11	$\text{Cs}_3\text{Sb}_2$	80	440	650	10	$10^{-17}$
S-20	$(\text{Cs})\text{Na}_2\text{KSb}$	300	420	870	12	$10^{-15}$
S-25	$(\text{Cs})\text{Na}_2\text{KSb}$	550	500	950	10	$10^{-15}$
ERMA	$(\text{Cs})\text{Na}_2\text{KSb}$	265	575	950	11	$10^{-15}$
	$\text{GaAs}(\text{CsO})$	1000	850	950	20	$10^{-16}$

U tabeli 1 date su karakteristične vrednosti za neke materijale i neke vrste fotokatoda [1, 2, 5]. Iz tabele se može uočiti da osetljivost  $\text{AgCsO}$  fotokatode najdublje zalazi u blisko IC područje (treba napomenuti da ona ima još jedan pik osetljivosti u ultraljubičastom području). Ova fotokatoda, poznata pod oznakom S-1, primenjuje se u pretvaračima slike.

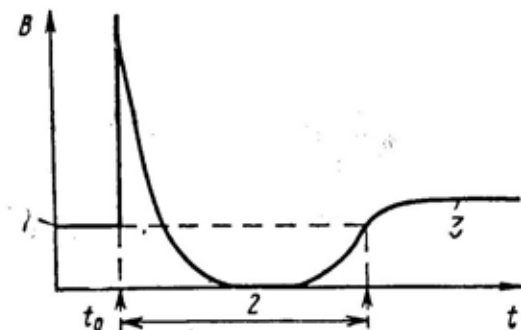
U pojačavačima slike primenjuju se *multikalne fotokatode* (S-25). One se izrađuju od jedinjenja Na, K i Sb

*Luminiscentni ekran* je drugi, veoma važan deo elektronsko-optičkog pretvarača. Ekрани se izrađuju od sintetizovanih praškastih materijala složene poluprovodničke strukture sa jasno izraženom kristalnom rešetkom. Ovi materijali se, obično, zovu fosfori ili luminofori. Osnovni materijali najčešće su jedinjenja Zn i Cd sa S i Se. Njima se dodaju male količine metalnih primesa (Cu, Mg), tzv. *aktivatora*, koji formiraju tzv. *centre luminiscencije* i određuju boju svetlosti. Jasno je da se



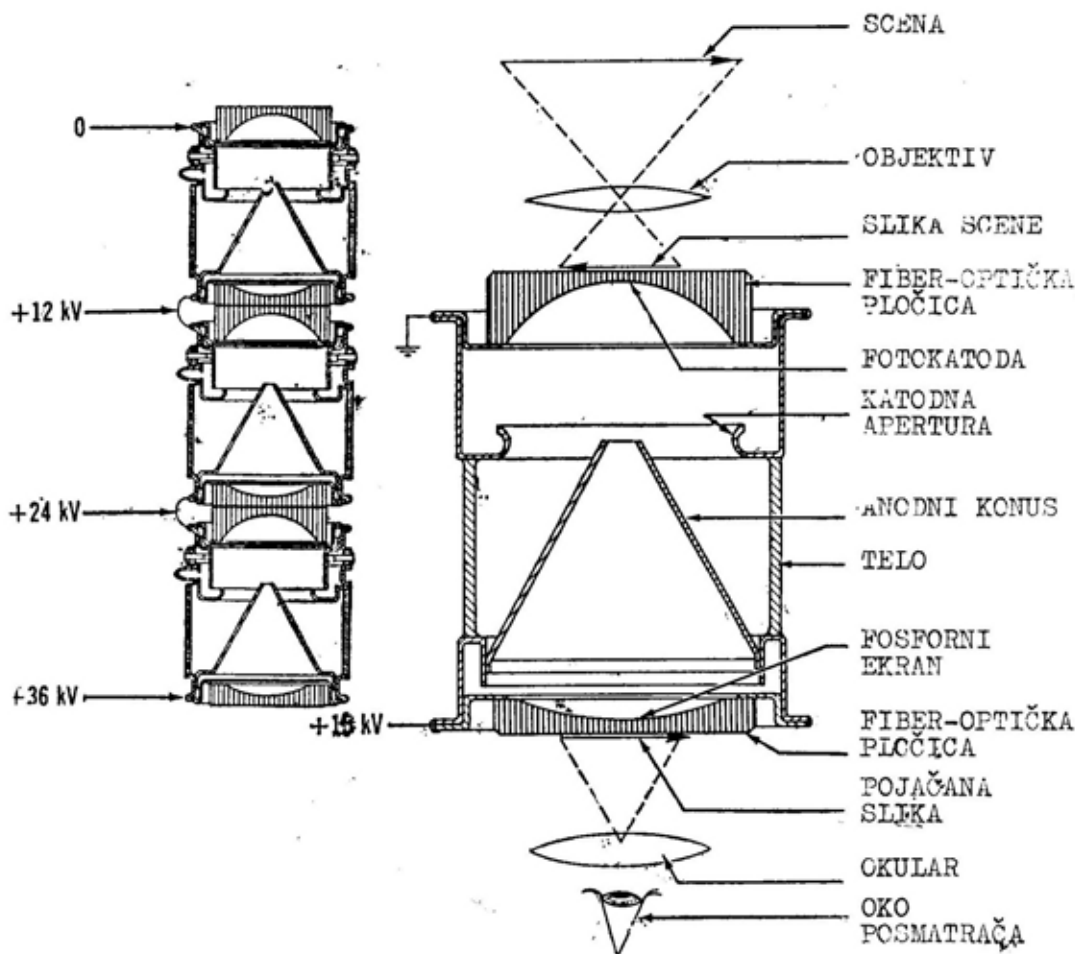
Sl. 4 — Pretvarač slike

1 — fotokatoda; 2 — stakleni balon; 3 — ubrzavajuće i fokusirajuće elektrode; 4 — luminiscentni ekran;  $\beta$  — ugao vidnog polja



Sl. 6 — Promena sjajnosti ekrana pojačavača I generacije pri kratkotrajnom ozračenju fotokatode izvorom intenzivne svetlosti

1 — srednja sjajnost ekrana pre ozračenja; 2 — vreme ugašenog pojačavača; 3 — ponovo uspostavljena srednja sjajnost ekrana;  $t_0$  — početak ozračenja



Sl. 5 — Trostepeni pojačavač slike I generacije i konstrukcija jednog njegovog modula

aktivatori tako biraju kako bi spektralna karakteristika ekrana bila maksimalno prilagođena karakteristikama oka posmatrača.

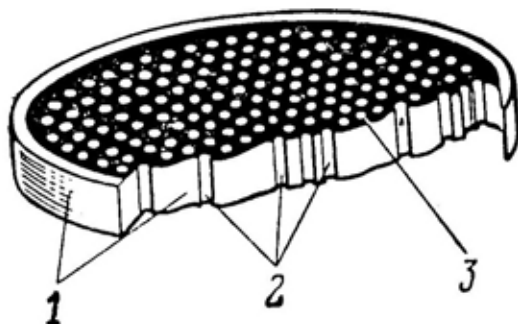
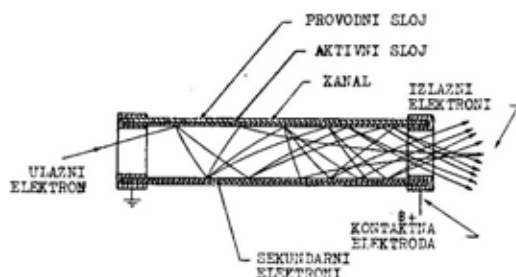
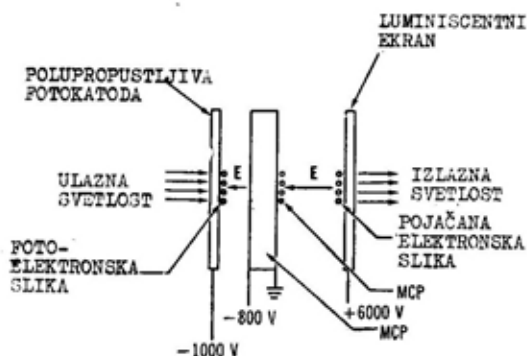
Za pobuđivanje luminiscentnih centara u luminoforu potrebna je visoka energija. Radi toga se elektroni koje emituje fotokatoda ubrzavaju u veoma jakom električnom polju za čije se formiranje koristi napon veličine 6—18 [kV]. Ovo polje koristi se i za stvaranje *elektronskog sočiva* kojim se fokusiraju elektroni.

U IC uređajima upotrebljava se EOP — *pretvarač slike* (sl. 4), koji se u literaturi ponekad tretira kao pojačavač slike »O«-te generacije [1]. On predstavlja vakuumsku cev sa dve ili tri elektrode, u čijoj je unutrašnjosti, sa jedne čeone strane, posebnim postupkom naparavanja nanosena fotokatoda, a sa druge čeone strane nanosen je luminiscentni ekran. Između njih se nalaze elektrode čija je uloga da ubrzaju i fokusiraju elektrone koje emituje fotokatoda i formiraju elektronsko sočivo, radi dobijanja jasne slike na ekranu.

Jedan od najvažnijih parametara EOP-a je *koeficijent pojačanja sjajnosti*, koji je definisan kao odnos sjajnosti ekrana i veličine osvetljenosti fotokatore. Izražava se u  $[(\text{cd}/\text{m}^2)/\text{lx}]$ , a za pretvarače slike sa jednom komorom kreće se od 50 do 70 [3]. Da bi se postiglo veće pojačanje i time omogućila detekcija veoma niskih nivoa osetljivosti, izrađuju se kaskadni elektronsko-optički pretvarači sa dva i tri stepena (modula). To su *pojačavači slike*. Njihovo pojačanje može biti i do 100.000  $[\text{cd}/\text{m}^2/\text{lx}]$ .

Pojačavači slike sa dva i tri stepena pripadaju tzv. *I generaciji* pojačavača (sl. 5). Oni se znatno razlikuju od pretvarača slike. Da bi se otkrili nedostaci koji su posledica elektrostatskog fokusiranja (neravnomernost rezolucije slike, veliki gubici zbog ravne površine fotokatore i velika distorzija), svaki modul (stepen) pojačavača ima na

ulazu i izlazu sferno udubljenu fiber-optičku pločicu kojom se otklanjaju navedeni nedostaci. Fiber-optička pločica sastoji se od nekoliko miliona optičkih vlakana, a njena izrada je predmet posebnog tehnološkog postupka. Sva tri modula zalivena su zajedno sa sekundarnim izvorom visokog napona u jednu konstruktivnu celinu zaštićenu

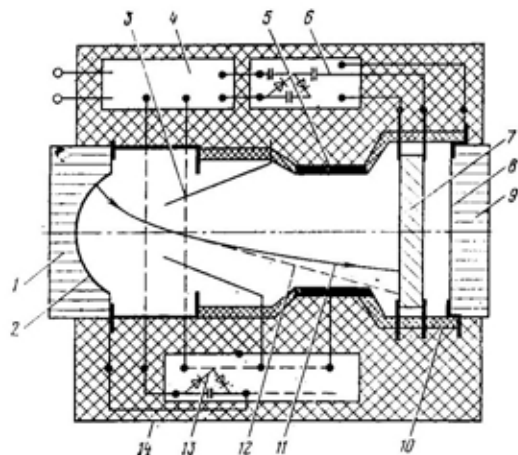


Sl. 7 — Princip rada pojačavača slike II generacije (a) i mikrokanalne pločice (b) i izgled MCP (c)

1 — staklena pločica; 2 — kanali; 3 — niskoomski metalni sloj

plastičnim cilindrom. Time je omogućeno napajanje pojačavača sa naponom od svega nekoliko volti (2 do 8 [V]), što je velika prednost u odnosu na pretvarače slike »0«-tu generaciju), kojima se od posebnog bloka mora visokonaponskim kablom dovoditi napon 16—17 [kV].

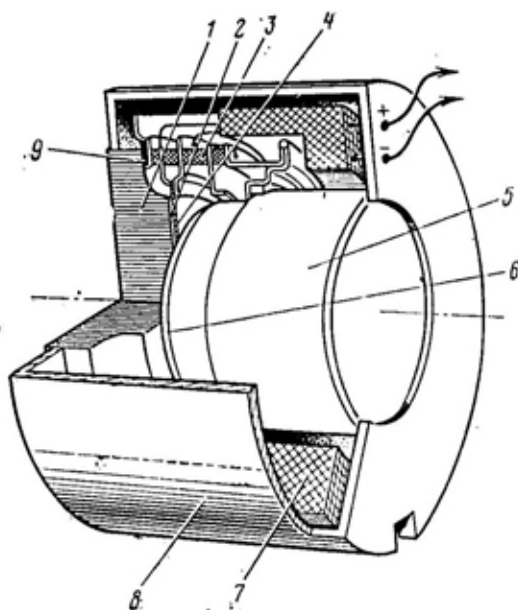
Pojačavači slike II generacije imaju samo jedan modul i izrađuju se, uglavnom, u dve varijante: sa elektrostatiskim fokusirajućim sistemom koji okreće sliku za 180° (sl. 8) i sa tzv. blizinskim fokusiranjem (*proximity focusing*), gde se obrtanje slike vrši fiber-optičkom pločicom (sl. 9). Visoko pojačanje sjajnosti slike samo jednim modulom postiže se primenom mikrokanalne pločice (MCP), koja se ugrađuje između fotokatode i ekrana (sl. 7). MCP se sastoji od 6 do 7 miliona uzanih kanali-



Sl. 8 — Pojačavač slike II generacije sa elektrostatiskim fokusiranjem i mikrokanalnom pločicom

1 — ulazna fiber-optička pločica; 2 — fotokatoda; 3 — anoda; 4 — pretvarač napona; 5 — antidistorziona elektroda; 6 — naponski multiplikator; 7 — mikrokanalna pločica (MCP); 8 — ekran; 9 — izlazna fiber-optička pločica; 10 — metalno-keramički ili metalno-stakleni balon; 11 — trajektorija elektrona pri naponu na antidistorzionoj elektrodi manjem od anodnog napona; 12 — trajektorija elektrona pri naponu na antidistorzionoj elektrodi jednakom anodnom naponu; 13 — naponski multiplikator; 14 — plastični cilindar sa hermetizatorom

ća, prečnika oko 10 [μm] u kojima usled sekundarne emisije dolazi do multiplikacije elektrona i tako postiže visoko pojačanje. MCP se odlikuje velikim elektronskim pojačanjem, niskim nivoom šuma, visokom prostornom rezolucijom, velikom brzinom, malom potrošnjom i dugim vekom upotrebe. Proces njene izrade zahteva vrhunac tehnološkog umeća.



Sl. 9 — Pojačavač slike II generacije sa blizinskim fokusiranjem (*proximity focusing*)

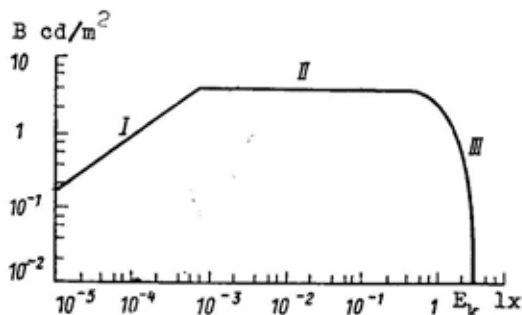
1 — Ulazna fiber-optička pločica; 2 — fotokatoda; 3 — metalokeramičko telo; 4 — mikrokanalna pločica (MCP); 5 — obrtač slike (izlazna fiber-optička pločica koja obrće sliku za 180°); 6 — luminescentni ekran; 7 — sekundarni izvor visokog napona; 8 — plastični cilindar

Trostepeni pojačavači I generacije zaštićeni su od iznenadnog i intezivnog bleska. Pri jakom blesku struja pojačavača postaje toliko velika da se kondenzatori VN pretvarača brže prazne nego što se pune i napon na modulima postaje manji. Slika 6 prikazuje tipičnu krivu promene sjajnosti ekrana pri iznenadnom blesku. Ova zaštita ipak nije

dovoljno efikasna ako se pojave snažni tačkasti izvori svetla (farovi vozila, reflektori, signalne rakete).

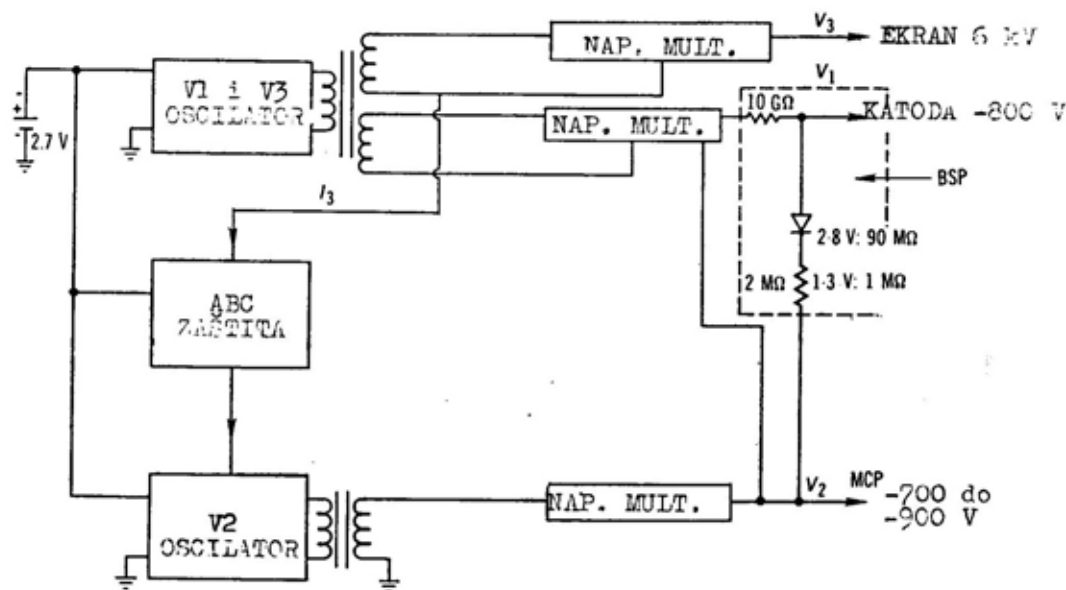
Pojačavači II generacije su bolje zaštićeni zahvaljujući svojstvima mikrokanalne pločice. U izvor napajanja pojačavača (Sl. 10) ugrađena je ABC (automatic brightness control) zaštita kojom se reguliše napon mikrokanalne pločice, i BSP (bright source protection) zaštita kojom se reguliše napon katoda — MCP, a time i struja fotokatode. Na sl. 11 prikazana je tipična kriva zavisnosti srednje sjajnosti ekrana pojačavača od srednje osvetljenosti fotokatode. Pri jakom lokalnom bleisku, samo grupa kanala MCP na koju pada elektronska slika snažnog izvora dolazi u zasićenje, te ne oštećuje ceo pojačavač i ne ometa osmatranje. U tom smislu, prednost pojačavača II generacije u odnosu na pojačavače I generacije su očigledne.

optoelektronskog uređaja. Njihova kontrola neophodna je u toku eksploatacije.



Sl. 11 — Zavisnost srednje sjajnosti ekrana  $B$  od srednje osvetljenosti fotokatode  $E_k$  kod pojačavača slike II generacije

I — deo koji odgovara niskim osvetljenostima (napon na MCP je nepromenljiv); II — deo koji odgovara najčešćim vrednostima osvetljenosti (napon na MCP se automatski reguliše, struja ekrana i njegova srednja sjajnost se održavaju konstantnim); III — deo koji odgovara intenzivnoj osvetljenosti (pojačavač se gasi).



Sl. 10 — Blok-dijagram izvora napajanja pojačavača slike II generacije

Elektronsko-optički pretvarači, kao celina, odlikuju se nizom karakteristika, od kojih presudno zavisi kvalitet

Integralna osetljivost fotokatode definisana je odnosom struje fotokatode i veličine fluksa svetlosti koji pada

na fotokatodu. Meri se u [ $\mu\text{A}/\text{lm}$ ] i kreće se najčešće od 6 do 10 za pretvarače slike do 250—300 za pojačavače slike. Pojačavači slike III generacije imaju integralnu osetljivost reda 1000. Ovaj parametar obično podleže garanciji proizvođača.

Pojačanje se, najčešće, definiše kao odnos sjajnosti ekrana prema osvetljenosti fotokatore, a izražava se u [ $(\text{cd}/\text{m}^2)/\text{lx}$ ]. Kod pretvarača slike pri određivanju pojačanja mora se uzeti u obzir karakteristika filtra koji se koristi pri merenju te se ovaj parametar češće naziva *indeks pretvaranja*. Tipične vrednosti indeksa pretvaranja su 50—70, dok je koeficijent pojačanja za pojačavače I generacije od 5.000—30.000, a pojačavače II generacije i do 100.000 (tabela 2) [3, 5].

nju. Nastaje kao posledica tzv. tamnih struja. Meri se u [ $\text{lm}/\text{cm}^2$ ], a red veličine mu je  $10^{-5}$  [ $\text{lm}/\text{cm}^2$ ] [1].

*Jonske scintilacije*, takođe, predstavljaju rezidualno zračenje ekrana. Nastaju kao posledica bombardovanja ekrana teškim pozitivnim jonima koji se okidaju sa površine fotokatore u jakom električnom polju. Meri se brojem scintilacija u sekundi po jedinici površine.

*Granična rezolucija* ili *sposobnost razlaganja* određuje se projektovanjem testa za crno-belim linijama veoma visokog kontrasta, kao što je npr. USAF-test, na fotokatodu, a zatim posmatra preko lupe slika na ekranu. Izražava se brojem parova crno-belih linija koje se mogu uočiti po jednom milimetru. Karakteristične vrednosti date su u tabeli 2 [1, 2, 5].

Tabela 2

EOP	Tip fotokatore	Generacija	Integralna osetljivost [ $\mu\text{A}/\text{lm}$ ]	Minimalno pojačanje sjajnosti [ $(\text{cd}/\text{m}^2)/\text{lx}$ ]	Korisni prečnik fotokatore [mm]	Napon napajanja [V]	Rezolucija na osi [ $\text{lin}/\text{mm}$ ]	Težina [gr]	Ekvivalentni fon ekrana [ $\mu\text{lx}$ ]
WL 7257	Sb-Cs	0	—	80—120	12,7	30 [kV]	15	—	—
WL 4171	SbNaK	0	—	20—40	12,7	30 [kV]	15	—	—
XX 1130	S-25	I	300	20.000	18	2,65	36	475	0,15
XX 1140	S-25	I	300	30.000	25	6,75	26	920	0,15
XX 1270	S-25	I	300	6.500	18	2,65	32	320	0,15
XX 2500	S-25	II	350	17.000	25	2,5	32	320	0,1
XX 1800	S-25	II	350	5.000	18	2,5	30	95	0,1
XX 1530	—	III	1.000	20.000	18	2,5	36	78	0,25

*Ekvivalentni fon ekrana* je odnos rezidualnog zračenja ekrana pri potpuno neosvetljenoj fotokatori i pojačanja, i predstavlja osvetljenost fotokatore koja je potrebna da bi se izazvalo rezidualno zračenje ekrana pri datom pojača-

Vrednosti parametara EOP-a su veoma značajne, kako u proizvodnji novih, tako i procesu njihovog održavanja. Merenja parametara uslovljena su posebnim klimatskim uslovima (*»beli«* prostor) i specijalnom, često unikatnom

opremom. Srećom, za praksu dva najvažnija parametra — pojačanje i rezolucija — mogu se meriti relativno jednostavno.

### **Načela upotrebe i održavanja optoelektronskih uređaja za nišanje i osmatranje noću [6]**

Vrlo je malo osetljivih uređaja koji zahtevaju veliku pažnju pri upotrebi kao što su optoelektronski uređaji. Pravilna upotreba i blagovremeno preduzimanje svih neophodnih preventivnih mera najviše doprinosi dužini njihovog eksploatacionog veka.

U daljem tekstu data su elementarna načela upotrebe i održavanja optoelektronskih uređaja, koja se moraju bezuslovno poštovati da bi se obezbedio pouzdan i dugotrajan rad i smanjili troškovi održavanja. Polazeći od činjenice da se oko 90% troškova održavanja odnosi na EOP, a preostalih 10% na sve ostale delove optoelektronskih uređaja, nije teško izvesti zaključak da se najveća pažnja mora posvetiti baš zaštiti elektronsko-optičkog pretvarača. Pri tome su od ključnog interesa *pravilna upotreba i redovno sprovođenje preventivnih mera održavanja.*

#### *Osnovna načela upotrebe*

— *Optoelektronski uređaji upotrebljavaju se samo noću i samo u slučaju da pri gledanju kroz dnevne optičke sprave cilj i okolina nisu vidljivi ili se ne mogu raspoznati zbog niskog nivoa osvetljenosti.*

— Zbog drugačijeg kontrasta, boje terena i cilja pri gledanju golim okom ili kroz dnevne optičke sprave od boje i kontrasta pri gledanju kroz EOP, radi kvalitetne i pouzdane upotrebe optoelektronskog uređaja neophodna je prethodna obuka operatora i dobro poznavanje terena (kad god je moguće teren treba dobro upoznati u toku dana).

— Kada optoelektronski uređaj nije u upotrebi, svi elementi zaštite moraju biti u položaju u kojem vrše svoju osnovnu funkciju (otvor dijafragme minimalan, zastor navučen, zaštitni poklopac zatvoren) i uređaj mora biti obavezno isključen.

— Pri povećanoj osvetljenosti terena sa zelenom bojom fona, da bi se dobio bolji kontrast, neophodno je uključiti odgovarajući svetlosni filter.

— Uključivanje optoelektronskog uređaja treba da je kratkotrajno, svedeno na nužnu i dovoljnu meru.

— Upotrebom zastora sprečiti ometajuće dejstvo svetlog nebeskog svoda, kao i mogućnost ometanja i oštećenja elektronsko-optičkog pretvarača slike usled pojave izvora jake svetlosti u gornjem delu vidnog polja.

Fokusiranje na beskonačnost noću izvodi po zvezdama.

*Uređaj se nikada ne sme okretati u pravcu izvora intenzivnog svetla, bilo da je uključen ili je van upotrebe: bez obzira na ugrađenu zaštitu; veliki intenzitet svetlosti drastično utiče na vek trajanja elektronsko-optičkog pretvarača i može trenutno dovesti do njegovog trajnog otkaza.*

— *Uređaj se nikada ne ostavlja uključen posle upotrebe, a naročito ne u slučajevima kada se nalazi integrisan u druge složene sisteme: svako uključivanje napajanja sistema izaziva prelazne procese sa nepredvidivim strujnim udarima i mogućim ekstremno velikim svetlosnim pikovima na EOP-u koji izazivaju njegova trajna oštećenja.*

#### *Čuvanje u toku i van upotrebe*

Optoelektronske uređaje ne smeju otvarati i rasklapati nepoznata lica; otvaranje i rasklapanje dozvoljeno je samo visokostručnim licima u ovoj oblasti, isključivo u specijalno opremljenim radionicama u kojima vladaju odgovarajući uslovi.

— Površine optičkih elemenata nikada se ne smeju dodirivati rukom; optika se čisti isključivo sredstvima predviđenim za tu namenu flanelna krpa, etar, špiritus, vata).

— Optoelektronske uređaje van upotrebe čuvati u sanducima pri temperaturi od  $+5^{\circ}\text{C}$  do  $+35^{\circ}\text{C}$ , a relativna vlažnost ne sme biti veća od 70%.

— Uređaji se nikada ne čuvaju na otvorenom prostoru, pored jakih izvora toplote ili na suncu.

— Uređaji se moraju zaštititi od prašine, vlage i ekstremno niskih i visokih temperatura.

— Uložak isušivača vlage mora se redovno menjati ili regenerisati pri promeni boje iz plave u svetloroza;

### Osnovni zahtevi u održavanju

Kontrola tehničke ispravnosti uređaja mora se sprovesti redovno.

Najmanje jednom u tri meseca potrebno je:

— uključiti uređaj da neprekidno radi najmanje 30 minuta, ako u toku protekla tri meseca nije radio duže od 30 minuta neprekidno;

— izvršiti pokretanje svih pokretnih mehanizama uređaja u granicama između svih krajnjih položaja;

— proveriti domet na terenu, na realan cilj;

— po potrebi izvršiti sušenje uređaja fenomen.

Najmanje jednom u dve godine izvršiti sledeće provere:

— proveriti graničnu rezoluciju (sposobnost razlaganja) koristeći poznate test-table sa USAF testovima;

— izvršiti proveru usaglašenosti svih optičkih parametara prema odgovarajućim tehničkim zahtevima za konkretan uređaj, i justiranje optike;

— izmeriti izlazni napon visokonaponskog pretvarača (kod aktivnih IC uređaja).

Remont optoelektronskih uređaja mora se izvoditi u specijalno opremljenim prostorijama, odnosno namenskim radionicama stacionarnog ili pokretnog tipa koje poseduju odgovarajuću opremu i mogu da obezbede zahtevane klimatske uslove (prašina, temperatura, vlaga). Uslovi za remont moraju biti slični uslovima za proizvodnju. Od izuzetnog značaja je čistoća radnog prostora u kojem se vrši remont, čistoća instrumenata, alata materijala i radne odeće izvršilaca.

### Zaključak

Dobro poznavanje svojstava i mogućnosti optoelektronskih uređaja, njihova pravilna upotreba i blagovremeno preduzimanje svih neophodnih preventivnih mera od izuzetnog su interesa, kako za neposredne korisnike uređaja, tako i za organe koji se bave njihovim održavanjem. Jedan od najvažnijih faktora koji nameću ovakvu potrebu je njihova enormno visoka cena u kojoj elektronsko-optički pretvarač slike učestvuje sa preko 80%. Drugi važan faktor je ekstremno visoka osetljivost ovih uređaja na nepravilnu upotrebu i loše uslove čuvanja. I treći, često najvažniji faktor, jeste presudna uloga optoelektronskih uređaja u noćnim borbenim dejstvima.

### Literatura:

- [1] Illes P. Csorba: Image tubes, Howard W. Sams & Co., Inc. USA, 1965.
- [2] A. G. Berkovskii: Vakuumnije fotoelektronnie pribori, »Radio i svjaz«, Moskva, 1988.
- [3] A. N. Iznar: Elektronno-optičeskie pribori, »Mašinstroenie«, Moskva, 1977.

- [4] S. S. Vetohin: Odnoelektronnie fotopriemniki, »Atomizdat«, Moskva, 1979.
- [5] Delft elektronische producten: Image intensifiers, technical data, Holland, 1972.
- [6] Tehnička uputstva za rukovanje i održavanje optoelektronskih uređaja.



U okviru avionskih sistema i podsistema, kao i pri njihovoj integraciji, koriste se paralelne i serijske magistralne podatka. Za integraciju (međusobno povezivanje i komuniciranje) avionskih sistema i podsistema, na savremenim vojnim avionima razvijenih zapadnih zemalja koriste se serijske magistralne podatka. U dosadašnjim integracijama korišćena je magistrala 1553B ili DIGIBUS (GINA). U fazi pripreme projekta našeg nadzvučnog aviona (NA) česte su bile dileme koja je od dve do sada korišćene magistralne podatka bolja. Definisanje algoritama za proračun efikasnosti i opterećenja navedenih magistrala omogućava njihovu objektivnu uporednu analizu.

### Uvod

Na savremenim vojnim avionima susrećemo se sa sve većim brojem složenih elektronskih sistema, od kojih se zahteva da u realnom vremenu i sa velikim stepenom pouzdanosti izvršavaju veliki broj složenih funkcija, neophodnih za uspešno izvršenje sve složenijih školskih, borbenih i izviđačkih zadataka. S obzirom na broj i složenost funkcija, zahtevane »real-time« brzine obrade informacija i zahtevane pouzdanosti u okviru avionskih sistema koristi se veći broj računara visokih performansi.

Avionski računari (sistemi i pod-sistemi) ne predstavljaju nezavisne celine već su svi, radi razmene informacija, međusobno povezani, a način njihovog hardversko-softverskog povezivanja definiše arhitekturu integrisanih avionskih elektronskih sistema. U okviru pojedinih avionskih elektronskih sistema i podsistema, kao i njihovih integrisanih arhitektura, koriste se paralelne i serijske magistralne podatka.

Pod pojmom magistralne podatka podrazumeva se jedan (serijska) ili više (paralelna) provodnika preko kojih se vrši razmena podatka (karaktera, bajtova, reči, poruka) između procesora, memorija i periferijskih jedinica nekog računarskog sistema (podsistema),

kao i između računara u okviru složenih računarskih sistema (mreža), u koje se može svrstati i arhitektura integrisanih elektronskih sistema aviona.

Na malim rastojanjima, tj. unutar računara, između pojedinih funkcijskih jedinica, kao i između računara i periferijskih jedinica, podaci se obično prenose paralelno. Pri ovom prenosu svi bitovi nekog podatka se prenose paralelno (istovremeno) i to preko jednog ili većeg broja provodnika podatka.

Na većim rastojanjima, tj. za razmenu podatka između računara obično se koriste serijske magistralne podatka odnosno serijski prenos podatka. Pri ovom prenosu bitovi se nižu jedan za drugim, tako da u svakom vremenskom intervalu predajnik šalje, a prijemnik prima samo jedan bit. Prema tome, za prenos nekog podatka od »n« bitova kod serijske magistralne podatka potrebno je »n« vremenskih intervala, ali jedan provodnik, dok je za prenos istog podatka paralelnom magistralom podatka dovoljan samo jedan vremenski interval, ali je potrebno »n« provodnika (ili jedan provodnik sa »n« puta većom širinom frekventnog opsega).

U početnom periodu integracije avionskih sistema i podsistema korišćen je klasični način integracije [sen-

zor(i)-računar(i)-pokazivač(i)]. Tom prilikom u okviru pojedinih avionskih računarskih sistema i podsistema koji su zahtevali vrlo brze razmene informacija, korišćene su paralelne magistrale podataka realizovane u vidu određenog broja paralelnih provodnika za prenos podataka, kao i provodnika za prenos adresnih i upravljačkih (komandnih) informacija. Veliki broj provodnika, kako kod klasičnog načina integracije, tako i kod paralelnih magistrala podataka, zbog povećanja mase i zauzimanja relativno velikog prostora, nije pogodan za avionske aplikacije.

Radi optimizacije radnih uslova pilota, minimizacija manipulativnih aktivnosti pilota i maksimizacija koncentracije na izvršenje borbenog zadatka, integrisano upravljanje avionskim sistemima i podsistemima i integrisano prikazivanje njihovih parametara i stanja postalo je jedan od osnovnih taktičko-tehničkih zahteva savremenih višenamenskih borbenih aviona. Za ostvarenje integrisanog upravljanja i prikazivanja, sve elektronske avionske sisteme trebalo je povezati posredstvom jednog zajedničkog prenosnog medijuma. Pošto za tako nešto, iz prethodno navedenih razloga, paralelne magistrale podataka nisu bile pogodne, pristupilo se istraživanju i razvoju brzih serijskih magistrala podataka. Pri istraživanju i razvoju ovih magistrala pošlo se od zahteva da je, u zavisnosti od namene konkretnog aviona, tj. složenosti arhitekture integrisanih avionskih elektronskih sistema, za međusobnu komunikaciju ovih sistema potrebno omogućiti prenos od 10.000 do 50.000 dvadesetobitnih reči u sekundi, tj. frekventni opseg od 1 MHz.

Nakon uspešnog razvoja ovih magistrala, a imajući u vidu prethodno navedene nedostatke paralelnih magistrala, pri integraciji avionskih sistema i podsistema na savremenim vojnim

avionima, razvijenih zapadnih zemalja, počele su da se koriste isključivo serijske magistrale podataka, sa vremenskim multipleksiranjem, realizovane u vidu para uprednih i ekranizovanih bakarnih žica [2] [3].

Integracija avionskih sistema i podsistema posredstvom serijskih magistrala podataka počinje krajem šezdesetih i početkom sedamdesetih godina i poklapa se sa početkom serijske proizvodnje aviona F-15, F-16, B-1, itd. Radi realizacije ovih projekata, u toku 1973. godine, RV SAD je izdalo MIL-STD-1553, a varijanta ovog standarda 1553A, u toku 1975. godine, prihvaćena je i u ostalim vidovima OS SAD. Od septembra 1978. godine ovaj standard, u verziji 1553B, nalazi se u najširoj primeni i predstavlja osnovu na kojoj većina razvijenih zapadnih zemalja bazira svoje nacionalne standarde za integraciju avionskih sistema i podsistema. U isto vreme, Francuska je razvila svoj standard DIGIBUS (GINA) na čijoj su osnovi realizovani projekti aviona MIRAGE-2000, MIRAGE-F1, ATLANTIC i RAFAL. Osnovne prednosti integracije, avionskih sistema i podsistema, posredstvom serijskih magistrala podataka, u odnosu na klasični način integracije, ogledaju se u:

— znatno jednostavnijem povezivanju između sistema i podsistema i znatno lakšoj instalaciji, a što rezultira smanjenjem mase, potrebnog prostora za ugradnju i cene provodnika;

— mogućnosti standardizacije interfejsa za povezivanje sistema i podsistema na magistralu podataka;

— lakom redundovanju magistrala radi povećavanja pouzdanosti prenosa informacija;

— lakoj promeni arhitekture integrisanih avionskih sistema, jer skidanje, zamena ili dodavanje sistema i podsistema ne utiče na hardver drugih sistema i podsistema, već zahteva male

izmene u pogledu sprežanja sa magistralom, uz odgovarajuće izmene softvera;

— lakom održavanju avionske opreme, jer se za verifikaciju ispravnosti avionskih sistema i podsistema, u prvom stepenu održavanja, isključivo koriste ugrađeni testovi (BIT);

— mogućnosti standardizacije upravljanja avionskim sistemima i pod-sistemima, kao i prikazivanju njihovih informacija.

U relativno bliskoj budućnosti, pri integraciji avionskih sistema i podsistema, najverovatnije će se koristiti serijske magistrale na bazi optičkih provodnika, koje se karakterišu znatno većim brzinama i većom pouzdanošću prenosa informacija [4].

Pri integraciji avionskih sistema i podsistema, posredstvom serijskih magistrala podataka, bitno je uočiti da je magistrala podataka zajednička za sve sisteme i podsisteme, priključene na njoj, te da je nemoguće njeno istovremeno korišćenje od dva ili više sistema (podsistema). Zbog toga, pri ovom načinu integracije, postoji problem sinhronizacije rada svih sistema i podsistema priključenih na jednu magistralu, kao i problem upravljanja pristupom magistrali podataka.

Sinhronizacija rada može se podeliti na sinhronizaciju prijema-predaje pojedinih bitova i sinhronizaciju prijema-predaje reči i celih poruka. Pri realizaciji ovih sinhronizacija ne preporučuje se korišćenje posebnih sinhronizacionih vodova, jer bi njihovi eventualni otkazi doveli do katastrofalnog otkaza sistema u celini. Zbog toga se, za sinhronizaciju prijema-predaje pojedinih bitova koristi samosinhronizujući tip modulacije (bifazna modulacija sa povratkom na nulu) ili lokalni takt (klok) u udaljenim terminalima. Za sinhronizaciju prijema-predaje reči i poruka koriste se specifični oblici signala na početku reči.

U pogledu upravljanja magistralom podataka potrebno je uočiti razliku između pojma upravljanja pristupom magistrali, koje, u opštem slučaju, može biti centralizovano ili decentralizovano i pojma protokola magistrale, koji definiše način i raspored pristupa pojedinih sistema i podsistema magistrali podataka.

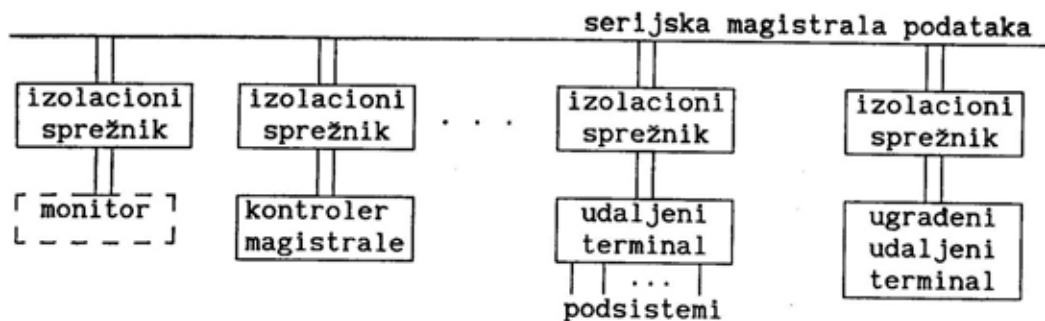
Kontrola (upravljanje) serijskih magistrala podataka može biti sa stacionarnim kontrolerom magistrale ili sa nestacionarnim kontrolerom magistrale, pri čemu je prvi način kontrole, do sada, bio mnogo češće u upotrebi. Kod kontrole sa stacionarnim kontrolerom magistrale postoji jedan kontroler koji upravlja svim komunikacijama na magistrali a u slučaju njegovog otkaza pomoćni kontroler preuzima kontrolu nad magistralom. Za kontrolu sa nestacionarnim kontrolerom magistrale karakteristično je postojanje većeg broja kontrolera magistrale, pri čemu u određenom vremenskom intervalu samo jedan od njih može imati kontrolu nad magistralom. Pri ovom načinu kontrole kao osnovni problem pojavljuje se obezbeđenje adekvatnog načina predaje kontrole, kako bi svi kontroleri magistrale, u određenom vremenskom intervalu, mogli dobiti kontrolu nad magistralom.

### **Osnovne karakteristike pojedinih tipova magistrala**

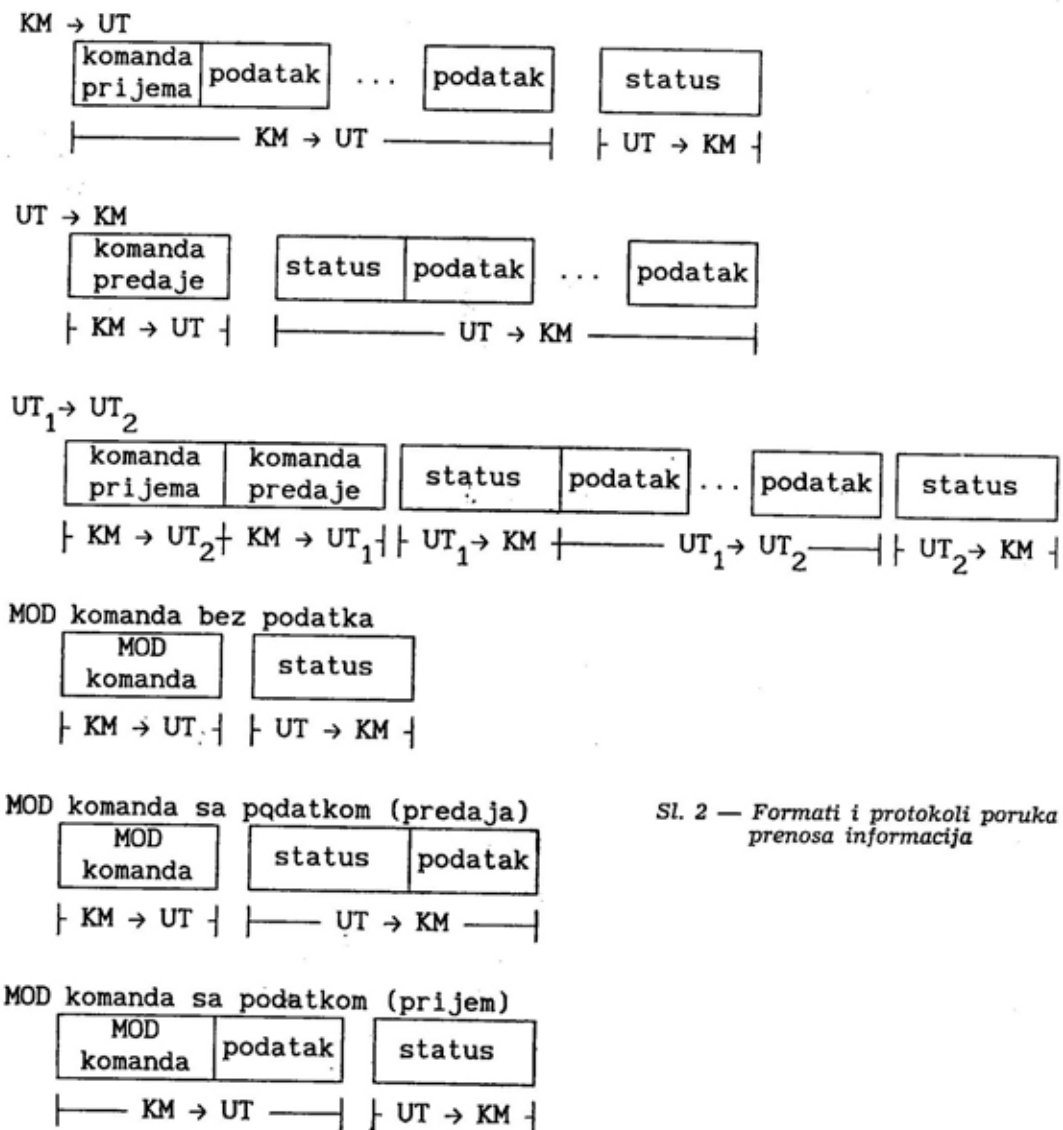
#### *Magistrala 1553B*

#### *Osnovni elementi sistema magistrale 1553B*

Pod pojmom sistema magistrale podataka podrazumeva se magistrala sa svim elementima neophodnim za integraciju avionskih sistema i podsistema njenim posredstvom. Osnovni elementi sistema magistrale podataka prikazani su na slici 1.

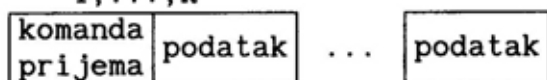


Sl. 1 — Osnovni elementi sistema magistrale 1553B



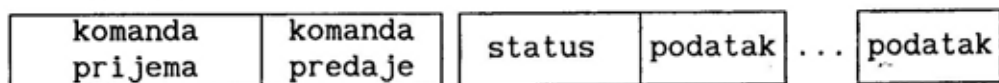
Sl. 2 — Formati i protokoli poruka prenosa informacija

KM  $\rightarrow$  UT<sub>1, ..., k</sub>



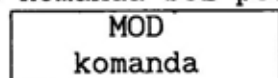
┌────────── KM  $\rightarrow$  UT ─────────┘

UT<sub>1</sub>  $\rightarrow$  UT<sub>2, ..., j</sub>



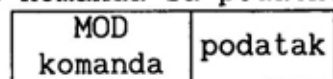
┌ KM  $\rightarrow$  UT<sub>2, ..., j</sub> ┘ ┌ KM  $\rightarrow$  UT<sub>1</sub> ┘ ┌ UT<sub>1</sub>  $\rightarrow$  KM ┘ ┌── UT<sub>1</sub>  $\rightarrow$  UT<sub>2, ..., j</sub> ─┘

MOD komanda bez podatka



┌ KM  $\rightarrow$  UT<sub>1, ..., k</sub> ┘

MOD komanda sa podatkom



┌── KM  $\rightarrow$  UT<sub>1, ..., k</sub> ─┘

Sl. 3 — Formati i protokoli poruka emitovanja informacija

Serijska magistrala podataka predstavlja par upredenih i ekranizovanih žica, preko kojih se ostvaruje brzina prenosa podataka od 1 Mbit/s. Radi povećanja pouzdanosti prenosa podataka magistrala je obično redukovana, pri čemu je, u određenom vremenskom trenutku, aktivna samo jedna od magistrala.

Izolacioni spreznici (u daljem tekstu IS) omogućavaju sprezanje daljinskih terminala, kontrolera magistrale i monitora na serijsku magistralu podataka. Postoji direktni i transformator-

ski način sprezanja, pri čemu je ovaj drugi, zbog bolje zaštite magistrale u slučaju kratkog spoja u stubu ili terminalu, znatno češće u upotrebi.

Udaljeni terminal (u daljem tekstu UT) omogućava povezivanje jednog ili više avionskih podsistema na magistralu podataka. Udaljeni terminal, ugrađen u podsistem ili senzor, omogućava povezivanje samo tog podsistema (senzora) na magistralu podataka.

Kontroler magistrale (u daljem tekstu KM) startuje razmenu informa-

cija između podsistema, prati tok događaja na magistrali i preuzima odgovarajuće aktivnosti radi otklanjanja štetnih uticaja koji se mogu javiti u slučaju grešaka u prenosu. On se može obratiti bilo kom UT priključenom na magistralu, koja je pod njegovom kontrolom, radi predaje poruke njemu, prijema poruke od njega, kao i iniciranja komunikacije između dva UT.

Monitor je uređaj koji se može, a ne mora, koristiti u sistemu magistrale podataka. Njegova uloga je vrlo slična ulozi KM, s tom razlikom što on ne startuje razmenu informacija između podsistema.

### Tipovi poruka

Prema MIL-STD-1553B [2], ova magistrala omogućava prenos deset različitih formata poruka, koje se dele na poruke prenosa (slika 2) i poruke emitovanja (slika 3) informacija.

Poruke prenosa informacija zasnivaju se na principu komanda-odziv, pošto posle svake ispravno primljene komande (poruke) adresirani UT šalje statusnu reč.

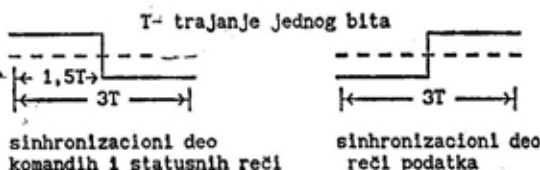
Poruke emitovanja informacija primaju svi UT priključeni na magistralu, zbog čega, nakon prijema komande (poruke), UT ne šalje statusne reči, jer bi njihovo istovremeno slanje dovelo do kolizije na magistrali. Prema tome, na osnovu emitovane poruke, KM ne može znati da li su svi UT ispravno primili poslatu poruku. Međutim, i u ovom slučaju, pomoću MOD komande (bez podatka), kojom se pojedinačno od svakog UT može zahtevati slanje statusne reči, može se dobiti informacija o ispravnosti prijema emitovane poruke.

Kod ove magistrale podataka prijem komande (poruke) definiše se kao prijem od strane UT, a predaja kao predaja od UT.

### Tipovi reči

Na osnovu slika 2. i 3. može se uočiti da ova magistrala omogućava prenos tri tipa reči: komandne, statusne i reči podatka. Pri tome, komandne reči šalje samo KM, statusne reči šalje samo UT, a reči podatka mogu slati i KM i UT.

Sve reči imaju dužinu od 20 bita, pri čemu trajanju prva tri bita odgovara sinhronizacioni signal, poslednji bit je bit parnosti (neparna parnost), dok preostalih 16. bita sadrže korisnu informaciju (podatak, status ili komandu). Bitovi koji se šalju preko magistrale kodovani su u Manchester II bifaznom kodu (logička jedinica se šalje kao bipolarni prelaz  $1 \rightarrow 0$  a logička nula kao bipolarni prelaz  $0 \rightarrow 1$ ). Sinhronizacioni delovi ovih reči predstavljaju specifične talasne oblike, koji su prikazani na slici 4.



Sl. 4 — Talasni oblici sinhronizacionih delova reči

Struktura komandnih reči, sa značenjem pojedinih bitova i grupa bitova, data je na slici 5, a reči podatka i statusne reči na slici 6.

— T/R je bit predaje (1)/prijema (0);

— podadresa je adresa bloka podataka (pointer na memorijsku lokaciju), a ukupni broj podadresa je 30, pošto su dva koda rezervisana za oznaku MOD komande;

— MOD (sa kodom 00000 ili 11111) označava da se u sledećem polju nalazi kod MOD komande;

— ukupan broj mogućih adresa UT je 31, jer se u slučaju emisije komande prijema, umesto adrese UT, koristi adresa 31 (kod 11111),

### Komandna reč predaje/prijema

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
sinhron. deo			adresa UT					T R	podadresa					broj podataka			p		

### MOD komandna reč

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
sinhron. deo			adresa UT					T R	MOD					kod. MOD komande			p		

Sl. 5 — Struktura komandnih reči

### Reč podatka

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
sinhron. deo			p o d a t a k																p
MSB										LSB									

### Statusna reč

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
sinhron. deo			adresa UT					g	i	r	rezerva			e	z	s	d	t	p

Sl. 6 — Struktura reči podatka i statusne reči

g — bit greške u poruci, a ako je on setovan statusna reč se ne šalje i nakon isteka predviđenog vremena odziva KM konstatuje grešku;

i — instrumentacioni bit, koji služi za razlikovanje statusne reči (0) od komandne reči (1), pošto su im sinhronizacioni delovi identični;

r — bit servisnog zahteva koji, setovan na 1, ukazuje KM da UT zahteva servis (prethodno određenu aktivnost ili korišćenje MOD komande predaje vektorske reči za identifikaciju specifičnog zahteva);

e — emisioni (broadcast) bit koji, setovan na 1, ukazuje da je prethodna poruka bila emisiona, a ukoliko prva sledeća poruka ne zahteva slanje ova statusa on se briše;

z — bit zauzetosti koji, setovan na 1, ukazuje da UT ne može postupati u skladu sa zahtevanom komandom, jer je zauzet;

s — bit podsistemskog flega koji, setovan na 1, ukazuje da podsistem radi pogrešno, tj. da daje netačne podatke. U slučaju više podsistema na istom UT ovaj bit je ILI logička funkcija njihovih flegova;

d — bit dinamičke kontrole magistrale koji, setovan na 1, označava prihvatanje kontrole nad magistralom, a koristi se u slučaju primene više KM na istoj magistrali.

t — bit terminalskog flega koji, setovan na 1, ukazuje na postojanje greške u UT, a koristi se sa MOD komandama inhibicije T/R flega, ponište-

nja inhibicije T/R flega i predaja BIT reči (koja sadrži detaljnu informaciju o greškama u UT).

### MOD komande

Ove komande omogućavaju specifične aktivnosti kojima KM menja stanje u kojem se nalaze UT i omogućava ostvarenje svih zahteva u pogledu upravljanja sistemom magistrale podataka. Kodovi MOD komandi podeljeni su na kodove MOD komandi bez podatka i kodove MOD komandi sa podatkom, koji se identifikuju na osnovu značenja 15. bita u komandnoj reči.

Kodovi MOD komandi bez podatka i funkcije koje oni iniciraju su:

00000	dinamička kontrola magistrale,
00001	sinhronizacija,
00010	predaja statusne reči,
00011	inicijalizacija samotestiranja,
00100	privremeno isključenje (blokiranje) predajnika u UT,
00101	poništenje privremenog isključenja predajnika,
00110	inhibicija bita terminalskog flega,
00111	poništenje inhibicije bita terminalskog flega,
01000	resetovanje UT,
01001	rezervni kod,
.	.
.	.
.	.
01111	rezervni kod.

Kodovi MOD komandi sa podatkom i funkcije koje oni iniciraju su:

10000	predaja vektorske reči,
10001	sinhronizacija,
10010	predaja poslednje komande,
10011	predaja BIT reči,

10100	privremeno isključenje odabranog predajnika u UT,
10101	poništenje privremenog isključenja odabranog predajnika,
10110	rezervni kod,
.	.
.	.
11111	rezervni kod.

Pored prethodno navedenih funkcija u okviru sistema sa ovim tipom magistrale mogu se impementirati i funkcije:

- održavanje UT u stanju ispravnosti (prevazilaženje otkaza),
- sinhronizacija celokupnog sistema,
- mapiranje podadresa poruka,
- upravljanje aperiodičnim porukama, i
- inicijalizacija/prekidanje poruka.

Svi nedefinisani (rezervni) kodovi MOD komandi smatraju se ilegalnim komandama i ne smeju se koristiti. KM mora imati mogućnost implementacije svih navedenih kodova (funkcija) MOD komandi, a svi UT moraju imati implementarne minimalno sledeće kodove MOD komandi 00010, 00100, 00101 i 01000.

Objašnjenja funkcija svih prethodno navedenih MOD komandi, načini povezivanja UT na magistralu (transformatorska i direktna sprega), načini kontrole magistrale (sa stacionarnim i nestacionarnim KM), upravljanje greškama u porukama i otkazima ključnih elemenata sistema magistrale podataka, funkcionalna podela i redundansa elemenata sistema magistrale podataka, protok podataka i kontrole kod hijerarhijske topologije magistrala, način startovanja i zaustavljanja sistema magistrale podataka, sinhronizacija sistema magistrale podataka (pomoću MOD komandi) i protokol razmene informacija



(u toku jednog minornog ciklusa), način prenosa vremenski kritičnih (aperiodičnih) poruka i načini upravljanja podacima dati su u [2].

### Analize efikasnosti i opterećenja magistrale podataka

Magistrala 1553B projektovana je za serijsku komunikacijsku brzinu od -Mbit/s, što teoretski odgovara brzini prenosa 50.000 dvadeseto bitnih reči u sekundi, odnosno 1562 trideseto rečne poruke u sekundi (ne uzimajući u obzir vremenske razmake između poruka i vremena odziva UT na komande KM). Za proračun efikasnosti i opterećenja magistrale 1553B bitne su sledeće konstante:

- trajanje komandne reči ( $t_k$ ) — —
- — 20  $\mu$ s.
- trajanje statusne reči ( $t_s$ ) — —
- — 20  $\mu$ s.
- trajanje reči podatka ( $t_p$ ) — —
- — 20  $\mu$ s.
- vreme odziva UT ( $t_{odz}$ ) — —
- — 2—10  $\mu$ s. (prosečno 6  $\mu$ s)
- vreme razmaka između poruka ( $\Delta t$ ) — 2—100  $\mu$ s. (prosečno 51  $\mu$ s)
- trajanje MOD komande bez podataka ( $t_{mk}$ ) 20  $\mu$ s.
- trajanje MOD komande sa podatkom ( $t_{mkp}$ ) 40  $\mu$ s.
- broj reči podataka u poruci ( $n$ ) — —
- — 10, 20, 25 i 30

Na osnovu prethodnih konstanti, koristeći prosečno vreme odziva UT 6  $\mu$ s) i prosečno vreme razmaka između poruka (51  $\mu$ s), kao i formate poruka date na slikama 2. i 3, mogu se izračunati vremena trajanja svih formata poruka:

— za formate prenosa poruka od KM $\rightarrow$ UT i od UT $\rightarrow$ KM

$$t_{1(n)} = t_k + t_{odz} + t_s + t_p \times n + \Delta t = 20 \times n + 97 \text{ } [\mu\text{s}]$$

— za format prenosa poruka od UT $\rightarrow$ UT

$$t_{2(n)} = 2t_k + 2t_s + t_p \times n + 2t_{odz} + \Delta t = 20 \times n + 143 \text{ } [\mu\text{s}]$$

— za emisioni format prenosa poruka od KM $\rightarrow$ UT

$$t_{3(n)} = t_k + t_p \times n + \Delta t = 20 \times n + 71 \text{ } [\mu\text{s}]$$

— za emisioni format prenosa poruka od UT $\rightarrow$ UT

$$t_{4(n)} = 2t_k + t_{odz} + t_s + t_p \times n + \Delta t = 20 \times n + 117 \text{ } [\mu\text{s}]$$

— za format prenosa MOD komande bez podatka

$$t_5 = t_k + t_{odz} + t_s + \Delta t = 97 \text{ } [\mu\text{s}]$$

— za format prenosa MOD komande sa podatkom

$$t_6 = t_k + t_{odz} + t_s + t_p + \Delta t = 117 \text{ } [\mu\text{s}]$$

— za emisioni format prenosa MOD komande bez podatka

$$t_7 = t_k + \Delta t = 71 \text{ } [\mu\text{s}]$$

— za emisioni format prenosa MOD komande sa podatkom

$$t_8 = t_k + t_p + \Delta t = 91 \text{ } [\mu\text{s}]$$

Pošto prenos jednog bita traje 1  $\mu$ s, izračunata vremena trajanja poruka odgovaraju ukupnom broju bita koji se, u okviru navedenih poruka, prenose preko magistrale podataka. Na osnovu ovih podataka izvršen je proračun efikasnosti magistrale pri prenosu pojedinih formata poruka i za navedene brojeve reči podataka u poruci ( $n$ ). Efikasnost magistrale (prikazane u tabeli 1), izražene su u %, a računane kao odnos broja efektivnih i broja ukupnih bita (formula 1.1). Pod pojmom efektivnih bita podrazumeva se ukupni broj bita koji se prenosi u okviru šesnaestobitnih reči podataka ( $N$ ) i statusa ( $N_s$ ).

$$E_{(n)} = \frac{16N_p + 16N_s}{N_u} \times 100 \text{ } [\%] \quad (1.1)$$

Tip poruke/ Broj reči	$E_{(n)} \quad [ \% ]$			
	10	20	25	30
KM → UT ili UT → KM	59,26	67,61	69,68	71,16
UT → UT	55,98	64,82	67,18	68,91
KM → UT <sub>1, ..., k</sub>	59,04	67,94	70,05	71,53
UT <sub>1</sub> → UT <sub>2, ..., j</sub>	55,52	64,99	67,42	69,18
MOD komanda bez podatka	16,49	16,49	16,49	16,49
MOD komanda sa podatkom	27,35	27,35	27,35	27,35
Emisiona MOD komanda bez podatka	0,00	0,00	0,00	0,00
Emisiona MOD komanda sa podatkom	17,58	17,58	17,58	17,58

Za proračun opterećenja magistrale uvedene su sledeće pretpostavke:

— posmatra se sistem sa maksimalnim brojem UT (31) priključenih na magistralu podataka;

— KM i svaki UT, preko magistrale podataka, u proseku šalju po 25 poruka/s;

— od ukupnog broja poruka koje se šalju preko magistrale:

(1) — 45 % su poruke tipa KM → UT i UT → KM,

(2) — 45 % su poruke tipa UT → UT,

(3) — 2 % su emisione poruke tipa KM → UT,

(4) — 2 % su emisione poruke tipa UT → UT,

(5) 1 — % su poruke MOD komandi bez podatka,

(6) — 2 % su poruke MOD komandi sa podatkom,

(7) — 1 % su emisione poruke MOD komandi bez podataka, i

(8) — 2 % su emisione poruke MOD komandi sa podatkom,

— prosečni broj reči podataka u svakoj poruci je 10, 20, 25 i 30.

Na osnovu navedenih pretpostavki ukupni broj poruka koji se u jednoj sekundi prenosi preko magistrale podataka je  $32 \times 25 = 800$  poruka/s, od čega je 360 tipa (1), 360 tipa (2), 16 tipa (3), 16 tipa (4), 8 tipa (5), 16 tipa (6), 8 tipa (7) i 16 tipa (8). Ako je prosečni broj reči podataka u svakoj poruci 10, opterećenje magistrale je:

$$Q_{M(10)} = \frac{360t_{1(10)} + 360t_{2(10)} + 16t_{3(10)} + 16t_{4(10)} + 8t_{5(10)} + 16t_{6(10)} + 8t_{7(10)} + 16t_{8(10)}}{1.000.000} \times 100 = 24,45 \% \quad (1.2)$$

što odgovara prenosu 12.225 reči/s.

Na isti način dobija se:

$$Q_{M(20)} = 39,49\% \quad (19.745 \text{ reči/s}),$$

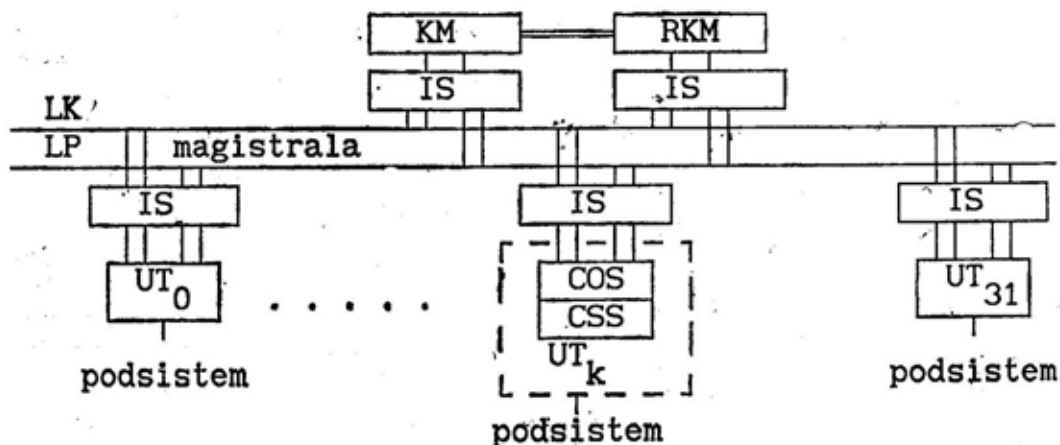
$$Q_{M(25)} = 47,00\% \quad (23.500 \text{ reči/s}) \text{ i}$$

$$Q_{M(30)} = 54,53\% \quad (27.265 \text{ reči/s}).$$

### Magistrala digibus (GINA)

Osnovni elementi sistema magistrale podataka

Osnovni elementi magistrale GINA prikazani su na slici 7.



Sl. 7 — Osnovni elementi sistema magistrale GINA

Ova serijska magistrala sastoji se od dva para upredenih i ekranizovanih bakarnih žica, pri čemu jedan par žica predstavlja liniju komandi (LK), a drugi liniju podataka (LP). Radi povećanja pouzdanosti prenosa informacija magistrala je obično redundovana (dvostruka).

Kontrola magistrale može biti centralizovana (sa stacionarnim KM) ili decentralizovana (sa nestacioniranim KM), mada se najčešće koristi prvo rešenje. Obično se koriste glavni i pomoćni KM koji mogu, a ne moraju, biti integrisani u neki od avionskih podistema. KM vrši izbor magistrale i UT, kontrolu prenosa informacija i ukazuje na funkcije koje treba izvršiti i prirodu podataka koje treba preneti.

Na ovu magistralu može se priključiti 31. UT preko kojih se avionski podsystemi povezuju na magistralu podataka. Svaki UT sastoji se od standardnog interfejsa magistrale (COS) i interfejsa za spregu podistema i COS-a (CSS). Standardni interfejs magistrale izvršava sledeće funkcije:

- prijem, demodulaciju i serijsko-paralelnu konverziju karaktera komandnih poruka poslatih od KM preko LK;
- prepoznavanje adrese, dekodovanje i memorisanje primljene komande

prema tipu (predajna, prijemna ili emisiona) i redosledu prijema i prenos određenih komandnih karaktera u CSS;

- u slučaju prepoznavanja prethodno primljene komande preko LP šalje status (»echo«) o njenom prepoznavanju;

- prijem, demodulaciju i serijsko-paralelnu konverziju karaktera poruka sa podacima prethodnih preko LP i njihov prenos u CSS;

- paralelno-serijsku konverziju, modulaciju i predaju, preko LP, karaktera podataka dobijenih od CSS;

- nadgledanje prenosa preko LK i LP (proveru formata poruka, neparnosti karaktera i longitudinalnu parnost poruka), i

- generisanje svih signala neophodnih za sinhronizaciju rada COS-a i CSS-a.

Za povezivanje podistema, odnosno UT, sa magistralom koriste se izolacioni spreznici (IS) sa direktnom ili transformatorskom spregom. Ova magistrala radi sinhrono tako što KM šalje komande preko LK, na osnovu kojih se inicijalizacije predaja UT preko LP, pa nije potreban lokalni klock u svakom UT.

Preko LK i LP komande i podaci se prenose serijski, brzinom od 1 Mbit/s.

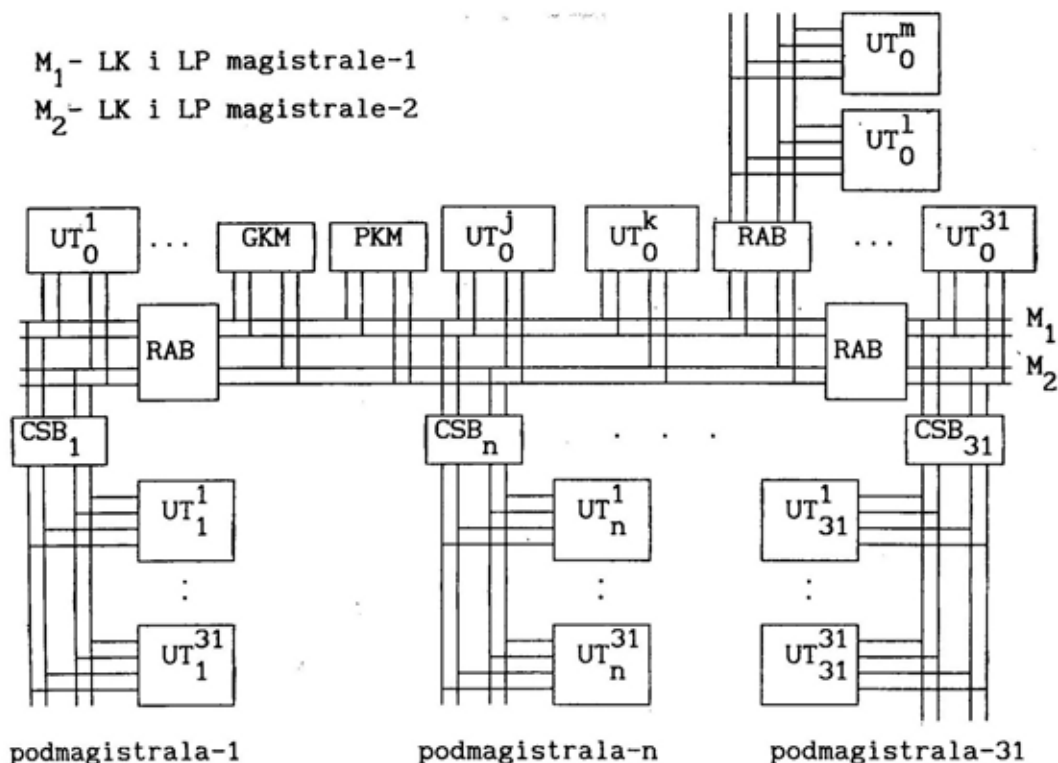
Osnovna struktura ove magistrale [3] može se proširiti u mrežu magistrala prikazanu na slici 8. Na ovoj slici RAB predstavlja aktivni repetitor magistrale, a CSB interfejs između glavne magistrale i podmagistrale. RAB omogućava da se glavna sekcija magistrale (dužine do 100 m) produži sa dodatnim sekcijama iste dužine. Dužina magistrale ograničena je vremenom kašnjenja odziva od najudaljenijeg UT koje ne sme biti veće od 6,5  $\mu$ s. RAB je transparentan za komande i omogućava prenos podataka u oba smera. Međutim, CSB nije transparentan za komande, jer se pri predaji komande od KM prema nekom UT na podmagistrali zahteva slanje te komande na adresu CSB-a koji je, nakon njegovog prijema, šalje prema UT. Kod mreže magistrala GINA ne postoji funkcionalna hijerarhija između primarne sekcije i sekundarnih sekcija ma-

gistrale, zbog čega se KM i UT mogu vezati na primarnu ili bilo koju sekundarnu sekciju magistrale.

#### Formati komandi statusa i podataka

Komandna poruka mreže može imati faze: preselekcije (slika 9), dopunskih informacija i kašnjenja (slika 10), prenosa podataka i završne razmene podataka.

U toku faze preselekcije KM vrši izbor jednog ili više UT, koji se angažuju za tekući prenos, kao i izbor njihovih modova rada. Pri tome samo jedan UT može biti postavljen u mod predaje podataka. Nakon toga KM, odabranim UT, šalje niz komandnih reči sledeće strukture:



Sl. 8 — Mreža magistrala GINA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
V	adresa UT					ERS			P	V	X								P

Sl. 9 — Struktura komandne reči u fazi preselekcije

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
V	B					ERS			P	V	C								P

Sl. 10 — Struktura komandne reči u fazi dopunskih informacija i kašnjenja

- V — bit faze na LK, a bit validnosti na LP,  
P — bit neparne parnosti za sve poruke,  
ERS i X — specificiraju komandu koju je potrebno izvršiti

U toku faze dopunskih informacija i kašnjenja KM, odabranim UT, šalje dopunske informacije, koje se odnose na tekući prenos i koje su sadržane u posebnoj (dopunskoj) komandnoj reči sledeće strukture:

- ERS — sadrži kod 000, na osnovu kojeg se identifikuje ova komanda,  
B — kod osnovne strukture magistrale u ovom polju se nalazi kod 00000, a kod mreže magistrala adresa podmagistrala odnosno adresa CSB (kodovi od 00001 do 11111),  
C — predstavlja polje dopunske informacije, koja može biti neka neposredna vrednost ili indikator broja karaktera (10-to bitnih reči) podataka koje treba preneti.

Nakon ove komande može da sledi određeni broj (do 256) karaktera kašnjenja koju šalje KM, preko LK, a koji odgovara vremenu kašnjenja odziva od UT. Završetak ove faze signalise se promenom vrednosti bita »V«, sa 0 na 1, na predzadnjem karakteru ove faze.

Faza podataka je opciona i koristi je KM za sinhronizaciju UT, odnosno prenos podataka preko LP. U ovoj fazi KM, preko LK, šalje od 1 do 256 desetobitnih karaktera (tzv. servisnih karaktera), a završetak ove faze signalise se povratkom bita »V« na nulu, na predzadnjem karakteru.

Faza završetka razmene podataka omogućava da nakon kompeltiranja prenosa KM, na osnovu dodatnog desetobitnog servisnog karaktera (tzv. završnog sinhronizacionog karaktera), izvrši sinhronizaciju prijemnih uređaja UT.

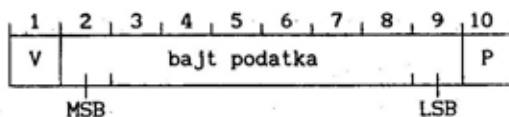
Statusna poruka (sl. 11) koristi se da UT, nakon što preko LK primi komandu preselekcije u kojoj je sadržana i njegova adresa, preko LP pošalje odziv (potvrdu preselekcije).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V	adresa UT					Q			P
MSB					LSB				

Sl. 11 — Struktura statusne poruke

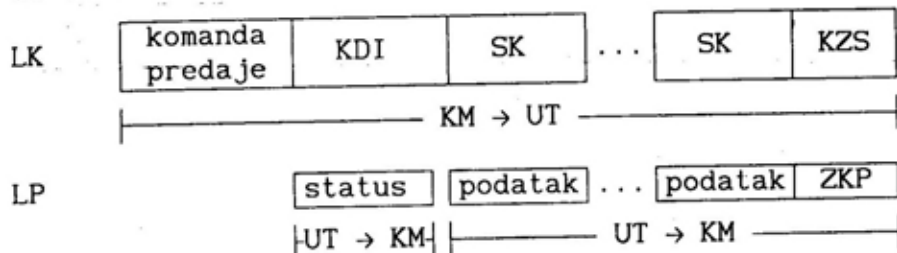
- Q — sadrži kod stanja (status) UT koji ukazuje na stanje prenosa ili stanje ispravnosti UT (završen prenos, otkaz UT i sl.);  
V — bit validnosti prenosa i ako je on 0 to ukazuje da je interfejs UT, u toku prethodnog prenosa, detektovao grešku u prenosu i postaviće se na 1 na kraju korektnog prenosa ponovljene komande.

Poruka podatka (slika 12) koju, preko LP, predaje KM ili UT postavljenog u mod predaje, sastoji se od faze podataka i faze završetka predaje podataka. U fazi podataka, preko LP,

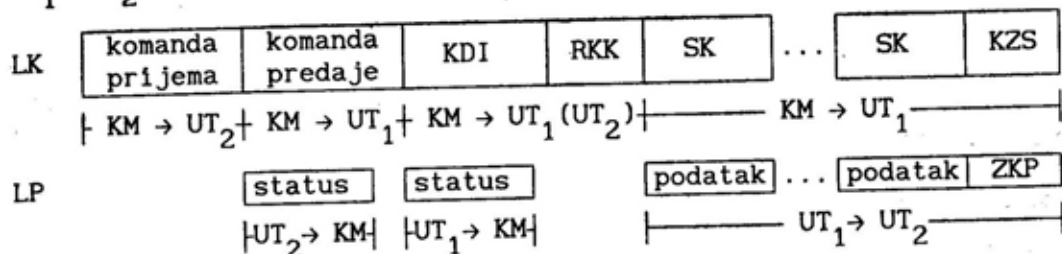


Sl. 12 — Struktura poruke podataka

UT → KM



UT<sub>1</sub> → UT<sub>2</sub>



- KDI — komanda dodatnih informacija,
- SK — servisni karakter,
- KZS — karakter završne sinhronizacije,
- ZKP — završni karakter podataka,
- RKK — reč karaktera kašnjenja.

Sl. 13 — Formati i protokoli poruka prijema podataka

prenosi se niz desetobitnih karaktera podataka, čiji broj je jednak broju servisnih karaktera na LK. Ovaj prenos se inicijalizuje, bit-po-bit, na osnovu servisnih reči prisutnih na LK, što podrazumeva da je u toku prenosa podataka po LP angažovana i LK, pa se ne može koristiti za slanje komandi prema drugim UT.

U fazi završetka predaje podataka (istovremeno sa predajom završnog sinhronizacionog karaktera preko LK), pre-

ko LP, predaje se završni karakter podatka koji, po završetku prenosa podataka, vrši sinhronizaciju prijemnih uređaja u UT ili KM.

#### Kodovi komandi

Polje ERS u komandnoj reči sadrži kod komande koji definiše aktivnost koju adresirani UT treba da izvrši. Kod magistralne GINA koriste se sledeći kodovi komandi,

E	R	S	Komanda	Oznaka
0	0	1	funkcije	CF
0	1	0	prijema	CR
0	1	1	rezervni kod	—
1	0	0	predaje	CE
1	0	1	rezervni kod	—
1	1	0	emisije (broadcast)	CL
1	1	1	prenosa	CT

držaja polja X (u komandnoj reči), implicitno adresirane UT. Pri korišćenju ove komande prijemni UT ne šalju statusne informacije, pošto bi istovremeno slanje statusa od više UT dovelo do kolizije na magistrali. Formatu poruka emisionih komandi  $KM \rightarrow UT_1, \dots, k$  i  $UT_1 \rightarrow UT_2, \dots, j$  prikazani su na slici 15.

#### d. Funkcijska komanda (CF)

#### Formati prijemnih, predajnih i emisionih poruka

##### a. Komanda prijema (CR)

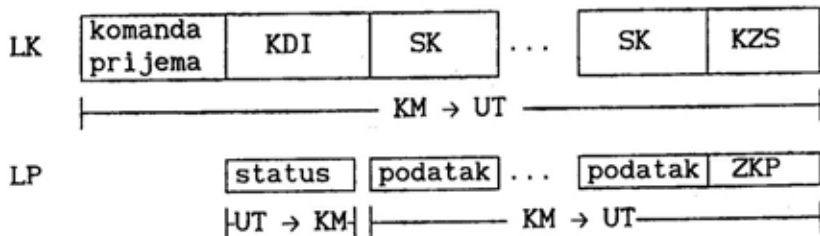
Ova komanda koristi se pri prenosu podataka od  $KM \rightarrow UT$  i od  $UT \rightarrow UT$ . Formatu ovih poruka prikazani su na slici 13.

##### b. Komanda predaje (CE)

Ova komanda koristi se pri prenosu podataka od  $UT \rightarrow KM$  i od  $UT \rightarrow UT$ . Format poruke predaje podataka od  $UT \rightarrow UT$  identičan je formatu  $UT_1 \rightarrow UT_2$ , prikazanom na slici 13, a format poruke predaje podataka od  $UT \rightarrow KM$  prikazan je na slici 14.

Kod ove komande adresirani UT interpretira polje X u drugom karakteru komandne reči kao neposrednu aktivnost (funkciju) koju treba da izvrši. S obzirom na to da polje X obuhvata 8 bita, moguće je implementirati 256 različitih funkcija. Pri prenosu ovih komandi ne vrši se prenos podataka, ali adresirani UT šalje svoj status. Jedan specifičan slučaj ove komande je emisiona funkcijska komanda koju  $KM$  šalje istovremeno svim  $UT$ . U slučaju ove komande, ni jedan od  $UT$  se ne adresira eksplicitno, tj. svi  $UT$  su adresirani implicitno na osnovu sadržaja polja X. Nakon slanja ove komande  $UT$  ne šalju statusne informacije niti se vrši prenos

$KM \rightarrow UT$



Sl. 14 — Format i protokol poruke predaje podataka

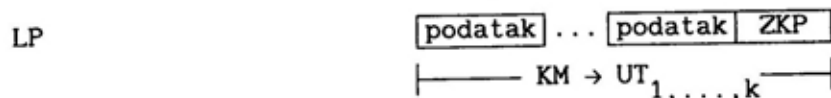
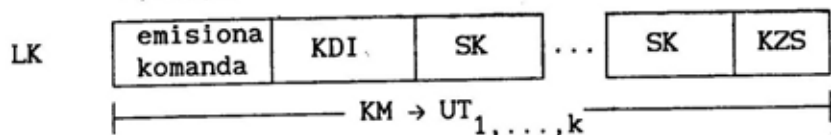
##### c. Emisiona (broadcast) komanda (CL)

Emisiona komanda je predajna komanda za  $KM$  i eksplicitno adresirani  $UT$ , a prijemna za sve, na osnovu sa-

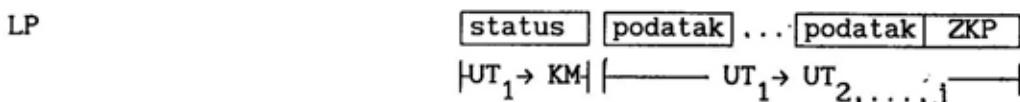
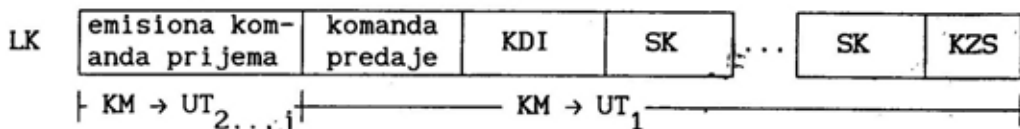
podataka. Formatu ovih komandi prikazani su na slici 16.

Vreme kašnjenja odziva, vremenski intervali između poruka na  $LP$  liniji i vremenski intervali između poruka na  $LK$  liniji dati su u [3].

KM → UT<sub>1, ..., k</sub>

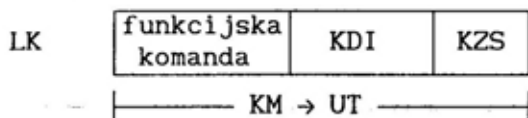


UT<sub>1</sub> → UT<sub>2, ..., j</sub>

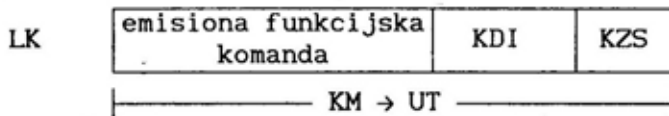


Sl. 15 — Formati i protokoli poruka emisionih komandi

### Funkcijska komanda



### Emisiona funkcijaska komanda



LP

Sl. 16 — Formati i protokoli funkcijaskih komandi



## Analiza efikasnosti i opterećenja magistrale podataka

Magistrala GINA, kao i magistrala 1553B, projektovana je za serijsku komunikacijsku brzinu od 1 Mbit/s. Međutim, za razliku od magistrale 1553B (koja je jednolinijska i za komande i podatke), kod magistrale GINA koriste se posebne magistralne linije za komande i podatke (LK i LP). Na osnovu prethodno izloženih formata poruka (slike 13, 14, 15 i 16) očigledno je da je LK opterećenija od LP. Međutim, opterećenje LP zavisi, isključivo, od opterećenja LK, pa se povećanje opterećenja LP može ostvariti jedino uz povećanje opterećenja LK. Zbog toga, pri analizi opterećenja magistrale GINA dovoljno je analizirati samo opterećenje LK, jer ona predstavlja limitirajući faktor opterećenja i LP.

Za proračun efikasnosti i opterećenja magistrale GINA bitne su sledeće konstante:

- trajanje CR, CE, CL i CF komandnih reči ( $t_k$ ) — 20  $\mu$ s.
- trajanje komande dodatnih informacija ( $t_{kdi}$ ) — 20  $\mu$ s.
- trajanje reči karaktera kašnjenja ( $t_{kk}$ ) — — — 20  $\mu$ s.
- trajanje servisnog karaktera ( $t_{sk}$ ) — — — 10  $\mu$ s.
- trajanje karaktera završne sinhronizacije ( $t_{kzs}$ ) — 10  $\mu$ s.
- vremenski razmak između poruka ( $\Delta t$ ) — —  $\geq$  20  $\mu$ s. (51  $\mu$ s.)
- broj karaktera podataka u poruci ( $n$ ) — — — 20, 40, 50 i 60.

Za  $\Delta t$  je uzeta vrednost 51  $\mu$ s. kako bi se proračun ove magistrale izvršio pod identičnim uslovima kao i kod magistrale 1553B, a pod pojmom karakter podatka podrazumeva se deseto bitni format podatka.

Na osnovu prethodnih konstanti i formata poruka datih na slikama 13, 14, 15 i 16, za sve formate poruka mogu se izračunati vremena trajanja prenosa na LK:

- za formate prenosa poruka od KM  $\rightarrow$  UT i od UT  $\rightarrow$  KM

$$t_{1(n)} = t_k + t_{kdi} + t_{sk} \times n + t_{kzs} + \Delta t = 10 \times n + 101 [\mu s];$$

- za format prenosa poruka od UT  $\rightarrow$  UT

$$t_{2(n)} = 2t_k + t_{kdi} + t_{kk} + t_{sk} \times n + t_{kzs} + \Delta t = 10 \times n + 141 [\mu s];$$

- za emisijski format prenosa poruka od KM  $\rightarrow$  UT

$$t_{3(n)} = t_k + t_{kdi} + t_{sk} \times n + t_{kzs} + \Delta t = 10 \times n + 101 [\mu s];$$

- za emisijski format prenosa poruka od UT  $\rightarrow$  UT

$$t_{4(n)} = 2t_k + t_{kdi} + t_{sk} \times n + t_{kzs} + \Delta t = 10 \times n + 121 [\mu s];$$

- za format prenosa funkcijskih komandi

$$t_5 = t_k + t_{kdi} + t_{kzs} + \Delta t = 101 [\mu s];$$

- za format prenosa emisijske funkcije komande

$$t_6 = t_k + t_{kdi} + t_{kzs} + \Delta t = 101 [\mu s].$$

Izračunata vremena odgovaraju ukupnom broju bita koji se, u okviru

navedenih poruka, prenose preko magistrale podataka. Na osnovu ovih podataka izvršen je proračun efikasnosti magistrale pri prenosu pojedinih formata poruka i za navedene brojeve karaktera podataka u poruci ( $n$ ). Efikasnosti magistrale (prikazane u tabeli 2), izražene su u %, a računane kao odnos broja efektivnih i broja ukupnih bita (formula 2.1). Pod pojmom efektivnih bita podrazumeva se ukupni broj bita koji se u vidu bajtova podataka, ( $N_p$ ) statusa ( $N_s$ ) i završnog podatka prenose preko magistrale.

$$E_{(n)} = \frac{8N_p + 8N_s + 8}{N_u} \times 100 [\%] \quad (2.1)$$

Tip poruke/ Broj karaktera podataka	$E_{(n)}$ [ % ]			
	20	40	50	60
KM → UT ili UT → KM	58,47	67,06	69,22	70,76
UT → UT	53,96	63,59	66,15	68,02
KM → UT <sub>1, ..., k</sub>	55,81	65,47	67,89	69,61
UT <sub>1</sub> → UT <sub>2, ..., j</sub>	54,83	64,49	66,99	68,79
Funkcijske komande	7,92	7,92	7,92	7,92
Emisiona funkcijska komanda	0,00	0,00	0,00	0,00

Za proračun opterećenja magistrale uvedene su sledeće pretpostavke:

— posmatra se sistem sa maksimalnim brojem UT (31) priključenih na magistralu podataka;

— KM i svaki UT, preko magistrale podataka, u proseku šalju po 25 poruka/s;

— od ukupnog broja poruka koje se šalju preko magistrale:

(1) — 45% su poruke tipa KM → UT i UT → KM;

(2) — 45% su poruke tipa UT → UT;

(3) — 2% su emisione poruke tipa KM → UT;

(4) — 2% su emisione poruke tipa UT → UT;

(5) — 3% su poruke funkcijskih komandi, i

(6) — 3% su poruke emisionih funkcijskih komandi;

— prosečni broj karaktera podataka u porukama je 20, 40, 50 i 60.

Na osnovu uvedenih pretpostavki ukupni broj poruka koji se u jednoj sekundi prenosi preko magistrale podataka je  $32 \times 25 = 800$  poruka/s, od čega

je 360 tipa (1), 360 tipa (2), 16 tipa (3), 16 tipa (4), 24 tipa (5) i 24 tipa (6). Ako je prosečni broj karaktera podataka u svakoj poruci 20, opterećenje magistrale je:

$$Q_{M(20)} = \frac{360t_{1(20)} + 360t_{2(20)} + 16t_{3(20)} + 16t_{4(20)} + 24t_{5(20)} + 24t_{6(20)}}{1.000.000} \times 100 = 24,59\% \quad (2.2.)$$

što odgovara prenosu 24.590 karaktera/s ili 12.295 reči/s.

Na isti način dobija se:

$Q_{M(40)} = 39,63\%$  (39.630 karaktera/s ili 19.815 reči/s),

$Q_{M(50)} = 47,15\%$  (47.150 karaktera/s ili 23.575 reči/s) i

$Q_{M(60)} = 54,67\%$  (54.670 karaktera/s ili 27.335 reči/s).

*Uporedna analiza magistrale 1553B i magistrale GINA*

Na osnovu karakteristika magistrale 1553B (datih) i karakteristika magistrale GINA može se napraviti njihova uporedna analiza. Poređenjem njihovih karakteristika mogu se konstatovati velike sličnosti, ali i razlike između njih.

Osnovne sličnosti ovih magistrala ogledaju se u sledećem:

— obe magistrale su projektovane za serijski prenos informacija brzinom od 1 Mbit/s;

— kod obe magistrale može se koristiti centralizovana ili decentralizovana kontrola (stacionarni ili nestacionarni KM), mada se za avionske aplikacije preporučuje korišćenje centralizovane kontrole;

— maksimalni broj UT koji se, kod obe magistrale, može priključiti na jednu sekciju magistrale je 31, a na mrežu magistrala 992;

— za povezivanje UT sa magistralom, kod obe magistrale, može se koristiti direktna ili transformatorska sprega uz približno iste dužine stubova, isti odnos namotaja transformatora, iste vrednosti izolacionih otpornika i karakterističnih impedansi i približno iste nivoe U/I signala;

— radi povećanja pouzdanosti prenosa obe magistrale se mogu redundovati (obično se dupliciraju) pri čemu je, u određenom momentu, aktivna samo jedna od magistrala.

Osnovne razlike između ovih magistrala ogledaju se u sledećem:

— magistrala 1553B je jednolinijska (jedan par upredenih žica), a magistrala GINA je dvolinijska (dva para upredenih žica), pri čemu se jedna linija (parica) koristi kao linija komandi (LK), a druga kao linija podataka (LP). Međutim, i pored korišćenja dve magistralne linije magistrala GINA, pri prenosu poruka dužine do 30. reči odnosno 60. karaktera podataka, zbog složenosti protokola na LK i zbog toga što je opterećenje LK limitirajuće za povećanje protoka podataka na LP, pokazuje nešto manju efikasnost u odnosu na magistralu 1553B (tabele 1. i 2). Pored toga, proračuni opterećenja ovih magistrala pokazuju da je, pri potpuno identičnim uslovima, LK magistrale GINA nešto opterećenija od magistrale 1553B;

— magistrala GINA radi sinhrono, tj. koristi samosinhronizirajući tip modulacije (bifaznu modulaciju sa povratkom na nulu), pa se ne zahtevaju lokalni taktovi u UT, dok magistrala 1553B koristi Manchester II bifaznu modulaciju bez povratka na nulu, koja nije samosinhronizirajuća, zbog čega se zahtevaju lokalni taktovi u svakom UT, sinhronizacioni signali na početku svake reči i sinhronizacioni kodovi MOD komandi;

— zbog korišćenja različitih tipova modulacije različiti su i oblici signala na ovim magistralama, pri čemu magistrala GINA ima osnovni takt od 3 MHz, a magistrala 1553B od 2 MHz, čijim deljenjem (sa 3 odnosno sa 2) se dobijaju taktovi od 1 MHz;

— formati podatka i statusa kod magistrale 1553B su dvadeseto bitni, a kod magistrale GINA deseto bitni;

— kod magistrale 1553B uz svaku reč (komande, statusa ili podatka) šalju se sinhronizacioni signal širine tri bita i jedan bit neparne parnosti, a kod magistrale GINA uz svaki bajt (komandne reči, statusa, podatka, servisnog karaktera, itd.) šalje se jedan bit validnosti (za podatke), odnosno faze (za komande) i jedan bit neparne parnosti;

— formati prenosa poruka, i pored izvesne sličnosti, u suštini se razlikuju, jer se kod 1553B preko iste linije prenose komande, statusi i podaci, a kod GINA preko LK prenose se komande, karakteri kašnjenja, servisni karakteri i karakteri završne sinhronizacije, dok se preko LP prenose statusi, podaci i završni karakteri podataka;

— maksimalno mogući broj komandi, koji se može implementirati, kod magistrale 1553B je 34. (predaja, prijem i 32. MOD komande), a kod magistrale GINA 260. (predaja, prijem, prenos, emisija i 256 funkcijskih komandi), što magistrali GINA pruža znatno veću fleksibilnost u pogledu uvođenja novih funkcija. Međutim, kod magistrale 1553B od 32. predviđene MOD komande do sada je iskorišćeno samo 15. na

osnovu čega se može konstatovati da i ova magistrala ima dovoljnu fleksibilnost u pogledu uvođenja novih funkcija;

— maksimalni broj podataka koji se može preneti u vidu jedne poruke kod magistrale 1553B je 32 reči podataka, a kod magistrale GINA 256 bajtova (128 reči) podataka. Proračun efikasnosti magistrala (po formulama 1.1 i 2.1) u slučaju  $UT \rightarrow UT$  prenosa 128. reči podataka pokazuje efikasnost magistrale 1553B od 67,41% a magistrale GINA od 76,71%, na osnovu čega se može konstatovati da je pri prenosu većeg broja podataka GINA efikasnija od 1553B;

— zbog korišćenja dve magistralne linije magistrala GINA, u odnosu na magistralu 1553B, zahteva dvostruko više sprežnih elemenata;

— magistrala GINA se koristi samo u Francuskoj dok se magistrala 1553B koristi u svim ostalim razvijenim zapadnim zemljama.

Na osnovu prethodne uporedne analize može se zaključiti da ni jedna od magistrala nema izrazito bolje karakteristike u odnosu na drugu, već da je po nekim karakteristikama bolja jedna, a po drugim karakteristikama bolja druga. Međutim, uzimajući u obzir sve zahteve koje nameće integracija avionske opreme, magistrali 1553B treba dati izvesnu prednost, iz sledećih razloga:

— ova magistrala je ekonomičnija, jer zahteva manje magistralnih linija (parica) i sprežnih elemenata, a što sistem ove magistrale čini jeftinijim i jednostavnijim za integraciju;

— manji broj magistralnih linija i sprežnih elemenata smanjuje masu aviona i oslobađa veći prostor za ugradnju avionske opreme, a što je vrlo bitno za avionske aplikacije;

— na osnovu poznavanja avionskih sistema i podsistema, kao i zahteva za razmenu podataka između istih, broj podataka koji se između njih razmenju-

je izuzetno retko prelazi 30. podatka u jednoj poruci, a u takvim uslovima magistrala 1553B je efikasnija i manje opterećena,

— ova magistrala je jednostavnija za primenu, fleksibilnija sa stanovišta njene kontrole i pruža veći izbor avionskih sistema i podsistema koji su kompatibilni sa njom.

## Zaključak

S obzirom na klasični način integracije avionskih elektronskih sistema domaćih aviona i savremeni način integracije, u razvijenim zemljama zapada, savremenoj integraciji avionskih elektronskih sistema, a posebno serijskim magistralama podataka, koje predstavljaju »kičmu« tih sistema, mora se posvetiti izuzetno velika pažnja.

Analizom osnovnih karakteristika magistrala 1553B i GINA, a po uzoru na formate poruka magistrale 1553B, realizovani su formati poruka magistrale GINA. Nakon toga, realizovani su originalni i sveobuhvatni algoritmi za proračun efikasnosti i opterećenja magistrale čime je projektantima savremenih arhitektura integrisanih elektronskih sistema aviona obezbeđen neophodni »alat« za proračun i optimizaciju opterećenja magistrala podataka.

Na osnovu rezultata istraživanja, sprovedenih u razvijenim zemljama zapada, pri integraciji avionskih sistema i podsistema, posredstvom serijskih magistrala podataka, u početnoj fazi projekta ne preporučuju se opterećenja magistrale veća od 40%, a pri završetku projekta veća od 60%. Ove preporuke su uvedene zbog toga da bi se obezbedilo i odgovarajuće vreme za rešavanje grešaka i automatsko ponavljanje pogrešnih poruka, kao i mogućnost eventualnog proširenja sistema.

Detaljnijom uporednom analizom navedenih magistrala podataka može se uočiti da, u pogledu njihove efikasnosti, ne postoje izrazite prednosti jedne u odnosu na drugu ali, uvažavajući data

obrezloženja, prednost se, ipak, mora dati magistrali 1553B.

Analizirane magistrale podataka za sada su korišćene samo u vazduhoplov-

nim programima razvijenih zapadnih zemalja, mada mogu naći primenu i pri integraciji drugih složenih elektronskih računarskih sistema i podsistema.

*Literatura:*

[1] Simić B. Dragan, Prikazivanje parametara i stanja u realnom vremenu kod distribuiranih procesorskih sistema aviona, Magistrski rad, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, 1991.

[2] Department of Defence, USA, MIL-STD-1553B, Aircraft internal time division command/response multiplex data bus, 1978.

[3] Ministere de la Defense, Republique Francaise, Service central des telecommunications et de l'informatique, DIGIBUS GAM-T-101, English issue, septembar 1982.

[4] Ronnie R. Burns, Definition, analysis and development of an optical data distribution network for integrated avionics and control systems, avgust 1981.

## PROSTORNO-DIVERZITI<sup>1</sup> RADARSKI SISTEMI

Rad tretira suštinu prostorno-diverziti metode radiolokacije, koja je danas u aplikacijama savremenih radarskih sistema, kao direktan odgovor na brz razvoj radarskih ometača i ciljeva, postala vrlo aktuelna. Kroz komparativni prikaz, sa klasičnim monostatičkim radarskim sistemima, istaknut je niz prednosti prostorno-diverziti radarskih sistema — povećana daljina otkrivanja, smanjenje efekata ometanja, tačnije određivanje koordinata ciljeva, pouzdaniji rad sistema, veća žilavost... Na žalost, prednosti su plaćene cenom i složnošću ovih sistema.

### Pristup problemu

*Radarski diverziti* (prostorni, frekvecijski, vremenski i njihove kombinacije) jesu proizvod dijalektičkog razvoja radiolokacije »po spirali« i direktan su uzrok, ili posledica, razvoja *radarskih ometača i radarskih ciljeva*.<sup>2</sup>

Razvoj ometača, uređaja koji imaju za cilj da onemoguće misiju radarskih sistema, uvek je izazivao pronalazjenje adekvatnih metoda zaštite i njihove aplikacije na radarima. Razvoj sredstava za *protivelektronska dejstva* (PED) i metoda i uređaja za *protivelektronsku zaštitu* (PEZ), u periodu posle drugog svetskog rata, imao je vrtoglavi trend rasta. Ilustracije radi, do danas je na radarskim sistemima aplicirano na stotine metoda i uređaja PEZ-a, zbog čega su postali skupi, složeni, komplikovani za eksploataciju, pa i pored toga, još uvek jedni od najkritičnijih podsistema u sistemima višeg reda.

Savremena sredstva ratne tehnike (*radarski ciljevi*), bilo da su u pitanju letilice, plovila ili borbena i neborbena vozila, razvijaju se u pravcu povećanja brzine i smanjenja radarske površine što u prvi plan, pred projektante savremenih radarskih sistema, nameće za-

hteve za većom: daljinom otkrivanja, rezolucijom, pouzdanošću rada i zaštitom od ometanja.

Problem se, očigledno, može rešavati samo uvođenjem novih metoda radiolokacije kroz aplokacije u savremenim radarskim sistemima. Neki od njih — radarski diverziti npr., koji, iako poznati otkad i klasični radarski sistemi, tek danas, zahvaljujući naglom razvoju ometača i ciljeva, dostižu dominantnu primenu. Zahvaljujući svojim karakteristikama, posebno u zaštiti od ometanja i daljini otkrivanja, ovi sistemi postaju dominantni u razvoju i primeni — za šta vodeće armije planiraju ogromna sredstva za razvoj i uvođenje u naoružanje.

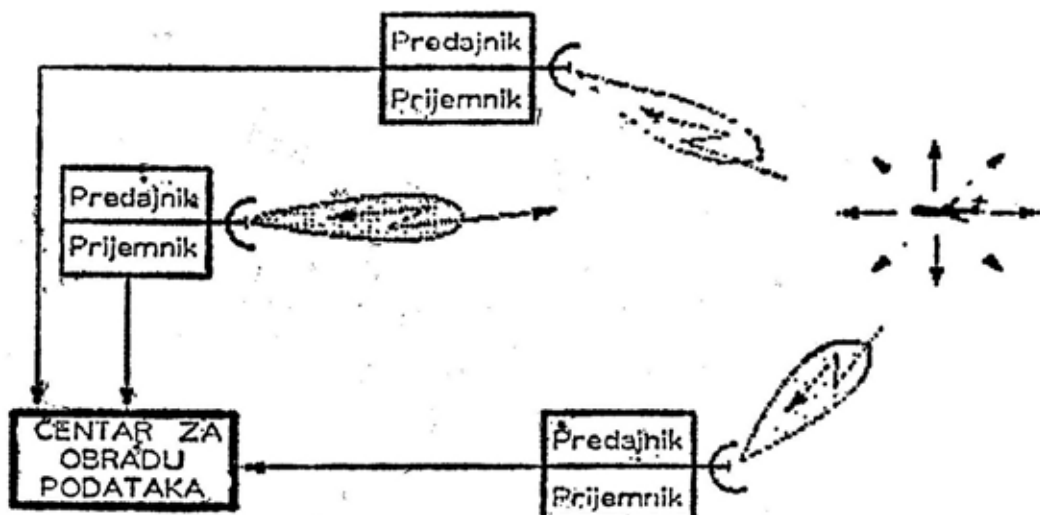
Zbog aktuelnosti teme, u ovom i naredna dva rada obrađuju se prostorni, frekvencijski, vremenski i jedna kombinacija — frekvencijsko-vremenski diverziti metoda radiolokacije respektivno, kroz odgovarajuće aplikacije u savremenim radarskim sistemima.

### Definicije i pojmovna određenja

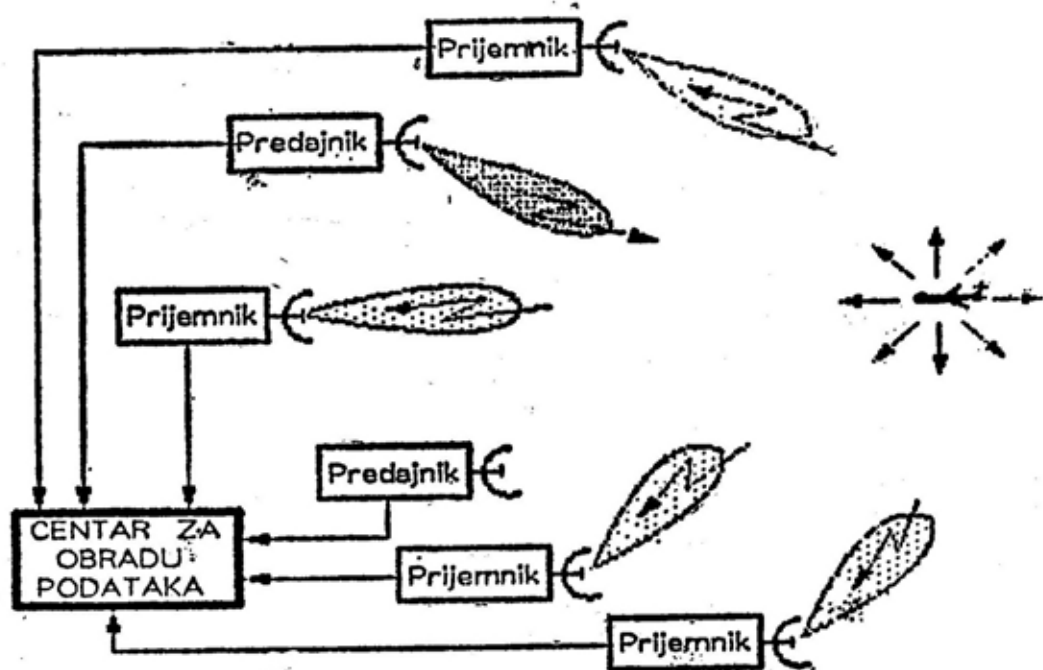
Pod *prostorno-diverziti radiolokacijom* podrazumevamo radarsku metodu otkrivanja i određivanja koordinata objekata u prostoru sa više različitih lokacija. Zasnovana je na prirodni raspršenja elektromagnetne energije od

<sup>1</sup> Naziv potiče od francuske reči »diversité«, što znači različitost, raznovrsnost, raznolikost [3].

<sup>2</sup> Nadalje ćemo sve objekte, od kojih se reflektuju prijemni signali, zvati *ciljevima*.



a)



b)

Sl. 1 — Prostorno-diverziti radarski sistemi realizovani od:  
a) monostatičkih radara, i b) multistatičkih radara

»osvetljenih« radarskih ciljeva u svim pravcima, što omogućava istovremenu radiolokaciju na različitim lokacijama dva ili više prijemnika.<sup>3</sup>

Ova metoda radiolokacije primenjena je kod prostorno-diverziti radarskih sistema, koji mogu biti realizovani od: dva ili više monostatičkih radara ili, jednog ili više multistatičkih radara (slika 1).

Prema metodi određivanja koordinata, prostorno-diverziti radarski sistemi uslovno se mogu podeliti na: *pasivne*, *poluaktivne* i *aktivne*. Pasivni prostorno-diverziti radarski sistemi imaju samo prijemnike i vrše radiolokaciju samo onih ciljeva koji zrače elektromagnetnu energiju. Takvi sistemi nemaju predajnike.

Poluaktivni prostorno-diverziti radarski sistemi poseduju bar jedan aktivan predajnik kojim se »osvetljavaju« ciljevi u prostoru i više razdvojenih prijemnika pomoću kojih se, na temelju reflektovanih/raspršenih signala, vrši radiolokacija ciljeva. Ovi sistemi radiolokacije mogu biti realizovani od: dva ili više monostatičkih radara ili, jednog ili više multistatičkih radara (slika 1). Ako je sistem realizovan od dva ili više monostatičkih radara, aktivan je — zrači samo jedan predajnik, sve antene se sinhrono okreću i sistem ima kore-

zbog neznatnih efekata, posebno sa staništa zaštite od smetnji i žilavosti, neće biti predmet ovog rada.

### Komparacija parametara signala prostorno-diverziti radarskih sistema i monostatičkih radara

Pri osmatranju prostora najveći problem je vernopreslikati skup ciljeva u skup signala.

Da bi skup ciljeva bio verno preslikan u skup radarskih signala, potrebno je:

- u prostoru ciljeva formirati elektromagnetsko polje, dovoljne jačine, da se od ciljeva reflektuju/rasprše signali potrebne snage;
- primiti sve signale koji dolaze iz određenog pravca u određenom vremenskom periodu;
- iz sume prijernih signala izdvojiti signale ciljeva;
- proveriti izdvojene signale, da li su stvarno reflektovani/raspršeni od ciljeva i eliminisati signale dezinformacije.

Ako elektromagnetsko polje, u prostoru osmatranja, formiraju monostatički radari (slika 1 a), onda se suma reflektovanih signala od ciljeva može izraziti formulom [1]:

$$A_{\Sigma M} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^N \sqrt{\frac{P_{ti} G_{ij}^2 \sigma_{ij} \eta_{ij} \lambda_i^2}{64\pi^3 R_{ij}^4}} \cdot s\left(t - \frac{2R_{ij}}{c}\right) \exp \left[ j \left[ \omega_i t - 2K_i \left( R_{ij} + \frac{\partial R_{ij}}{\partial t} t \right) + \varphi_{ij} \right] \right] \quad (1.1)$$

lacioni uređaj, koji služi za obradu prijernih signala svih prijemnika. Jasno, korelacioni uređaj mora biti prisutan i kada je prostorno-diverziti sistem realizovan od jednog ili više multistatičkih radara.

Aktivni prostorno-diverziti radarski sistemi u načelu, imaju jednak broj aktivnih predajnika i prijemnika i predstavljaju prostu kombinaciju više monostatičkih radarskih sistema i one,

gde je:

- |               |   |
|---------------|---|
| $m$           | — broj monostatičkih radara u prostorno-diverziti sistemu;                |
| $N$           | — broj radarskih ciljeva;   |
| $P_{ij}$      | — predajna snaga $i$ -tog radara;   |
| $G_{ij}$      | — faktor pojačanja antene $i$ -tog radara u pravcu $j$ -tog cilja;        |
| $\sigma_{ij}$ | — efektivna radarska površina $j$ -tog cilja osvetljena $i$ -tim radarom; |

<sup>3</sup> Pod prijemnikom, pored prijernog sistema, podrazumevamo i sistem za obradu i prikazivanje podataka o cilju.



$\eta_{ij}$	— koeficijent gubitaka energije na trasi i-ti radar — j-ti cilj;		— -tog cilja i od j-tog cilja do l-tog prijemnika;
$R_{ij}$	— rastojanje od i-tog radara do j-tog cilja;	$\sigma_{ijl}$	— efektivna radarska površina j-tog cilja osvetljenog i-tim predajnikom »videnog« l-tim prijemnikom;
$s\left(t - \frac{2R_{ij}}{c}\right)$	— vremenska karakteristika signala i-tog radara reflektovanog od j-tog cilja;	$R_{ij}, R_{jl}$	— rastojanje od i-tog predajnika do j-tog cilja i od j-tog cilja do l-tog prijemnika;
$\omega_i$	— kružna frekvencija predajnog signala i-tog radara;	$P_{ti}, G_{tij}$	— snaga i-tog predajnika i faktor pojačanja njegove antene u pravcu j-tog cilja;
$K_i = \frac{2\pi}{\lambda_i}$	— talasni faktor množenja;	$G_{rjl}$	— faktor pojačanja antene l-tog prijemnika u pravcu j-tog cilja;
$\varphi_{ij}$	— promena faze signala i-tog radara pri refleksiji od j-tog cilja;	$s(t - R_{ij}/c - R_{jl}/c)$	— vremenska karakteristika reflektovanog signala od j-tog cilja za i-ti predajnik i l-ti prijemnik;
$\lambda_i$	— talasna dužina signala i-tog radara;	$K_i(R_{ij} - R_{jl})$	— promena faze signala na račun prostiranja signala od i-tog predajnika do j-tog cilja i od j-tog cilja do l-tog prijemnika;
$2K_i R_{ij}$	— promena faze signala na trasi (i-ti radar — j-ti cilj i obrnuto);		
$2K_i \frac{\partial R_{ij}}{\partial t} t$	— promena faze signala usled kretanja cilja.		

U slučaju da elektromagnetsko polje, u prostoru osmatranja, stvaraju multistatički radari (slika 1b), onda se suma reflektovanih signala od ciljeva može izraziti kao:

$$A_{\Sigma B} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^M \sqrt{\frac{P_{ti} G_{tij} \sigma_{ijl} \eta_{ij} \eta_{jl} G_{rjl} \lambda_i^2}{64\pi^3 R_{ij}^2 R_{jl}^2}} s\left(t - \frac{R_{ij}}{c} - \frac{R_{jl}}{c}\right) \times \exp j \left[ \omega_{it} - K_i \left( R_{ij} + \frac{\partial R_{ij}}{\partial t} t + R_{jl} + \frac{\partial R_{jl}}{\partial t} t \right) + \varphi_{ijl} \right] \quad (1.2)$$

gde je:

- $n$  — broj predajnika prostorno-diversiti radarskog sistema;
- $m$  — broj ciljeva;
- $M$  — broj prijemnika prostorno-diversiti radarskog sistema;

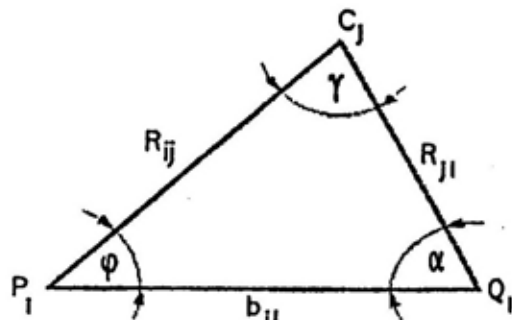
$\eta_{ij}, \eta_{jl}$  — koeficijent gubitaka energije na trasi od i-tog predajnika do j-

- $K_i(\partial R_{ij}/\partial t + \partial R_{jl}/\partial t)t$  — promena faze signala zbog kretanja cilja;
- $\varphi_{ijl}$  — promena faze predajnog signala i-tog predajnika na j-tom cilju primljenog l-tim prijemnikom usled refleksije.

Poređenjem jednačina (1.1) i 1.2). vidi se da, ako se l-ti prijemnik i i-ti predajnik postave na isto mesto, uz us-

lov da su sličnih osobina kao i isti pod-sistemi monostatičkog radara, iz (1.2) lako se dobija (1.1). Dakle, polje stvoreno monostatičkim radarima je samo specijalni slučaj polja stvorenog bistatičkim radarima, kada su baze bistatičkih radarat jednake nuli. Opštiji slučaj, multistatička radiolokacija, ima novi kvalitet: *svaki od prijemnika može da primi reflektovane signale od ciljeva, osvetljenih ma kojim predajnikom*, dok to nisu u mogućnosti prijemnici monostatičkih radara.

Osnovni parametri prostorno-diverziti radarskih signala, formiranih monostatičkim ili multistatičkim radarima, radi boljeg pregleda, dati su u tabeli 1.



Sl. 2 — Elementi bistatičkog radara kao elementa prostorno-diverziti radarskog sistema:  $P_i$  — predajnik,  $Q_i$  — prijemnik,  $C_j$  — cilj i  $b_{ii}$  — baza

Tabela 1

Osnovni parametri radarskog signala	Monostatički radar	Multistički radar
Pojačanje antena pri predaji i prijemu	$G^2_{tij}$	$G_{tij} G_{rji}$
Efektivna radarska površina cilja	$\sigma_{ij}$	$\sigma_{ijl}$
Normalni gubici zbog prostiranja	$1/R^4_{ij}$	$1/R^2_{ij} R^2_{jl}$
Dopunski gubici zbog prostiranja	$\eta^2_{ij}$	$\eta_{ij} \eta_{jl}$
Promena faze zbog prostiranja	$2K_1 R_{ij}$	$K_1(R_{ij} + R_{jl})$
Promena faze zbog kretanja cilja	$2K_1 \frac{\partial R_{ij}}{\partial t} t$	$K_1 \left( \frac{\partial R_{ij}}{\partial t} + \frac{\partial R_{jl}}{\partial t} \right)$
Vremenski pomak reflektovanog signala	$2 \frac{R_{ij}}{c}$	$\frac{1}{c} (R_{ij} + R_{jl})$

### Domet prostorno-diverziti radarskih sistema

Domet multistatičkih radarskih sistema može se jednoznačno odrediti preko energetskeg potencijala. Za različite uzajamne položaje cilja, predajnika i prijemnika, za jedan te isti energetski potencijal, dobijaju se različiti dometi. Domet, pre svega, zavisi od toga šta se pod njim podrazumeva: rastojanje predajnik-cilj ( $R_{ij}$ ) ili rastojanje cilj-prijemnik ( $R_{jl}$ ).

Iako ne postoji jedinstveni dogovor, pod dometom kod prostorno-diverziti radarskih sistema podrazumeva se rastojanje  $R_{jl}$  (slika 2). Po analogiji sa monostatičkom radiolokacijom, izraz za domet može se pisati u obliku:

$$R_{jl} = \frac{1}{R_{ij}} \sqrt{\frac{P_{ti} G_{tij} \sigma_{ijl} G_{ij} \eta_{il} \eta_{jl} \lambda_i^2}{64 \pi^3 P_{rimin}}} \quad (1.3)$$

gde je:

$P_{rimin}$  — realna osetljivost l-tog prijemnika.

Ako je  $b_{11}=0$  jednačina (1.3) prelazi u jednačinu za domet monostatičnog radara, jer je  $R_{j1}=R_{ij}$ . Za  $b_{11} \neq 0$  domet je u funkciji rastjanja  $R_{ij}$ . Zato se poređenje dometa bistatičkih monostatičkih radara vrši preko zona u kojima se vrši detekcija ciljeva određene radarske površine sa određenom vjerovatnoćom pravilne detekcije.

Kod monostatičkih radara to je krug poluprečnika  $R_{max}$ :

$$S = \pi R_{max}^2, \quad (1.4)$$

gde je:

$R_{max} = \sqrt{P_m \eta_c}$  — maksimalni domet monostatičkog radara;

$P_m = \frac{P_{tm} G_{tm}^2 \sigma_c \lambda^2}{64 \pi^3 P_{rmax}}$  — energetski potencijal monostatičkog radara;

$\eta_c$  — slabljenje signala na trasi predajnik-cilj;

$P_{rmax}$  — osetljivost prijemnika monostatičkog radara.

Kod bistatičkog radara kriva, koja ograničava površinu zone otkrivanja, dobija se iz jednačine:

$$R_p R_q = \sqrt{P_b \eta_c \eta_r}, \quad (1.5)$$

gde je:

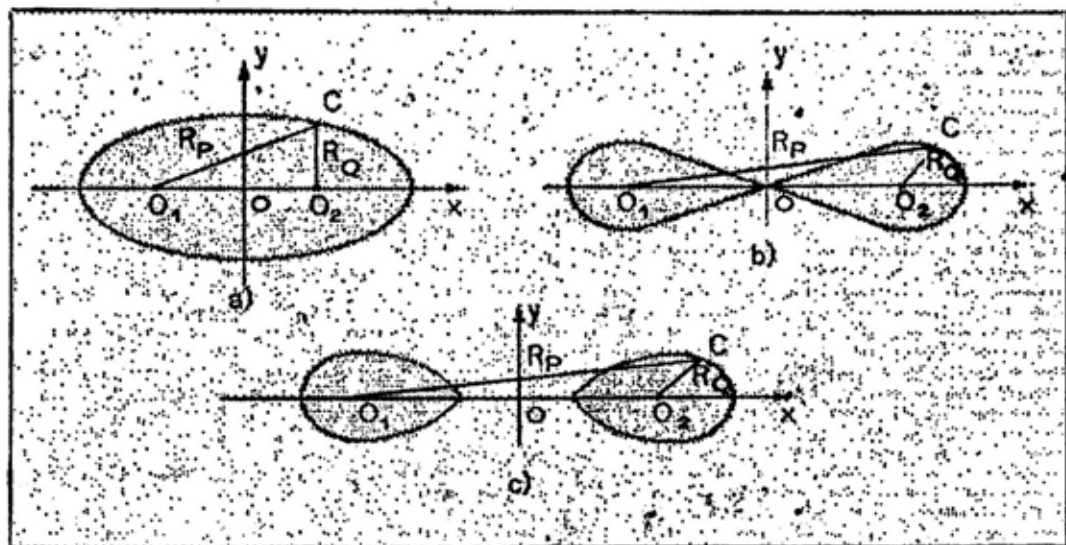
$R_p$  i  $R_q$  — rastojanja od cilja do prijemnika i predajnika respektivno;

$P_b = \frac{P_{tb} G_{tb} \sigma_{cb} G_{rb} \lambda^2}{64 \pi^3 P_{rl}}$  — energetski potencijal bistatičkog radara;

$\eta_r$  — slabljenje signala na trasi cilj-prijemnik;

$\sigma_{cb}$  — efektivna radarska površina cilja za bistatički radar.

U zavisnosti od odnosa veličine baze bistatičkog radara (b) i veličine  $a = \sqrt{R_p R_q}$ , dobijaju se različite krive koje ograničavaju zonu otkrivanja, pa samim tim i različite površine [1] (slika 3).



Sl. 3 — Površina zona detekcije bistatičkog radara ograničene različitim krivama: a) elipsom; b) Bernulijevom leminiskatom; d) dvema krivama oko fokusnih tačaka

U poređenju karakteristika bistatičkih i monostatičkih radara treba znati da je:

$$R_{\max} = a. \quad (1.6)$$

Na slici 4 prikazane su zone otkrivanja prostorno-diverziti radarskog sistema i monostatičkog radara za  $a = 0,707b$ . Površina zone otkrivanja prostorno-diverziti sistema je tri puta veća i dobija se na račun višestrukog korišćenja predajnika i racionalnog iskorišćenja energije. Kod rasporeda predajnika i prijemnika, kao na slici 4, predajni signal ne prelazi put predajnik-cilj i obratno, kao kod monostatičkog radara, već put predajnik-cilj-prijemnik, koji je u istom smeru.

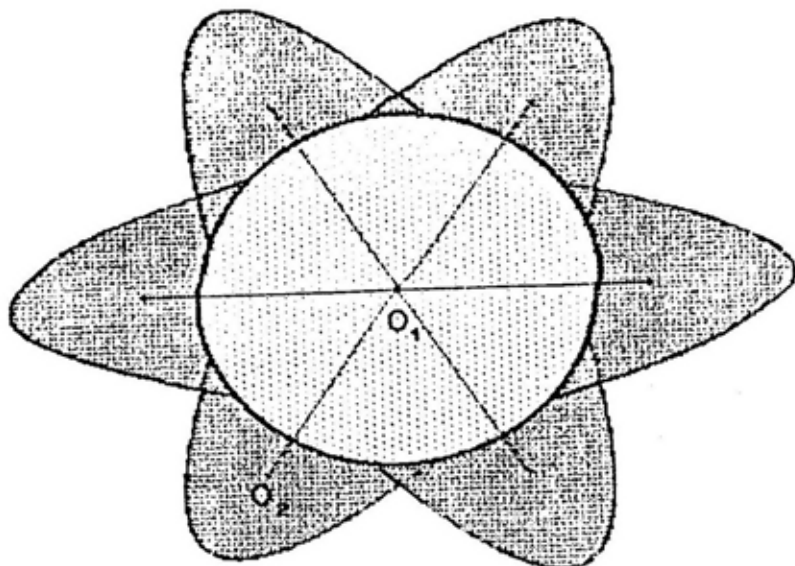
radiolokacije približno jednake monostatičkoj za ugao  $\gamma = 0 \div 135^\circ$ . Povećanjem ugla  $\gamma$  radarska površina naglo raste i za  $\gamma = 180^\circ$  iznosi:

$$\sigma_{cb} = 4\pi \frac{A^2}{\lambda^2} \quad (1.7)$$

gde je:

$A$  — površina poprečnog preseka cilja, normalnog na pravac prostiranja elektromagnetskog talasa.

Povećanje radarske površine ciljeva za  $\gamma \approx 0^\circ$  dostiže vrednosti čak i do 1000 puta veću u odnosu na monostatičku radiolokaciju. Za izražavanje za-



Sl. 4 — Zona otkrivanja prostorno-diverziti radarskog sistema

### Radarska površina cilja za prostorno-diverziti radarske sisteme

Teoretski radovi o radarskoj površini prostiranih tela pokazali su da porastom ugla  $\gamma$  (slika 3) radarska površina takođe raste [2].

Ekspерimenti su pokazali [4] da su radarske površine ciljeva kod bistatičke

visnosti radarske površine u funkciji ugla  $\gamma$  koristi se empirijska formula [1]:

$$\sigma_b(\gamma) = \sigma(0) \{1 + \exp[n|\gamma| - (2,4n+1)]\} \quad (1.8)$$

gde je:

$\sigma(0)$  — radarska površina kod monostatičke radiolokacije,

$$\gamma = \arccos \left[ \frac{1}{R_{ij} R_{ji}} (R_{ij}^2 + R_{ji}^2 - b_{ij}^2) \right]$$

$n=7 \div 10$  — empirijski koeficijent, koji zavisi od strukture i oblika cilja.

Efekt protivradarskih maski kod bistatičke radiolokacije je znatno smanjen, jer su one proračunate da priguše raspršenje VF signala u pravcu njihovog dolaska. Posebno je smanjen za  $\gamma \approx 180^\circ$ , kada je radarska površina ciljeva određena pomoću izraza (1.8), bez obzira na njihove karakteristike.

Radarska refleksna površina oblaka pasivnih dipola određuje se pomoću izraza [2]:

$$\sigma(\gamma) = 0,17\lambda^2 \cos^2 \gamma + 0,11\lambda^2 \sin^2 \gamma \quad (1.9)$$

Razlika radarske površine za uglove  $\gamma=0^\circ$  i  $90^\circ$  je 1,5 puta.

Lako se može pokazati da je radarska površina oblaka pasivnih dipola kod bistatičke radiolokacije smanjena u odnosu na monostatičku, za  $\gamma=90^\circ$ , i do 20 puta. Srednja vrednost radarske površine za sve vrednosti ugla  $\gamma$  je smanjena za 2,14 puta u odnosu na vrednost za  $\gamma=0^\circ$ . Pored smanjene apsolutne vrednosti radarske površine, kod bistatičke radiolokacije menja se i karakter fluktuacija signala. Zavisnost radarske površine od geometrije cilja i ugla  $\gamma$  koristi se kod prostorno-diverziti sistema za selekciju ciljeva po njihovoj strukturi, pa čak i određivanju same strukture.

### Pouzdanost prostorno-diverziti radarskih sistema

Pouzdanost elektronskih uređaja zavisi od pouzdanosti sastavnih elemenata, njihovog broja i kvaliteta, kao i eksploatacionih faktora (uslovi rada, koeficijent eksploatacije, obučenost posluge, kvalitet održavanja, i dr.). Prostorno-diverziti radarski sistem ima niz faktora koji mu smanjuju, ali isto tako

i niz faktora koji mu povećavaju pouzdanost, u odnosu na monostatički radar.

U prvu grupu spada složenija struktura i povećan broj uređaja (starter, sistem za sinhronizaciju antena predajnika i prijemnika, računar). Međutim, visoka pouzdanost elektronskih komponenata, od kojih su ovi uređaji napravljeni, ima neznatni uticaj na smanjenje pouzdanosti sistema.

Daleko je veći broj faktora koji spadaju u drugu grupu:

- smanjen broj nepouzdanih elemenata u VF traktu (nema primopredajne skretnice kod impulsnih radara i elemenata za izolovanje predajnog od prijemnog kanala kod radara sa kontinuiranim zračenjem);

- razdvojenost predajnika (par MW) od prijemnika ( $10^{-12} \div 10^{-14}$ W) isključuje mogućnost oštećenja VF pojačala, mešačkih dioda i sl. u prijemniku;

- »sakrivenost« položaja prijemnika znatno utiče na povećanje žilavosti sistema, jer je dejstvu protivradarskih raketa izložen samo predajnik ( $10 \div 30\%$  vrednosti radara). U slučaju oštećenja, sistem nastavlja sa radom aktiviranjem drugog predajnika;

- smanjenje štetnog delovanja VF energije na veći deo posluge koji se nalazi na prijemnicima, dok je delovanju VF energije izložen manji deo koji opslužuje predajnik;

- proizvoljan raspored sistema, što je posebna pogodnost kod brodskih prostorno-diverziti sistema. »Osvetljenje« prostora vrši se obično sa kopna, čime se znatno povećava pouzdanost brodskih uređaja (nema predajnika sa svim manje pouzdanim elementima).

### PEZ prostorno-diverziti radarskih sistema

Budući da su savremena sredstva i metode radarskih PED namenjene protiv monostatičkih radara, mnoga ta

sredstva i metode na prostorno-diverziti radarske sisteme nemaju uticaj ili je on simboličan. Sa tog stanovišta, ovi sistemi imaju veću mogućnost PEZ od monostatičkih radara, jer sve poznate zaštite od smetnji, koje su primenjene kod monostatičkih radara, mogu biti primenjene i kod prostorno-diverziti sistema.

Međutim, prostorno-diverziti sistemi mogu imati i dodatne zaštite, zasnovane na:

— sakrivenosti položaja prijemnika, jer je signal smetnje daleko manji u pravcu prijemnika nego u pravcu predajnika, u kom pravcu je ometač usmeren;

— povoljnijem energetsom bilansu, isturanjem predajnika bliže ciljevima, što zahteva veće snage signala smetnje.

Efekt sakrivenosti može se kvantitativno oceniti preko koeficijenta sakrivenosti prijemnika prostorno-diverziti sistema u odnosu na monostatički radar:

$$V = \frac{\left(\frac{P_s}{P_s}\right)_{pds}}{\left(\frac{P_s}{P_s}\right)_m} = \frac{P_s(R) P_s(R_i)}{P_s(R_i) P_s(R)} \quad (1.10)$$

gde su:

$P_s(R)$  i  $P_s(R_i)$  — snaga šumne smetnje ometača na anteni predajnika (R) i i-tog prijemnika ( $R_i$ );

$P_s(R)$  i  $P_s(R_i)$  — snaga reflektovanog signala od cilja na anteni predajnika (R) i i-tog prijemnika ( $R_i$ ).

Uz pretpostavku da se predajnik i i-ti prijemnik prostorno-diverziti sistema nalaze na istoj udaljenosti od ometača, možemo pisati da je:

$$\frac{P_s(R)}{P_s(R_i)} = \frac{G(0, 0)}{G(\epsilon_i, \beta_i)}, \quad (1.11)$$

gde su:

$G(0, 0)$  i  $G(\epsilon_i, \beta_i)$  — koeficijenti pojačanja antene ometača u pravcu predajnika ( $\epsilon=0$ ) i u pravcu i-tog prijemnika prostorno-diverziti sistema;

$\beta_i, \epsilon_i$  — azimut i mesni ugao i-tog prijemnika u odnosu na pravac usmerenosti ometača (pravac predajnika).

Na primer, za hipotetički ometač na visini 20 km, sa antenskim dijagramom širine po azimutu  $\Delta\beta=50^\circ$ , po mesnom uglu  $\Delta\epsilon=25^\circ$  i ravnomernom gustinom polja, dobija se vrednost odnosa (1.11) u tački 1 — 1,2 (slika 5); u tački 2 — 3,8; u tački 3 — 22,2 i u tački 4 — 590. Rastojanje predajnik-prijemnik je 100 km. Očito, smanjenjem rastojanja prostorno-diverziti sistem — cilj (ometač) drastično se smanjuje. Usmerenost antene dodatno utiče na smanjenje efekta ometanja.

Odnos snaga reflektovanih signala od cilja u pravcu predajnika  $P_s(R)$  i u pravcu i-tog prijemnika  $P_s(R_i)$  prostorno-diverziti sistema zavisi od:

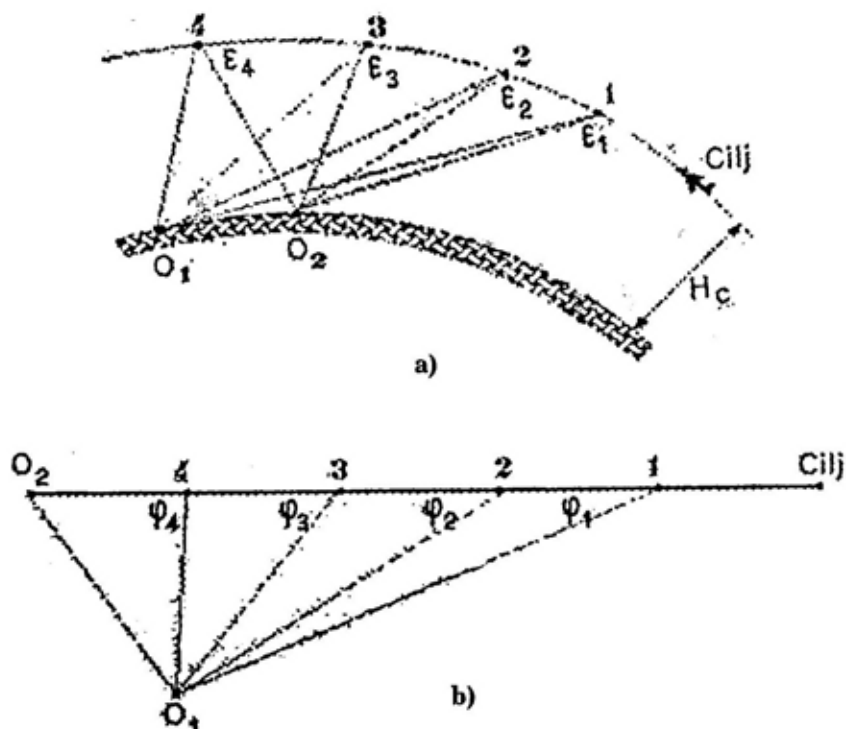
$$\frac{P_s(R)}{P_s(R_i)} = \frac{\sigma(\gamma_i)}{\sigma(0)} \quad (1.12)$$

gde je:

$\gamma_i$  — ugao između pravaca cilj-i-ti prijemnik i cilj-predajnik.

Uzimajući u obzir relacije (1.8), (1.10) i (1.12) koeficijent sakrivenosti prostorno-diverziti sistema pri delovanju šumnih smetnji može se izraziti kao:

$$v = \frac{G(0, 0)}{G(\epsilon_i, \beta_i)} \{ + \exp[n(\gamma_i) - (2,4n + 1)] \} \quad (1.13)$$



Sl. 5 — Otkrivanje ciljeva prostorno-diverziti sistemom u zavisnosti od daljine u:  
 a) vertikalnoj ravni, ib) horizontalnoj ravni

Primena *apsorpcionih materijala*, radi smanjenja radarske površine vazduhoplova, kod prostorno-diverziti sistema je manje efikasna, jer su oni proračunati za smanjenje refleksije u pravcu upadnog talasa.

Zaštićenost prostorno-diverziti sistema na račun povoljnijeg energetskog bilansa (isturanjem predajnika bliže ciljevima), može se oceniti preko *koeficijenta nadvišenja signala reflektovanog od cilja*. Odnos reflektovanog signala od cilja do prostorno-diverziti sistema i monostatičkog radara može se proceniti pomoću izraza:

$$\zeta = \frac{R_m^4 P_{tpds} G_{tpds} \sigma_c(\gamma_i)}{R_i^2 R_j^2 P_{tm} G_{tm} \sigma_s(0)} \quad (1.14)$$

gde je:

$R_m$  — rastojanje monostatičko radar — cilj;

$R_i$  — rastojanje i-ti prijemnik — cilj;

$R_j$  — rastojanje j-ti predajnik — cilj;

$P_{tpds}$  — snaga predajnika prostorno-diverziti sistema;

$G_{tpds}$  — pojačanje antene predajnika prostorno-diverziti sistema;

$\sigma_c(\gamma_i)$  — radarska površina cilja u pravcu i-tog prijemnika;

$P_{tm}$  — snaga predajnika monostatičkog radara;

$G_{tm}$  — pojačanje antene predajnika monostatičkog radara, i

$\sigma_c(0)$  — radarska površina cilja za monostatički radar.

Kombinovanjem parametara kod prostorno-diverziti sistema može se postići željeni  $\zeta$ . Zbog toga je, za postizanje istog efekta ometanja, kod prostor-

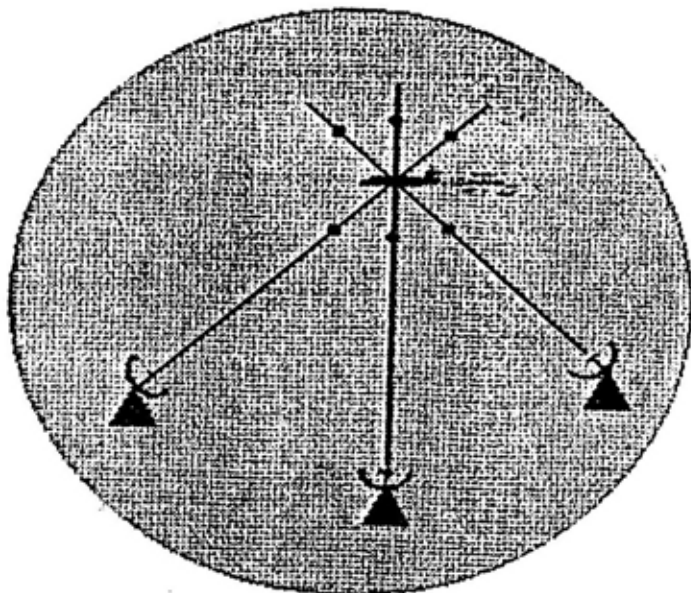
no-diverziti sistema potrebna veća snaga ometača za  $\zeta$  puta.

Efikasno ometanje prostorno-diverziti sistema odgovaračkim smetnjama vrlo je teško postići, zbog nepoznavanja položaja prijemnika. Protivnik je prinuđen da antenu ometača usmeri u smeru predajnika, vodeći pri tome računa o snazi signala odgovora, trajanju impulsa, nosećoj i impulsnoj frekvenciji. Kako su mnogi od navedenih parametara nepoznati, dolazi do znatnih razlika u intenzitetu i položaju odraza na pokazivaču, pa time i ometanje učini neefikasnim. Ako se, međutim, ometanje dobro izvede, lažni odrazi su identični odrazima od stvarnih ciljeva. No, bez obzira na to, razlike nastaje u koordinatima lažnih ciljeva, otkrivenih pomoću više prijemnika (slika 6). Za svaki prijemnik lažni ciljevi imaju drugačije koordinate, dok se koordinate stvarnih ciljeva poklapaju. Zahvaljujući tome, koordinacioni uređaj za obradu podataka lako, upoređujući koordinate ciljeva dobijenih od svih prijemnika prostorno-diverziti sistema, selektira i eliminiše lažne odraze.

### Žilavost prostorno-diverziti radarskih sistema

Sistemi PVO su sigurno prvi na udaru agresora, a samim tim i radarski podsistemi u njima. Po mišljenju svet-skih autora, protivradarske rakete su sve moćnija sredstva i njihov efekat je to veći što je složenost radara veća. Sovjetski autori [5] smatraju da je protiv savremenih radara, koji su pretrpani raznim zaštitama od smetnji, efikasnije i lakše da avioni na borbeni zadatak kreću sa samozaštitnim raketama nego ogromnim količinama raznih sredstava PEZ-a.

Pri oceni žilavosti prostorno-diverziti radarskih sistema u odnosu na monostatički radar može se poći od pretpostavke da je efikasnost protivradarske rakete u oba slučaja isti. Međutim, uništenjem predajnika prostorno-diverziti radarskog sistema nastaje daleko manji gubitak ( $10 \div 30$  cene monostatičkog radara) nego uništenjem monostatičkog radara. Istaknimo na ovom mestu i to da se zaštita od protivradarskih raketa može puno efikasnije izvesti kod



Sl. 6 — Eliminisanje lažnih ciljeva kod prostorno-diverziti radarskih sistema



predajnika prostorno-diverziti radarskog sistema nego kod monostatičkog radara. Na kraju, treba reći i to da se u slučaju oštećenja predajnika prostorno-diverziti radarskog sistema on može relativno lako aktivirati uključenjem drugog predajnika, što se, naravno, kod monostatičkog radara ne može. U tome se sastoji i najveća prednost prostorno-diverziti radarskih sistema u odnosu na monostatičke radare, jer su fleksibilniji i adaptivniji.

## Zaključak

Potreba za otkrivanjem savremenih ciljeva, koji svakim danom postaju sve brži, a njihova radarska površina sve manja, na što većoj udaljenosti, kao i potreba za ispunjenjem misije radara

u uslovima delovanja savremenih ometača, utiču na uvođenje kvalitativno novih radarskih sistema i metoda radio-lokacije.

Prostorno-diverziti radarski sistemi, koji, iako poznati otkad i klasični — monostatički radari, tek danas, zahvaljujući naglom razvoju ometača, dostižu svoju punu afirmaciju.

U radu je pokazano da prostorno-diverziti sistemi, iako složeni i skupi, jer se sastoje od nekoliko radara, računara, retranslatora, itd., zbog niza prednosti opravdano imaju sve veću primenu. Analizom je pokazano da prostorno-diverziti radarski sistemi imaju: veći domet, manje su osjetljivi na smetnje, tačnije određuju koordinate ciljeva, imaju pouzdaniji rad, žilaviji su, adaptivniji i fleksibilniji od klasičnih monostatičkih radara.

## Literatura:

- [1] Averjanov, V. JA.: RAZNESENIJE RADIOLOKACIONIJE STANCIJI I SISTEMI, »Nauka i tehnika«, Minsk, 1978.
- [2] Kobak, V. O.: RADIOLOKACIONIJE OTRAŽATELJI, »Sovjetskoe radio«, Moskva, 1975.
- [3] Grujić, V.: REČNIK FRANCUSKO-SRPSKO-HRVATSKI, »Prosveta«, Beograd, 1971.
- [4] Barton, D. & Vard, D.: SPRAVOČNIK PO RADIOLOKACIONNIM IZMERENIJAM (Perev. s engl. pod red. M. M. Vejsbejna), »Sovjetskoe radio«, Moskva, 1976.
- [5] Razingar, A.: PEZ RADARSKIH UREĐAJA (Lekcije — Poslediplomski studij (PEO), TVA KoV JNA, Zagreb, 1980.
- [6] Razingar, A.: RADARSKI OMETACI (Lekcije — Poslediplomski studij PEO), TVA KoV JNA, Zagreb, 1980.
- [7] Đorović, M.: RADARSKI DIVERZITI (Seminarski rad — Poslediplomski studij — Specijalizacija RRT), TVA KoV JNA, Zagreb, 1981.
- [8] Skolnik, M. I.: RADAR HANDBOOK, McGraw-Hill Co., New York, 1970.
- [9] Ewing, E. F.: THE APPLICABILITY OF BI-STATIC RADAR TO SHORT RANGE SURVEILLANCE, Conference Proceedings, Computer Simulations, Montreal, Quebec, July 1987, pp. 53—58.
- [10] Milne, K.: PRINCIPLES AND CONCEPTS OF MULTISTATIC SURVEILLANCE RADARS, Conference Proceedings, Computer Simulations, Montreal, Quebec, July 1987, pp. 46—52.

## ELEKTROMAGNETNA PROPULZIJA NA BRODOVIMA (I DEO)

Problem pogona plovnih objekata, bez propelera, predstavlja izazov, kome nisu odoleli ni najveći istraživački centri u svetu. U ovom članku je dat istorijat istraživanja elektromagnetne propulzije (EMP), kao i prikaz dela istraživanja provedenih kod nas.

Opisan je princip rada EMP i razmatran njen stepen korisnog delovanja u poređenju sa stepenom delovanja rasprostranjene vijačne propulzije.

Hidrodinamička analiza mogućnosti EMP ukazuje na mogućnost smanjenja otpora indukovanih talasa, kao i otpora trenja broda.

Posebno su prikazani rezultati eksperimentalnog istraživanja u našoj zemlji. Prikazana je i mogućnost primene EMP na podmornici, kod koje će, najverovatnije prvo doći, nakon pronalaska odgovarajućih superprovodnih materijala.

### Uvod

U sredstvima javnog informisanja povremeno se javljaju, pod senzacionalističkim naslovima, članci kao što su: »Bešumne podmornice budućnosti«, »Budućnost je već počela«, »Brod na magnetni pogon«, i dr.

Obično škrti i nepotpuni podaci, koji se daju ispod ovakvih naslova, često ostavljaju čitaoca u nedoumici, jer razmišlja o tehničkoj superiornosti veslesila, što može izazvati nemoć i neku vrstu kapitulanstva pred »superiornima«. Cilj razmatranja je da se na pristupačan način prezentiraju relevantni tehnički aspekti elektromagnetne propulzije, danas, u svetu, radi sticanja realnijeg uvida u ovo područje istraživanja.

Iako su osnovni principi, na kojima se zasniva elektromagnetni (EM) pogon broda, otkriveni još u prošlom veku (Faradej, Maksvel), prvi praktični pokušaji primene ovog propulzora vršeni su tek tokom drugog svetskog rata u SAD, ali o tim pokušajima nema objavljenih dokumenata.

Znatno kasnije (posle 1960) u svetu, ponovo, raste interes za EM propulziju broda, a 1966. napravljen je i ispitani prvi model broda u SAD. Objavljeno je nekoliko radova, koji ukazuju na teškoće praktične primene EM propul-

zije na brodu, zbog nedostatka odgovarajućih magneta (odnosno, superprovodnih materijala).

Nešto kasnije, 1976, u Japanu se počinje sa eksperimentima s modelima brodova sa EM propulzijom, na bazi jakih magneta sa superprovodnim namotajima. Sa istraživanjima nastavlja se 1991. i najavljuju eksperimente sa brodom deplasmana 150 tona, koji će se kretati brzinom od 8 čvorova (1).

Na prvom međunarodnom simpozijumu o EM propulziji, oktobra 1991, održanom u Japanu, učesnicima je omogućena poseta ovom brodu. Probne vožnje izvršene su tokom proleća ove godine.

U Sovjetskom Savezu se objavljuju teoretski radovi (članci, knjige), ali o eksperimentalnim proverama podaci nisu dostupni. U dostupnim informacijama iz SAD naglašava se mali stepen korisnog delovanja EM propulzije (2), zatim podaci o ulaganjima u istraživanja superprovodnih materijala, koja iznose na desetine miliona dolara.

S obzirom na to da se radi o novom području istraživanja, a radi celovitog prikaza, počev od osnovnih principa, efektima koje pruža EMP, istraživanja kod nas i u svetu, kao i mogućnostima primene, rad će biti izložen u dva dela.

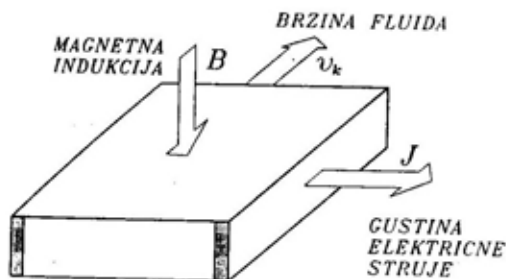
U ovom broju Vojnotehničkog glasnika objasnićemo osnovne principe de-

lovanja elektromagnetne propulzije (EMP), dati komparaciju sa klasičnom, vijčanom, propulzijom i prikazati deo istraživanja, koja su provedena kod nas.

U idućem broju prikazaćemo neke rezultate naših istraživanja, istraživanja u svetu i mogućnosti primene EMP na civilnim i ratnim plovnim objektima.

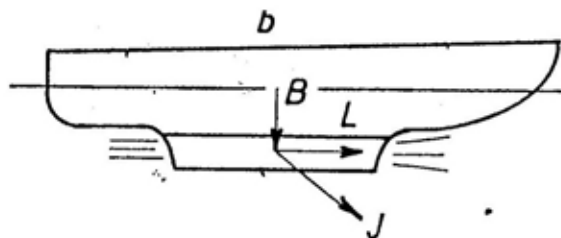
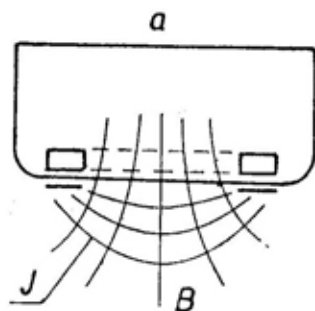
### Princip rada elektromagnetnog propulzora

Elektromagnetna propulzija broda je nova vrsta propulzije kod koje se sila poriva stvara istovremenim međusobnim delovanjem magnetnog i električnog polja na elektroprovodnu tečnost (morsku vodu).



Sl. 1 — Šema delovanja EM propulzora

Ako magnetima, instaliranim unutar broda, stvorimo magnetno polje u morskoj vodi i ako tom polju pridodamo električno polje, onda će se, kao rezultat dejstva jednog i drugog polja



Sl. 2 — Tipovi propulzora:  
a) otvoreni; b) zatvoreni

stvoriti elektromagnetna, Lorencova sila, koja će izazvati kretanje morske vode, čijom reakcijom se dobija kretanje broda. Smer Lorencove sile određuje se Flemingovim pravilom leve ruke (slika 1). Ova fizička pojava, ne ulazeći u prvom momentu u njene stepene korisnosti, nudi mogućnost pogona broda bez ikakvih pokrenutih delova, kao što su propeleri, rotori mlaznih pumpi, točkovi, i sl.

Koristeći navedenu fizičku pojavu, moguće je razviti nekoliko tipova propulzora. U načelu, EM propulzora možemo podeliti na otvorene i zatvorene tipove, koji se dalje mogu izvesti sa istosmernom i naizmjeničnom strujom. Kod otvorenog tipa propulzora magneti, kao i elektrode, smeštaju se na dnu broda, pa, praktično, spoljna oplata, ili njen veći deo, preuzima ulogu propulzora.

Kod otvorenog tipa sa istosmernom strujom, magnetno polje se stvara istosmernom strujom kojom se jedanput napoje superprovodni namotaji, a električno polje stvara, takođe, istosmernom strujom koja se stalno šalje na elektrode smeštene na dnu broda (slika 2).

Jednokratno nabijanje superprovodnih namotaja obavlja se iz obalnog sistema podrške, dok se napajanje elektroda vrši iz generatora smeštenih na brodu.

Kod otvorenog tipa sa naizmjeničnom strujom (induktivni tip), stvara se

pulzirajuće magnetno polje sa naizmeničnom strujom zadane frekvencije i kod njega se, zahvaljujući pulziji magnetnog polja u elektroprovodnom fluidu indukuje električno polje. Kod ovog tipa propulzora izostaju elektrode na dnu broda, kao i generatori za njihovo napajanje, ali se zato, umesto iz obalne podrške, napajanje superprovodnih namotaja naizmeničnom strujom obavlja generatorima instalisanim na brodu.

Kod zatvorenog tipa propulzora magneti se, zajedno sa elektrodama, smeštaju u cev kroz koju protiče morska voda pod uticajem generisane Lorencove sile (slika 2). Ova cev se, na odgovarajući način, pričvršćuje za konstrukciju trupa broda. I ovaj tip propulzora može se izvesti sa istosmernom i naizmeničnom strujom.

$\vec{J}$  = vektor jačine električnog polja, i  
 $\vec{B}$  = vektor magnetske indukcije.

Vektor jačine električnog polja može se, dalje, izraziti kao:

$$\vec{J} = \sigma(\vec{E} - \vec{v}_k \times \vec{B}), \text{ gde je:}$$

$\sigma$  — elektroprovodnost medija u kanalu;

$\vec{E}$  — električno polje, i

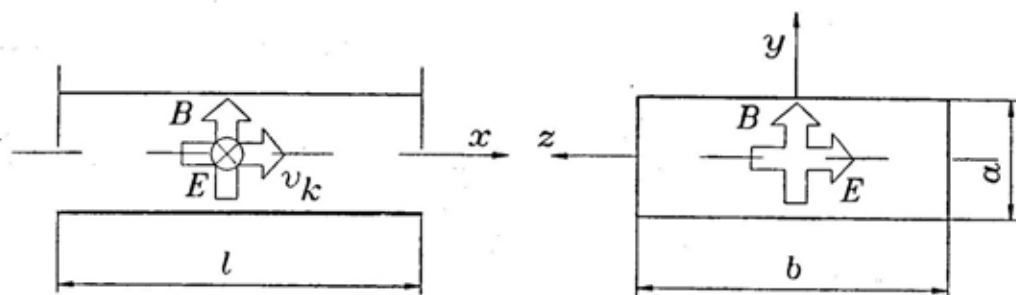
$\vec{v}_k$  — brzina strujanja fluida u kanalu.

Veza između Lorencove sile ( $F$ ) i sile poriva ( $T$ ) broda izražena je preko koeficijenta mlaza ( $\eta_m$ ), odnosno:

$$\eta_m = \frac{T \cdot v_a}{F_L \cdot v_k}, \text{ gde je:}$$

$v_a$  — brzina okolne vode;

$v_k$  — brzina strujanja vode u kanalu.



Sl. 3 — Model EMP zatvorenog tipa (kanalni)

### Veličina Lorencove sile i sile poriva

Ako posmatramo kanal pravougaonog preseka, u kojem se nalazi elektroprovodna tečnost (morska voda), pod uticajem magnetne indukcije  $B$  i električnog polja  $E$ , kako je to prikazano na slici 3, na jedinicu zapremine delovaće zapreminska sila (2) kako sledi:

$$\frac{\vec{F}}{V} = \vec{J} \times \vec{B}, \text{ gde je:}$$

$\vec{F}$  = vektor Lorencove sile;

$V$  = volumen fluida u kanalu pod delovanjem električnog i magnetnog polja;

### Upoređivanje elektromagnetnog propulzora sa vijačnom propulzijom

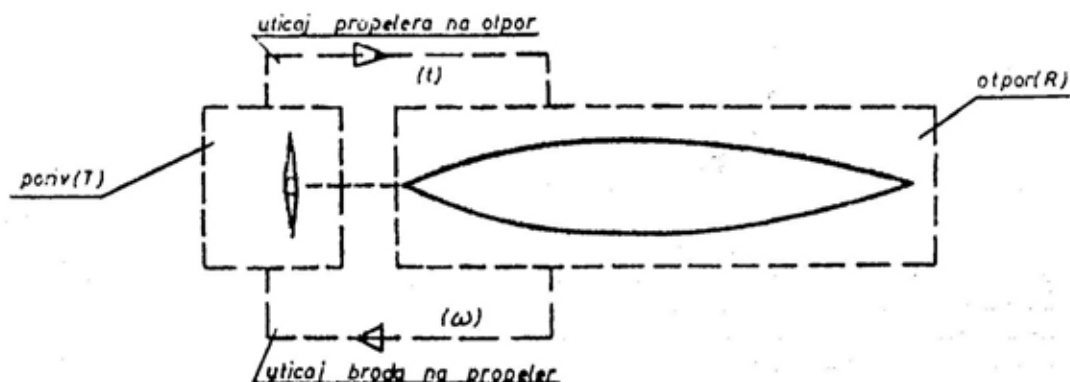
U ovom delu članka prikazaćemo mogućnosti klasične vijačne propulzije i EMP i to sa hidrodinamičkog aspekta.

U standardnoj proceduri, kako teorijskoj, tako i eksperimentalnoj, otpor i propulzija broda u prvoj fazi posmatramo kao dva sasvim nezavisna procesa, da bi u drugoj fazi razmatrali njihovu interakciju. To je šematski prikazano na slici 4.

U prvoj fazi razmatra se otpor ( $R$ ) koji treba da se savlada da bi se data brodska forma teglila kroz vodu zadanom brzinom. Nezavisno od toga, raz-

matra se poriv (T) koji proizvodi propeler u slobodnoj vožnji kada apsorbuje zadanu snagu pri datoj brzini i broju obrtaja.

Radnu tačku — dostiznu brzinu sistema brod-propeler, određujemo kao presek krive poriva propelera i povećanog otpora broda, slika 5.

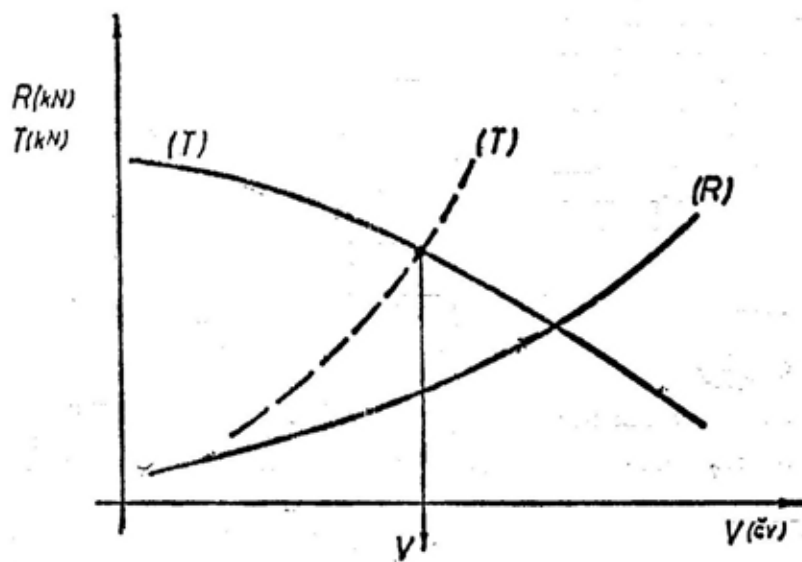


Sl. 4 — Sematski prikaz interakcije brod — propeler

U drugoj fazi razmatraju se interakcije ova dva procesa, tj. razmatra se koliko usisno dejstvo propelera utiče na otpor broda, preko koeficijenta smanjenog poriva (t), kao i u kojoj mjeri prisustvo brodske forme smanjuje proizvodni poriv, preko poremećaja sustrujne slike, tj. koeficijenta strujanja (w).

Brodogradnja je nastojala, porastom veličine brodova, da kompenzira svoje zaostajanje u brzini, pa su tako nastali brodovi od nekoliko stotina hiljada tona nosivosti.

Sve dok kriva otpora pokazuje karakter koji sada ima, i dok kriva poriva pokazuje relativno niske vrednosti,



- A — radna tačka
- $T = \frac{R}{1-t}$
- V — postizna brzina
- R — otpor
- T — poriv propelera

Sl. 5 — Radna tačka brod — propeler

tj. dok se pogon brodova obavlja sa postojećim brodskim propelerom, hidrodinamski gledano, nema mogućnosti porasta prosečne brzine kretanja sadašnjih brodova.

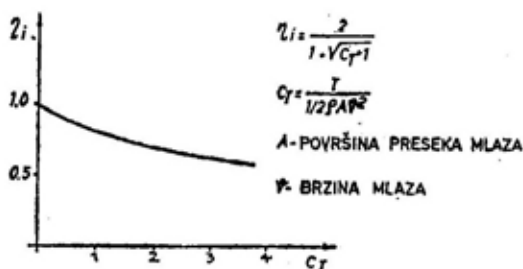
Radi toga, naša primenjena hidrodinamika je sa posebnom pažnjom dočekala nagoveštaj novih — neklasičnih načina pogona brodova, tražeći u njima način za savladavanje teškoća koje se javljaju kada se telo kreće na granici dva medija, od kojih je jedan 836 puta gušći od drugoga.

Konvencionalnim propulzorima se došlo do određene radne tačke (pozitivne brzine), te sadašnji brodovi nemaju više neke velike mogućnosti za povećanjem prosečne brzine kretanja.

Jedina mogućnost da se postignu veće brzine jeste delovanje na karakter *Krive otpora* (R) i *krive poriva* (T). Šta u tom pravcu može pružiti primena EM propulzora?

Stvaranje poriva u EMP, kako je već rečeno, nastaje kao reakcija Lorencove sile,  $F = J \times B \cdot dV$ , gde je J gustina struje na elektrodama, B magnetna indukcija, V zapremina u kojoj se javlja Lorencova sila. Poriv je, u stvari, reakcija mlaza kojeg izaziva Lorencova sila, kao što je to i kod konvencionalnog propelera. Međutim, masa vode koju propeler može da ubrza, čija reakcija je poriv broda, ograničena je dijametrijom propelera, odnosno mogućnostima njegovog smeštaja na brodu.

Primena EM propulzora dozvoljava različite konfiguracije smeštaja propelera na brodu, što omogućava pokreta-



Sl. 6 — Dijagram idealnog stepena delovanja propulzora

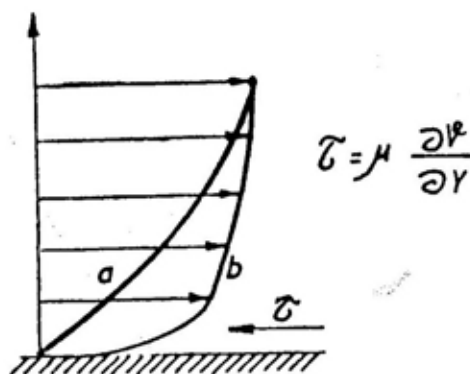
nje veće mase vode istom brzinom, čime izraz a koeficijent opterećenja  $C_T$  postaje manji za istu vrednost poriva T. Za manje vrednosti  $C_T$ , kako se vidi sa slike 6 (dijagram  $\eta_i - C_T$ ), dobija se veća vrednost  $\eta_i$ .

Idealni stepen delovanja je pogodan kao dobro merilo za sposobnost stvaranja poriva različitih propulzora.

U vezi otpora broda sa EMP učinjene su određene pretpostavke.

Prva pretpostavka se odnosi na otpor trenja fluida u magnetnom polju. Pod delovanjem magnetnog polja povećava se stabilnost lamiranog strujanja, odnosno raste vrednost kritičkog Reynoldsovog broja, pri kojem laminarno strujanje prelazi u turbulentno. Prema tome, treba očekivati smanjenje koeficijenta otpora, a time i otpora trenja broda.

Međutim, ako se u graničnom sloju oko oplata broda generiše poriv, tj. ako se granični sloj ubrzava zajedno sa okolnom vodom, onda će se i profil brzine u njemu promeniti. Ta promena je prikazana na slici 7 i uticaće na povećanje vrednosti koeficijenta otpora trenja broda (3).



Sl. 7 — Profili brzina uz otplatu: a) kod broda sa klasičnom propulzijom (propeler), b) kod broda sa EM propulzijom

Pretpostavka sa kojom ulazimo u ovo razmatranje jeste, da se ova dva uticaja (smanjenje usled pomeranja ta-

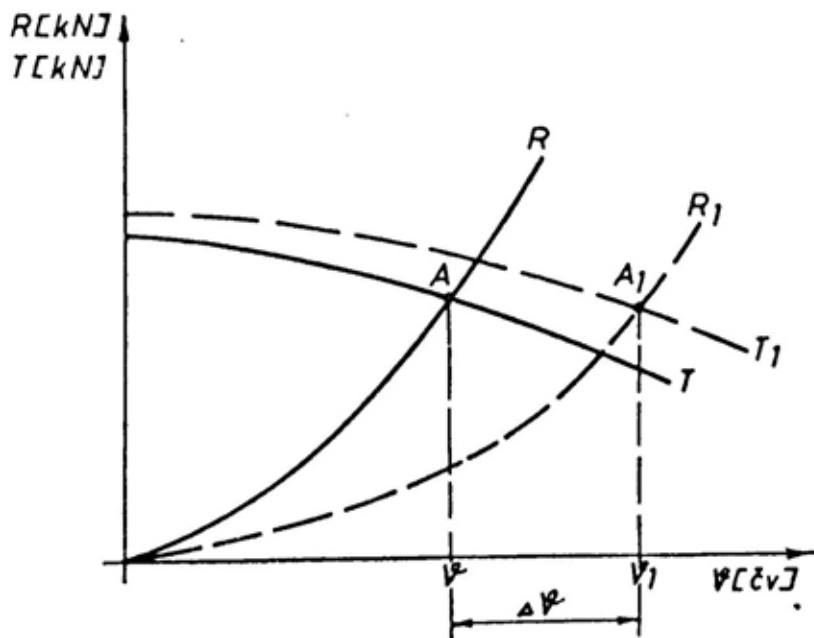
čke odvajanja graničnog sloja i povećanje gradijenta brzina u graničnom sloju usled ubrzanja fluida) međusobno u dobroj meri mogu kompenzovati.

To znači da će otpor trenja ostati aproksimativno u granicama trenja kod klasičnih brodova.

Druga pretpostavka se odnosi na otpor talasa. Poznato je da kod većih brzina raste udeo otpora talasa u ukupnom otporu broda. Kod visokih brzina

može se, u matematičkoj interpretaciji, smanjiti ili eliminisati samo u antifaznoj superpoziciji sa talasnim sistemom, kojeg formira elektromagnetno polje propulzora.

Osnova ove pretpostavke jeste da se EM poljem može izazvati talasni sistem koji će, zavisno od parametra polja i mesta njegovog delovanja na brodu, moći superponiranjem da umanja talas izazvan kretanjem broda na granici između dva medija (voda-vazduh).



Sl. 8 — Radna tačka broda sa vijčanom propulzijom (A) i broda sa EMP (A<sub>1</sub>)

(preko 30 čv) može doći i do ukupnog otpora, zbog čega se deplasmanskim brodovima ne mogu postizati visoke brzine. Za neznatno povećanje brzine trebalo bi, naime, uložiti ogromne snage, što je nespojivo s rentabilnošću brodova. Na primer, na velikim ratnim brodovima ugrađuju se turbine snage i do 200.000 kW da bi se postigle brzine nešto veće od 30 čv (relativna brzina  $\frac{V}{VL} \geq 1$ ). U prirodi nastala pojava stvaranja talasnog sistema usled kretanja broda

Polazeći od iznetih pretpostavki, kvalitativno prikazan dijagram otpora i poriva u funkciji brzine broda prikazan je na slici 8.

Na slici 8 otpor broda, sa klasičnom propulzijom, označen je sa  $R$ , sila poriva dobijena brodskim vijkom sa  $T$ .  $R_1$ , jeste otpor broda sa EMP i poriv EMP  $R_1$ . Razlika brzina, prikazana na slici 8, kao  $\Delta V$ , koja bi se mogla, uz postavljene pretpostavke, ostvariti, jeste osnovni interes istraživanja elektro-

magnetne propulzije za pogon brodova. Očekivano povećanje brzine brodova sa EM propulzijom moglo bi podneti i niži stepen delovanja ovog propulzora.

### **Istraživanja elektromagnetne propulzije u SRJ**

Iz izraza za Lorencovu silu brzo uočavamo da njen intenzitet zavisi od veličine magnetne indukcije (B) i gustine struje na elektrodama. Poznato je da elektromagneti sa klasičnim materijalima (navoji od bakarne žice i jezgra od gvožđa) daju maksimalne vrednosti magnetne indukcije manje od 1 T.

EMP bi se, po stepenu korisnog delovanja, približio veščanom propulzoru tek kod vrednosti magnetne indukcije od 4 do 6 T, a šira primena na brodovima i do 10 T.

Ovakve vrednosti se mogu, danas, postići samo sa elektromagnetima od superprovodnog materijala i to na vrlo niskim temperaturama, oko 4°K. Obezbeđivanje niske temperature zahteva posebna kriogena postrojenja, što uslođava čitav sistem EMP.

Na dosadašnjem tehnološkom razvoju superprovodnih materijala dobija se vrlo nizak stepen propulzije EMP, što na prvi pogled ne daje ohrabrenje istraživačima da nastave svoja istraživanja.

Međutim, istraživanja se u svetu uporno nastavljaju, zbog toga što se u istraživanju superprovodnih materijala čine krupni koraci u relativno kratkim vremenskim peroidima. Istraživanja ovih materijala idu ka dobijanju takvih legura koje će sadržati superprovodne osobine kod daleko viših temperatura, tj. do temperature normalne radne okoline.

Naši istraživači postižu zapažene rezultate na istraživanju superprovodnih materijala.

Drugi, veoma važan razlog su prednosti koje pruža EMP, što smo objasnili u prethodnom poglavlju.

Navedeni razlozi bili su dovoljni da se grupa istraživača u Institutu tehničkih nauka SANU opredeli za pionirski rad na ovom području istraživanja. Prvi eksperiment sa modelom EMP načinjen je još 1984, gde su određene pojave mogle samo da se registruju i uoči fenomen. Istraživanja su nastavljena do današnjih dana, uz neznatna finansijska ulaganja. Rad ove grupe prezentiran je i na prvom simpozijumu EMP održan u Japanu 1991. Ovaj podatak navodimo da bi se videlo da nismo puno »zakasnili« za svetom, odnosno da će, ukoliko dođe do primene ove propulzije, postojati dovoljna predznanja za njen prihvatanje, jer je do sada novi način pogona brodova zahtevao i izmene u pristupu projektovanju, a očigledno je da će to zahtevati i EMP.

### *Teoretska istraživanja*

Teoretska istraživanja EMP je nemoguće rešiti u ovako kratkom prikazu zbog njihove obimnosti i multidisciplinarnosti, pa stoga navodimo samo probleme koji su do sada rešavani: počelo se sa rešavanjem problema strujanja viskozno-elektroprovodne tečnosti duž ploče u jakom magnetnom i električnom polju (4). Istraživane su metode za numeričko određivanje i grafičko prikazivanje elektromagnetnog i hidrodinamskog polja formiranih u elektroprovodnom fluidu (morskoj vodi), delovanjem EMP primenom niskog »magnetnog Reynoldsovog broja«, kvalitativno određivanje magnetohidrodinamskog strujanja u cevima na bazi jednodimenzionog modela, gravitacioni talasi izazvani elektromagnetnim dipolom (2D — slučaj EMP otvorenog tipa) urađeni matematički model elektromagnetnog polja za eksperimentalna istraživanja i određene metode proračuna za određivanje električnog stepena delovanja EMP (5).



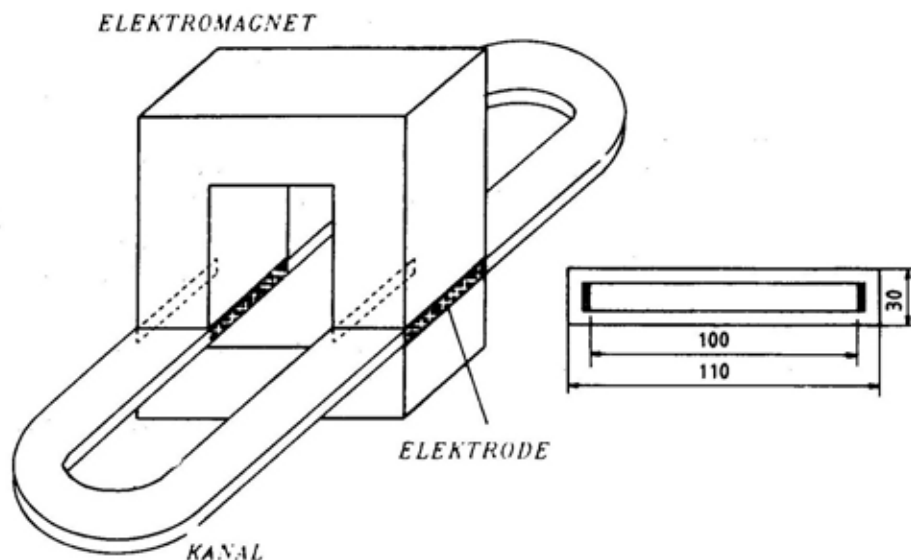
## *Eksperimentalna istraživanja*

Rezultate analitičkog i numeričkog razmatranja iz prethodnog poglavlja trebalo je eksperimentalno proveriti, kako bi se mogli koristiti za dalja zaključivanja o mogućnostima primene EM propulzije za pogon brodova. U literaturi, koja obrađuje područje magnetohidrodinamike ima teoretskih radova, ali je malo publikovanih rezultata eksperimentalnih istraživanja. Izvođenje eksperimenata merenja brzine fluida, pod delovanjem električnog i, dovoljno jakog, magnetnog polja je veoma složeno i vezano za značajna finansijska ulaganja. S obzirom na to da su eksperimentalna istraživanja u magnetohidrodinamici kod nas u početnoj

u ovoj fazi istraživanja pruže dovoljne dokaze o ispravnosti analitičkog prilaza problemu strujanja elektroprovodne tečnosti (morske vode) u pravougaonom kanalu, kao i da omogućuje dalja zaključivanja o primeni EM propulzora za pokretanje brodova.

U ovom poglavlju dat je opis modela elektromagnetnog propulzora kanalnog tipa, načina merenja i program eksperimentalnog istraživanja. Rezultati merenja i njihova analiza biće prikazani u drugom delu članka.

Model EM propulzora koncipiran je tako da obezbeđuje prav ugao između pravca gustine magnetnog fluksa i toka električne struje između elektroda.



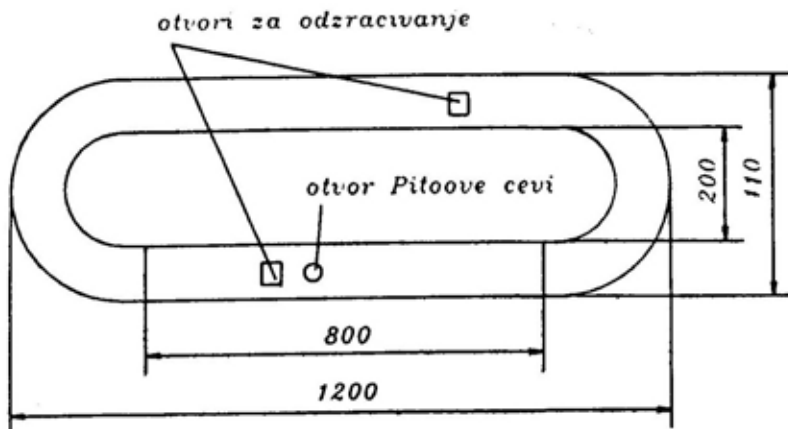
Sl. 9 — Model elektromagnetnog propulzora

fazi, nisu se mogli niti postaviti racionalni zahtevi za skupu nabavku ili izradu supermagneta, kojim bi se proizvela jaka magnetna polja.

Zato je eksperiment koncipiran sa elektromagnetom klasične izvedbe (primese gvožđa i bakarne žice) i stvoreni su uslovi da dobijeni rezultati mogu da

Na slici 9 prikazan je model EM propulzora, koji se sastoji od elektromagneta, kanala i elektroda.

Deo kanala koji je ograničen elektromagnetom i elektrodama predstavlja EM propulzor. Dimenzije kanala izrađenog od pleksi-stakla prikazane su na slici 10.



Sl. 10 — Dimenzija kanala

Radi potpunijeg istraživanja strujanja fluida u EM propulzoru, zatvorenog (kanalnog) tipa, primenjena je metoda merenja pomoću Laser Dyer anemometra.

Programom eksperimentalnog istraživanja predviđena su sledeća merenja:

— merenje brzine strujanja vodenog rastvora (NaCl) (morska voda) u pravougaonom kanalu na izlasku iz EM propulzora.

U okviru ovog merenja variran je težinski procenat soli, kako bi se utvrdila zavisnost brzine strujanja od koncentracije soli.

— određivanje profila brzine u preseku kanala (horizontalni i vertikalni);

— određivanje protoka.

Merenja su provedena za različita stanja opterećenja elektroda i elektromagneta.

Merenjem su predviđeni i prikazani uticaji pojedinih faktora na električni stepen delovanja EM propulzora kanalnog tipa. S obzirom na nemogućnost raspoloživog elektromagneta, područje merenja uticaja magnetne indukcije B je vrlo usko, ali dovoljno da ukaže na tačnost proračuna i učinjenih pretpostavki.

Za proveru uticaja električne provodljivosti na stepen korisnosti EMP koristiće se zasoljena voda raznim procentima.

#### Literatura:

[1] Informacija, Marine Rundschau, 1989, br. 4.

[2] Vatašin A. B., Lobimov G. A., Registar S. A.: Magnito-gidrodinamičke tečenija v kanalnih, Moskva, 1970.

[3] Izveštaj ITN SANU, faza 1, Analički i numerički pristup za ocenu primenljivosti EMP za pogon brodova, 1987.

[4] Izveštaj ITN SANU, 1987.

[5] Izveštaj ITN SANU, 1990.

## SISTEMSKI PRILAZ IZBORU KONCEPCIJE I MODELA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA PREMA STANJU MOTORNIH VOZILA

U radu su prikazani klasifikacija, karakteristike i kriterijumi za izbor savremene koncepcije i modela preventivnog održavanja motornih vozila i naznačeni problemi za primenu u praksi.

Istražen je algoritam za izbor koncepcije i modela sistema održavanja i odabran model preventivnog održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti, za primenu na motornim vozilima.

### Uvod

Na uspešno izvršenje funkcije cilja motornog vozila, pored konstrukcijskih osobina, utiče i koncepcija sistema održavanja i primenjeni model održavanja [4].

Pod koncepcijom sistema održavanja podrazumeva se obeležje sistema koje zavisi od principa, na osnovu kojeg se donose odluke o sprovođenju postupaka održavanja, pa, u tom smislu, postoje osnovne koncepcijske mogućnosti: *preventivno*, *korektivno* i *kombinovano* održavanje. Modeli održavanja uprošćeno interpretiraju realne procese promene stanja i održavanja i sistem održavanja, pomoću matematički izraženih odnosa određenih parametara ili pokazatelja — kriterijuma, s ciljem upravljanja ovim procesima i sistemom, odnosno određivanja optimalnih, izlaznih operacionih karakteristika modela [2, 9].

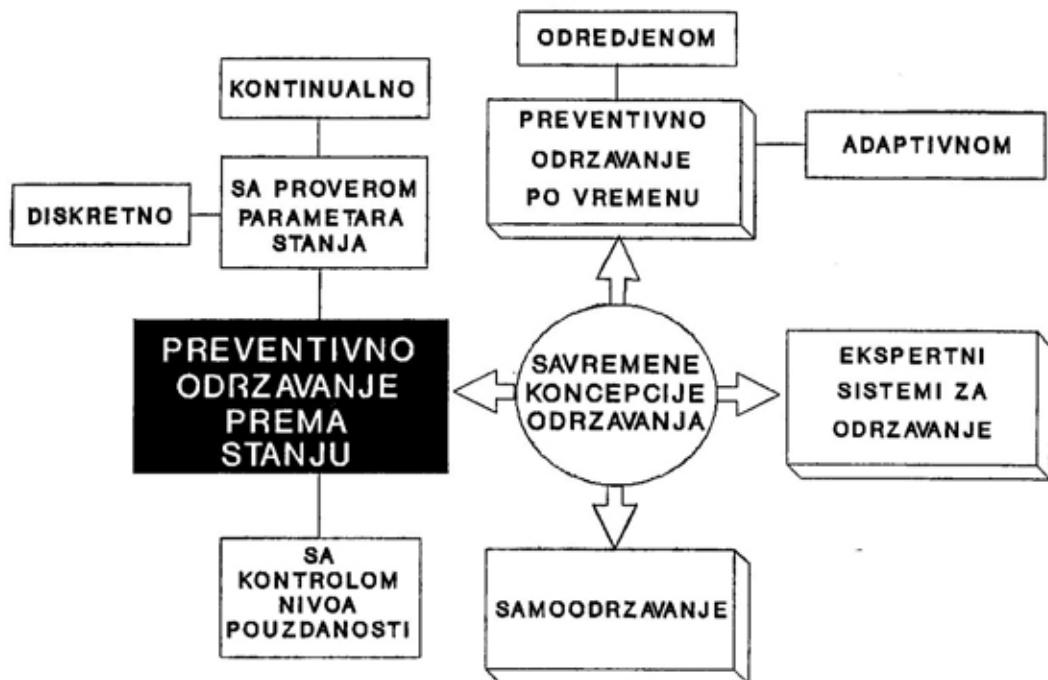
Izborom koncepcije *preventivnog održavanja prema stajju (POPS)* — (engleski »*On-Condition Based Maintenance*«) i uspešnom primenom odgovarajućeg modela POPS na motornim vozilima, mogu se ostvariti mnogi efekti — povećati pouzdanost i gotovost i smanjiti troškovi održavanja, što su tri relevantna faktora preko kojih se meri ili ocenjuje kvalitet sistema održavanja. Sama po sebi, koncepcija POPS

predstavlja jedan od najperspektivnijih i najekonomičnijih načina upravljanja procesima promene stanja i održavanja motornih vozila [9].

Danas je u svetu u teoriji održavanja, razvijen veliki broj modela održavanja [1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 14]. Među njima posebnu pažnju privlače modeli POPS [9]. Razvijeni matematički modeli su aproksimacije procesa održavanja, pa mogu poslužiti za izbor i dalju razradu za primenu na motornim vozilima. Zajedničko svojstvo modela POPS jeste da počivaju na kontinualnoj promeneni parametra stanja ili pokazateljima pouzdanosti i razvijeni su za „pojedine elemente«. Postavlja se problem organizovanja optimalnog procesa preventivnog održavanja za motorno vozilo kao veoma složeni sistem, čije se stanje određuje »stanjem« sastavnih elemenata<sup>1</sup>. Teorija i praksa održavanja motornih vozila ukazuju na to da se rešenja za optimalno, dinamičko upravljanje procesima promene stanja i održavanja i dobijanje meritorne ocene stanja motornog vozila moraju zasnovati na *metodi kombinovane primene koncepcija i modela održavanja*, na nivou sastavnih elemenata.

Stoga, nameće se potreba za posebnim *sistemskim prilazom* izboru

<sup>1</sup> Pod elementom se podrazumeva: podsistem, komponenta, agregat, uređaj, sklop, podsklop, sastavni deo motornog vozila.



Sl. 1 — Savremene koncepcije održavanja motornih vozila

koncepcije i modela održavanja, za primenu na motornim vozilima, koji se razmatra u ovom radu. Međutim, izbor najpovoljnije koncepcije sistema održavanja u smislu primene POPS, preventivnog održavanja »po vremenu« ili korektivnog održavanja uslovljen je nizom uticaja tehničkog i ekonomskog karaktera. Precizna metodologija koja bi omogućila rešavanje ovih pitanja ne postoji, te se daje jedan od mnogih prilaza. Predložen je jedan model POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti za primenu na motornim vozilima.

### Entiteti i trend razvoja savremenih koncepcija održavanja motornih vozila

Stanje i pravci razvoja ukazuju na to da se danas u svetu, u oblasti teorije i prakse održavanja motornih vozila, primenjuju ili predstavljaju osnovne razvojne tendencije, savremene koncepcije održavanja, prikazana na slici 1.

Preventivno održavanje »po vremenu« (engleski »Hard Time Limit«) sprovodi se isključivo na osnovu apriornih informacija o pouzdanosti, tj. na osnovu raspodele vremena do pojave otkaza za motorno vozilo, odnosno njegov sastavni element [2]. Izvodi se u fiksnim vremenskim intervalima i ima unapred utvrđenu radnu sadržinu u vidu propisanih preventivnih postupaka održavanja i zamena sastavnih elemenata ili se, pak, ovaj interval može podešavati (»adaptirati«) prema stanju motornog vozila konstatovanom pri prethodnom pregledu stanja. Periodična zamena postaje sve značajnija zbog povišene modularne gradnje sistema [10].

Danas se primenjuju dva karakteristična pristupa koncepcije POPS [8]:

— kod POPS sa proverom parametara stanja<sup>2</sup> (POPS<sub>pps</sub>) posmatra se i prati diskretno ili kontinualno (egleski »On-Condition« i »Condition Monitor-

<sup>2</sup> Pod parametrom stanja podrazumeva se: strukturni ili dijagnostički parametar.

ing») neki pokazatelj-parametar stanja, koji reprezentuje stanje motornog vozila, odnosno sastavnog elementa, čija je postepena promena stanja slučajna u funkciji vremena rada i, na osnovu tako dobijene aposteriorne informacije o vrednostima parametara stanja, donosi se odluka o sprovođenju odgovarajućih postupaka POPS ili nastavku korišćenja motornog vozila do sledeće »provere stanja«;

— kod POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti (POPS<sub>knj</sub>) (engleski »Reliability Level Inspection«), kriterijum stanja sastavnih elemenata i motornog vozila u celini, jeste dozvoljeni nivo pouzdanosti. Motorno vozilo se koristi bez ograničenja resursa za održavanje, sve dok je stvarni nivo pouzdanosti veći od dozvoljenog nivoa pouzdanosti.

Današnju realnost predstavljaju i ekspertni sistemi za održavanje (engleski »Expert Maintenance Systems« — EXMAS), koji su kao software proizvodi razvijeni pomoću »baza znanja«, izgrađenih na osnovu postojećih znanja o opštim i posebnim karakteristikama procesa i sistema održavanja, odnosno podatka o klasifikacionim tipičnim otkazima motornog vozila i smeštenih u elektronski računar. Aktivizacijom »baze znanja« uspostavlja se veštačka ekspertiza, tj. pomoću definisanih simptoma, dijagnoza i sistema zaključivanja o stanju, generišu se odluke korisnika o sprovođenju aktivnosti održavanja motornog vozila.

»Samoodržavanje«, odnosno razvoj savremenih »sistema bez održavanja« (engleski »Self-Maintenance« ili »Maintenance Free«), predstavlja danas jednu od osnovnih razvojnih tendencija savremenih konstrukcionih rešenja motornih vozila i predmet su opsežnih istraživanja [4]. Naime, »sistem bez održavanja« može da se realizuje samo ukoliko su obezbeđeni visoki nivoi pouzdanosti svih sastavnih elemenata i sistema u celini, što rezultira znatnim smanjenjem verovatnoće otkaza i po-

trebe za održavanjem, odnosno omogućava se rad motornog vozila u znatno dužim vremenskim intervalima bez zastoja zbog održavanja.

### Zašto koncepcija POPS

U većini slučajeva, promena stanja jednog sistema kao vremenska funkcija je nepoznata i zbog toga preventivno održavanje »po vremenu« nije uvek najefektivnija koncepcija.

Razlika između koncepcije preventivnog održavanja »po vremenu« i POPS je suštinska, iako obe predstavljaju preventivnu aktivnost. Dok se kod preventivnog održavanja »po vremenu« postupci preventivnog održavanja i zamene elemenata sprovode posle propisanog vremenskog ili eksploatacionog resursa, bez obzira na »stanje« elementa, kod POPS sa proverom parametara stanja vrši se, po utvrđenoj dinamici u funkciji od konstaovanog stanja, »provera stanja« sastavnih elemenata motornog vozila i preduzimaju se postupci održavanja samo ako su nađene vrednosti parametara stanja izvan dozvoljenih granica odstupanja. Na taj način postiže se potpunije iskorišćenje radnog veka sastavnih elemenata, u odnosu na preventivno održavanje »po vremenu«, uz obezbeđenje željenog nivoa pouzdanosti.

Koncepcija POPS, prema tome, pruža povoljnije uslove za ostvarivanje većeg stepena pouzdanosti i iskorišćenja radnog veka sastavnih elemenata od koncepcije preventivnog održavanja »po vremenu«, uz istovremeno snižavanje ukupnih troškova održavanja, pa i troškova životnog ciklusa motornog vozila [2]. Ukoliko su troškovi preventivnog održavanja manji od troškova korektivnog održavanja i njegovih posledica, a ispunjeni su određeni tehnički uslovi za primenu POPS, tada je ova koncepcija najcelishodnija [10].

## Karakteristični primeri primene koncepcije POPS

Zbog svojih prednosti, koncepcija POPS se u svetu sve više koristi u raznim područjima tehnike, što potvrđuju brojni radovi sa istoka i zapada.

Primena koncepcije POPS sa proverom parametara stanja došla je do izražaja naročito u vazduhoplovstvu, gde su razvijeni posebni sistemi održavanja na osnovama ove koncepcije. Jedan od najpoznatijih je tzv. sistem TARRAN (engleski »Test And Replace as Necessary«, što u prevodu znači »Ispitaj i zameni ako je potrebno«), koji se koristi i za održavanje aviona u JAT-u [2].

Tipičan primer primene koncepcije POPS sa proverom parametara stanja je sistem održavanja francuskih aviona »MIRAGE 2000«, koji se zasniva na programima za proveru, odnosno »praćenje stanja« i »ugrađenim testovima« (engleski »Condition Monitoring« i »Built In Tests«). Ali, treba istaći, ova koncepcija održavanja nije generalno rešenje za celu konstrukciju aviona, već se za određene sastavne elemente primenjuje koncepcija preventivnog održavanja »po vremenu« (engleski »Hard Time Limit«) i korektivnog održavanja (engleski »Corrective Maintenance«).

Najnoviji tenkovi i oklopni transporteri, savremena terenska i teretna vozila (tenk LEOPARD 2, ABRAMS, BREDLY, T-72, M-84, »VIHOR«, BVP M-80, i dr.) opremljeni su izvesnim nivoom dijagnostičkih ekspertnih sistema sa ugrađenim elementima samodijagnostike ili su, pak, na osnovama koncepcije POPS sa proverom parametara stanja, utvrđeni lokaliteti za »proveru stanja« pri radu ili održavanju [14].

Praktična primena koncepcije POPS sa proverom parametara stanja može se realizovati na motornim vozilima isključivo za one sastavne elemente kod kojih se promena parametara stanja (X) vrši kontinualno u funkciji vremena rada (t), tj.  $X = f(t)$ . Ova koncepcija održavanja je od bitnog značaja

za sastavne elemente motornog vozila kod kojih se javljaju tzv. »postepeni« i »pozni« otkazi, koji se karakterišu rastućim zakonom promene intenziteta otkaza ( $\lambda$ ), a mogu se relativno lako identifikovati ili proceniti za naredni period, kao što su otkazi usled habanja, starenja, korozije i drugih fizičko-hemijskih procesa.

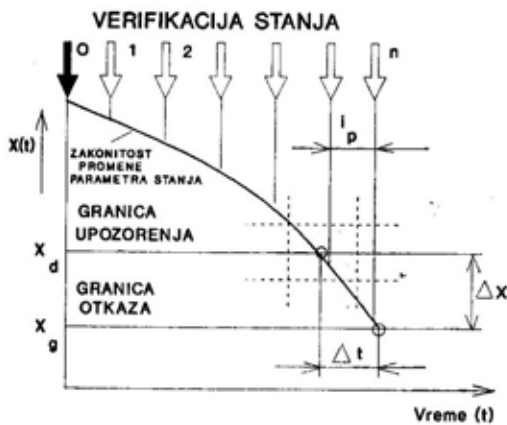
Koncepcija POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti primenjuje se za održavanje savremenih aviona i to onih sastavnih elemenata aviona koji nisu vezani za sigurnost leta [8]. Praktična primena ove koncepcije omogućava sniženje troškova održavanja, pa se zbog toga široko primenjuje u mnogim svetskim avio-kompanijama. Ovu koncepciju održavanja razradila je avio-kompanija »Pan American«, i u novije vreme je potpuno prešla na ovaj model, a koriste ga i ostale avio-kompanije [8].

Pretpostavka je da bi koncepcija POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti mogla naći praktičnu primenu i na motornim vozilima za određene istotipske sastavne elemente sa diskretnom promenom parametara stanja u funkciji vremena, tj.  $X \neq f(t)$ , čiji otkazi ne utiču na funkcionalnu ispravnost vozila i imaju približno konstantan intenzitet otkaza ( $\lambda$ ).

## Karakteristike koncepcije POPS i kriterijumi za njen izbor

*Koncepcija POPS sa proverom parametara stanja motornog vozila*

Teoretska postavka koncepcije POPS sa proverom parametara stanja zasniva se na »pregledu stanja«, odnosno na diskretnom ili kontinualnom »praćenju stanja« sastavnih elemenata motornog vozila i uočavanju ili prognoziranju vremenskog trenutka dostizanja graničnih vrednosti parametara stanja. Prema rezultatima pregleda, odnosno »provere stanja«, preduzimaju se odgovarajući postupci održavanja [2].



Sl. 2 — Konceptija POPS sa proverom parametra stanja  $X(t)$

$\Delta X$  — »signalizaciona tolerancija« parametra stanja

$\Delta t$  — vreme za sprovođenje aktivnosti POPS

$i_p$  — interval »provere stanja«

Konceptija POPS sa proverom parametara stanja ilustrovana je na slici 2 [10], koja prikazuje jedan mogući slučaj zakonitosti promene parametra stanja s dinamikom »provere stanja«, gde su definisane: granica upozorenja ( $X_d$ ) (»predotkazni nivo«) i granica otkaza ( $X_g$ ) koja se utvrđuje eksperimentalno i daje se u normativno-tehničkoj dokumentaciji motornog vozila.

Granica upozorenja predstavlja tzv. dozvoljenu vrednost parametra stanja ( $X_d$ ), a određuje se kao jedan od relevantnih pokazatelja modela POPS sa proverom parametara stanja. Granice upozorenja i otkaza definišu »signalizacionu toleranciju« ( $\Delta X$ ), što dozvoljava vreme ( $\Delta t$ ) za preduzimanje aktivnosti POPS. Signalizaciona tolerancija, dakle, određuje stepen osetljivosti odabrane dijagnostičke metode na parametar stanja i njegovu identifikaciju, u skladu sa zakonom promene parametara stanja posmatranog sastavnog elementa.

Osnovni zadatak POPS je, dakle, »stabilizacija« parametra stanja, tj. sprečavanje njegovog izlaska iz dozvoljenih granica odstupanja, odnosno iz »signalizacione tolerancije«.

Zakonitost promene većine parametara stanja motornog vozila može se izraziti matematičkom zavisnošću [8]:

$$X(t) = V \cdot t^\alpha + X_n \quad (1)$$

gde je:

$V$  — koeficijent koji karakteriše brzinu promene parametra stanja;

$t$  — vreme rada sastavnog elementa motornog vozila;

$\alpha$  — pokazatelj stepena promene parametra stanja (uzima se iz tablica u literaturi);

$X_n$  — nominalna (početna) vrednost parametra stanja.

Jedan od karakterističnih modela POPS sa proverom parametara stanja, koji je formiran modeliranjem postupka retrospekcije, dijagnostike i prognostike opisan je u [9]. Kod ovog modela u koraku retrospekcije proučava se tendencija zakonitosti promene parametra stanja, u koraku dijagnostike ocenjuje se stanje sastavnog elementa u datom trenutku vremena, dok se u koraku prognostike prognozira, odnosno određuje tendencija promene parametra stanja u narednom periodu rada.

Dijagnostika stanja ima zadatak da utvrdi stanje sastavnog elementa bez njegovog rasklapanja, što se rešava na osnovu merenja dijagnostičkog parametra koji je povezan sa strukturnim parametrom matematički definisanom regresivnom krivom [9]. Treba naglasiti da se model POPS sa proverom parametra stanja može koristiti i kod sastavnih elemenata koji nemaju adekvatan dijagnostički parametar. U tom slučaju se dijagnostika stanja zanemaruje i model sačinjavaju retrospekcija i prognostika. Pri proveri stanja direktno se meri strukturni parametar, pa se na osnovu toga određuje vreme sledeće »provere stanja«.

Osnovna idejna zamisao pri formiranju modela POPS sa proverom parametara stanja jeste da se na osnovu

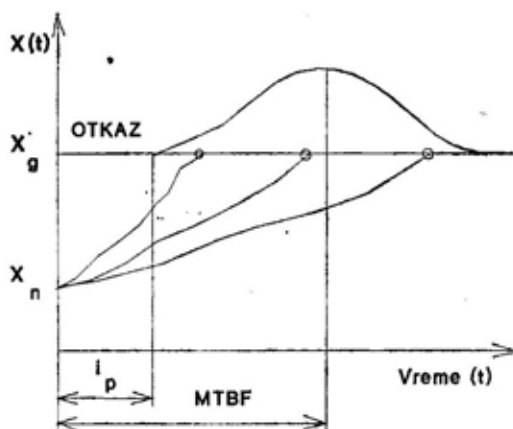
izmerenih vrednosti parametra stanja sastavnog elementa motornog vozila reše dva osnovna pitanja održavanja:

— kada treba izvršiti sledeću »proveru stanja«, i

— kada treba sprovesti odgovarajuće postupke održavanja da bi se obezbedio zadati nivo pouzdanosti.

Kriterijum za primenu POPS sa proverom parametara stanja može se odrediti iz odnosa intervala »provere stanja« ( $i_p$ ) i srednjeg vremena rada sastavnog elementa motornog vozila između otkaza ( $t_m$ ) (engleski MTBF).

Primena POPS sa proverom parametara stanja može da bude efektivna u slučaju kada raspored ponovljenih tokova promene nekog parametra stanja ima široko rasturanje, kao što je prikazano na slici 3. U ovom slučaju, dužina intervala »provere stanja« ( $i_p$ ) znatno je manja od MTBF ( $i_p \ll MTBF$ ) [10].

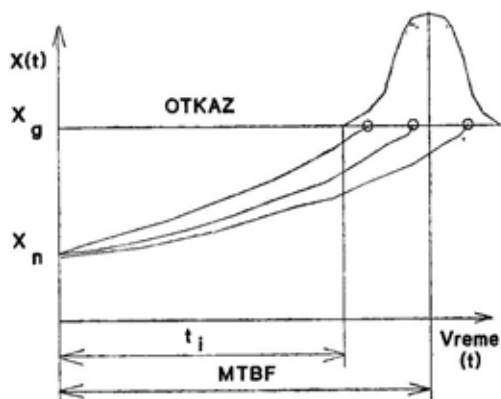


Sl. 3 — Promena parametra stanja  $X(t)$  za primenu POPS

$i_p$  — interval »provere stanja«  
 MTBF — srednje vreme između otkaza

Nasuprot prethodnoj situaciji, na slici 4 ilustrovan je raspored ponovljenih tokova promene parametra stanja kod kojeg je malo rasturanje podataka o MTBF, a interval preventivnog odr-

žavanja »po vremenu« ( $t_i$ ) nije znatno manji od MTBF, pa ćemo u ovom slučaju primeniti preventivno održavanje »po vremenu« [10],



Sl. 4 — Promena parametra stanja  $X(t)$  za primenu preventivnog održavanja »po vremenu«

$t_i$  — interval preventivnog održavanja »po vremenu«

MTBF — srednje vreme između otkaza

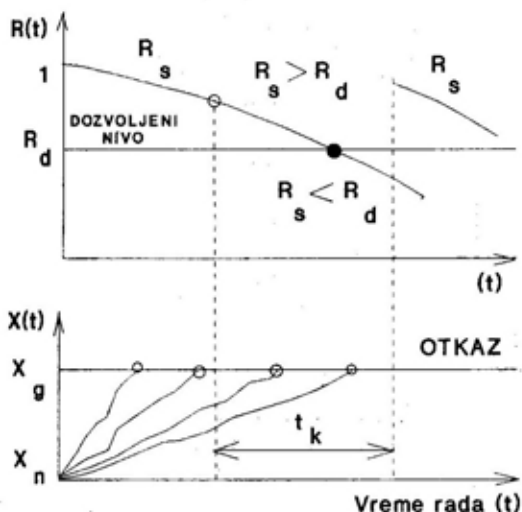
### Koncepcija POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti sastavnih elemenata motornog vozila

Koncepcija POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti svodi se na princip da se istotipski sastavni elementi motornog vozila koriste bez ograničenja resursa za održavanje, uz izvršenje neophodnih aktivnosti korektivnog održavanja, sve dok je stvarni nivo pouzdanosti ( $R_s$ ) veći od dozvoljenog nivoa pouzdanosti ( $R_d$ ), slika 5.

Dakle, kod POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti, kriterijum stanja istotipskih sastavnih elemenata motornog vozila je dozvoljeni nivo pouzdanosti ( $R_d$ ) koji se izražava pokazateljem pouzdanosti. Za rešenje postavljenog zadatka takav pokazatelj mora posedovati maksimum informacija o stanju sastavnog elementa, mora biti pogodan za obavljanje uporedne analize, a, isto tako, mora biti kritičan prema promenama procesa eksploatacije motornog



vozila u celini. Tim zahtevima najpotpunije može odgovarati kretanje intenziteta otkaza ( $\lambda$ ) [8].



Sl. 5 — Konceptija POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti  $R(t)$ .

$R_s$  — stvarni nivo pouzdanosti

$R_d$  — dozvoljeni nivo pouzdanosti

$t_k$  — periodičnost kontrole nivoa pouzdanosti

Naročito mesto kod POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti zauzima izbor dozvoljenog nivoa pouzdanosti ( $R_d$ ). Za početak primene modela POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti moguće je određivanje dozvoljenog nivoa pouzdanosti ( $R_d$ ) za istotipske sastavne elemente motornog vozila na osnovu iskustva u procesu eksploatacije za prethodnih 3—5 godina, a u funkciji optimalnih troškova održavanja. Može se preporučiti primena periodičnosti kontrole nivoa pouzdanosti grupe istotip-skih elemenata određenog skupa motornih vozila, npr. kvartalno, godišnje, i sl.

U slučaju kada se prilikom kontrole nivoa pouzdanosti ustanovi da se stvarni nivo pouzdanosti ( $R_s$ ) ne nalazi u granicama utvrđenih (dozvoljenih) normi, tj. ako je  $R_s < R_d$ , obavlja se a-

naliza uzroka odstupanja i preduzima-ju se mere za povećanje nivoa pouzda-nosti.

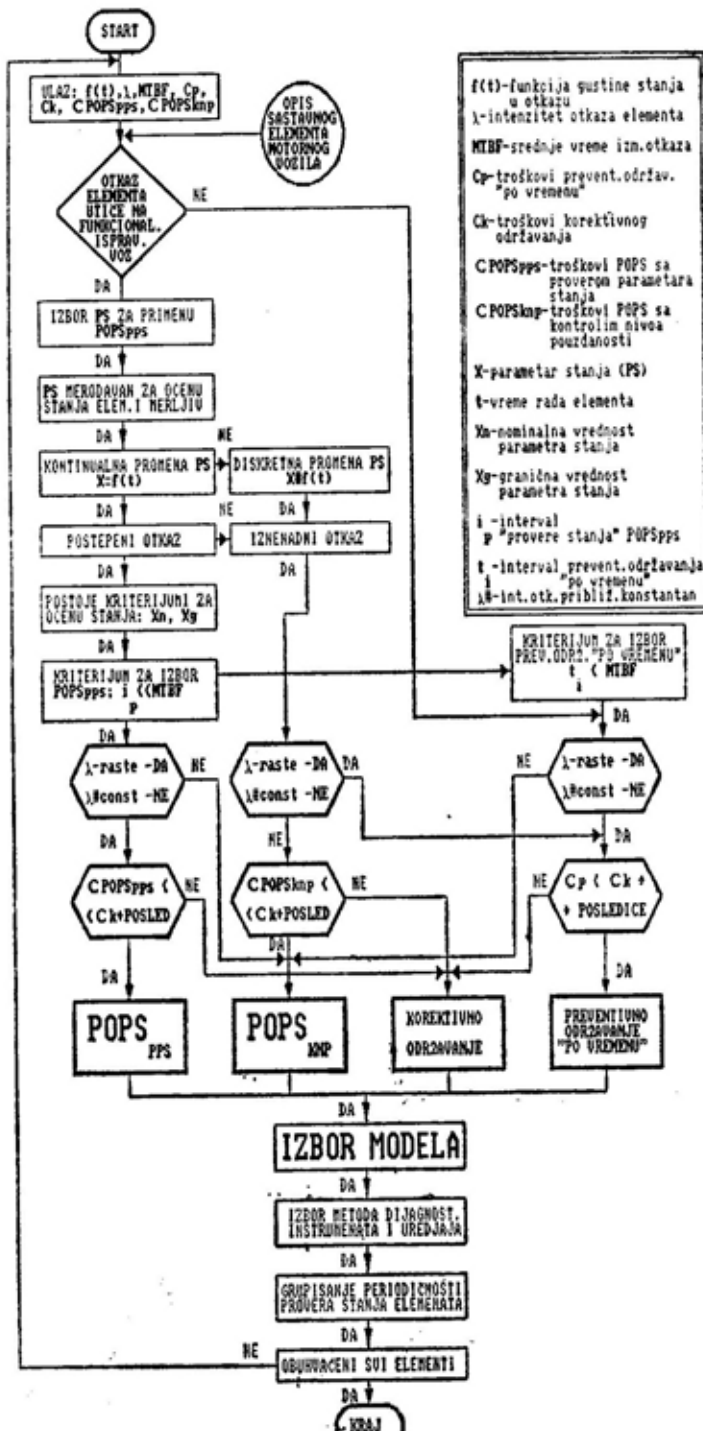
### Algoritam za izbor najbolje koncepcije održavanja motornih vozila

Polazeći od opisanih karakteristika i kriterijuma za izbor odgovarajuće koncepcije održavanja, metodom *sistemskog prilaza* vrši se izbor najbolje koncepcije održavanja za pojedine sastavne elemente motornog vozila, čiji je algoritam prikazan na slici 6. Izbor najbolje koncepcije u smislu primene POPS sa proverom parametara stanja, POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti, preventivnog održavanja »po vremenu« ili korektivnog održavanja uslovljen je nizom uticaja tehničkog i ekonomskog karaktera. Osnovno opredeljenje u odnosu na tehničke karakteristike motornog vozila sprovodi se na osnovu karaktera intenziteta otkaza, tj. ako je intenzitet otkaza u vremenskoj bazi rastuća funkcija, treba primeniti preventivno održavanje. Opredeljenje u odnosu na ekonomske karakteristike motornog vozila vezano je za analizu odnosa odgovarajućih troškova održavanja [6].

U skladu sa podacima o pokazateljima pouzdanosti, matematičkim zakonitostima promene parametara stanja, »konstrukcijskoj« pogodnosti za održavanje, troškovima održavanja, i dr., moguće je izvršiti izbor najbolje koncepcije održavanja, a zatim i odgovarajući model održavanja za primenu na motornim vozilima [9, 13].

Prilikom izbora koncepcije i modela održavanja, potrebno je, pre svega, ispitati pokazatelje pouzdanosti: funkciju gustine pojave stanja u otkazu  $f(t)$ , intenzitet otkaza ( $\lambda$ ) i srednje vreme između otkaza (engleski MTBF).

Odluka o pogodnosti primene neke koncepcije održavanja mora se doneti za svaki sastavni element posebno. Zbog toga je neophodno »dekomponovanje«



Sl. 6 — Algoritam za izbor koncepcije sistema održavanja motornog vozila

motornog vozila na sastavne elemente. Analiza uticaja pojedinih elemenata na pouzdanost započinje funkcionalnom analizom strukture motornog vozila u kojoj se svi sastavni elementi dele u grupe, zavisno od karaktera uticaja promene parametara stanja na funkcionisanje motornog vozila. U toj logičkoj strukturnoj analizi mogu se identifikovati sledeće četiri osnovne grupe parametara stanja ([16]:

— *I grupa*: parametri čije odstupanje dovodi do ugrožavanja bezbednosti motornog vozila u saobraćaju (nekih elemenata sistema za kočenje, uređaja za upravljanje, i dr.);

— *II grupa*: parametri čije odstupanje utiče na nivo gotovosti, odnosno raspoloživosti motornog vozila;

— *III grupa*: parametri čije odstupanje dovodi do havarije motornog vozila (to su parametri sigurnosti: pritisak, temperatura, itd.);

— *IV grupa*: parametri čije odstupanje dovodi do narušavanja tolerancija određenih pri projektovanju motornog vozila.

Za identifikovane grupe parametara stanja razmatra se, u koraku izbora modela održavanja, izbor odgovarajućeg kriterijuma optimizacije procesa održavanja, tj. primenjuju se modeli preventivnog održavanja na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti, minimalnih troškova održavanja ili višekriterijumska analiza.

Ako otkaz sastavnog elementa motornog vozila utiče na pouzdanost vozila u radu i u smislu njegove funkcionalne ispravnosti, pri porastu intenziteta otkaza ( $\lambda$ ) primeniće se model POPS sa proverom parametara stanja ili preventivno održavanje »po vremenu«.

Sledeći korak analize jeste da se za svaki element, na osnovu praktičnog iskustva i analitičkih razmatranja utvrde moguće vrste otkaza. Za svaku vrstu otkaza (postepeni ili iznenadni otkaz) sledi algoritam odlučivanja, prema slici 6.

Kao što se vidi sa slike 7, područje primene koncepcije preventivnog održavanja »po vremenu« je, u principu, određeno rastućom funkcijom intenziteta otkaza (period III na slici 7). To su tzv. »pozni« otkazi koji obično potiču od starenja, korozije, zamora, habanja i drugih procesa slabljenja osnovne strukture materijala, a karakterišu se progresivnim ili rastućim zakonom promene intenzitetu otkaza ( $\lambda$ ). Za primenu koncepcije preventivnog održavanja »po vremenu«, osnovni kriterijumi za izbor su: ne postoji efektivna koncepcija POPS i u porastu su otkazi elementa.

Naravno, prisutni su i tzv. slučajni (»iznenadni«) otkazi, koji predstavljaju rezultat »normalnog« habanja sastavnih elemenata motornog vozila, kao i raznih vrsta preopterećenja, nepropisnog rukovanja i drugih slučajnih činioca, a za koje je intenzitet otkaza tokom vremena korišćenja motornog vozila približno konstantan (period II na slici 7), a javljaju se i tzv. »rani« (»ugrađeni«) otkazi (period I na slici 7).

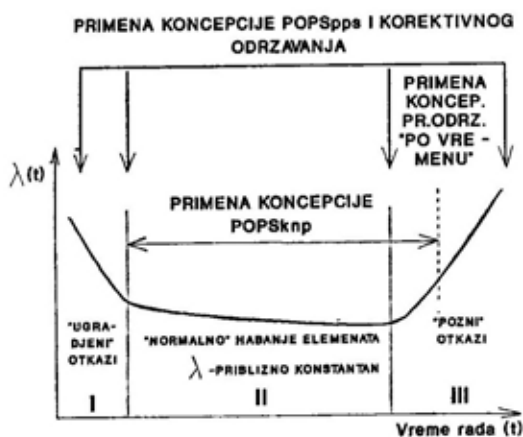
Prema [8], za istotipske sastavne elemente sistema, sa približno konstantnim intenzitetom otkaza ( $\lambda$ ) primeniće se koncepcija POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti (period II na slici 7). Za sastavne elemente motornog vozila područje primene ove koncepcije može biti prošireno i na početni deo perioda III na slici 7, koji se karakteriše rastućim zakonom promene intenziteta otkaza ( $\lambda$ ).

Za elemente sa konstantnim intenzitetom otkaza ( $\lambda$ ) uvek će se primeniti korektivno održavanje.

Prema [11], »pregledi stanja«, odnosno koncepcija POPS sa proverom parametara stanja može i mora se sprovesti u sva tri perioda (slika 7).

Da bi se primenila koncepcija POPS sa proverom parametara stanja, potrebno je da se identifikuje jedan (ili više) parametar stanja, merodavan za stanje jednog elementa, i da se on može meriti. Potrebno je, zatim, da se de-

finiše zakonitost promene parametra stanja u funkciji vremena rada, te da se ustanove relevantne granice otkaza, koje se zasnivaju na prethodnom iskustvu.



Sl. 7 — Dijagram intenziteta otkaza  $\lambda(t)$  — kriterijum za izbor koncepcije održavanja motornog vozila

Model POPS sa proverom parametara stanja može se primeniti na elemente kod kojih otkaz nastaje »postepeno«, a ne »iznenada« [13]. Za »postepeni« otkaz karakteristična je određena zakonitost kontinualne promene parametra stanja u funkciji vremena rada koja prethodi otkazu, tj. dolazi do tzv. »akumulacije« oštećenja. Kod »iznenadnog« otkaza, kontinualna promena parametra stanja praktično ne postoji.

U slučaju kada su minimalni troškovi održavanja sastavnog elementa motornog vozila kriterijumska funkcija, sledeći korak pri izboru koncepcije održavanja sprovodi se analizom troškova održavanja, pri čemu troškovi primene date koncepcije preventivnog održavanja moraju biti manji od troškova korektivnog održavanja i njegovih posledica. Postupak odlučivanja kod izbora koncepcije održavanja u slučaju primene kriterijuma minimalnih troškova održavanja definisan je algoritmom na slici 6.

Konačno, za svaki definisani parametar stanja ili kombinaciju parametara bira se odgovarajući model koncepcije održavanja, a zatim sledi izbor metoda dijagnostike i instrumenata i uređaja.

Ako bi se postupci POPS izvodili strogo po »lokalnim« periodičnostima za pojedine sastavne elemente vozila, bili bi veći troškovi, smanjila bi se operativna gotovost, nastali bi problemi u organizaciji održavanja, i sl. Zbog toga se, umesto periodičnosti »provere stanja« pojedinačnog elementa, vrši optimalno grupisanje »provera stanja«, odnosno određuje se periodičnost »provere stanja« za grupu elemenata [13].

### Izbor modela POPS

Modeli koji uprošćeno interpretiraju proces i sistem održavanja nazivaju se modelima održavanja [2]. Pomoću modela određuju se vrednosti parametara odabrane koncepcije — interval vremena ( $t_i$ ) ako je u pitanju preventivno održavanje »po vremenu« ili interval »provere stanja« ( $i_p$ ) i dozvoljena vrednost parametra stanja ( $X_d$ ) ako je odabrana koncepcija POPS sa proverom parametara stanja, i dr.

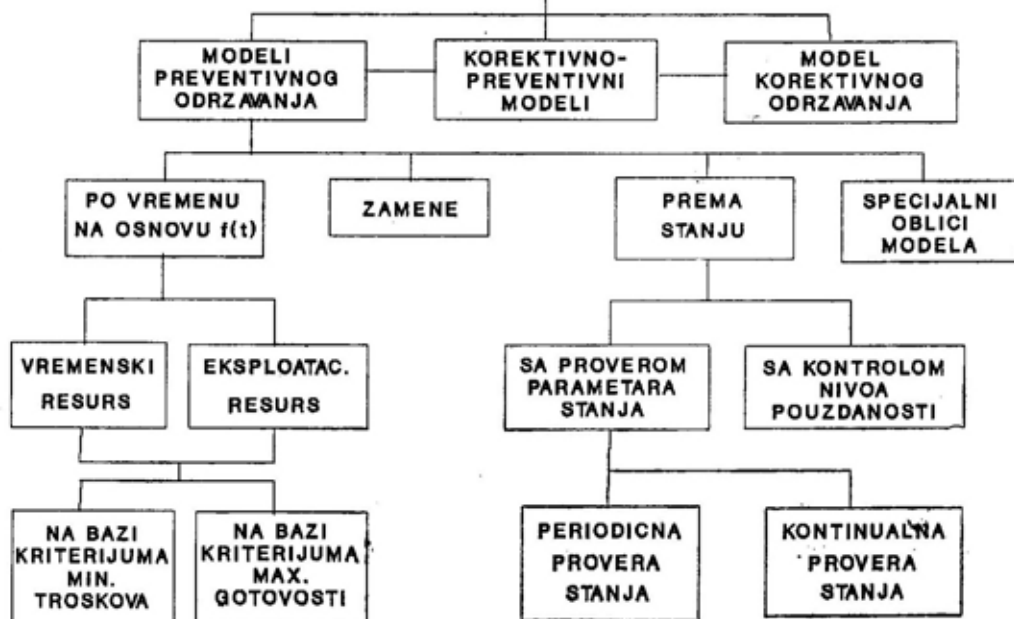
Kriterijumi pomoću kojih su definisani pojedini modeli održavanja prikazani su na slici 8 [9].

I pored velikih međusobnih razlika, modeli POPS imaju izvesna zajednička obeležja [2, 9]:

— počivaju na kontinualnoj promeni parametara stanja i pokazateljima pouzdanosti, što znači da je za optimizaciju procesa održavanja bitan preduslov poznavanje matematičkih zakonitosti promene parametara stanja i zakonitosti pouzdanosti elemenata i sistema u celini;

— prvenstveno obuhvataju koncepcijska obeležja sistema održavanja, odnosno efekte primene koncepcije POPS. Ređe se modelima obuhvataju i

# MODELI ODRZAVANJA



Sl. 8 — Kriterijumi za razvoj modela održavanja motornih vozila;  $f(t)$  — funkcija gustine stanja u otkazu

osobine sistema održavanja sa stanovišta organizacije i tehnologije, što umanjuje stvarne mogućnosti optimizacije;

— počivaju na bazi kriterijuma optimizacije, koji se odnose, prvenstveno, na koncepciju održavanja, kao što su minimalni troškovi ili maksimalna gotovost. U literaturi nisu dostupni matematički modeli koji povezuju kriterijume gotovosti i troškova — kao kompromisno rešenje optimizacije, odnosno razmena koje ide od jednog u korist drugog kriterijuma (engleski »Trade Off«), kojem se teži [9]. Naime, ako bi želeli da, istovremeno, uzmemo u obzir kriterijume maksimalne gotovosti motornog vozila i minimalnih troškova održavanja javio bi se kontradiktoran problem, koji je matematički nerešiv, jer se ne može postići maksimalna gotovost uz minimalne troškove održavanja. Ume-

sto toga, moguće je: (1) postići maksimalnu gotovost pri zadatim troškovima održavanja ili (2) minimizirati troškove održavanja pri zadatoj gotovosti motornog vozila. Dakle, ili gotovost ili troškovi održavanja moraju se unapred zadati, a samo jedna od tih dveju veličina može se optimizirati.

— nedostatak skoro svih modela održavanja jeste što su do sada razvijeni za »pojedine« elemente [7]. Postavlja se problemsko pitanje: kako organizovati optimalni proces POPS za složeni sistem, kao što je, na primer, savremeno terensko neborbeno motorno vozilo sa  $(15-18) \cdot 10^3$  sastavnih elemenata?

Rešenje se mora tražiti u optimizaciji provere parametara stanja grupe sastavnih elemenata, što rezultira sniženjem troškova održavanja.

## Jedan model preventivnog održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti

### Postavke i definicije

Pretpostavka je da bi model POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti (POPS<sub>knp</sub>), koji je opisan u [8], i koristi se u vazduhoplovstvu, mogao naći praktičnu primenu i na motornim vozilima za određene istotipske sastavne elemente.

Odgovarajuća matematička interpretacija koncepcije POPS<sub>knp</sub> poslužila je za formiranje modela kojim je moguće kontrolisati nivo pouzdanosti sastavnih elemenata sistema u procesu eksploatacije.

U ovom modelu se, kao pokazatelj pouzdanosti, koristi  $\omega(t)$  — parametar toka otkaza (vremenski trenuci pojave otkaza formiraju neki tok koji može da se nazove tokom otkaza). U svojstvu toka otkaza koristi se »vodeća funkcija«  $\omega(t)$  datog toka — to je matematičko očekivanje broja otkaza za vreme  $t$ :

$$\omega(t) = M \cdot r(t) \quad (2)$$

gde je:

$r(t)$  — broj otkaza za vreme  $t$ .

Teoretska postavka modela POPS<sub>knp</sub> zasniva se na Poasonovoj raspodeli slučajno promenljive veličine [3]:

$$p = \frac{r^n}{n!} e^{-r} \quad (3)$$

Kod Poasonove raspodele (3) određuje se verovatnoća ( $p$ ) da će od ukupno » $r$ « očekivanih pojava biti » $n$ « određenih pojava, gde je  $n=0, 1, 2, \dots$ ;  $n!$  = faktorijel bilo kojeg realnog broja  $n$ .

### Matematički model POPS<sub>knp</sub>

Polazni parametri za ovaj model su [8]:

$n_s$  — stvarni broj otkazta istotipskih elemenata sistema za praćeni period eksploatacije;

$t_{sr}$  — srednje vreme »u radu« elementa;

$N$  — broj posmatranih sistema;

$a$  — broj istotipskih elemenata u sistemu čiji se nivo pouzdanosti kontroliše.

Nivo pouzdanosti skupa istotipskih elemenata kontroliše se putem upoređivanja stvarnog broja otkaza istotipskih elemenata posmatranog skupa sistema ( $n_s$ ) s »gornjom granicom regulacije« (GGR), u čijim granicama praćeni broj otkaza ima slučajni karakter.

Gornja granica regulacije zasniva se na krivoj raspodele po Poasonu i određuje se sa usvojenom verovatnoćom ( $p_z$ ) i gornjom granicom otkaza ( $n_{max}$ ), prema [8]:

$$p_z = \sum_{n=0}^{n_{GGR}} \frac{(\omega_s \cdot N \cdot t_{sr} \cdot a)^n}{n!} \exp(-\omega_s \cdot N \cdot t_{sr} \cdot a)^n \quad (4)$$

gde je:

$\omega_s$  — planirani parametar toka (kretanja) otkaza (to je, u stvari, dozvoljeni nivo pouzdanosti), koji se za početak primene modela POPS<sub>knp</sub> određuje na osnovu iskustva, odnosno ispitivanjem eksploatacije sistema u prethodnom vremenskom periodu (3—5 godina);

$p_z=0,975$  — zadati nivo verovatnoće gornje granice broja otkaza prema literaturi [8].

Uvrštavanjem vrednosti polaznih parametara u jednačinu (4) i njenim rešavanjem dobija se vrednost GGR.

Kontrola nivoa pouzdanosti ostvaruje se upoređivanjem veličina ( $n_s$  i (GGR), što služi kao »signal modela« POPS<sub>knp</sub>, na bazi kojeg se donose odluke. Ako se konstatuje da je  $n_s < GGR$ , produžava se primena modela POPS<sub>knp</sub>. Ako je  $n_s > GGR$ , preduzimaju se mere

za povećanje nivoa pouzdanosti elemenata (menja se periodičnost kontrole, ispituje se uzrok otkaza, menjaju se uslovi eksploatacije, i sl.) i proverava ekonomska pogodnost tih mera. Ako preduzete mere daju nepovoljan rezultat, razmatra se konstrukcijski nedostatak elemenata. U slučaju da se ne usvoji povećanje nivoa pouzdanosti, prelazi se na model preventivnog održavanja »po vremenu« ili korektivno održavanje.

Model POPS<sub>knp</sub> realizuje se na bazi obrade statističkih podataka o pouzdanosti sistema tokom celog perioda eksploatacije korišćenjem računara.

### Primer

Primenu modela POPS<sub>knp</sub> pokazaćemo na realnom primeru.

Radi obezbeđenja i održavanja zadatog nivoa pouzdanosti, za skup istotipskih kotrljajnih ležišta jednog sklopa motornog vozila, na osnovu podataka o njihovim otkazima, za prethodni 1-godišnji period eksploatacije datog skupa motornih vozila, primenićemo model POPS<sub>knp</sub>.

Polazni podaci za matematički model (4) su sledeći:

- N=30 — broj motornih vozila;
- a=2 — broj istotipskih kotrljajnih ležišta u sklopu;
- n=3 — stvarni broj otkaza kotrljajnih ležišta za prethodni jednogodišnji period eksploatacije;
- t<sub>sr</sub>=800 [h] — srednje vreme »u radu« kotrljajnog ležišta;
- ω<sub>s</sub>=4,2 · 10<sup>-5</sup> — parametar toka kretanja otkaza kotrljajnih ležišta, određen praćenjem trogodišnjeg perioda eksploatacije skupa motornih vozila;
- p<sub>x</sub>=0,975 — zadati nivo verovatnoće gornje granice broja otkaza prema literaturi [8].

Uvrštavanjem polaznih podataka u jednačinu (4) i njenim rešavanjem, dobija se relevantni pokazatelj modela (4), tzv. »gornja granica regulacije« (GGR):

$$0,975 = \sum_{n=0}^{n=GGR} \frac{4,2 \cdot 10^{-5} \cdot 30 \cdot 800 \cdot 2^n}{n!} \exp(-4,2 \cdot 10^{-5} \cdot 30 \cdot 800 \cdot 2^n) = \sum_{n=0}^{n=GGR} \frac{(2)^n}{n!} e^{-2} = e^{-2} + \frac{2}{1!} e^{-2} + \frac{2^2}{2!} e^{-2} + \frac{2^3}{3!} e^{-2} + \dots \quad (5)$$

$$0,975 > 0,1353 + 0,2706 + 0,2706 + 0,1804 + 0,0902;$$

$$0,975 < 0,1353 + 0,2706 + 0,2706 + 0,1804 + 0,0902 + 0,0360;$$

$$GGR \sim 4,5.$$

Na osnovu stvarnog broja otkaza kotrljajnih ležišta (n<sub>s</sub>) i dobijenog rezultata proračuna modela za »gornju granicu regulacije« (GGR), može se postaviti nejednačina modela POPS<sub>knp</sub>:

$$n_s = 3 < GGR = 4,5, \quad (6)$$

koja predstavlja »signal modela«.

Kontrola nivoa pouzdanosti kotrljajnih ležišta ostvaruje se upoređivanjem dobijenih vrednosti n<sub>s</sub> i GGR u nejednačini (6). U ovom primeru je n<sub>s</sub> < GGR, što znači da kontrolisani nivo pouzdanosti zadovoljava, pa je »signal modela« da se nastavlja primena modela POPS<sub>knp</sub>, do sledeće kontrole nivoa pouzdanosti.

### Umesto zaključka

POPS je savremena koncepcija održavanja u intenzivnom razvoju, novi prilaz u održavanju motornih vozila, čijom se uspešnom primenom mogu ostvariti značajni efekti — održati traženi nivo pouzdanosti motornog vozila, istovremeno smanjujući troškove održavanja.

Kod primene POPS treba rešiti relevantna pitanja: *šta, kada i kako pregledati i koje mere, odnosno postupke održavanja, treba preduzeti, vodeći računa o efektivnosti i ekonomičnosti POPS.*

*Ključni su problemi:* izbor minimalnog broja parametara stanja mero-davnih za ocenu stanja sastavnog elementa motornog vozila, definisanje zakonitosti promene parametara stanja u funkciji vremena rada motornog vozila, određivanje pokazatelja pouzdanosti, izbor adekvatnog matematičkog modela POPS i određivanje pokazatelja (izlaznih operacionih karakteristika) odabranog modela (optimalnih vremenskih in-

tervala »provere stanja« ( $i_p$ ), dozvoljene vrednosti parametra stanja ( $X_d$ ), verovatnoće »postepenog« otkaza, dozvoljenog nivoa pouzdanosti ( $R_d$ ) i tzv. »gornje granice regulacije« (GGR), i dr.), »konstrukcijska« neprilagođenost motornih vozila za koncepciju POPS, što se mora rešavati još u fazi razvoja motornog vozila, i dr.

Sistemska prilaz izboru koncepcije i modela održavanja i njihova primena metodom kombinovanja na nivou sastavnih elemenata motornog vozila, predstavlja jedan od mogućih pravaca rešavanja problema optimalnog upravljanja procesima stanja i održavanja motornog vozila.

#### Literatura:

- [1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, JUMV, Beograd, 1993.
- [2] Todorović, J.: Održavanje motornih vozila — Osnovi teorije održavanja, Mašinski fakultet, Beograd, 1984.
- [3] Todorović, J., Zelenović, D.: Efektivnost sistema u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, 1981.
- [4] Todorović, J.: Kočenje motornih vozila, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1988.
- [5] Duboka, C.: Tehnologije održavanja vozila I, Mašinski fakultet, Beograd, 1992.
- [6] Arsenić, Z., Vasić, B.: Efektivnost tehničkih sistema — Rešavanje karakterističnih problema primenom računara, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [7] Gertsbakh, I. B.: Models of preventive maintenance, North-Holland publishing company, Amsterdam-New York-Oxford, 1977.
- [8] Smirnov, N. N., Icković, A. A.: Obsluživanje i remont aviaacionoj tehnici po sastojanju, Transport, Moskva, 1980.
- [9] Minić, S.: Istraživanje modela preventivnog održavanja prema stanju i njihova primena na motornim vozilima, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1988.
- [10] Smit, K.: Why Condition Monitoring? — Condition Monitoring as Part of a Maintenance Concept for Complex Equipment, XIII Konferencija YUMO '86, Beograd, 1986.
- [11] Stanivuković, D., Kecojević, S.: IIS koncepcija održavanja, IIS — prolećni seminar: Savremene koncepcije održavanja, Dubrovnik, 1989.
- [12] Stanivuković, D.: The Future of the Maintenance — An Overview, IFIP Working Conference on Diagnostic and Preventive Maintenance Strategies in Manufacturing Systems, Dubrovnik, 1987.
- [13] Minić, S., Todorović, J.: Izbor koncepcije i modela preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Vojnotehnički glasnik 4, Beograd, 1990.
- [14] Lazović, M.: Prilog definiranju strategije održavanja prema stanju složenih mašinskih sistema, Doktorska disertacija, Visoke vojnotehničke škole KoV JNA, Zagreb, 1989.
- [15] Knežević, J.: Upravljanje procesima održavanja i obnavljanja tehničkih sistema na osnovu teorije pouzdanosti, OMO, Beograd, 1988.
- [16] Đurić, M., i dr.: Koncept razvoja sistema kontrole dinamičkih sistema, Naučno-tehnički pregled 7, Vojnotehnički institut KoV, Beograd, 1990.



## MODEL OBJEKTI — VEZE KAO IZVRŠNA SPECIFIKACIJA

U radu se razmatra model objekti — veze (MOV) kao izvršna specifikacija u razvoju informacionih sistema (IS). U uvodu je istaknut osnovni problem projektovanja informacionih sistema u fazi konceptualnog modeliranja, primenom klasičnih modela podataka. Zatim se obrazlažu motivi za postojanje izvršnih specifikacija koji bi podržavali semantičke modele podataka. Sledi razrada osnovne teme ovog rada kroz iznošenje motiva za izbor MOV kao osnove za razvoj IS i njegovu dalju operacionalizaciju kroz jezik za specifikaciju. U sledećem poglavlju se neformalno definiše jezik za opis i rukovanje podacima u okviru MOV. Na kraju se govori o jednom načinu implementacije ovog jezika. U radu se koncepti MOV ne opisuju detaljno, već se daju samo njihove osnovne karakteristike.

### Uvod

Osnovna teškoća u projektovanju informacionih sistema je semantički jaz između konceptata realnog sistema koji informacioni sistem modeluje i konceptata implementacionog sistema na koje se koncepti realnog sistema moraju sveći prilikom implementacije [8].

Semantički nivo apstrakcije, koje podržavaju klasični modeli podataka koji su realizovani na računaru (hijerarhijski, mrežni i relacioni), jesu, na žalost, bliži konceptima računara nego konceptima čoveka. Zbog toga je potreban izuzetan napor i umeće projektanata da bi uspešno isprojetovali sistem. Da bi se ovaj napor umanjio predloženi su različiti tzv. semantički modeli podataka čiji koncepti su na višem semantičkom nivou. Njihova uloga je, zapravo, da posluže kao intelektualni alat za predstavljanje opisa, specifikacije realnog sistema na osnovu kojeg se radi implementacija, tj. ručno prevođenje sa semantičkog modela na neki implementarni model (model za koji postoji DBMS — Data Base Management System). Osnovna teškoća u vezi sa tim jeste da se isuviše kasno, tek kad se utroši dosta ljudskog rada i ostalih resursa, otkrivaju greške i neadekvatno shvaćeni koncepti realnog sistema. Dodatni problem je još i taj što se održavanje, tj. ispravljanje grešaka, iz-

mene i dopune strukture i procesa informacionog sistema rade direktno na implementacionom modelu, što je proces koji je podložan greškama i zahteva dosta resursa. Posledica toga da je životni ciklus razvoja informacionih sistema izuzetno neproduktivan i skup.

### Izvršne specifikacije u modeliranju podataka

Uzrok svemu tome što je specifikacija, opis realnog sistema, nedovoljno precizna i jasna, odnosno, modeli podataka koji služe za specifikaciju nisu dovoljno formalni. Pogotovo što za operaciju modela nisu formalno date sintaksa i semantika. Upotreba formalnih specifikacija pruža niz prednosti u odnosu na informalne. Ona služi kao komunikacioni medijum između korisnika i projektanta. Osim toga, kompletnost i konzistentnost specifikacije, kao i korektnost implementacije u odnosu na specifikaciju može se formalno proveriti i dokazati.

Dakle, specifikacija je važna tehnika softverskog inženjerstva koja se koristi za opis ponašanja željenog sistema. U konvencionalnom razvoju softvera postoji vrlo dugo vreme između specifikacija softverskih zahteva i pojave nečega što može biti izvršeno i testirano. Jedno korisno proširenje teh-

nologije specifikacija je upotreba izvršnih specifikacija kao pristupa za vreme razvoja softvera. Cilj je preliminarna implementacija sistema koji može biti brzo generisan i lako modifikovan. Pošto se modeliranje podataka može posmatrati kao deo softverskog inženjerstva, onda se ista tehnologija može i primeniti.

Cilj ovog rada je davanje doprinosa formalnoj definiciji jednog od najpopularnijih semantičkih modela podataka — (modela objekti-veze) i jezika za definiciju i rukovanje podacima u okviru ovog modela podataka. Kada se jezik formalno definišu sintaksa i semantika, onda se može napraviti njegov interpreter. Na taj način, specifikacija postaje prototip. U daljem tekstu se objašnjava motivacija za izbor modela objekti-veze kao modela za operacionalizaciju.

### **ER pristup — istorijska perspektiva i dalji pravci**

Model objekti-veze (izvorno Entity-Relationship Model — ERM) koji je prvi put objavljen u Chenovom članku [1] jedan je od prvih i najpopularnijih semantičkih modela podataka. Ovaj model se kraće naziva MOV ili ERM. Upotreba MOV dovela je do tzv. ER pristupa u projektovanju informacionih sistema i softverskom inženjerstvu. Početne motivacije za razvoj ER pristupa su [2]:

- (1) potreba za jedinstvenim modelom podataka;
- (2) potreba za metodologijom logičkog projektovanja baze podataka (BP),
- (3) potreba za prevođenju podataka između različitih DBMS-a.

Glavni razlozi za dalju široku primenu i popularnost ER pristupa su:

- (1) koncepti MOV (objekti, veze, atributi) su jednostavni, laki za razumevanje, ali prirodni i snažni koncepti za modeliranje i percepciju realnog sveta,

(2) on pokazuje da tri konvencionalna (hijerarhijski, drežni i relacioni) modela podataka mogu biti izvedeni iz semantički bogatijeg — ER modela, i

(3) koncepti ER modela su formalizovani i predstavljaju osnovu za dalje istraživanje [2].

Učesnici 5. Internacionalne konferencije o ER pristupu, u Dijonu, novembra 1986, istakli su i sledeće prednosti ER pristupa [3]:

- konstrukti ER pristupa su pogodniji za konceptualno modeliranje od drugih modela podataka. Tako, relacioni model usmerava pažnju ljudi sa realnog problema na »stvari koje nisu važne — kao što je normalizacija«. ER pristup, takođe, eksplicitno podržava strukturu posmatranih objekata ne samo u terminima entiteta već, takođe, atributa i veza (koji su često odsutni kod drugih modela podataka). ER pristup omogućuje i strukturu atributa, što je korisno, jer često »atribut« na prvi pogled nije atomski;
- ER pristup dopušta top-down pristup sistem-analizi. On omogućuje prvo uočavanje najvažnijih objekata, koji se tada obogaćuju sa atributima i kasnije normalizovanim strukturama podataka;
- ER pristup je vrlo korisna tehnika za planiranje razvoja informacionih sistema. On pomaže odgovoru na pitanje koju fazu (segment) prvo implementirati;
- jedna značajna prednost ER pristupa u odnosu na relacioni model je izražajna snaga ER dijagrama;
- ER pristup čini, takođe, lakšim analizu događaja u sistemu. Analitičari, na primer, mogu videti kako poslovni događaji utiču na poslovne objekte u terminima operacija kreiranja, ažuriranja i brisanja;
- popularnost ER pristupa kod softverskih projektanata je u porastu i on je geografski univerzalan. Zbog toga je relativno sigurna komercijalna investicija.

Sve to je, svakako, uticalo na izuzetnu popularnost i interesovanje za MOV i ER pristup uopšte, kako u akademskim, tako i u poslovnim krugovima. To se, naravno, odrazilo na obim i intenzitet istraživanja na ovom polju. Na ovom mestu ćemo nešto više reći o naporima koji su učinjeni na polju razvoja i implementacije jezika i DBMS-a zasnovanih na MOV. To je usko povezano sa temom ovog rada. Može se reći da je u proteklih desetak godina veća pažnja poklanjana korišćenju MOV kao alatke za projektovanje baze podataka već postojećih hijerarhijskih, mrežnih ili relacionih DBMS-a, nego implementaciji ER DBMS-a.

Da bi jezici i DBMS, zasnovani na ER modelu, postali stvarni izazov, na primer relacionim DBMS, ER pristup mora, verovatno, potpuno iskoristiti prednosti vrlo bogatih struktura podataka sadržanih u MOV i njegovim proširenjima. Primeri takvih struktura podataka su: višeznačni atributi, kompleksni atributi, koncept uloge, koncept generalizacije,  $n$ -arne ( $n > 2$ ) veze. Realizacija ovih ciljeva znatno bi doprinela smanjenju semantičkog jaza pri modeliranju realnog sistema, o čemu je bilo reći na početku. To bi doprinelo, takođe, adekvatnijim sistemima za upravljanje bazama podataka i činili lakšim generisanje prototipa aplikacije kroz izvršne specifikacije. Može se reći da većina postojećih upitnih jezika, zasnovanih na MOV, ne sadrže konstrukte za eksplicitno rukovanje ER strukturama podataka. Ipak, neki sistemi kao ECRIN '86 [4] i NETUL [5] sadrže mehanizme koji omogućuju rukovanje ER strukturama podataka.

Ne upuštajući se u dublju analizu predloženih jezika i DBMS-a, koji bi trebalo da podrže MOV, možemo navesti sledeće nedostake:

- mada postoji niz radova, nije usaglašeno šta je osnova za manipulaciju, odnosno koji tipovi koncepata mogu biti operandi;

- većina radova ne daje potpuni skup operatora nad strukturom MOV;
- nema formalne specifikacije jezika;
- implementacioni aspekti često nisu razmatrani;
- ograničenja ER modela kojeg podržavaju (model dopušta samo binarne veze, samo su atomski atributi dopušteni, nisu podržani koncepti specijalizacije i generalizacije, i dr.);
- predložena algebra je vrlo blizu relacione i ne razmatra specifičnosti ER pristupa;
- operacijama ažuriranja i održavanja integriteta poklanjana je mala pažnja.

Sve to nameće potrebu razvoja sopstvenog mehanizma formalizacije i implementacije MOV, kojim bi se izbegle neke od navedenih slabosti. Dobro razrađeni mehanizam omogućio bi relativno laku modifikaciju i poboljšanje samog modela podataka i jezika za njegovu specifikaciju. To je veoma važno, jer se u poslednje vreme nameće potreba za novim proširenjima MOV koja bi omogućila njegovu adekvatnu primenu u oblastima kao što su: modeliranje dinamičkih aspekata informacionih sistema, modeliranje kompleksnih objekata (CAD/CAM aplikacije, automatizacija uređa, projektovanje VLSI, i dr.) kombinacija ER pristupa sa lingvističkim pristupom, itd.

### Osnovni koncepti modela objekti-veze

Model objekti — veze je dobro obrađen u literaturi (npr. u [9, 10]) i u ovom radu nisu detaljno obrađeni koncepti ovog modela podataka. Daju se samo osnovne karakteristike koncepata MOV zbog kompletnosti. Struktura modela objekti — veze predstavlja se *dijagramima objekti — veze (DOV)*. Na sl. 1 se vidi DOV za konkretni primer koji ćemo koristiti u daljem tekstu i na njemu su prikazani osnovni koncepti ovog modela podataka.

U MOV sistem se opisuje kao skup objekata i njihovih veza. Pojedinačni objekti (entitet) u sistemu se klasifikuju (apstrakcije, klasifikacije-tipizacije) u tipove objekata. Tip objekta je opšti predstavnik neke klase, a svaki pojedinačni objekat predstavlja jedno pojavljivanje (primerak) datog tipa. Tipovi objekata u našem primeru (sl. 1) jesu, na primer, jedinica, slušalac, nastavnik, i dr.

Veze u modelu opisuju način povezivanja objekata. Svaki tip veze između dva objekta definiše dva preslikavanja, preslikavanja sa skupa pojavljivanja prvog objekta u skup pojavljivanja drugog objekta i (inverzno) preslikavanje sa skupa drugog objekta u skup prvog objekta. Svakom preslikavanju u vezi mogu se dodeliti imena. Npr. veza Sl-Pr ima preslikavanja

Sluša: SLUŠALAC → PREDMET, (za svakog slušaoca daje predmete koje sluša).

SlušanOd: PREDMET → SLUŠAOC (za svaki predmet daje slušaoca koji ga slušaju).

Ovde se može uočiti da postoji mogućnost uspostavljanja više tipova veza između istih tipova objekata (veze Sl-Pr i POLOŽIO između objekata SLUŠALAC i PREDMET). Jedna od bitnih karakteristika veza između objekata je kardinalnost preslikavanja koja je čine, npr. kardinalnost preslikavanja definiše se parom (DG, GG), gde DG (donja granica) daje najmanji mogući, a GG (gornja granica) najveći mogući broj pojavljivanja tipa objekta PREDMET za jedno pojavljivanje tipa objekta SLUŠALAC. Ovde mora biti zadovoljen uslov  $DG \leq GG$ .

Svaka binarna veza je definisana sa dva preslikavanja. Nazivi ovih preslikavanja značajno opterećuju sam DOV, pa se mogu izostaviti, a u specifikaciji operacija nad preslikavanjem uloga imena preslikavanja mogu preuzeti imena njihovih kodomena. Zbog toga se u DOV unose obično samo nazivi veza i kardinalnost preslikavanja.

*Atribut i domen.* Objekti u sistemu se opisuju preko svojih ATRIBUTA (svojtava). Na primer, atributi objekta SLUŠALAC su IME, PREZIME, BR IND. Atributi uzimaju vrednost iz skupa mogućih vrednosti. Ovi skupovi se nazivaju domenima. Na primer, atribut *BrInd* uzima vrednosti iz skupa mogućih brojeva indeksa. Uz određene pretpostavke imena atributa i domena se mogu izjednačiti, što je i učinjeno na sl. broj 1. Formalno se atribut može predstaviti kao preslikavanje iz skupa objekata datog tipa u skup vrednosti (domen). U zavisnosti od kardinalnosti preslikavanja postoje, različite vrste atributa:

a) jednoznačni atribut objekta ( $DG = 1$  i  $GG = 1$ );

b) identifikator objekta (i kod inverznog preslikavanja  $DG = 1$  i  $GG = 1$ ) — na slici je pored njih stavljena '\*';

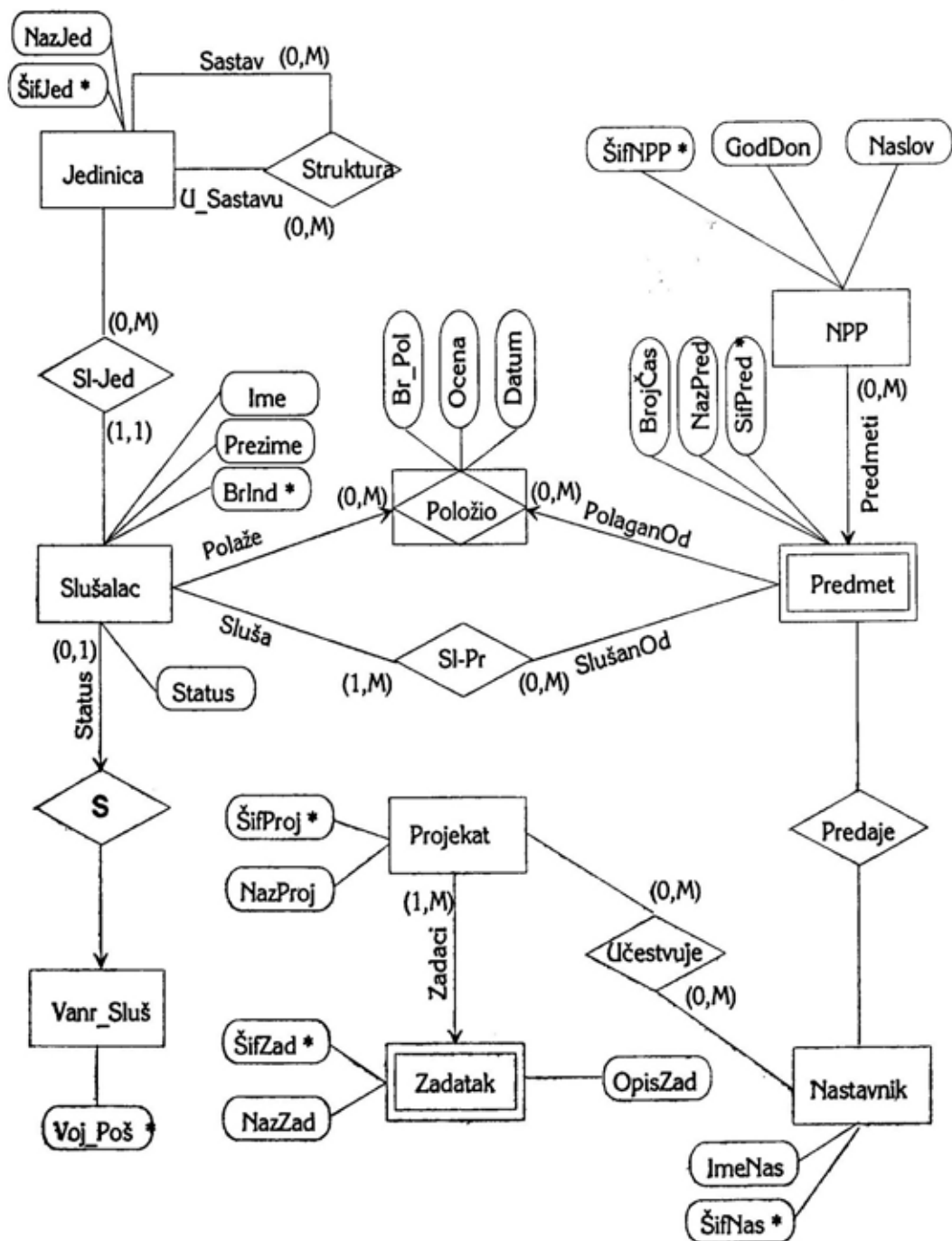
c) višeznačni atribut ( $DG = 1$  i  $GG = M$ ).

Uslov za postojanje atributa je  $DG > 0$ . Ovde se može uočiti razlika između koncepta veze i koncepta atribut. Veza definiše dva preslikavanja, direktno i inverzno, između dva tipa objekta, a atribut preslikavanje između tipa objekta i odgovarajućeg domena.

Pored navedenih koncepata postoje drugi koncepti MOV koji služe za semantički bogatiji opis realnog sistema:

*Slabi objekat.* Slab objekat je onaj koji zavisi od nekog drugog objekta i u sistemu ne može da se identifikuje nezavisno od tog objekta (*identifikaciona zavisnost*) [9]. Primer slabog tipa objekta je predmet (sl. 1). Na primer, ne radi se o istom pojavljivanju »matematike« za redovno i vanredno školovanje (pošto se radi o dva različita nastavna plana i programa). Ovo ima za posledicu da je tip objekta Predmet identifikaciono zavistan od tipa objekta NPP [10].

*Generalizacija i specijalizacija (podtipovi).* Generalizacija je apstrakcija u kojoj se skup sličnih tipova objekata predstavlja opštijim generičkim



Sl. 1 — Dijagram objekti-veze (DOV)

tipom (nadtipom) [9]. Ovaj vid apstrakcije u MOV ima eksplicitnu podršku. Na primer, specijalizacijom tipa objekta Slušalac dobili smo podtip Vanredni Slušalac (VANR SLUŠ). To znači da je svaki vanredni slušalac i slušalac (veza S) i da nasleđuje sve attribute svoga nadtipa (slušalac), kao i da može imati dodatne (vojna pošta). Naravno, u skladu sa ovim tipom apstrakcije podtip nasleđuje i sve veze i preslikavanja svog nadtipa. Definisanjem podtipova može se razrešiti problem tzv. opcionih atributa ( $DG=0$ ) kao i u pojedinim slučajevima višeznačnih atributa ( $GG>1$ ) [9].

*Agregirani ili mešoviti tip objekat — veza.* Ovaj tip podržava koncept agregacije u MOV. Ovaj koncept je implicitno uveden u MOV preko koncepta atributa (objekat je agregacija njegovih atributa). U ovoj verziji MOV problem višestrukih veza i atributa veza se razrešava upotrebom ovog koncepta (ova verzija modela dozvoljava samo binarne veze i nema koncept atributa veze). U našem primeru agregacija Položio (sl. 1) nastao je kao posledica postojanja atributa odnosa (veze) između Slušaoaca i Predmeta.

### **Jezik za specifikaciju MOV (ERSL — Entity-Relationship Specification Language)**

Osnovni cilj ovog jezika je da predstavlja izražajno sredstvo za definiciju i rukovanje podacima u okviru MOV. To znači da se kroz sintaksne konstrukcije jezika mogu staviti na raspolaganje koncepti ovog modela. Naravno, koncepti modela mogu biti skriveni kroz sintaksne konstrukcije jezika (u zavisnosti od toga šta se želi). Semantika jezika će odrediti preslikavanje sintaksnih konstrukcija jezika na koncepte modela. Dakle, pri razvoju jezika polazi se od samog modela, tj. od njegovih koncepata, struktura, ograničenja i operacija.

Kroz samu strukturu MOV izražavaju se i određena ograničenja, kao što je, na primer, kardinalnost preslikavanja. Zato se ova ograničenja moraju ugraditi kroz deo jezika za opis strukture (DDL — Data Definition Language). Održavanje, tj. zadovoljenje ovih ograničenja realizuje se kroz semantiku jezika za rukovanje (manipulaciju) podacima (DML — Data Manipulation Language). Jezičkim konstrukcijama za rukovanje podacima realizuju se, u stvari, operacije modela. Sada ćemo nešto više reći o operacijama MOV.

Operacije kojima se generišu tipovi objekata (sa svojim atributima) i tipovi veza su statičke prirode — njima se definiše struktura modela. Dinamičkim operacijama vrši se »oživljavanje« modela. Njima se tipovi objekata i veza tretiraju kao ekstenzije — skupovi objekata i veza. Dakle, ove operacije MOV definišu se nad objektima i vezama kao osnovnim konceptima ovog modela podataka. To su standardne operacije:

— *ubacivanje (kreiranje) objekta.* Ovom operacijom kreira se objekat koji pripada određenom tipu objekta. Argument za ovu operaciju je skup imenovanih vrednosti za odgovarajuće ključeve (jedan za regularni, a dva ili više za slabi ili agregirani objekat) i skup imenovanih vrednosti odgovarajućih atributa;

— *izbacivanje (uništavanje) objekta.* Ovom operacijom izbacuje se objekat, određenog tipa objekta, iz baze. Neophodan argument za ovu operaciju je jedinstveni identifikator (ključ) objekta;

— *ažuriranje objekta.* Ovom operacijom ažuriraju se vrednosti atributa objekta. Argument za ovu operaciju je identifikator objekta i skup imenovanih vrednosti koje predstavljaju vrednosti ažuriranih atributa;

— *selekcija objekata.* Ovom operacijom izdvajaju se objekti koji zadovoljavaju neki uslov. Dakle, ova operacija, kao argument, prihvata funkciju čija je funkcionalnost objekat  $\rightarrow$  boo-

lean i na osnovu nje izdvaja objekte koji se evaluacijom ove funkcije preslikavaju u istinitosnu vrednost;

— *projekcija objekta*. Ova operacija je posebno pogodna za generisanje izveštaja. Možemo reći da ona izdvaja podskup atributa od tipa objekta koji je u ulozi operanda. Ako uzmemo da se interno formira nov tip objekta sa ovim podskupom atributa, onda se ovom operacijom vrši svojevrsna generalizacija tipa objekta. Kao argument, ova operacija prihvata listu atributa i specifikaciju objekta nad kojim se izvršava;

— *povezivanje dva objekta (kreiranje veze)*. Ova operacija, kao argument, prihvata specifikacije objekata koje treba povezati i naziv uloge jednog od specificiranih objekata u toj vezi;

— *razvezivanje dva objekta (izbacivanje veze)*. Ova operacija prihvata iste argumente kao i prethodna i vrši razvezivanje specificiranih objekata.

Pored ovih standardnih operacija MOV, uvodi se i operacija *nadi Referencu*, kojom se može pristupiti određenom atributu objekta (poseban slučaj operacije projekcije) ili kroz veze objekata, svim objektima koji se nalaze u zatvaraču veza datog objekta.

U jeziku kojim se želi zapisati model (konstruisati specifikacija sistema) moraju postojati sintaksne konstrukcije kojima će se izražavati napred rečeno, tj. koncepti, struktura, ograničenja i operacije modela. Pored toga, u jezik se često uvode i drugi, širi koncepti, kao što su npr. kontrolne strukture za upravljanje tokom izvršenja operacija, proceduralne apstrakcije, i dr. U daljem tekstu prikazuju se sintaksni elementi jezika za specifikaciju MOV (ERSL) i neformalno govori o njihovoj semantici.

#### *Opis podataka (definicija strukture)*

Tip objekta se deklarise koristeći sintaksnu konstrukciju.

*entity* ime = opis\_tipa attributes:  
lista\_atributa

Njom se definiše tip objekta pod datim imenom. Definicija *opis\_tipa* predstavlja sintaksnu konstrukciju za generisanje tipa objekta određene vrste. Sa konstrukcijom *lista\_atributa* definišu se njegovi atributi.

U konstrukciji *opis\_tipa* definišu se, tipovi objekata određene vrste sa svojim ključevima, koristeći odgovarajuću sintaksu. Tako:

— sa *regular with key*: A se generiše regularni (jaki) tip objekta sa ključem A. Na primer, sa:

*entity* Slušalac = *regular with key*:  
Brind of number;  
attributes:...

definiše se regularni tip objekta slušalac ključem Brind (tipa number).

— sa *subtype of ID* se generiše podtip od tipa objekta ID. Na primer, sa:

*entity* Vanr\_Sluš = *subtype of*  
Slušalac;  
attributes:...

definiše se tip objekta Vanr\_Sluš kao podtip od Slušalac sa dodatnim atributima.

— sa *weak of ID with key*: A generiše se slab objekat, identifikaciono zavisan od ID sa dodatnim ključem A koji ga identifikuje na nivou jednog pojavljivanja »nadređenog« objekta. Na primer, sa:

*entyty* Zadatak = *weak of* Projekat  
*with key*:  
ŠifZad of number;  
attributes:...

definiše se slab objekat Zadatak identifikaciono zavisan od Projekat sa dodatnim ključem ŠifZad.

— sa *aggregation of* (objekat; uloga;  
(n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>);

objekat<sub>2</sub> : uloga<sub>2</sub>  
 (n<sub>1</sub>,n<sub>2</sub>);  
 ...  
 objekat<sub>n</sub> : uloga<sub>n</sub>  
 (n<sub>1</sub>,n<sub>2</sub>);  
 )

generiše se agregirani tip objekta od agregirajućih objekata objekat<sub>1</sub> do objekat<sub>n</sub>. Na primer sa:

entity Položio = aggregation of  
 (Slušalac : Polaže(0,M);  
 Predmet : PolaganOd(0,M)  
 )  
 attributes:...

definiše se agregacija Položio od objekata Slušalac i Predmet. Navođenje uloge u agregaciji je neophodno, jer je moguće da objekti istog tipa učestvuju u agregaciji, pa je jedini način njihovog razlikovanja preko uloge.

Dakle, konstrukcijom opis\_tipa definiše se vrsta objekta i njegov ključ (prost ili složen — dodeljen od nadređenih ili agregirajućih objekata).

U svim ovim primerima, kao što je naznačeno, moguće je tipovima objekata dodati opise njihovih atributa.

Tip veze se deklarira koristeći sintaksnu konstrukciju:

relationship ime\_objekta<sub>1</sub> : uloga<sub>1</sub> (n<sub>1</sub>n<sub>2</sub>)  
 invers ime\_objekta<sub>2</sub> : uloga<sub>2</sub> (n<sub>1</sub>n<sub>2</sub>)

Njome se generiše tip veze između dva tipa objekta. Navođenjem uloga objekata u vezi omogućuje se uspostavljanje više različitih tipova veza između dva tipa objekta (ne obavezno različitih). Pri manipulaciji sa objektima, pomoću uloga se vrši i pristup pojedinim objektima koji su u vezi (npr. sa Slušalac. Sluša pristupa se predmetu — predmetima, koje Slušalac sluša). Na primer, sa:

relationship Slušalac:Sluša (1,M) invers  
 Predmet:SlušanOd (0,M)

generiše se veza između objekata Slušalac (sa ulogom Sluša) i objekta pred-

met (sa ulogom SlušanOd). U definiciji veze navode se i kardinalnosti ova dva inverzna preslikavanja.

*Rukovanje podacima (definisanje procesa i operacija)*

Dinamika sistema (proces) modeluje se sa operacijama nad modelom podataka. Već smo rekli da pojedine sintaksne konstrukcije jezika odgovaraju operacijama nad konceptima MOV. Kako je korisnik svestan koncepta objekata, veza, atributa objekata i njihovih pojavljivanja, treba mu omogućiti da kroz sintaksne konstrukcije jezika koristi odgovarajuće operacije modela. Operacije za generisanje tipova objekata i tipova veza već smo upoznali. Dinamičke operacije nad objektima i vezama koriste se pomoću sintaksnih konstrukcija koje slede.

Kreiranje objekta (pojavljivanje tipa objekta) izvršava se sledećom sintaksnom konstrukcijom:

create ID with (ključ<sub>1</sub> = vred<sub>1</sub>  
 ključ<sub>2</sub> := vred<sub>2</sub>  
 ...  
 ključ<sub>k</sub> := vred<sub>k</sub>  
 such that atribut<sub>1</sub> := vred<sub>1</sub>;  
 atribut<sub>2</sub> := vred<sub>2</sub>;  
 ...  
 atribut<sub>n</sub> := vred<sub>n</sub>.)

Tako, na primer, sa

create Slušalac with (Brind := 10190);  
 such that Ime := »Marko«;  
 Prezime := »Marković«;

kreira se Slušalac sa datim brojem indeksa (10190) kao sopstvenim identifikatorom (jak objekat) i ostalim navedenim atributima. Slabi objekti imaju složen ključ sastavljen od sopstvenog identifikatora i identifikatora nadređenog objekta. Tako, na primer,

create Zadatak with (ŠifProj := 77,  
 ŠifZad := 88);



such that NazZad := »PBIS«;

OpisZad := »Projektovanje  
bibliotečnog informacionog  
sistema...«

kreira se slab objekat Zadatak (sa datom šifrom zadatka — 88) identifikaciono zavisan od objekta Projekat (sa šifrom projekta — 77) i datim atributima NazZad i OpisZad.

Naredbom *create* može se obezbediti da sistem sam generiše ekransku formu za unos vrednosti ključeva i ostalih atributa objekta u trenutku kada se naredba *create* izvršava. Ako korisnik u fazi pisanja specifikacije zadata sve vrednosti atributa, kreiranje objekta će se obaviti bez ponovnog učešća korisnika. U suprotnom, sama operacija *create* će, ako za neki atribut nije zadata vrednost, zahtevati njen unos — interaktivno. Ako korisnik nije u stanju da obezbedi vrednosti za ove attribute, efekat operacije *create* na stanje baze se poništava.

Sledeća dinamička operacija MOV je operacija *izbaci objekat*, čija odgovarajuća sintaksna konstrukcija izgleda:

*delete S*

S (selektor) je skup objekata koji su izabrani po određenom kriterijumu (tj. koji zadovoljavaju neki uslov). Selektor je izvedeni sintaktički domen jezika za specifikaciju MOV. Njegovo značenje je slično onom u [6]. Može se posmatrati kao varijabla koja se koristi u komandama. U poređenju sa tipičnim programskim jezicima, glavna razlika je u tome što selektori mogu biti višeznačni, tj. imati više vrednosti (pojavljivanja objekata). Ova karakteristika čini jezik za specifikaciju snažnijim, ali, u drugu ruku, neki jezički konstrukti mogu biti neprirodno, nečitljivi ili rizični za upotrebu.

Dakle, semantika ove konstrukcije zavisi od vrednosti S. Ako je to prazan skup (null), onda se očigledno radi o grešci. U slučaju jednog objekta, zna-

čenje konstrukcije je operacija *Izbaci objekat*, koja dati objekat izbacuje iz baze. Ako se radi o grupi objekata (ova grupa objekata može se posmatrati kao izvedeni tip objekta čiji su oni pojavljivanja), tada se nad njom iterira operacija *Izbaci objekat*, koja će sve objekte iz grupe izbaciti iz baze. Naravno da se pri izbacivanju svakog pojedinog objekta mora voditi računa o ograničenjima (uslovima integriteta) i obezbediti da ne dođe do njihovog narušavanja.

Na primer, sa:

*delete* (Slušalac where Brind = 12190)

izbacuje se slušalac koji ima dati broj indeksa.

Ako izbacujemo objekat (objekte) iz nekog podtipa, onda se oni automatski izbacuju i iz svih odgovarajućih nadtipova i obrnuto. Na primer, sa:

*delete* (Vanr\_Sluš where Voj\_Poš = 7788)

izbacuju se svi vanredni slušaoci koji rade u dotičnoj vojnoj pošti. U ovom primeru se koristi operator »tačka« za zapis operacije *NadiReferencu* kojom se postiže prirodna, logička navigacija u mrežnim bazama podataka. Za to se koristi sintaksna konstrukcija ID<sub>1</sub>ID<sub>2</sub>, gde ID predstavlja neki identifikator (ime objekta, ili njegova uloga u vezi). Dakle, preko ID<sub>1</sub> se pristupa objektu ID<sub>2</sub>.

Ažuriranje vrednosti atributa objekata vrši se sa:

*update S*

such that atr<sub>1</sub> := vred<sub>1</sub>;  
atr<sub>2</sub> := vred<sub>2</sub>;  
...  
atr<sub>n</sub> := vred<sub>n</sub>.

Ova operacija prvo formira selektor S (jedan ili više objekata), a zatim se nad izdvojenim objektima iterira operacija ažuriranja objekta.

Tako, na primer, sa:

*update* (Slušalac *where* Brind = 10190)  
*such that* Status = »V«)

se slušalac, sa brojem indeksa 10190, prebacuje se u status vanrednog slušaoca.

Operaciju MOV selekcija objekata smo, u stvari, već sreli u prethodnim operacijama. Ona se realizuje kroz formiranje selektora — S. Sintaksna konstrukcija ove operacije izgleda ovako:

ID *where* u

Semantika ove konstrukcije je da se od uslova *u* formira funkcija koja objekat preslikava u *Bool* vrednost. Ova funkcija se daje kao argument operaciji selekcije koja formira selektor (skup objekata) čiji objekti evaluiraju *true* vrednost, tj. ispunjavaju uslov *u*.

Na primer:

Nastavnik *where* (ImeNas = »Marko«  
*and*  
Učestvuje. NazProj =  
= »PBIS«)

formira selektor kao skup nastavnika sa imenom »Marko« i učestvuju u projektu sa datim nazivom. Izdvojeni objekti mogu se prikazati sa:

*print* S.

Efekat ove komande je da se vrednost selektora S izračuna i prikaže korisniku. Tako će se npr. sa:

*print* Slušalac

prikazati sva pojavljivanja tipa entiteta Slušalac.

Sledeća dinamička operacija MOV je operacija *projekcija objekta* čija odgovarajuća sintaksna konstrukcija izgleda ovako:

*select* P *from* S

gde je P lista atributa objekata selektovanih sa S. Semantika ove operacije je interno formiranje tipa objekta sa atributima iz P čija pojavljivanja određuje selektor S. Prikazivanje ovih pojavljivanja korisniku vrši se komandom *print*. Tako se npr. sa:

*print* (*select* Brind, Ime, Prezime  
*from* (Slušalac *where* Status = »R«))

prikazuju vrednosti navedenih atributa, svih redovnih slušalaca. Kada se žele prikazati svi atributi nekog objekta, umesto navođenja svakog atributa pojedinačno, moguće je koristiti (slično kao npr. u SQL-a) »\*« sa istim dejstvom.

*select* \* *from* S.

Pored operacija nad objektima, u MOV postoje operacije i nad vezama (mogu se shvatiti i kao operacije nad dva objekta). Prva od njih je *kreiranje veze* (povezivanje dva objekta). Odgovarajuća sintaksna konstrukcija je

*connect* ID *from* S<sub>1</sub> *to* S<sub>2</sub>

ID je naziv uloge objekta/objekata specificiranih sa S<sub>1</sub> u vezi sa objektom/objektima specificiranih sa S<sub>2</sub>. Jedna od restrikcija ove komande, a koja se ne vidi direktno iz ove sintaksne konstrukcije, jeste da ne sme i S<sub>1</sub> i S<sub>2</sub> u isto vreme specificirati više od jednog objekta. Naravno, povezivati se mogu samo objekti kojima je eksplicitno opisom strukture to dozvoljeno. Pri svakom uspostavljanju veza mora se voditi računa o kardinalnosti preslikavanja između objekata specificiranih sa S<sub>1</sub> i S<sub>2</sub>. Sa

*connect* RadiU *from* (Radnik *where* šifra Radnika = 101) *to*  
(Organizacija *where* šifOrg = 201)

se uspostavlja veza između radnika i organizacije sa datim šiframa.

Sa

*connect* RadiU *from* (Radnik *where* zanimanje = »programer« *to*  
(Organizacija *where* naziv = »Enterprise«))

se uspostavlja veza između svih radnika koji imaju zanimanje »programer« i organizacije sa datim nazivom (pretpostavka je da postoji samo jedna organizacija sa nazivom »Energodata«). Struktura modela dozvoljava veze između istih tipova objekata.

Tako se npr. sa:

```
connect SastavljenOd from (Proizvod
  where ŠifProiz = 333) to
  (Proizvod where ŠifProiz = 444)
```

uspostavlja veza između proizvoda sa datim šiframa. Pri kreiranju veze dovoljno je navesti ulogu samo jednog objekta u toj vezi jer se pretpostavlja ograničenje imenovanja da jedan objekat sa jednom ulogom ne može učestvovati u više od jedne veze sa drugim objektom (ovo ograničenje se proširuje na veze sa bilo kojim objektom — što pojednostavljuje upotrebu i implementaciju operacije *nadiReferencu*).

Druga operacija nad vezama je *izbacivanje veze* (razvezivanje objekata). Odgovarajuća sintaksna konstrukcija je:

```
disconnect ID from S1 to S2
```

Semantika ove konstrukcije je razvezivanje objekata specificiranih sa S<sub>1</sub> i S<sub>2</sub>. Restrikcije iz prethodne operacije važe i ovde. Kod primene ove operacije mora se voditi računa o donjoj granici kardinalnosti. Gde dođe do njenog narušavanja traži se novi objekat i operacijom povezivanja objekata obezbeđuje se integritet. Ako se novi objekat ne obezbedi, efekat komande *disconnect...* se poništava (operacija *rollback*). Npr. sa

```
disconnect RadiU from (Radnik where
  zanimanje = »Programer«)
```

```
to (Organizacija where naziv =
  = »Energodata«)
```

brišu se veze uspostavljene u primeru iznad.

Rečeno je da je, pored operacija modela podataka, moguće uvesti i dodatne, kojima se proširuje model, a koje se, u suštini, mogu svesti na osnovne operacije modela. To je u skladu sa tendencijama da zajedno sa povećanjem aplikacija baza podataka dolazi do standardizacije programskih jezika orijentisanih ka bazama podataka [6]. Osnovne operacije modela i ove dodatne operacije mogu se zajednički nazvati komande (naredbe, instrukcije). Skup komandi koje se sekvencijalno izvršavaju mogu se grupisati u sekvencu i imenovati. Tako dolazimo do proceduralnih apstrakcija — procedura.

Procedura se deklarise sa: *proc* = *cs*, gde je *cs* niz komandi.

Sintaksa komande za poziv na izvršenje prethodno definisane procedure je:

```
exec ID,
```

gde je ID identifikator procedure.

Nezaobilazne naredbe u klasičnim programskim jezicima su i naredbe selekcije (grananja). One omogućuju kontrolu toka izvršenja komandi. U ERSL-u odgovarajuća sintaksna konstrukcija je:

```
if u then cs1 else cs2 end
```

ili

```
if u then cs1 end
```

Vrednost izraza *u* je tipa *boolean*. Ako je njegova vrednost logička istina, onda se izvršava niz komandi *cs<sub>1</sub>*, inače *cs<sub>2</sub>* u prvom slučaju, a u drugom slučaju se prelazi na izvršenje prve komande posle *if-then*.

U upitnim jezicima često se uvode *pomoćna imena* za određene podatke. Razlog za to je što se u nekom nizu komandi često pozivamo na određenu grupu podataka. Pomoćna imena mogu se, uslovno govoreći, tretirati kao varijable u programiranju. U ERSL-u ćemo koristiti tzv. *letblok* čija sintaksa je sledeća:

```
let ID = S in cs end
```

Za identifikator ID vezuje se vrednost dobijena evolucijom selektora S, tako da se na tu vrednost u nizu komandi *cs* možemo pozivati koristeći identifikator ID. Sledeći primer pokazuje njegovu upotrebu:

```
let X = (Radnik where Radnik.Plata >
>10000) in
print (select Ime,Prezime,Plata
from X);
update (X such that Plata := Plata-500)
end.
```

Sintaksu prikazanog jezika svakako treba proširiti sa konstruktima za definisanje (izvođenje) složenih objekata (pogleda) po uzoru na [11, 12].

### Problem implementacije jezika za specifikaciju

Da bi se neki jezik implementirao mora, pre svega, biti definisana njegova sintaksa. U prethodnom poglavlju dat je opis jezika na osnovu koga se lako može definisati njegova sintaksa. Veći problem je, svakako, definisati formalno njegovu semantiku, koja se samo intuitivno naslućuje iz prethodnog opisa. Formalna definicija semantike ovakvog jezika je van domena ovog članka i u nastavku se samo obrazlaže predlog izbora denotacionog formalizma za njenu definiciju.

Generalno gledajući, semantika je relacija između konstrukata jezika i nekih drugih objekata. Za različite namene i pristupe ovi objekti mogu biti različiti: npr. oni mogu biti izrazi drugih jezika, akcije neke mašine ili apstraktni matematički objekti. Odatle slede i tri vrste semantike programskih jezika: aksiomska, operaciona i denotaciona. Za definiciju semantike jednog ovakvog jezika predlaže se denotaciona semantika kao možda najuspešnija teorijska alatka na polju programskih jezika, koja ima sledeće prednosti:

— značenja programa se predstavljaju preko semantičkih algeabri. Zahvaljujući semantičkim algebrama struktura denotacione semantike je modularna. To omogućuje projektantima i korisnicima da proučavaju, dopunjuju i menjaju pojedine delove definicije bez razmatranja ostalih delova;

— pošto koristi matematičke objekte, funkcije i algebre, denotaciona semantika je dovoljno apstraktna, pa bi se jezik mogao proučavati nezavisno od načina implementacije ili mašine;

— formalna specifikacija može se neposredno implementirati jednostavnim preslikavanjem formalnih objekata u mašinske objekte (tj. objekte programskog jezika na kojem se implementacija vrši);

— rekurzivne definicije mogu biti jednostavno izražene.

Ovo su glavni razlozi zašto se denotaciona semantika sve više koristi za definisanje semantike programskih jezika, kao i koncepata baze podataka [5, 6, 7 i dr.]

Izbor programskog jezika u kojem će biti implementiran jezik za specifikaciju je važan, jer od njega zavisi koliko je implementacija teška. U tom smislu se za implementaciju predlaže neki od objektno-orijentisanih jezika (na primer, C++, Smalltalk, Actor i slični) koji će omogućiti prednosti primene objektnog programiranja i apstraktnih tipova podataka. Kasnija nadgradnja MOV i jezika za njegovu specifikaciju biće, svakako, olakšana upotrebom jednog jezika ovako visokog nivoa.

Problem parsiranja jezika može biti rešen upotrebom nekog generatora parsera (npr. YACC -Yet Another Compiler-Compiler) koji će generisati program koji vrši sintaksnu analizu. Dakle, umesto pisanja samog parsera, piše se specifikacija za njega, koja je, u stvari, opis gramatike jezika. Kasnije izmene i dopune sintakse jezika unose se u specifikaciju parsera na osnovu kojeg se generiše novi parser.

Predloženim putem implementacije mogao bi se realizovati interpreter jezika koji bi predstavljao alat za prototipski razvoj IS, tj. on bi na ulazu prihvatao specifikaciju IS, a na izlazu generisao prototip aplikacije.

## Zaključak

U radu je prikazan pristup modelu objekt — veze kao izvršnoj specifikaciji. Istaknut je značaj ovog modela podataka u razvoju IS, a posebno potrebe njegove pune operacionalizacije kroz izvršnu specifikaciju. U vezi s tim, opisan je jezik za definiciju i rukovanje

podacima u okviru modela objekt — veze (jezik za specifikaciju). Na kraju je predložen i način implementacije ovog jezika. Implementaciju ovakvog ili sličnog jezika svakako bi trebalo uraditi, ne težeći, u prvo vreme, ka dobijanju posebno efikasnog sistema, već, pre svega, alata za generisanje brzog prototipa na kome bi se izvodilo testiranje i validacija. Tek kada bi prototip zadovoljio, prešlo bi se na stvarnu implementaciju (koja bi se mogla automatizovati konstrukcijom prevodioca, koji bi specifikaciju prevodio u neki efikasniji implementacioni model). Ovakav pristup vodio bi, svakako, ka većoj produktivnosti u razvoju IS.

## Literatura:

- [1] P. P. Chen, »The Entity — Relationship Model — Towards a Unified View of Data«, ACM TODS, VOL. 1, No. 1, 1976.
- [2] P. P. Chen (Editor), »Entity — Relationship Approach to Software Engineering«, Anaheim, North-Holland, Amsterdam, the Netherlands, 1983.
- [3] S. Spaccapietra (Editor), »Entity — Relationship Approach : Ten Years of Experience in Information Modeling«, North-Holland, Amsterdam, the Netherlands, 1987.
- [4] M. Junet, »Design and Implementation of an Extended Entity — Relationship Data Base Management System ECRINS/88«, u /2/.
- [5] K. Subieta, M. Missala, »Semantics of Query Languages for The Entity — Relationship Model«, u /2/.
- [6] K. Subieta, »Semantics of Query Languages for Network Databases«, ACM TODS, VOL. 10, No. 3, September 1985.
- [7] K. Subieta, »Denotational Semantics of Query Languages«, Information Systems, Vol. 12, No. 1, pp. 69—82, 1987.
- [8] S. Nešković, »Semantički model podataka kao izvršna specifikacija«, magistarski rad, FON, Beograd, 1989.
- [9] B. Lazarević, »Prošireni model objekti-veze«, Interni materijal, FON, Beograd, 1990.
- [10] M. Majstorović, R. Terzić, »Jedan pristup projektovanju informacionih sistema na primeru segmenta IS Univerziteta Vojske Jugoslavije«, Vojnotehnički glasnik 1/83.
- [11] B. Lazarević, S. Nešković, »Opis složenih ulazno-izlaznih objekata«, Interni materijal, FON, Beograd, 1992.
- [12] B. Lazarević, S. Nešković, »Objektivno-orientisani transformacioni razvoj jednog CASE sistema«, Interni materijal, FON, Beograd, 1993.

**Dr Vladimír Vujčić,**  
pukovnik, dipl. inž.

## **PRIVREMENA ZAŠTITA METALNIH PROIZVODA**

U radu su prikazane metode za privremenu zaštitu metalnih proizvoda od korozije u vreme dok se proizvodi nalaze van upotrebe. Kratko su opisana sredstva koja se najčešće primenjuju za zaštitu, uz nabranje njihovih prednosti i nedostataka za primenu.

### **Uvod**

Finalni metalni proizvodi zaštićuju se od korozije postupcima stalne zaštite koji su prilagođeni uslovima u kojima će se primenjivati. Kako nakon proizvodnje svi proizvodi ne nalaze odmah primenu, to se moraju uskladištiti na određeno vreme. Skladištenju često prethodi kontinentalni i prekomorski transport, pri čemu može doći do oštećenja predmeta ili njene antikorozijske zaštite, što dovodi do korozije u toku skladištenja.

Skladištenje metalnih proizvoda vrši se u zatvorenim objektima, pod nadstrešnicama i na otvorenom prostoru. Zatvoreni objekti pružaju određenu zaštitu od korozije, jer ne dozvoljavaju da atmosferske padavine direktno dođu u dodir sa metalom. Nadstrešnice, takođe, pružaju zaštitu od atmosferskih padavina, ali samo kada nije olujno vreme. Dodatna zaštita se vrši pomoću odgovarajućih zatšitnih navlaka koje se primenjuju i pri skladištenju na otvorenom prostoru.

Za vreme transporta i skladištenja metalni proizvodi mogu biti podvrgnuti intenzivnijoj koroziji od one kada se nalaze u eksploataciji. Zbog toga se vrši zaštita svih radnih površina i površina nezaštićenih stalnom zaštitom. To se postiže postupkom koji se naziva

privremena zaštita ili konzervacija. Njome se zaštićuju finalni proizvodi u periodu od proizvodnje do eksploatacije i u periodu dok su van eksploatacije. Vreme zaštite konzervisane opreme iznosi od nekoliko meseci do nekoliko godina.

Privremena zaštita se sprovodi radi sprečavanja atmosferske korozije, odnosno eliminisanja delovanja uzročnika atmosferske korozije. Gotovo u svim slučajevima potrebno je sprečiti prisustvo vlage koja je osnovni uzročnik atmosferske korozije. Vлага se adsorbuje na površini metala stvarajući elektrolit koji omogućuje rad mikro i makrokorozijskih sredstava.

Prisustvo vlage i ostalih agensa korozije do površine metala može se sprečiti zaštitnim slojevima organskog porekla ili obradom korozione sredine<sup>(1,2,3)</sup>. U prvom slučaju, slojevi svojim kontaktom štite površinu metala od korozije. Metode koje se pri tom primenjuju nazivaju se kontaktne metode konzervacije.

U drugom slučaju, zaštita se postiže stavljanjem metalnih proizvoda u hermetično pakovanje ili hermetični prostor i u obradi te korozione sredine. Takvi postupci čine grupu metoda konzervacije, koja se naziva metoda hermetizacije.

## Kontaktna metoda konzervacije

Za privremenu zaštitu upotrebljavaju se sredstva za zaštitu organskog porekla, koja na površini metala stvaraju zaštitne slojeve nepropusne za vlagu i koji štite tu površinu u određenom vremenskom periodu. Najveću primenu našle su dve grupe sredstava za zaštitu:

- zaštitna ulja, zaštitne masti i zaštitni solventi;
- termoplastične mase.

Zaštitna ulja su na bazi visokomolekulskih ulja kojima određeni aditivi poboljšavaju zaštitna svojstva. Na površini predmeta stvaraju zaštitne slojeve koji su nesušivi, tanki i neotporni bilo kakvom mehaničkom oštećenju. Njihova prednost u primeni je niska cena proizvoda, lako stvaranje zaštitnog sloja i jednostavno i brzo uklanjanje ukoliko se za to ukaže potreba.

Pored primene za privremenu zaštitu, zaštitna ulja se koriste i u međuperacijskoj zaštiti rezervnih delova, metalnih limova, traka, i slično.

Pored zaštitnih ulja za opštu upotrebu proizvode se i specijalna ulja za unutrašnju zaštitu, na primer, za zaštitu motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Ta ulja imaju pojačana svojstva adhezije i sposobnost neutralizacije kiselina i kiselih gasova iz produkata sagorevanja. Ova ulja imaju i dobra mazivna svojstva, tako da se mogu koristiti i kao radna motorna ulja, pa se i izrađuju u raznim viskozitetnim gradacijama. Njihova upotreba je neophodna kada motor nakon rada treba da ostane duže vreme van eksploatacije.

Postoje i specijalna ulja koja imaju osobinu da sa površine predmeta uklanjaju vlagu, što olakšava rad pri zaštiti, jer se ne zahteva prethodno sušenje predmeta. Takva sredstva pružaju zaštitu od korozije do godinu dana.

Zaštitne mase su vazelini i konzistentne mase za podmazivanje koje sa-

drže antikorozivne aditive. Za razliku od zaštitnih ulja, zaštitne masti stvaraju deblje slojeve koji obezbeđuju zaštitu i u lošijim uslovima skladištenja. Primenuju se, prvenstveno, za zaštitu površina koje i pri eksploataciji koriste analogna sredstva, tako da ih u većini slučajeva nije potrebno uklanjati nakon isteka vremena zaštite.

Zaštitni slojevi su rastvori zaštitnih ulja i masti u lakoisparljivom organskom rastvaraču. U zavisnosti od sastava daju mekše ili tvrde zaštitne slojeve. U oba slučaja zaštitni slojevi dobro prijanjaju za površinu metala, postojaniji su, pa su zato našli primenu za dugoročnu zaštitu metala.

Zaštita pomoću zaštitnih ulja, masti i solvenata sastoji se u stvaranju zaštitnog sloja na površinama koje nisu zaštićene nekim postupkom stalne zaštite. Zaštita se izvodi na hladno ili toplo, što zavisi od vrste i viskoziteta sredstava za zaštitu. Zaštitni sloj se može stvoriti potapanjem prelivanjem, prskanjem i premazivanjem. Svaki od ovih postupaka može se primeniti odvojeno ili u kombinaciji sa drugim postupkom. Koji će se postupak primeniti zavisi od tipa zaštitnog sredstva, željene debljine sloja, veličine i oblika predmeta, vrste opreme i pribora za zaštitu.

Debljina sloja zavisi od načina nanošenja i viskoznosti sredstva za zaštitu. Zaštitna ulja stvaraju veoma tanke slojeve debljine do 0,025 mm, a zaštitne masti i zaštitni fluidi stvaraju deblje slojeve. Može se reći da ova sredstva za zaštitu stvaraju slojeve debljine od 10  $\mu$ m do 1 mm.

Kao što je već rečeno, zaštitna ulja i zaštitne masti mogu da posluže, istovremeno, za zaštitu i za podmazivanje, pa ih zbog toga nije potrebno odstraniti pre upotrebe. Inače, ako je potrebno, zaštitni slojevi se lako skidaju brisanjem suvim i čistim krpama ili upotrebom organskih rastvarača. Potpuno odmaščivanje se vrši u slučajevima kada

se površine metala naknadno zaštićuju organskim premazima ili nekom drugom prevlakom.

I pored navedenih prednosti, ova sredstva za zaštitu imaju određena ograničenja u primeni. Pre svega, ne smeju doći u dodir sa gumenim delovima i organskim premazima. Zatim, ne mogu se koristiti u slučajevima gde mogu doći u dodir sa vodom, jer pri tome stvaraju emulzije. Zbog toga predmeti koji su zaštićeni ovim sredstvima ne smeju biti izloženi delovanju atmosferskih padavina ili suncu.

Trajanje zaštite je od nekoliko meseci za sredstva uljnog tipa, do deset godina za neke zaštitne masti i zaštitne solvente. Vreme zaštite se produžava naknadno pakovanjem zaštićenih sredstava.

Termoplastična masa je namenjena za zaštitu pojedinačnih metalnih predmeta fino obrađenih površina i ivica i za zaštitno ambalažiranje predmeta koji se mogu lako mehanički oštetiti ili polomiti.

Osnovne komponente termoplastične mase su estri i etri celuloze (etilceluloza, acetat i acetobutirat celuloza, itd.). Kako su to tvrde i krte materije, dodaju im se voskovi, smole, omekšivači i inhibirana mineralna ulja u različitim količinama. Mineralna ulja imaju zadatak da smanje adheziju i spreče lepljenje sloja za površinu metala. Time se olakšava odvajanje sloja po isteku vremena zaštite ili pred upotrebu zaštitnog predmeta.

Smesa se homogenizuje na temperaturi od 160 do 200°C. Zagrevanje i topljenje se vrši indirektno, kako bi se izbeglo lokalno pregrevanje mase. Za to su najpogodnije kada se duplim zidovima, kod kojih se u plaštu kao medij za zagrevanje nalazi neko mineralno ulje sa visokom tačkom paljenja. Dimenzije kade su usklađene sa dimenzijama i brojem predmeta koji se zaštićuju. Kontrola temperature rastopa

vrši se automatski pomoću kontrolnog termometra.

Postupak zaštite sastoji se u tome da se očišćeni predmeti vežu kanapom za pogodan držač i urone u rastoplenu masu, čija temperatura mora biti iznad 180°C. Vreme zadržavanja predmeta je 3—15 sekundi. Ukoliko su predmeti većih dimenzija, potrebno ih je prethodno zagrejati na temperaturu od oko 100°C, kako usled oduzimanja toplote ne bi došlo do pada temperature termoplastične mase, što bi imalo za posledicu stvaranje debljih slojeva.

Nakon vađenja iz mase, predmeti se drže iznad kade dok se zaštitni sloj ne ohladi i višak mase ocedi. Dok je masa topla odsecaju se slivnici i kanap, a njegov kraj utisne u masu. Pri tome se utvrđuje stanje sloja koji mora biti providan i bez mehurića vazduha. Ukoliko sloj nije providan ili ako se u njemu uoče mehurići vazduha, postupak zaštite se ponavlja.

Debljina zaštitnog sloja zavisi od temperature rastopljene mase, temperature predmeta, kao i od vremena zadržavanja predmeta u rastopu. Normalna debljina sloja kreće se oko 1 mm, uz utrošak mase od oko 0,2 kg/m<sup>2</sup>

Termoplastična masa stvara providan sloj žućkaste do svetlomrke boje. Sloj je nepropustan za vlagu i ostale gasove, a postojan u temperaturnom području od -40°C do 80°C. Sloj je elastičan i žilav i zbog tih osobina ne primenjuje se samo radi zaštite od korozije već i radi zaštite od mehaničkih oštećenja.

Termoplastična masa se upotrebljava za dugoročnu zaštitu u nepovoljnim uslovima skladištenja i transporta gotovih proizvoda metalne industrije, kao što su rezni i ručni alati, instrumenti, rezervni delovi, hirurški instrumenti, itd. Isto tako, može se primeniti i za ambalažiranje laboratorijskog stakla, nekih lakolomljivih laboratorijskih instrumenata, i sl.



Zaštićeni predmeti mogu se jednostavno pripremiti za upotrebu. Potrebno je drvenim predmetom zarezati zaštitni sloj i odvojiti ga od površine predmeta.

Termoplastična masa može se više puta upotrebiti. Jednom već upotrebljeni i oljušteni materijal vraća se u kadu sa termoplastičnom masom. Pri tom se mora voditi računa da se korišćena masa pomeša sa jednim delom sveže kompozicije, jer vremenom nastaju promene u materijalu koje smanjuju efikasnost zaštite.

Zaštita termoplastičnom masom spada u privremenu zaštitu, mađa se po trajanju zaštite može svrstati u trajnu zaštitu. Međutim, pošto se zaštitni sloj lako skida i bez upotrebe nekih pomoćnih sredstava, na primer rastvarača, ovaj postupak spada u privremenu zaštitu.

Glavni nedostatak ovog postupka zaštite leži u ograničenosti primene, visokoj ceni materijala i visokoj radnoj temperaturi zaštite. Postupak se primenjuje samo za zaštitu delova jednostavne konstrukcije koji na sebi nemaju zaštitne slojeve na bazi boja i lakova. Nadalje, primena ove metode je ograničena veličinom i masom predmeta koji se zaštićuje. Predmeti velikih dimenzija ne mogu se zaštititi ovim postupkom.

### Metoda hermetizacije

Konzervacija metodom hermetizacije sastoji se u izolaciji pojedinih delova, sklopova ili kompletnog sredstva od štetnog delovanja spoljne sredine i u obradi te sredine unutar hermetičnog prostora. Za postizanje hermetičnosti upotrebljava se metalna i plastična ambalaža i navlake od plastičnih folija. Najbolja hermetičnost postiže se pomoću metalne ili plastične ambalaže — kontejnera. U nekim slučajevima sredstva su konstrukciono tako rešena da se hermetičnost postiže zatvaranjem ot-




vora na kućištu sredstva ili lepljenjem samolepljive trake na preklopu kućišta i poklopca sredstva.

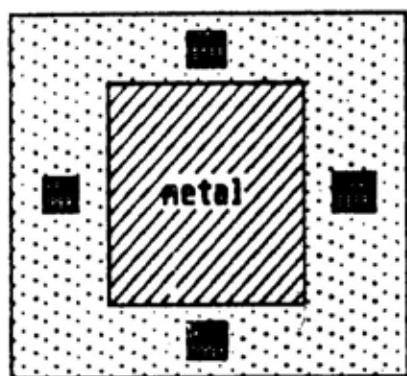
Za hermetizaciju plastičnim folijama najviše se primenjuju materijali na bazi polietilena, polipropilena, polivinilhlorida i poliuretana. Navedeni materijali često se primenjuju u kombinaciji, čime se znatno poboljšavaju zaštitne osobine omotača. Veliku primenu ima folija na bazi polietilena i polipropilena.

Folije se na tržište isporučuju u obliku rolni. Od njih se, prema odgovarajućim šablonima, režu komadi od kojih se, zatim, prave navlake prema veličini predmeta. Spajanje folija vrši se aparatima za zavarivanje, koji, prema načinu upotrebe, mogu biti stabilni ili pokretni, za kontinuirani ili diskontinuirani rad.

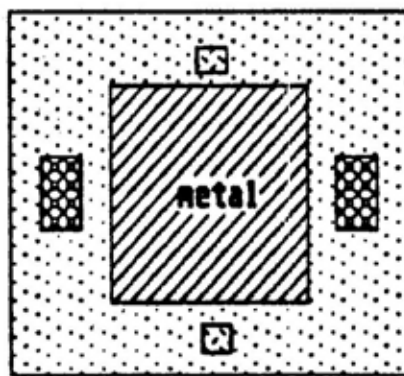
Pre hermetizacije predmeti se temperiraju određeno vreme u prostoriji za hermetizaciju. Hermetizacija se vrši pri temperaturi od 20 — 30°C i relativnoj vlažnosti do 60%. Prethodno se izbočine sredstva oblažu pogodnim materijalom, čime se smanjuje mogućnost oštećenja omotača. Nakon hermetizacije vrši se kontrola hermetičnosti vizuelno, za sredstva hermetizirana plastičnom folijom i pomoću U — cevi, odnosno manometra u ostalim slučajevima kada se stvara određeni potpritisak i meri vreme za koje će se pritisak u hermetičnom prostoru izjednačiti sa spoljnim pritiskom.

Sama hermetičnost nije dovoljna za sigurnu zaštitu skupocene i na koroziju osetljive opreme za duži vremenski period čuvanja. Hermetizacijom se agresivna sredina ograničava na prostor koji se nalazi između sredstva i omotača. U tom prostoru nalaze se neznatne količine kiseonika, vodene pare i drugih agensa korozije koji mogu prouzrokovati nezatnu koroziju, iako se korozionim procesima troše agensi korozije tako da atmosfera unutar omotača postaje sve inertnija. Inertnosti te

-  → inhibitor koroziije
-  → odvlaživač
-  → indikator vlažnosti



a)



b)

atmosfere doprinosi i sporo ili nikako prodiranje agenasa koroziije kroz omotač. Bez obzira na to, radi sigurnosti zaštite osetljive opreme na duži vremenski period obrada koroziione sredine vrši se primenom inhibitora ili odvlaživanjem.

### Inhibitori koroziije

Inhibitori koroziije su materije koje u određenim uslovima smanjuju ili potpuno zaustavljaju koroziiju metala. Postoje razne vrste inhibitora, a za zaštitu od atmosfenske koroziije najviše se primenjuju isparljivi inhibitori.

Isparljivi inhibitori koroziije su materije organskog ili neorganskog porekla koje na sobnoj temperaturi isparavaju — sublimiraju u atmosferu koja ih okružuje i istovremeno vrše pasivizaciju metala<sup>3/</sup>. Najčešće su to jedinjenja na bazi nitrita, amina, benzoata, hromata i hidrogenkarbonata.

Do nedavno se za zaštitu od atmosfenske koroziije najviše primenjivao inhibitor na bazi nitrita — dicikloheksilamonijumnitrit, na tržištu poznat kao VPI — 260. Zaštitno delovanje ovaj inhibitor ostvaruje u uslovima niske i srednje relativne vlažnosti, dok u uslovima visoke vlažnosti, kada na površini metala dolazi do orošavanja ili formiranja kapljica vode, ovaj inhibitor deluje kao aktivator koroziije. Zaštitno delovanje se zasniva na hidrolizi molekula inhibitora, pri čemu se stvara nitrit jon koji vrši pasivaciju metalne površine:



Nedostatak ovog inhibitora sastoji se u tome što zaštićuje samo crne metale, uključujući niklene i hromne prevlake. Na tržištu se već nalaze isparljivi inhibitori koji podjednako štite crne i obojene metale.

Isparljivi inhibitori se upotrebljavaju u obliku praha i tableta ili se

prethodno sa njima impregnišu materijali za oblaganje i pakovanje (papir, karton, sunder, folija i sl.). Prah inhibitora se najčešće raspršuje po površini metala, a tablete se postavljaju na određena mesta unutar hermetičnog pakovanja, dok se ostali materijali koriste za oblaganje predmeta, pri čemu je inhibirana strana materijala za pakovanje okrenuta prema površini metala. Bez obzira na način primene, minimalna potrebna količina inhibitora iznosi  $20 \text{ g/m}^3$  zapremine hermetičnog prostora.

Vreme trajanja zaštite iznosi nekoliko godina i zavisi, prvenstveno, od hermetičnosti konzerviranog sredstva.

Aktiviranje konzervisanih sredstava veoma je jednostavno i sastoji se u uklanjanju zaštitnog pakovanja — navlake, materijala za tamponiranje i inhibitora korozije.

### Odvlaživanje

Smanjenje vlažnosti vazduha unutar hermetičnog prostora može se postići pomoću odvlaživača — materija koje se odlikuju velikom higroskopnošću, tj. velikom sposobnošću upijanja vode, odnosno vodene pare. Upijajući vlagu iz hermetične sredine odvlaživači smanjuju relativnu vlažnost te sredine na vrednost pri kojoj ne dolazi do korozije.

Najpoznatiji odvlaživač je silikagel. To je zrnasta, staklasta materija nepravilnog oblika, koja sadrži oko 99,7%  $\text{SiO}_2$ . Karakteriše ga velika poroznost tako da njegova aktivna površina iznosi preko  $450 \text{ m}^2/\text{g}$ .

Silikagel ima veliku sposobnost upijanja vlage i veoma povoljne fizičko-hemijske karakteristike koje omogućavaju da se može više puta regenerisati i primeniti<sup>5/</sup> U uslovima 100% — tne relativne vlažnosti silikagel može upiti preko 40% vlage od svoje mase, dok je sposobnost upijanja manja pri nižim vlažnostima.

Vlažan silikagel regeneriše se sušenjem u električnim pećima na temperaturi od  $120 - 160^\circ\text{C}$ , u vremenu od 2 do 4 časa. Temperaturu sušenja propisuje proizvođač. Ona ne sme biti veća od propisane, jer tada silikagel trpi promene zbog kojih postaje neupotrebljiv.

Nakon regeneracije silikagel se hladi, a zatim do upotrebe čuva u hermetički zatvorenim posudama.

Silikagel se može regenerisati nekoliko puta. Broj mogućih regeneracija zavisi od kvaliteta konkretnog silikagela. Radi sigurnosti primene, potrebno je povremeno izvršiti proveru sposobnosti upijanja, koja ne sme biti manja od 20% u uslovima 100% — ne relativne vlažnosti.

Za upotrebu silikagel se pakuje u platnene vrećice različitih dimenzija. Svaka veća vrećica ima vrpce pomoću kojih se pričvršćuje za predmet koji se zaštićuje.

U hermetičko pakovanje silikagel se postavlja neposredno pre hermetizacije sredstva koje se zaštićuje. Pri tome se plastičnim folijama odvoji površina metala od vrećica sa silikagelom.

Proračun potrebne količine silikagela vrši se na osnovu propustljivosti za vodenu paru materijala za hermetizaciju, ukupne zapremine hermetičnog prostora, higroskopnosti materijala za ispunu i vremena trajanja zaštite<sup>1/</sup>.

Za praćenje stanja vlažnosti unutar hermetičnog pakovanja primenjuje se indikator vlažnosti na bazi kobalthlorida,  $\text{CoCl}_2$ , koji menja boju od intenzivno plave, kada je suv, do crvene, kada je vlažan. Prelaz od svetloplave do ružičaste odvija se pri 40% — tnoj relativnoj vlažnosti sredine u kojoj se indikator nalazi.

Kobalthloridom se impregniše bela pamučna tkanina ili beli karton, od ko-

jih se izrezuju trake veličine  $30 \times 50$  mm. Nakon sušenja na temperaturi od  $60^\circ\text{C}$  trake se čuvaju u hermetički zatvorenim posudama.

U hermetično pakovanje indikator vlažnosti se postavlja na vidljivo mesto, koje je dosta udaljeno od vrećica sa silikagelom. Unutar hermetičnog prostora može se postaviti više indikatora vlažnosti.

Zamena indikatora vlažnosti i silikagela vrši se nakon što se pri pregledima konzervisane opreme uoči ružičasta boja indikatora vlažnosti.

Vreme trajanja zaštite iznosi nekoliko godina i zavisi od materijala kojim je izvršena hermetizacija i količine postavljenog silikagela.

Aktiviranje konzervisane opreme je veoma jednostavno i sastoji se u uklanjanju zaštitnog omotača, materijala za ispunu, vrećica sa silikagelom i indikatora vlažnosti.

#### Literatura:

- [1] P. D. Donovan, Protection of Metals from Corrosion in storage and Transit, John Wiley and Sons, New York, 1986.
- [2] K. Barton, Protections Against Atmospheric Corrosion, John Wiley and Sons, London, 1976.
- [3] S. Mladenović, M. Petrović, G. Rikovsk, korozija i zaštita materijala, RAD, Beograd, 1985.

#### Zaključak

Metalni proizvodi u toku skladištenja i transporta mogu biti zaštićeni od korozije sredstvima za zaštitu koja se direktno nanose na površinu metala ili se pomoću njih vrši obrada korozione sredine.

U sredstva koja kontaktom štite površinu metala spadaju zaštitna ulja, zaštitne masti, zaštitni solventi i termoplastične mase. Postupak njihovog nanošenja na površinu metala je jednostavan. Vreme trajanje zaštite i aktiviranje zaštićenih sredstava zavise od vrste sredstva za zaštitu.

Sredstva za obradu korozione sredine (inhibitori korozije i odvlaživači) primenjuju se za zaštitu metalnih proizvoda smeštenih unutar nekog hermetičnog pakovanja. Postupak zaštite i aktiviranja konzervisanih sredstava je veoma jednostavan, a vreme trajanja zaštite je dugoročno.

- [4] L. I. Antropov, E. M. Makušin, B. F. Panasenka, Inhibitori koroziji metalov, Tehnika, Kiev, 1981.

- [5] D. Zorović, R. Radeka, V. Vujičić, Zbirka referata sa savetovanja, Antikorozija, Zagreb, 1976.

Mr Vasilije Mišković,  
major, dipl. inž.

## KORIŠTENO ULJE — SEKUNDARNA SIROVINA

U članku se korišteno ulje tretira kao sekundarna sirovina sa svojim kvalitativnim svojstvima. Prikazane su mogućnosti prikupljanja, regeneracije ulja i ekonomski i ekološki efekti koji se time postižu. Ove veličine su na određeni način kvantifikovane.

### Uvod

U savremenom svetu, kao nusprodukt industrializacije, pojavio se problem otpadnih materijala. Njihov veliki deo predstavlja opasnost po čovekovu okolinu i živi svet na zemlji. U jednom broju slučajeva radi se o veoma opasnim otrovima, tako da njihovo nekontrolisano odlaganje može da izazove katastrofalne posledice po okolinu i samog čoveka.

Zbog toga se ljudi u poslednje vreme sve više bave problemom otpada. Za sada, taj problem se rešava, uglavnom, na četiri načina. Otpad se nekontrolisano baca, odlaze se s tim da se izoluje od okoline, upotrebljava se u neke druge svrhe u odnosu na osnovnu namenu ili se vraća u proces proizvodnje. Najveći broj zemalja svojom zakonskom regulativom sankcioniše nekontrolisano bacanje otpada. Odlaganje otpada izolacijom od okoline predstavlja veliki trošak, a mesta gde je taj otpad odložen ostaju neupotrebljiva za dugi vremenski period. Zato se nastoji da se otpad korisno upotrebi kad god je to moguće.

Nove tehnologije bi trebalo da omogućе povratak otpada u proces proizvodnje, što, pored svog ekološkog opravdanja, ima i veliki ekonomski efekat. Naime, neki otpadni materijali su iako

sekundarna sirovina, po svojim karakteristikama bolji od primarne sirovine.

Jedan od takvih otpadnih materijala su i korištena mazivna ulja. Količine mazivnih ulja koje se troše u svetu, pa i u našoj zemlji, kvalitet upotrebljivanih ulja kao sekundarne sirovine uslovli su da se veoma ozbiljno prišlo rešavanju problema regeneracije. Već duže vreme postoji razrađena i uhodana tehnologija za regeneraciju korištenih ulja.

Uglavnom se zna da se prikupljanjem i regeneracijom ostvaruju znatni ekonomski efekti. Manje je poznato koliko su ti efekti kada se kvantifikuju.

### Kvalitativne promene ulja u toku upotrebe

U toku upotrebe ulje za popdmazivanje mašinskih skloova trpi visoka opterećenja. Osnovni uslovi u kojima se upotrebljava ulje su, u najvećem broju slučajeva, visoka temperatura i visok pritisak. Usld ovih uslova kvalitet ulja se menja. Sveukupnost fizičkih i hemijskih promena ulja naziva se starenje, a proizvod starenja ulja je korišteno ulje. Kada kvalitet ulja padne na donju granicu, upotrebljeno ulje se zamenjuje svežim. Postoje podaci da se za potrebe nekih armija proizvode sintetička ulja sa dugoročnom zamenom, ali procentu-

alno učešće tih ulja u ukupnoj masi je još uvek malo. Zbog velikih količina korištenih ulja, ali i zbog njihovog kvaliteta, nametnuo se problem regeneracije.

Uzročno-posledične promene na ulju mogu se, u osnovi, grupisati u tri grupe:

- oksidacija ulja;
- onečišćavanje ulja;
- trošenje aditiva.

Oksidacija ulja je niz složenih hemijskih reakcija koje se odvijaju pod dejstvom kiseonika i visoke temperature, a za rezultat imaju razgradnju uljnih molekula. Starenje ulja zbog oksidacije naročito se pospešuje u prisutnosti kiselina. Produkti oksidacije su kisele materije, smole i krute čestice. Ove materije, kada jednom nastanu, deluju dvojako, pospešuju oksidaciju ulja i stvaraju netopive taloge.

Onečišćenje ulja je pojava nakupljanja različitih primesa u ulju, čime se snižava njegov kvalitet i upotrebna vrednost. Osnovni izvor nakupljanja nečistoće u ulju su gorivo, radni prostor, samo ulje i okolina. Kod motornih ulja proizvodi sagorevanja prodiru između klipa i cilindra u ulje i delom se talože, a delom ostaju u ulju. Habanjem radnih površina nastaju čestice metala, koje ostaju u ulju ili reaguju sa kiselinama. Iz okoline u ulju dospevaju čestice prašine i voda.

Jedan od osnovnih pokazatelja pada kvaliteta ulja je potrošnja aditiva, upravo zbog toga što su oni nosioci kvalitativnih svojstava ulja. Poseban problem trošenja aditiva javlja se kod ulja sa višenamenskim aditivima, jer blokiranje jednog aditiva prouzrokuje gubljenje više kvalitativnih svojstava ulja.

Osnovni kriterijumi za ocenu stepena istrošenosti ulja su:

- boja;
- viskoznost;
- korozivnost;

- alkaličnost;
- količina vode i mehaničkih primesa.

Za sva ulja standardom su propisane dozvoljene vrednosti svake od ovih veličina. Kad ulje izgubi na kvalitetu, zamenjuju se svežim. Ukoliko se radi o velikim količinama ulja, pre zamene kvalitet ulja se kontroliše, inače se ulje menja po eksploatacionom resursu (na primer, pređenih 10000 km) ili po vremenskom resursu.

Prosečan sastav korištenog ulja je [1]:

— lake frakcije	1 — 6%
— teže frakcije	10 — 15%
— mazivo ulje	60 — 70%
— voda	0 — 10%
— aditivi	7 — 15%
— produkti oksidacije	5 — 8%
— krute čestice	1 — 3%

Korišteno ulje je sekundarna sirovina za proizvodnju mazivnih ulja, koja ima čak neke značajne prednosti nad sirovom naftom. Može sadržati, u nekim slučajevima, i do 85% mazivnih komponenti prema 10 — 15% koliko ih ima u nafti. Mazive komponente ulja u rabljenom ulju su već bile izložene radnim uslovima, tako da su komponente koje nisu izdržale te uslove uklonjene degradacijom ili oksidacijom. Zato se može očekivati da su ulja dobijena regeneracijom stabilnija od svežih ulja.

### Regeneracija ulja

Korišteno ulje može se iskoristiti na dva osnovna načina: spaljivanjem radi dobijanja energije i preradom radi dobijanja baznih ulja ili drugih naftinih derivata.

Prerada korištenih ulja može se, takođe, obavljati na dva načina. Korištena ulja mogu biti čišćena prvenstveno od netopivih onečišćenja i na

taj način se dobija ulje pogodno za ponovnu upotrebu. Skup metoda i postupaka koji se primenjuju za ovaj način prerade nazivaju se regeneracija ili rekuperiranje.

Prerada korištenih ulja, radi dobivanja visokokvalitetnih ulja ili drugih naftnih derivata naziva se rerafinacija. Široko rasprostranjen i ustaljen termin i za rerafinaciju i za regeneraciju je regeneracija. U najširem smislu regeneracija ulja izvodi se i na samom sredstvu u toku rada, primenom grubih i finih filtera.

Postoji veliki broj metoda regeneracije ulja, od kojih će biti nabrojane neke.

#### Fizičke metode:

- taloženje
- separacija
- filtracija
- otparavanje
- destilacija
- ispiranje

#### Fizikalno -hemijske metode:

- koagulacija
- adsorpcija
- tretiranje površinski aktivnim materijama

#### Hemijske metode:

- tretiranje kiselinama
- tretiranje alkalijama.

#### Kombinovane metode:

- taloženje + filtracija
- taloženje + odvodnjavanje + filtracija
- taloženje + otparavanje vode + obrada adsorbensima
- taloženje + otparavanje goriva + obrada adsorbensima + filtracija
- taloženje + obrada adsorbensima + otparavanje goriva + filtracija

— taloženje + obrada površinski aktivnim materijama + otparavanje goriva + obrada adsorbensima + filtracija

— taloženje + obrada površinski aktivnim materijama + obrada adsorbensima + otparavanje goriva + filtracija

— taloženje + obrada alkalijama + obrada adsorbensima + filtracija.

Da bi se mogla vršiti regeneracija i rerafinacija korištenog ulja moraju biti zadovoljni određeni uslovi. Prvenstveno mora postojati odgovarajuća tehnologija i proizvodni kapaciteti za preradu. Zatim, mora postojati kvalitetno i dostupno rabljeno ulje i tržište ovih proizvoda, kao i to da postoje zakonom rešeni odnosi u ovoj oblasti.

Kvalitetno i dostupno korišteno ulje dobija se prikupljanjem i klasifikacijom. Korištena ulja klasifikuju se u tri klase [1, 2]:

— klasa N — korištena motorna ulja;

— klasa S — korištena ulja iz industrijskih pogona;

— klasa V — korištena emulgirana ulja.

Ulja klase N su prikladna za regeneraciju, dok se ulja klase S teže regenerišu. Korištena ulja klase V ne mogu se regenerisati, već se spaljuju. Prilikom prikupljanja vrši se klasifikacija ulja po klasama. Sadržaj vode i onečišćenja ulja ne sme da prelazi 10%, što se postiže procedivanjem prilikom nalivanja u posude za skupljanje ulja i zaštitom sakupljenog ulja od atmosferskih padavina. Sva ulja iste klase prikupljaju se u iste posude, bez obzira na vrstu i gradaciju.

Danas se smatra da od ukupne potrošnje mazivnih ulja nastaje 50 do 70% korištenog ulja. Od ukupne količine korištenog ulja procenat sakupljanja iznosi od 50 do 70%.

Organizacija prikupljanja korišćenog ulja kod velikih potrošača, kao što su Vojska Jugoslavije, proizvodna, uslužna i transportna preduzeća ne predstavlja veći problem. S obzirom na to da se radi o velikim količinama ulja, prikupljanje ulja i transport do rafinerija ekonomski su isplativi. Problem predstavlja organizacija prikupljanja korištenog ulja od malih potrošača, gde su te količine male. Međutim, kako se radi o velikom broju, pre svega putničkih automobila i poljoprivrednih mašina, pa i drugih sredstava koje troše ulje, ni ove količine nisu zanemarljive. Dok veliki potrošači korišteno ulje mogu prodati, kod malih potrošača se postavlja pitanje stimulacije i, uopšte, ekonomske isplativosti prikupljanja. S druge strane, ako se ne vrši prikupljanje, ulje se nekontrolisano baca. Zabrana da se korišteno ulje baca ne može biti delotvorna, dok se jasno ne definiše šta s njim treba raditi.

Pored toga, i veliki potrošači, ako ne nalaze ekonomsko opravdanje za njegovo prikupljanje i prodaju takođe ga nekontrolisano bacaju, ne vodeći računa o štetama koje na taj način prouzrokuju. Zato je potrebno da država donese jasnu zakonsku regulativu, ali i sankcije.

### **Ekonomska i ekološka opravdanost regeneracije**

U vezi sa ekonomskom opravdanošću prikupljanja i regeneracije korištenog ulja, mogu se posmatrati dve komponente. Jedan deo koristi može egzaktno da se izrazi, dok za drugi deo može samo da se proceni. Egzaktno je moguće izraziti troškove prikupljanja, skladištenja i transporta, nasuprot vrednosti nafte koja bi se prikupljenim rabljenim uljem uštedela. Šteté koje se izbegnu time što je rabljeno ulje prikupljeno i poslano na preradu, umesto da je nekontrolisano bačeno, mogu se samo procenjivati.

Delimičan prikaz ekonomskih efekata koji s mogu egzaktno izraziti daje veoma interesantne podatke. Preradom hiljadu tona korištenog ulja dobija se:

— tehnički benzin	18 — 30 t,
— plinsko ulje	90 — 150 t,
— bazno ulje	700 — 800 t.

Za svaku tonu baznog ulja uštedi se 6 t sirove nafte, koliko je, inače, potrebno za proizvodnju 1 t baznog ulja. Znači, hiljadu tona korištenog ulja koje se regeneriše zamenjuje 4200—5600 t sirove nafte.

Prema nekim procenama, potrošnja ulja u 1990. na sadašnjoj teritoriji SRJ bila je 165 hiljada tona, a procenjuje se da bi potrošnja ulja u SRJ mogla biti oko 215 hiljada tona u 1995. Znači da bi se u 1995. moglo računati sa 105—150 hiljada tona ulja, odnosno sa 50—75 hiljada tona sakupljenog korištenog ulja. Uz minimalnu konverziju od 0,7, moglo bi se računati na preradom dobijenih 35—50 hiljada tona baznog ulja. Uzimajući u obzir samo minimalne količine, može se računati da bi korišteno ulje uoglo zameniti 145 hiljada tona nafte. Ako se u preradu uzme samo 20 hiljada tona korištenog ulja, što iznosi nešto manje od 10% ukupne potrošnje ulja, supstituisalo bi se 84 hiljada tona nafte. Ostatak prikupljenog ulja moglo bi se koristiti za spaljivanje radi dobijanja energije.

Ilustracije radi, 1979. u SFRJ je potrošnja ulja bila 114 hiljada tona motornih ulja i 247 hiljada tona industrijskih ulja, ukupno 361 hiljada tona. Iste godine reciklirano je oko 15 hiljada tona i to pretežno motornih ulja. Može se sa sigurnošću računati da je od ukupno potrošenih količina korištenog ulja minimalno nastalo 180 hiljada tona. Sa sigurnošću se može tvrditi da su samo minimalne količine ovog ulja iskorištene spaljivanjem, što znači da je minimalno oko 160 hiljada tona nekontrolisano bačeno.



Iste, 1979. godine rafinerije su radile sa prosečnim kapacitetom od 36,5%, a instalirani kapaciteti za regeneraciju ulja sa prosečnim kapacitetom 29,4%. Da je u ponovnu preradu vraćeno 50 hiljada tona ovog ulja, mogla se postići ušteda od oko 210 hiljada tona nafte.

Bez obzira na to koliko su procene i prognoze tačne, očigledno je da su ekonomski efekti prikupljanja i regeneracije korištenog ulja značajni, ne uzimajući u obzir i druge naftne derivate koji se dobijaju.

Pored toga, sve prikupljeno korišteno ulje koje se iskoristi u bilo koje svrhe ne baca se nekontrolisano. Ono koje se prikupi ne završava u rekama, jezerima ili na zemljištu. Štete koje se na taj način prouzrokuju dovoljan su razlog da se ulje prikuplja.

### Umesto zaključka

U zemlji koja zavisi od uvoza nafte, upotreba korištenog ulja kao sekundarne sirovine predstavlja značajnu uštedu u potrošnji sirove nafte. Pored toga što se recikliranjem dobijaju značajne količine baznog ulja, dobijaju se i odredne količine drugih naftnih de-

rivata. Korišteno ulje, po svom sastavu, predstavlja veoma kvalitetnu sirovinu, čijom se preradom dobijaju bazna ulja. Mali broj sekundarnih sirovina ima takav kvalitet pri ponovnom vraćanju u proces proizvodnje kao korišteno ulje.

Prikupljanjem i recikliranjem ovog ulja postižu se značajni ekonomski, ali isto tako i ekološki efekti. Osnovni efekti su:

— ušteda sirove nafte koja se, inače, uvozi;

— prikupljanje, skladištenje i transport ne iziskuje veće troškove, tako da je ova sirovina relativno jeftina;

— upotrebom u korisne svrhe sprečavaju se štete koje bi nastale nekontrolisanim bacanjem ili troškovi i štete koje bi nastale odlaganjem u posebno pripremane prostore.

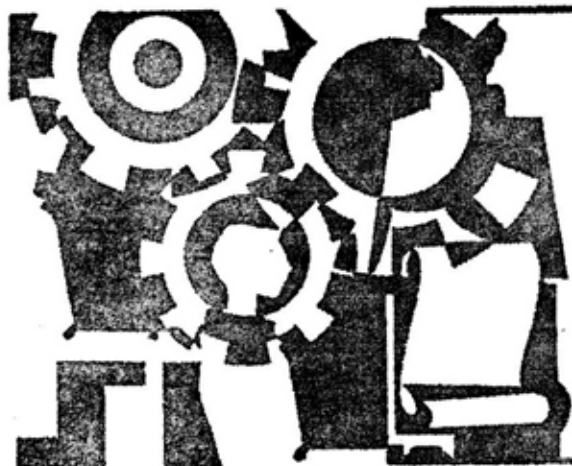
Može se zaključiti da će se postaviti sve rigorozniji zahtevi za prikupljanjem korištenog ulja, kako zbog ekonomskim efektima koji se time postižu, tako i zbog zaštite čovekove okoline. S tim u vezi, može se očekivati da će i zakonska regulativa biti pooštrena, naročito na planu sankcionisanja nekontrolisanog bacanja, ne samo korištenog ulja, nego i drugog otpadnog materijala.

### Literatura:

- [1] Cuculić B.: Prerada rabljenih ulja, INA elaborat 00-13-82/8, INA Razvoj i istraživanje, Zagreb, 1982.
- [2] Škerlev P., Velebir K.: Višestruka korist od prikupljanja, Vjesnik INE, Zagreb, 1976.
- [3] Maček I., Zima V.: Klasifikacije i specifikacije suvremenih motornih ulja, Radovi TVA 27, TSC KoV JNA, Zagreb, 1980.

- [4] Šaškin S. I., Brai I. V.: Regeneracija rabljenih naftnih ulja, Himija, Moskva, 1970.

- [5] Mitrevski O.: Regeneracija mazivnih ulja u miru i ratu, diplomski rad, TVA KoV JNA, Zagreb, 1983.



novе knjige

## INŽENJERSTVO ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA

### MAINTAINABILITY ENGINEERING

U aprilu 1993, u izdanju Jugoslovenskog društva za motore i vozila, objavljena je monografija INŽENJERSTVO ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA, autora prof. dr Jovana B. Todorovića, dipl. inž. maš., redovnog profesora i šefa katedre za motorna vozila na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

Profesor dr Jovan Todorović je istaknuti stručnjak i načelnik iz oblasti pouzdanosti, inženjerstva održavanja i efektivnosti tehničkih sistema, kod nas i u svetskoj nauci, a posebno se bavi frikcionim mehanizmima, kočnicama motornih vozila, tribološkim problemima, te metodama projektovanja, proračuna i ispitivanja. Član je Američkog društva automobilskih inženjera (SEA) i Britanskog Instituta mašinskih inženjera (FIMechE) i ovlašćeni inženjer u ovoj zemlji (C. Eng.), a do nedavno je bio i potpredsednik Međunarodne federacije inženjera automobilske tehnike (FISITA).

Uvodna beleška o uglednom profesoru Todoroviću, jednostavno, nezaobi-

lazna je, jer navedene činjenice daju pečat autorovoj »up-to-date« monografiji, prvoj u nas posvećenj inženjerstvu održavanja tehničkih sistema — savremenoj tehničkoj disciplini, delu teorije efektivnosti i sistemskih nauka, koja se neposredno bavi svim naučnim i praktičnim pitanjima vezanim za održavanje različitih tehničkih sistema, a posebno problema čije rešavanje traži primenu naučnih i, naročito, inženjerskih metoda.

Monografija INŽENJERSTVO ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA na nov način povezuje teorijske podloge procesa održavanja tehničkih sistema sa inženjerskim prilazima i metodama rešavanja problema iz prakse. To je smisao pojma INŽENJERSTVO ODRŽAVANJA, koji se poslednjih godina koristi za opis tehničke discipline čiji je zadatak obezbeđenje lakog i efikasnog održavanja tehničkih sistema.

Zasnovana na višegodišnjim istraživanjima pouzdanosti i srodnih svojstava tehničkih sistema, a i na raspoloživim informacijama i literaturi iz naše i drugih zemalja, uključujući i srazmerno razvijene normativne dokumente, ova monografija pruža čitaocima sažete informacije o bitnim elementima ukupne problematike održava-

nja tehničkih sistema, i to, kako o elementima teorijskog, tako i o elementima empirijskog karaktera. Ovaj kompleksni prilaz, koji zahvata i teorijske i praktične aspekte problematike održavanja nazvan je INŽENJERSTVO ODRŽAVANJA.

Ova jedinstvena naučna knjiga, u kojoj se razmatra savremeni »sistemski« prilaz analize i rešavanja tehničkih sistema, kako to i nalažu principi sistemskih nauka i sistemskog inženjerstva, odnosno savremene naučne metodologije inženjerstva pouzdanosti, inženjerstva održavanja i logistike, biće neophodan vodič inženjerima i drugim stručnjacima koji se bave ovom problematikom, pa dajemo prikaz sadržaja knjige, koja, veruje se, zaslužuje pažnju šireg kruga čitalaca i u Vojsci Jugoslavije.

Knjiga INŽENJERSTVO ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA sadrži sledeća poglavlja:

- O održavanju tehničkih sistema
- Inženjerstvo održavanja i sigurnost funkcionisanja
- Sistemski prilaz održavanju
- Održavanje i životni ciklus (uvod, troškovi životnog ciklusa, metode analize i procene)
- Proces održavanja (uvod, stanja tehničkog sistema, vremenska slika stanja, model procesa održavanja)
- Sistem održavanja (uvod, metodologije održavanja, koncepcija održavanja, organizacija održavanja, tehnologija održavanja, projektovanje sistema održavanja)
- Logistika i integralna sistemska podrška (uvod, ciljevi i zadaci, koncepti i metodologije)
- Modeliranje i optimizacija sistema održavanja (uvod, metode optimizacije, modeli održavanja, modeli preventivnog održavanja)
- Karakteristike sistema održavanja (uvod, gotovost i raspoloživost, po-

godnost održavanja, pomoćne karakteristike)

- Analiza i ocena sistema održavanja (uvod, zahtevi za održavanje, metode predviđanja i ocene)
- Projektovanje tehničkih sistema za održavanje (uvod, osnovni koncept, metode analize, alokacija pogodnosti održavanja, ocenjivanje projekta)
- Upravljanje rezervnim delovima (uvod, predviđanje zahteva za rezervnim delovima, dimenzionisanje skladišta rezervnih delova, određivanje asortimana i broja rezervnih delova)
- Informacioni sistem o radu i održavanju (ciljevi i zadaci, podaci i informacije o radu i održavanju, elementi informacionog sistema)
- Prilozi

U prvom poglavlju knjige istaknuto je da oblast inženjerstva održavanja sve više zaokuplja pažnju inženjera i drugih stručnjaka koji se bave problemima efektivnosti rada i korišćenja različitih tehničkih sistema.

Razvoj novih naučnih disciplina, zasnovanih na sve ubrzanijem razvoju tehnike i tehnologije, posebno kibernetike, teorije sistema, informatike i drugih grana sistemskih nauka, značajno je doprineo promeni odnosa prema održavanju tehničkih sistema. Posebno mesto u okviru ovih novih disciplina ima teorija pouzdanosti, na koju su se kasnije nadovezale i druge discipline. Jedna od njih je inženjerstvo održavanja (Maintainability Engineering), koja se neposredno bavi problemima održavanja tehničkih sistema. Ova disciplina je snažno oslonjena i na logistiku, posebnu tehničku disciplinu koja se bavi problemima ukupne podrške tehničkim sistemima — integralna logistička podrška (Integral Logistic Support).

Važnost teorije pouzdanosti i inženjerstva održavanja tehničkih sistema, autor je objasnio na primeru jednog aktuelnog naučnoistraživačkog pro-

jekta američke armije »Reliability and Maintainability 2000«, čiji je osnovni cilj da se osetno smanje ukupni troškovi održavanja, a da se pouzdanost i pogodnost održavanja tehničkih sistema poboljšaju za četiri puta.

I u nas se, već niz godina, sprovode istraživanja u inženjerstvu održavanja, kao delu sistemskih nauka, koji se bavi problemima održavanja. Autor konstatuje, međutim, da i pored zapaženih rezultata u teorijskim istraživanjima, do značajnije primene u praksi nije došlo, izuzimajući odgovarajuće tehničke službe Vojske Jugoslavije, koje su ukupnu filozofiju tehničkog obezbeđenja uskladile sa koncepcijama efektivnosti i savremenim sistemskim naukama.

U drugom poglavlju istaknut je značaj inženjerstva održavanja, kao važne tehnologije za dostizanje visoke funkcionalne sigurnosti tehničkih sistema.

Data je definicija funkcije efektivnosti i karakteristični su prilozi definisanja pojma efektivnosti. Poslednjih godina, međutim, došlo se do zaključka da efektivnost nije najprikladniji pojam za izražavanje ukupnih svojstava tehničkih sistema. Predloženi su novi pojmovi i njihove definicije u IEC (International Electrotechnical Commission) standardima, odnosno u tzv. IEC rečniku, koji će uskoro biti objavljeni i kao zvanični Jugoslovenski standard.

Novim standardima se ukupna uspešnost tehničkog sistema u odnosu na izvršavanje zadate funkcije cilja meri i ocenjuje njegovom »Upotrebnom vrednošću« koja se, prema IEC rečniku, naziva »Upotrebni kvalitet« (Quality of Service).

Upotrebni kvalitet tehničkog sistema je veoma kompleksno svojstvo, načelno stohastičkog karaktera, u suštini slično ranije korišćenom pojmu »efektivnost«, a obuhvata osobine tehničkog sistema vezane za njegov rad,

kao i elemente podrške nužne da bi sistem mogao uspešno da radi.

U IEC rečniku se pojam upotrebni kvalitet definiše kao »Ukupni efekat radnih performansi koji određuje stepen zadovoljenja korisnika«, a zavisi od performansi logističke podrške radu sistema (Service Support Performance), performansi operativnosti (Service Operability Performance), performansi upotrebe (Serviceability Performance) i integriteta upotrebe (Service Integrity).

Pojam performanse upotrebe veoma je kompleksan i čine ga komponente: radni potencijal (Capability) i sigurnost funkcionisanja (Dependability). Sigurnost funkcionisanja je složena funkcija koja zavisi od performansi pouzdanosti (Reliability Performance), performansi pogodnosti održavanja (Maintainability Performance) i performansi logističke podrške održavanju (Maintenance Support Performance). Kao što se vidi, ovakvo definisana sigurnost funkcionisanja ima velike sličnosti sa ranije definisanim pojmom »efektivnost«.

Ova terminološka opredeljenja rečito govore da je »ukupna vrednost« tehničkog sistema eksplicitno zavisna od njegovih svojstava u pogledu održavanja, kao i od valjanosti i kvaliteta procesa i sistema održavanja. Autor zaključuje da su otuda i razumljivi sve veći naponi da se ukupna problematika održavanja tehničkih sistema dublje izučava i usavršava. Metode i tehnologije koje se za ovo koriste predstavljaju predmet i sadržaj inženjerstva održavanja.

Treće poglavlje posvećeno je »sistemskom« prilazu analize tehničkog sistema i sistema održavanja. Složenost strukture savremenih tehničkih sistema i heterogenost i suprotstavljenost formalnih i suštinskih zahteva koji se postavljaju u pogledu njihovog prilagođavanja vladajućem okruženju nameću logičnu potrebu da se postojeći problemi rešavaju »sistemski«.

Današnji inženjeri se sve više bave »sistemskim inženjerstvom« (»Systems Engineering) ili »inženjerstvom sistema«, relativno novom disciplinom u okviru opštih sistemskih nauka. Inženjerstvo sistema, povezano sa srodnim metodama integralnog sistemskog prilaza (System Integration) upućuje na kompleksno posmatranje svih potrebnih svojstava jednog sistema i na izučavanje njihovih međusobnih odnosa, ili interakcija, uključujući i dejstva bitnih činilaca okoline.

I održavanje tehničkih sistema može da se posmatra i analizira metodama inženjerstva sistema i integralnog sistemskog prilaza, tj. kao skup većeg broja segmenata, koji svoju funkciju obavljaju u određenoj okolini i u određenom vremenu, a svi su »podjednako važni«, jer svojim zajedničkim dejstvom obezbeđuju održavanje tehničkog sistema, u skladu sa postavljenim zahtevima i kriterijumima. Drugim rečima, neophodno je da postoji intimna i neprekidna međuzavisnost svih relevantnih obeležja održavanja nekog tehničkog sistema (konceptija, organizacija i tehnologija održavanja, pouzdanost i pogodnost održavanja, zatim obezbeđenost objektima, opremom, alatima, rezervnim agregatima i delovima, potrošnim i drugim materijalom, sirovinama i energijom, kao i obezbeđenost radnicima, tehničko-tehnološkom dokumentacijom, informacijama i komunikacijama).

Za ostala poglavlja knjige dajemo samo njihov sadržaj, a čitaocima ostaje da ih dublje upoznaju.

Svojim sadržajem, naučnim i jasnim stilom pisanja, originalnim i preciznim načinom izlaganja, razumljivosti i logičnosti autorovih misli, te metodama analize, uz primere iz višegodišnje prakse Instituta za motorna vozila Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, ova monografija će koristiti stručnjacima iz raznih područja tehničkih nauka, a posebno inženjerima koji rade sa sistemima vojne tehnike,

u mašinogradnji, saobraćaju, vazduhoplovstvu, energetici, procesnoj industriji, elektronici i elektrotehnici, itd.

Sticaj je okolnosti da se objavljivanje ove monografije vremenski poklapa sa početkom rada CESIL-a — Centra za efektivnost sistema i logistiku Instituta za motorna vozila Mašinskog fakulteta u Beogradu. Ova koincidencija, međutim, logična je i formiranje CESIL-a i objavljivanje ove knjige predstavljaju rezultat višegodišnjeg angažovanja Instituta za motorna vozila i autora knjige na istraživanjima u području efektivnosti sistema, najčešće u okviru saradnje sa mnogim preduzećima, tehničkim službama Vojske Jugoslavije i drugim tehničkim sistemima i organizacijama. Tako su akumulirana znanja i iskustva koja mogu biti od koristi u rešavanju zadataka ove prirode i vrste.

Pored problematike pouzdanosti, održavanja i logistike, program CESIL-a je orijentisan i na sistemsko inženjerstvo i metode operacionih istraživanja, uključujući aktuelne probleme sigurnosti funkcionisanja, upotrebne vrednosti i kvaliteta, fuzzy logiku i ekspertne sisteme, itd., i to u svim domenima tehničkih nauka. Prenošenje ovih znanja, iskustava i metodologija inženjerima, studentima, pitomcima vojnih akademija i drugim zainteresovanim stručnim licima predstavlja glavni zadatak CESIL-a.

Razvoj i korišćenje savremenih tehničkih sistema za potrebe Vojske Jugoslavije ne može se ni zamisliti bez sve većeg značaja efektivnosti i logistike. Zbog toga, imperativno se postavljaju zahtevi da se, u vremenu ispred nas, moramo mnogo više baviti inženjerstvom održavanja, inženjerstvom pouzdanosti, logistikom, funkcionalnom pogodnošću, troškovima životnog ciklusa i drugim disciplinama savremenih tehničkih nauka. Tehnički sistemi moraju se analizirati i rešavati »sistemski«, tako da se zadovolje svi zahtevi, da se obezbede sva potrebna svoj-

stva i osobine, visoka efektivnost, niski troškovi životnog ciklusa, efikasna logistička podrška, itd.

Na putu realizacije ovih imperativnih zahteva, CESIL je izazov za nove sadržaje saradnje, kako u naučnoistraživačkoj, tako i nastavnoj sferi, koja je, u procesu transformacije Vojske Jugoslavije, naročito potrebna Univerzitetu Vojske Jugoslavije, tehničkoj službi, vojnotehničkim institutima, tehničkim opitnim centrima, tehničkim remontnim zavodima, i dr.

Monografija INŽENJERSTVO ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA treba da pomogne u izvršenju tih zadataka.

Knjiga će, svakako, biti potrebna i kao udžbenički materijal za nastavu studentima dodiplomskih i poslediplomskih studija tehničkih fakulteta, pitomcima i slušaocima vojnih akademija i škola i za samostalno osposobljavanje stručnjaka u ovoj oblasti.

Knjiga se može naručiti preko izdavača, Jugoslovenskog društva za motore i vozila, na adresu: JUMV, 11000 Beograd, 27. marta 80, tel: (011) 326-923 ili Fax: 321-198.

\* \*  
\*

Potpukovnik  
Mr Svetomir Minić, dipl. inž. maš.



# prikazi iz inostranih časopisa

## ZAVARIVANJE PLAZMA-POSTUPKOM\*

U remontnoj praksi vazduhoplovne tehnike, kada se traži spajanje zavarivanjem tankih materijala (debljine manje od 1 mm), često se primenjuje zavarivanje plazma-postupkom, pri čemu se primenjuje sažeti (sabijeni) luk. On se, po obliku, principski razlikuje od slobodnogorućeg argonskog luka. Pošto

gatu za zavarivanje) strujni luk se sabije do igličastog oblika, što i obezbeđuje dobijanje zavarenog spoja veoma male debljine (zavarivanje plazma-postupkom).

Proizvodi se niz plazmatrona za ova-kvo zavarivane. Osnovne karakteristike nekih od njih prikazani su u tabeli.

Tabela

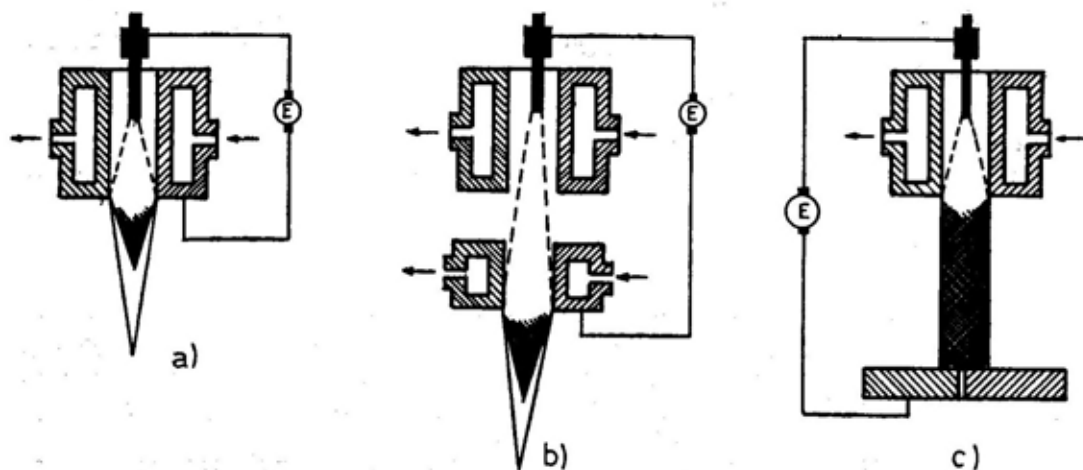
Tip plazmatora	Struja zavarivanja [A]	Prečnik mlaznice [mm]	Visina [mm]	Prečnik elektroda [mm]	Masa [gr]
OB-1115	15	21	150	0,8...1,0	150
OB-1160 A	60	22	108	1...1,2	320
OB-121 B	100	28	150	2	500

pri običnom argonskom zavarivanju luk ima konusni oblik (vrhom nadole), a promena njegove dužine dovodi do promene prečnika mrlje zagrevanja (menja se visina usećenog konusa), a shodno tome i širina vara, to telo luka i plazmena struja imaju stalni (cilindrični) oblik. Zagrevani deo površine ne zavisi od dužine luka, što pruža mogućnost ostvarivanja ravnomernog zagrevanja zavarivanog metala. Pomoću specijalnog uređaja u plazmatronu (agre-

Kod ovih plazmatrona plazmena struja se formira na račun intenzivnog hlađenja gasnog toka stabla luka, koji gori u uskom vodenohlađenom kanalu plazmatrona. Pri zavarivanju plazma-postupkom primenjuju se gorionici po dve šeme. Prva (1a) — direktno delovanje: jedna od elektroda — obrađivani materijal (plazma se može koristiti i za rezanje). U ovom slučaju moraju postojati dva energetska izvora: struja plazme i električno aktivna mrlja luka. Dru-

ga (1b, c) — gorionik posrednik dejstva za zavarivanje strujom plazme. (sl. 1).

Sastav gasa koji stvara plazmu i materijal biraju se na osnovu zahteva tehnološkog procesa. U svojstvu stabilizirajućih gasova primenjuju se argon, helijum, vodonik, vazduh i njihove smeše. Elektrode se izrađuju od volfarama i bakra.



Sl. 1.

Igličasti oblik slaboamperskog luka obezbeđuje se, kako je već konstatovano, konstruktivnim osobinama plazmatrona, izborom gasova za stvaranje plazme i za zaštitu, a i njihovim utroškom u određenim količinama. U svojstvu takvih gasova češće se koriste argon ili smeša argona i vodonika (Ar 90% i H<sub>2</sub> 10%), kao i helijum i ugljendioksid. Vrlo tanki materijali (tanji od 0,2 mm) zavaruju se raznopolarnom impulsnim (mikroplazmenim) plazma-postupkom, uz obrazloženje uskog vara. On se formira perioričnim topljenjem metala na jednom mestu — tački. Zagrevanje i stvaranje tačkaste kupke tečnog metala postiže se pravougaonim strujnim impulsom pozitivnog polariteta. Strujni impuls obrnutog polariteta proizvodi samo narušavanje oksidne površine tra-

ke. U tom momentu kupka kristališe. Sledeći strujni impuls pozitivnog polariteta ponovo stvara varnu tačku s nekim prekrivanjem prethodne. Ono se određuje korakom i veličinom tačaka. Primena ovoga načina omogućava dobijanje kvalitetnih zavarenih spojeva takvih predmeta, kao što su sifoni i cevi s tankim zidovima.

Praksa je pokazala da je zavarivanje, na primer, delova uređaja od legiranog čelika, titanskih legura, kao i teško topljivih metala bolje sprovesti lukom pozitivnog polariteta. Zavarivanje aluminijumskih i manganskih legura vrši se strujom obrnutog polariteta. Pri tome se koriste dva izvora napajanja: jedan za neprekidno podržavanje dežurnog luka strujom 2—5 A, a drugi — za napajanje osnovnog luka, koji obezbeđuje topljenje metala. Bolje mehaničke osobine zavarnih spojeva i aluminijumskih legura obezbeđuje se zavarivanjem plazma-postupkom promenom polariteta. U datom slučaju razbijanje oksidne trake vrši se skraćenim lukom obrnutog polariteta s nestacionarnom katodnom mrljom.

Po pravilu, zaštita tečnog metala od dejstava atmosferskih gasova vrši se argonom. Međutim, zbog sadržaja vlage

\*) Prema podacima iz časopisa »Tehnika i voozruženje« — 8/91.



u njemu, često su potrebni dodatni troškovi za njegovo čišćenje. U poslednje vreme u svojstvu zaštitne srđine koriste se tehnički vakuum  $10^{-1}$  do  $5 \cdot 10^{-4}$  mm živinog stuba (1mm ž. s. = 133 Pa). Vakum obezbeđuje dobijanje spojeva dobrog kvaliteta pri zavarivanju skraćanim lukom niskog pritiska s istosmernom strujom od 80 A. Uređaj za zavarivanje plazma-postupkom ima u svom sastavu, u većini slučajeva, izvor napajanja s blokovima upravljanja, plazmeni gorionik sa crevima, boce s gasovima, sisteme hlađenja i niz dopunskih pribora.

U poslednje vreme serijski se proizvodi univerzalni uređaj za zavarivanje plazma-postupkom, tipa MPU-4. Uređaj ima režim rada sa strujama u

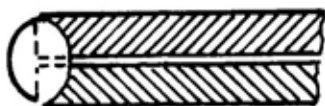
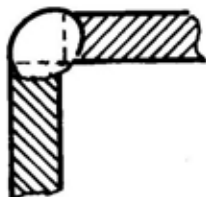
granicama od 15 do 30 A. Pomoću ovog uređaja zavaruju se nerđajući čelici debljine do 1,0 mm, aluminijumske i bakarne legure — do 0,2 mm, ostvaruju ivična, bočna i uglovna spajanja (sl. 2).

Spojevi se ostvaruju pri debljini metala od 0,3 do 2 mm, pri debljini većoj od 0,3 mm s obradom ivice.

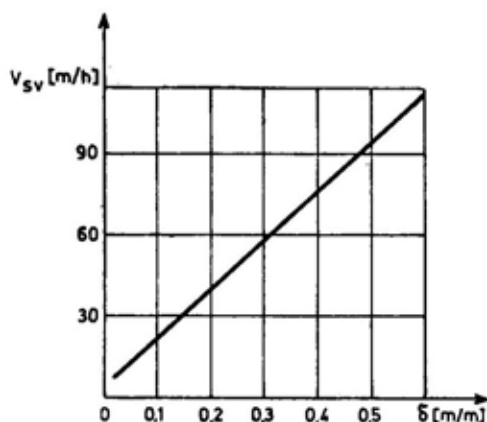
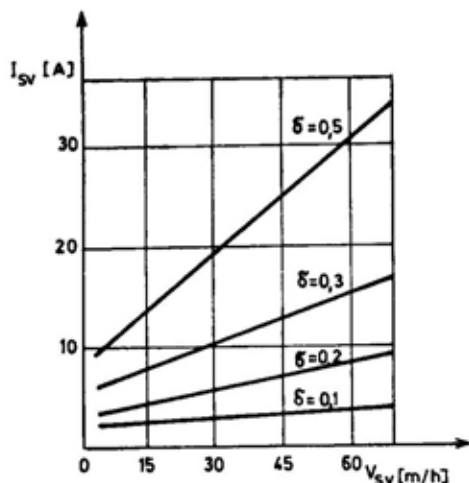
Primena remonta u prostoru zavarivanja agronskim lukom ograničena je, kao što je poznato, uglom nagiba gasnog gorionika od  $30^\circ$ . Zavarivanje plazma-postupkom odlikuje se pogodnošću za dobijanje horizontalnih, vertikalnih i tavanskih šavova, pošto se proces zavarivanja odvija uz stvaranje kupke tečnog metala male zapremine.

Priprema metala za zavarivanje vrši se naročito pažljivo. Obeležavanje pripremljenih delova za spajanje vrši se, često, po ivici sečenja, a ostalih delova samo olovkom. Posle sečenja ivice se ispravljaju drvenim čikićem i obrađuju standardnim alatom. Skupljanje delova bolje je vršiti u specijalnim uređajima s primnom takozvanih prihvatča dužine 3—5 mm.

Stabilno gornje kratkog luka određuje se uglom brušenja radnog dela elektroda ( $10-15^\circ$ ) u njegovim pravilnim postavljenjem u kanal mlaznice gorionika. Teme njegovog ugla mora se poklapati s osom mlaznice, a sama elektroda postavlja se u njegov kanal ne dublje od 0,5 mm. Dužina plamena plazmatrona održava se u granicama 1,5—2,0 mm. Osnovni luk nastaje kada se plamen dežurnog luka dotakne ivica zavarivanja delova. Posle njegovog paljenja, gorionik se postavlja i zadržava na istom mestu (ne premešta se) do stvaranja kupke tečnog metala. Zatim se gorionik (s nagibom  $60-80^\circ$ ) prmešta u pravcu zavarivanja. Ako je neophodna primena dodataka, između njega i ose plazmatrona zadržava se  $90^\circ$ . Poprečne oscilacije gorionikom pri zavarivanju plazma-postupkom, po pravilu, ne vrše se. Posle isključenja osnovnog luka, zaštitni gas pušta se još u



Sl. 2.



Sl. 3.

toku 10—15 s. Postojanje tamne patine u delu zavarenog spoja svedoči o pregrevanju metala i njegovoj lošoj zaštiti. Pri pravilno izabranim režimima i striktnom pridržavanju tehnologije zavarivanja, površina šavova mora imati svetao sitnoljuskasti, ispupčeni oblik s blagim prelazom prema osnovnom metalu. Struja i optimalna brzina zavarivanja bira se u zavisnosti od debljine zavarivanog materijala (sl. 3).

Treba napomenuti da primena zavarivanja plazma-postupkom u vakuumu omogućava dobijanje užih šavova s neznatnim razmerama zone termičkog uticaja, što suštinski povećava granicu čvrstoće zavarenih spojeva. To je, takođe, važno pri dobijanju zavarenih spojeva metala s keramikom i staklom. Najbolji efekat se postiže u slučaju primene zavarivanja plazma-postupkom pri remontu uređaja, koji traže istovremeno hermetizaciju i vakuumiranje njihovih unutrašnjih prostora.

### NOVI SISTEM ODRŽAVANJA U ORUŽANIM SNAGAMA FRANCUSKE\*

Tokom nekoliko poslednjih godina firma SFENA privodi kraju razvoj i realizaciju novog sistema održavanja, opravke i remonta, za upravljanje zalihama i procesom snabdevanja vojnih elektronskih i elektromagnetskih sistema koji su uvedeni u naoružanje francuske vojske posle 1978, a koji su prikazani na izložbi u Satoriju.

Sistem je u kopnenoj vojsci, za održavanje elektronskih sredstava, organizovan u **tri nivoa održavanja**: NTI-1, gde se održavanje realizuje na nivou puka i bazira se na sistemu VAMP; NTI-2, na nivou divizije uz pomoć sistema DIADEME i NTI-3, u kome se vrši zamena elektronskih komponenti ispravnim u arsenalima materijala, kroz sistem TERAPIE.

Na prvom nivou (NTI-1) vrše se samo osnovna ispitivanja-dijagnostika neispravnosti. Ukoliko je test negativan, na raspolaganju stoji sistem VAMP, tj. automatski, modularan i programski is-

L. Bugarski, dipl. inž.

\*) Prikaz istoimenog članka iz časopisa »International Defence Review« 1990.

pitni uređaj za lokalizaciju neispravnosti u elektronskim i elektromagnetskim sistemima. Sistem VAMP je za potrebe OS Francuske razvila firma SFENA u periodu 1975—1976, od kojih je oko 100 komada u upotrebi u RV Francuske (avioni Mirage, Jaguar), u RM Francuske (Nord 262, Super-Etendard) i u RM Španije (AB-212).

Na zahtev GIAT-a, u periodu 1978.—1979. razvijen je novi portabl proverni sistem koji koristi firma CFS Thompson za svoja samohodna oružja AMX30 mm i Saudijska Arabija za svoje SHAHINE raketne sisteme zemlja-vazduh. Primena VAMP procedura ne zahteva skidanje komponenata sa sredstva, već se ispitivanje izvršava pomoću automatskog test-programa koji analizira kompletan sistem da bi otkrio neispravnu komponentu i obezbedio njenu zamenu.

Neispravna komponenta šalje se na drugi nivo (NTI-2), gde je preuzima sistem DIADEME. Uvođenjem VAMP procedure ostvarena je nova filozofija održavanja koja oslobađa opravku od sumnji koje mogu proisteci iz pogrešne procene neispravnosti, a za koje nema mesta u ratnim uslovima. Ta kutija, čija je masa samo 25 kg, može se koristiti u terenskim uslovima i transportovati terenskim vozilom ili kamionom.

Pošto se ovde ne radi o lako lomljivoj laboratorijskoj opremi, uređaj može da ide i u sastav operativne opreme. Na početku, uređaj je bio koncipiran da služi samo za testiranje sistema tipa AMX10RC za upravljanje vatrom (upotrebljavan je u Čadu za vreme operacije »Manta«), ali je korišćen na vatrenom položaju za održavanje i drugih sistema — AMX30B2, osmatračke kupole vozila sistema VOA, AMX-10 i VaB.

Sistem DIADEME, koji radi u okviru nivoa NTI-2, obezbeđuje polivalentno i stalno snabdevanje elektronskih uređaja rezervnim delovima, tj. preuzima funkciju ranijeg sistema snabdevanja r/d. Sistem se uvodi u upo-

trebu francuskih OS, koje će do 1989. primiti ukupno 53 sistema u obliku pokretnih stanica sa 9 pratećih kompleta opreme koji će biti dodeljeni Visokoj aplikacionoj školi za snabdevanje u Bourgesu, pri glavnoj bazi za snabdevanje (ERGM) u Pointoise.

Prvih 14 sistema DIADEME biće u operativnoj upotrebi do kraja 1986. ili početkom 1987.. Sistem DIADEME smešta se u 2 skloništa dužine 6 m. Jedno sklonište služi kao opitna podstanica, a drugo kao servisna podstanica sastavljena od 2 kamiona od 10 t sa opremom i dva BRIBANT generatora od po 10 kVA. Osoblje sistema sačinjavaju 3 podoficira (od kojih je jedan komandir), 3 vojnika, vozači i mehaničari za otklanjanje neispravnosti (popravke).

Glavna podstanica sastoji se od ispitnog uređaja SFENA »Sesame 2600—20« sa programskim jezikom »Atlas«, odeljenja za elektronsko testiranje, dijagnostičkog centra i radionice za otklanjanje neispravnosti.

Servisna podstanica i banka podataka obuhvataju aplikacioni softver, interfejs i pregled delova koje treba popravljati, kao i nezavisnu radionicu, da bi se izbeglo čekanje u hitnim slučajevima. Sistem DIADEME može da opslužuju razne sisteme i sredstva, kao što su: transmisioni sistem RITA, sistem za automatsko povezivanje vatrenih položaja artiljerijskog sistema ATILA, MIRADOR, radar ORCHIDEE, VaM-ove HOT-protivtenkovske rakete, sistem za upravljanje vatrom tipa AMX-10RC, VOA, AMX-30B2, protivtenkovski helikopter GAZELLE, buduće francusko-nemačke helikoptere, sisteme za protivielektronska dejstva, radionavigacijske helikoptere francuske KoV i dr. Opslužuje više od 200 različitih tipova opreme raznih vrsta. Sistem DIADEME funkcioniše na nivou bataljona ili puka. Svaka borbena divizija imaće dva sistema DIADEME: jedan za sistem ATILA, a drugi za sistem za upravljanje vatrom COTAC. U sva tri vida OS Francuske svaka dva pozadinska

puka imaće tri DIADEME: jedan sistem za sistem ATILA, jedan za VaB-HOT sistem, a treći za helikoptere, dok će dve jedinice za vezu imati svaka po dve svoje DIADEME za sistem RITA. Ovaj sistem jmaće i ekipe za brze intervencije.

Na trećem nivou održavanja (NTI-3) test stanica tipa TERAPEIE obezbediće automatizovano ispitivanje štampanih ploča i otkrivanje postojanja neispravnostj korišćenjem test-sistema SFENA 2600.

Zajedno sa VAMP-DIADEME sistemima, SFENA je razvila i svoj najnoviji sistem UNIMAT/Unite de Sontien du Material/-sistem za informacionu podršku materijalnih potreba KoV-a. Njegova je svrha da dokaže i potvrdi kako se mogu izvršavati aktivnosti ve-

zane za popravke i zamenu delova uređaja, opreme, vozila, i drugih TMS.

U periodu 1978.—1980 informativno odeljenje SFENA-e isporučilo je francuskoj armiji 8 mini-računara za potrebe TIGRE (Traitment Integre de Gestions des Rchange — Integrisani sistem za obradu podataka o snabdevanju rezervnim delovima). Pošto je podudarnost sa Bull-ovim velikim centralnim računarom na nacionalnom nivou, TIGRE postoji samo kao fiksna instalacija na nivou oblasnih skladišta, tj. kao jedna vrsta velikih arsenala — »garaža«, gde veliki broj (1 000 do 2 000) ljudi neprekidno radi na obezbeđenju materijalnim sredstvima jedinica na manevrima ili u borbenim dejstvima.

S. Živković, dipl. inž.

## INTELOVI DVOSTRUKO BRŽI PROCESORI\*

Intelov 50(66) Mhz 486D×2 radi na osnovnim pločama brzine 25(33) Mhz. Na taj način, omogućena je većina prednosti 50(66) Mhz sistema bez visoke cene komponenti koje zahtevaju ovakve konfiguracije. Korištena kao fabrički ili naknadno ugrađena CPU, D×2 tehnologija radi najbolje sa memorijskim sistemima visokih performansi.

Nestrpljivi da sačekaju proizvođače osnovnih ploča da dizajniraju brže sisteme koji bi opsluživali brze CPU čipove, Intel je uzao stvar u svoje ruke... Umesto da se ulagaju proizvođačima osnovnih ploča, zbog teškog posla dizajniranja podrške za 50-Mhz, 66-Mhz i CPU većih brzina, Intel je proizveo 486D×2 čip čiji interni clock (sat) radi dvostruko većom brzinom od ostalih delova sistema, koji rade »normalnom« brzinom.

Udvostručujući brzinu internog clocka 486-ce značajno se uvećavaju performanse celog sistema bez nekog većeg uticaja na cenu cele konfiguraci-

je. Tako 50(66)-Mhz 486D×2 radi sa »starim« 25(33)-Mhz pločama, pogodnim za mnoge vrste softvera pokazujući se bitno boljim od 25-Mhz 486 CPU i ponegde od 486 33-Mhz CPU. Dok P5 CPU ne postaje stvarnost, D×2 tehnologija je Intelov put do boljih performansi...

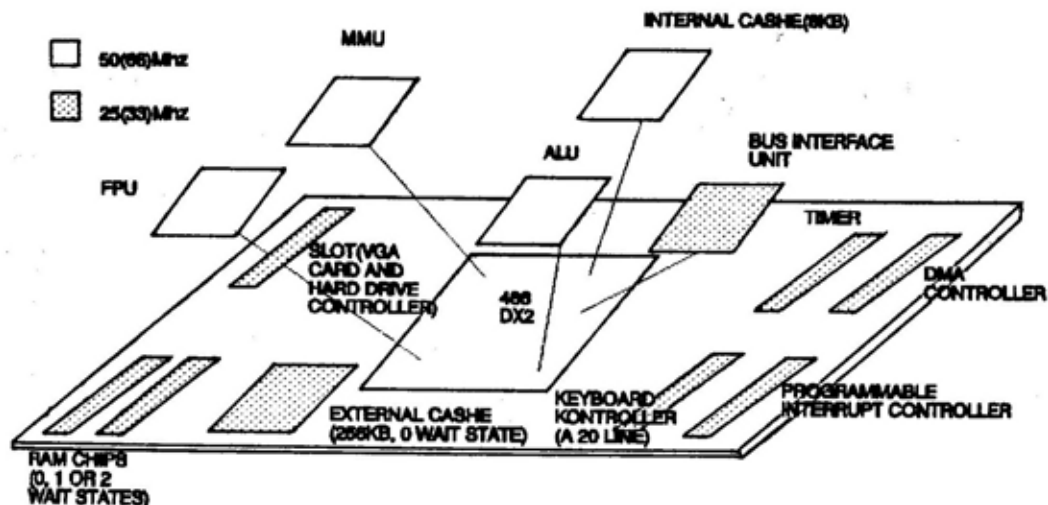
### Učinak D×2

Šta čini D×2 značajnim? Prvo, u 66-Mhz inkarnaciji, to je najbrži CPU za PC kompatibilne računare. Upućeniji korisnici kojima su potrebne brze mašine imaće sa D×2 potpunu satisfakciju. Vrlo brzo može se primetiti da Windows, Unix i OS/2.0 aplikacije rade brže na D×2. Dakle, nije potrebno

\*) Prema podacima iz časopisa: BYTE maj/1992.

uložiti novac za redizajniranje stare ploče da bi se ugradio brži procesor, već se po sistemu »plug-and-play« (u-takni i radi) postojeći 25(33)-Mhz 486 CPU zameni sa 50(66)-Mhz D×2 procesorom.

benchmark testovi vrednuju performanse procesora po sistemu odnosa brojnih vrednosti rezultata i postojećih standarda. Kod testiranja D×2 procesora otišlo se iznad benchmark vrednosti da bi korisnik mogao da stekne ose-



Drugo, D×2 predstavlja kraj jedne ere. D×2 tehnologija je, verovatno, poslednja koja koristi ISA bus. Efekti linijske transmisije i kvalitet signala uslovljavaju ograničenja bus tehnologije, a njeno dizajniranje postaje sve komplikovanije, kako se približava svojim gornjim granicama mogućnosti. Troškovi i uloženi trud za proizvodnju ISA-bus 486 osnovne ploče koja radi na 50-Mhz ili više, postaju sve značajniji i malo isplativi. D×2 dozvoljava proizvođačima osnovnih ploča da »iscede« bolje karakteristike iz postojećih, relativno jeftinih, osnovnih ploča.

### Kako je testiran D×2

Kao što je očekivano, benchmark testovi pokazuju da je 50-Mhz D×2 brži od 25-Mhz 486. Takođe, mogućnosti D×2 su ograničene u ovim testovima zbog nedostatka sekundarnog cachea u sistemu testova. BYTE-ovi DOS

čaj i vrednosti ubrzanja koje daje D×2 u uobičajenim situacijama. Za to je upotrebljen Northgate Elegance ZXP kompjuter sa 486D×2 procesorom.

Upotrebljeno je nekoliko manjih programa, napisanih u assembleru, koji su omogućavali uverljiv prikaz mogućnosti D×2. Prvi program, jednostavno, čita istu lokaciju iz memorije, ponavljajući naredbu svaki put ispočetka. Petlja je ponavljana nekoliko miliona puta i D×2 je uz pomoć internog cachea nalazio zadatu lokaciju postižući brzinu procesora od 50-Mhz u izvršavanju zadate instrukcije.

Drugi program pristupa memoriji izvan BKB-internog cachea za vreme izvršavanja zadate petlje. Iz ovog testa vidi se da D×2 radi brže od 25-Mhz, odnosno, kako je očekivano u tako zadatoj situaciji.

Posle istraživanja graničnih mogućnosti, D×2 je isproban u radu sa komercijalnim softverom. »Northgate«

je dobio dodatnih 12MB RAM-a i instaliran je Novell NetWare 3.11 da bi DX2 bio ispitan kao »file server«. Bez iznenađenja, 50-Mhz 486DX2 je nekoliko nadmašio 33-Mhz 486DX procesor, dok je cache disk NetWare 3.11 koristio podatke udaljene radne stanice. Dakle, DX2 je dobar kandidat za ulogu file servera.

Posle NetWare 3.11 postavljen je OS2/ 2.0 i ispitan na DX2. Radio je mnogo brže. U određenim grafičkim operacijama, kada se učitava slika na ekran, sve se dešava brže sa DX2. Windowsi su, takođe, radili brže.

Treba pomenuti još jednu značajnu razliku između DX2 i standardnih 486 procesora; DX2 se mnogo više zagreva u radu i to je problem koji treba adekvatno rešiti.

### Ocena DX2 procesor

U mnogim primerima, zato što DX2 eliminiše procesor kao usko grlo kompjutera, otvara se mogućnost povećanja brzine rada i kvaliteta ostalih komponenti računara.

DX2 zahteva i više cashea, 64KB je neophodno, a sa 256KB procesor radi daleko kvalitetnije. Pored toga, 8KB internog cashea mora biti smešteno na pogodnu memorijsku lokaciju, jer će procesor, u protivnom, gubiti dosta vremena obrađujući se spoljnom casheu.

Generalno, primećuje se znatno ubrzanje pri radu sa većinom komercijalnih softverskih paketa koji rade u grafičkom modu. Aplikacije koje ko-

riste matematički koprocessor prvi su kandidati za DX2 tehnologiju, zato što FPU u 486DX2 radi duplo brže. S druge strane, tekst procesori koji rade u tekstualnom modu i programi koji obrađuju baze podataka dobijaju malo ili nimalo od DX2 tehnologije.

### Procesori i njihova nadgradnja

Procesor DX2 je značajna komponenta Intelove strategije marketinga. Još od 386SL i 486 čipova, Intel obrabruje proizvođače da omoguće instaliranje »ubranog procesora« na svaku matičnu ploču, ugrađivanjem dodatnog postolja za takve čipove. Tako bi nadgradnja sistema bila pojednostavljena za kupovinu i postavljanje (umetanje) novog procesora, bez drugih intervencija na matičnoj ploči. U toj strategiji, 50-Mhz 486DX2 je prirodna nadgradnja 25-Mhz 486DX, dok je 66-Mhz 486DX2 to isto za 33 MHz 486DX procesor. Može se reći da je DX2 tehnologija promovisala dva tipa Intelovih proizvoda, standardni CPU i u poboljšanom obliku kao »ubrani procesor«. Razlika između ova dva procesora primećuje se već kod broja priključnih nožica.

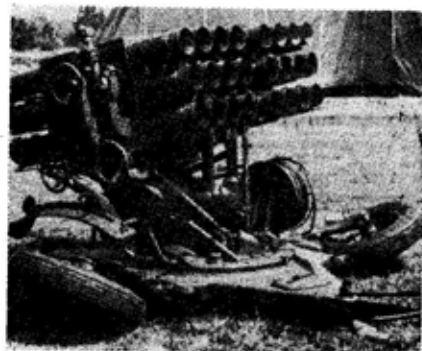
Da bi sproveo ovu strategiju, Intel planira da uvede mnoge varijacije 386SL, 486SX, 486DX i 486DX2 čipova. Preliminarna tehnička dokumentacija za DX2 sugeriše da bi to moglo da preraste u strategiju razvoja P5 procesora, koji ima dobre izgleda da preuzme primat od 50-Mhz 486DX procesora u paleti Intelovih proizvoda.

Z. Čušić

# tehničke novosti i zanimljivosti

## Poljski bacač svetlećih raketa WPO-5000<sup>1</sup>

U Poljskoj je razvijen bacač raketa WPO-50000, koji je veoma sličan 24-cevnom bacaču bojevih raketa. WPO-5000 služi za izbacivanje svetlećih raketa i tzv. propagandnih projektila, tj. projektila za razbacivanje listića hartije iz vazduha. Kalibar je 116 mm a domet je do 5 km. Sve 24 rakete mogu se iz-



baciti u roku od 7 sekundi. Bacač svetlećih raketa je montiran na jednoosni lafet sa zaštitnom pločom od PA topa ZU-23-2, čiji se točkovi mogu sklopiti u toku izbacivanja rakete (vidi sliku).

<sup>1</sup> Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1991, br. 8, str. 578.

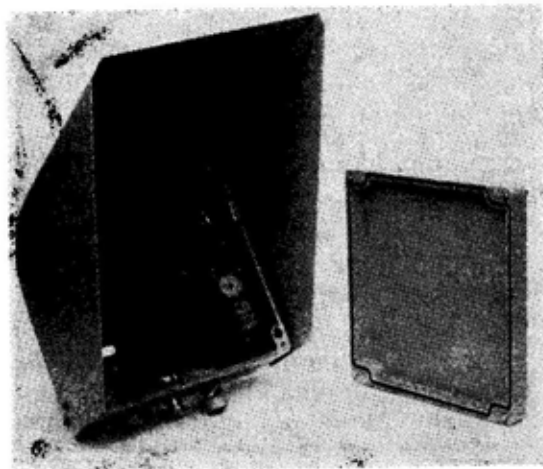
WPO-5000 je očigledno nastao daljim razvojem bacača AG 64, koji je imala nacionalna armija bivše DR Nemačke, i koji je služio za izbacivanje svetleće rakete sa padobranom FLG 5000. AG 64 je opet, jako sličan ranijem bacaču, kod koga je cev zamenjena startnom šinom. FLG 5000 se pali električnim putem. Čvrsto gorivo ubrzava raketu do brzine završenog gorenja od 330 m/s, koja se postiže posle leta od 95 m. Kod maksimalnog dometa raketa dostiže visinu od 1700 m, dvostruki upaljač armiran ubrzanjem aktivira proces izbacivanja svetlećeg tela na visini od 390 m do 600 m, zavisno od udaljenosti.

## Zapreminski detektor za otkrivanje upada MERCURE 60 B francuske firme SERPE-IESM<sup>2</sup>

Zapreminski detektor za otkrivanje neprijateljskog upada MERCURE 600 B razvila je francuska firma za studije i realizaciju elektronsko-informatičke zaštite mornaričke elektronske bezbednosti SERPE-IESM (Société d'Etude et de Réalisation de Protection Electronique

<sup>2</sup> Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 104, str. 87.

Sécurité Maritime). Detektor obezbeđuje zaštitu na otvorenom prostoru prilaznih zona, ulaznih kapija, krivudavih ograda, prekida na terenu itd. On korisno kompletira ostale sisteme detek-



cije razvijene od iste firme (hiperfrekventne barijere, zračeći kablovi). MERCURE 60 B sastoji se od poliesterskog kućišta debljine zidova 6 mm sa zaštitnim vizirom, koji pojačava njegovu neosetljivost na atmosferske poremećaje (kompletna masa 8 kg) i kutije za priključivanje. Detektor koji se može pričvrstiti na stub ili za zid, ima potrošnju električne energije 6 VA i napajanje od 220 V naizmenične struje ili 25 V jednosmerne/jednosmerne struje ili 12V jednosmerne struje i frekvenciju emisije 2,45 GHz. Profil detekcije u slučaju ljudskog upada i za srednju reglažu osetljivosti je elipsoidnog oblika čija je dužina 8 m i širina 4 do 5 m.

### Španski sistem za upravljanje vatrom DORNA<sup>3</sup>

Španski ministar odbrane zaključio je ugovor sa firmom BAZAN za konkurisanje, razvoj, izradu i ispitivanje

<sup>3</sup> Prema podacima DEFENSE REVIEW 1991, br. 8, str. 829.

radnog prototipa kombinovanog elektro-optičkog i radarskog sistema za upravljanje vatrom, poznatog kao DORNA (Direction deciro Optronica y Radarica Naval).

Ovaj sistem bi trebalo da bude gotov do 1994. godine i do tog vremena zadovolji zahteve koji su postavljeni. Sistem DORNA će biti ugrađena na brodove sa deplasmanom preko 300 t i u sisteme za komandovanje površinskih brodova na postojećim brodovima i onim koji su planirali da se izgrade za špansku RM. Krajnji cilj programa DORNA je da se razvije mogućnost proizvodnje sistema za upravljanje vatrom toga tipa u Španiji. Španska RM se do sada oslanjala na strane proizvođače ovog tipa opreme. Španski projekt će koristiti iskustvo do sada stečeno na tom polju.

Početkom osamdesetih godina firma INISEL razvila je jedan prototip protivavionskog sistema za upravljanje vatrom pod nazivom FELIS Mk3 za KoV Španije. Godine 1986. koristeći ovaj sistem kao svoju polaznu tačku, INISEL je počeo ispitivanje izvodljivosti korišćenja FELIS Mk3 kao osnove broskog sistema za upravljanje vatrom i izradila je laboratorijski prototip višefunkcionalne konzole. Ministarstvo odbrane je odlučilo da kombinuje taj projekt i iskustvo stečeno u firmi FABA u integrisanju sistema. Firma FABA bila je zadužena za razvoj broskog oružja za blisku borbu MEROKA i sistema komandovanja ALCOR.

Cena sistema DORNA će biti nešto preko 2.492 miliona pezeta (21,9 miliona dolara). Nosilac ugovora FEBA će voditi program i dati specifikacije, obaviti integraciju i ispitivanje sistema. Firma INISEL, kao podgovorač, će konstruisati i izraditi uređaje i izraditi odgovarajuće softere. Obe firme imaju isti udeo u programu.

DORNA će se sastojati od radara za praćenje, IC kamere, laserskog daljinomera i TV-kamere sa visokim stepenom rezolucije. Ova oprema će biti u stanju da »uhvati«, prati i predvidi ciljeve u

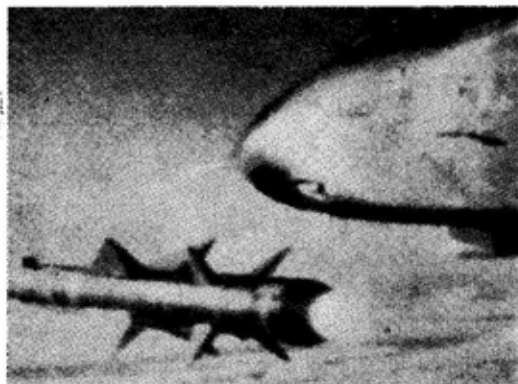


svim vremenskim uslovima i uslovima elektronskog ometanja za sve zadatke borbe protiv aviona, protiv površinskih brodova i vatrenu podršku. DORNA će imati razdeljenu arhitekturu sa magistralom podataka kao četvorom i moći će se preoblikovati na zahtev korisnika, a takođe će se moći proširiti bez velikih modifikacija.

---

### Britanska protivradarska vazduhoplovna raketa ALARM<sup>4</sup>

Firma BRITISH AEROSPACE razvila je protivradarsku raketu klase vazduh-zemlja ALARM (Air Launched Anti-Radar Missile) za opremanje aviona TORNADO IDS britanskog RV. Relativno mala masa (260 kg) i reducirane dimenzije (dužine 4 m, prečnik 0,2 m, razmah krila 0,72 m) omogućuju upotrebu ove rakete na lakim borbenim avionima i helikopterima.



Ova autonomna raketa raspolaže snažnom fleksibilnošću kao i velikom potencijalnom optimizacijom. Ona se može programirati memorisanim karakteristikama neprijateljskih prioriternih radarskih ciljeva i posebnim načinom napada (pre uzletanja aviona-nosača sa zemlje).

<sup>4</sup> Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 103, str. 90.

Raketa ALARM je opremljena dvo-stepenim raketnim motorom (ubrzanje i krstarenje) sa čvrstim propelgomolom nemačke firme BAYERN CHEMIE. Britanska firma MARCONI DEFENCE SYSTEMS razvila je opremu za pasivno radarsko samonavođenje, koja radi u širokom području frekvencija i pokriva veliku gamu potencijalnih ciljeva. Bojna glava (MBB) sa laserskim blizinskim upljačem (THORN EM) optimizirana je za vertikalni prilaz rakete. ALARM operiše na sledeći način: sitsem za samonavođenje potražuje prethodno izabrane radare na koje raketa treba da deluje. Ako otkrije jedan cilj ona ga direktno napada. Ako nijedan prethodni odabrani radar ne bude otkriven, raketa razvija padobran i luta iznad zone ciljeva u vremenu od više minuta tragajući za emisijama neprijateljskih radara. Čim neka emisija bude otkrivena, raketa odbacuje padobran i obrušava se na otkriveni cilj.

---

### Američka protivradarska vazduhoplovna raketa HARM<sup>5</sup>

Protivradarska raketa velike brzine HARM (High-Speed Anti-Radiation Missile) američke firme TEXAS INSTRUMENTS nalazi se u naoružanju RV SAD, Nemačke i Španije. Ona je razvijena na bazi stečenih iskustava u Vijetnamu, gde su radari sovjetske konstrukcije, koji su bili korišćeni za vođenje rakete klase zemlja-vazduh, često otkrivali približavanje protivradarskih oružja prve generacije (kao npr. SHRIKE), i tada prekidali svoje emisije pre nego što su ih protivradarske rakete mogle lokalizovati. HARM pruža istovremeno visoke performanse i široko pokrivanje frekvencija primenom programirajućih digitalnih procesa, kako u elektronskoj opremi aviona-nosača tako i u samoj raketi.

<sup>5</sup> Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 103, str. 90.

HARM, čija je masa 360 kg (od čega otpada na eksplozivno punjenje 65 kg), dužina 3,2 m, prečnik 2,53 m i razmah krila 1,1 m, ima dvostepeni bezdimni raketni motor sa čvrstim gorivom THIOKOL (u kasnijoj izvedbi HERCULES) kojim obezbeđuje nadzvučnu brzinu leta i domet 25 km. Raketa ima pasivni sistem samovođenja, koji se »zakači« za emisije neprijateljskih radara.

### Francuska protivoklopna raketa domet dometa HOT 2<sup>6</sup>

Protivoklopna raketa dometa HOT 2 francuske firme EUROMISSILE, koja domet od 4000 m postiže za manje od 17 s, ima sposobnost probijanja oklopa do 1300 mm, automatsko vođenje preko žice i nišansku spravu sa dva uveličanja (x3 i vidno polje 18°, x12 i vidno polje 5°). Zahvaljujući svojim osobinama ova raketa može da predstavlja značajno sredstvo u protivoklopnoj borbi. U ratu u Persijskom zalivu HOT 2 je bila u

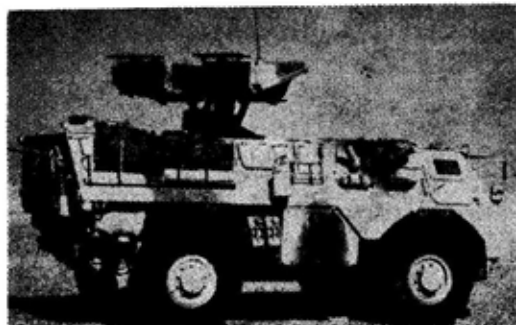


službi OS Saudijske Arabije na guseničnom oklopnom borbenom vozilu AMX 10 (francuskog proizvođača GIAT) sa turelom LANCELOT, i u francuskim operativnim snagama u operaciji »Daguet« na točkaškom vozilu VAB (RE-

<sup>6</sup> Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 103, str. 86.

NAULT V. I.) sa uvlačećom turelom MEPHISTO, kao i na helikopteru SA 342 M GAZELLE (firme AEROSPATIALE).

Turela LANCELOT je dvoseda sa panoramskom vizualizacijom i sadrži četiri rakete za ispaljivanje (rezerva: 14 raketa u vozilu). Njen električni pogon obezbeđuje uglove nišanja po celom azimutu (brzina 50°/s) i elevacije od -12° do +18° (brzina 30°/s).



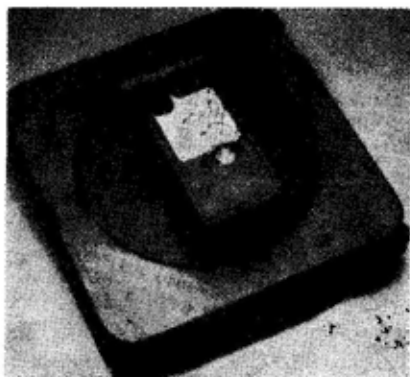
Turela MEPHISTO, koju opslužuje samo jedan nišandžija, nosi četiri rakete HOT 2 spremne za gađanje (8 u rezervi smeštene u 2 kontejnera). Turela je pokretna po celom azimutu (brzina 30°/s) i po elevaciji ±10° (brzina 5°/s).



Na helikopteru GAZELLE performanse 4 rakete spremne za ispaljivanje (po dve na bočnim stranama trupa) su: domet pri stacionarnom letu helikoptera je 4000 m, odnosno 4800 m pri brzini leta 180 km/h (način dejstva u pustinjskoj zoni).

## Elektronski upaljač M/88 danske firme NEA-LINDBERG za protivtenkovske mine<sup>7</sup>

Danska firma NEA-LINDBERG razvila je i proizvodi za potrebe danske armije upaljač M/88 koji se može ugraditi na BAR minu britanske firme ROYAL ORDANCE i na druge, pre svega nemetalne, protivtenkovske mine. Pomoću ovog upaljača većini postojećih mina može da se poveća efikasnost. Na BAR minu upaljač se pričvršćuje pomoću dva plastična kaiša sa kopčom, a na druge mine pomoću odgovarajućeg adaptera.



Upaljač ima elektronski senzor koji obezbeđuje funkciju nezavisno od brzine kretanja vozila prema mini, a može da se podesi da ne reaguje na ciljeve male mase. Upaljač je zaštićen od elektronskog razminiranja, a poseban senzor protiv naginjanja onemogućava ručno razminiranje.

Detonator upaljača ima eksplozivno punjenje od TNT/RDX (45/55) mase 7,8 g što omogućava da se upaljač postavi sa spoljašnje strane i da aktivira eksplozivno punjenje mine kroz oblogu. Otporan je na koroziju, na slanu i slatku vodu, a može da funkcioniše i kad je ukopan u zemlju do dubine od 15 cm.

<sup>7</sup> Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1991, 2. februar, str. 150-151.

Upaljač se proizvodi u zelenoj boji, ali se mogu dobiti i razne nizanse smeđe boje.

Zbog sigurnosti pri postavljanju uključenje senzora se može odložiti do 15 minuta, a samouništenje upaljača nastupa nakon 90 dana. Vek skladištenja je najmanje 10 godina, s tim što će posle 5 godina možda trebati zameniti baterije.

Proizvođač tvrdi da se mine sa ugrađenim ovim upaljačima mogu polagati mehaničkim minopolagačima.

Licencu za proizvodnju ovog upaljača ima britanska firma ROYAL ORDANCE i proizvodi ga pod oznakom RO 150.

---

## Izraelski lažni torpedo-meta SCUTTER<sup>8</sup>

Izraelska firma RAFAEL, koja je uspešno razvila tegljeni torpedo-lažnu metu ATC-1 za površinske brodove, objavila je detalje o svome lažnom torpedu koji se lansira iz podmornice a ima naziv SCUTTER.

Dužina lažne mete SCUTTER je 100 cm, prečnik 10 cm a masa 7,8 kg. Ima radnu dubinu do 300 m i vreme rada 10 min. Posle lansiranja iz podmorničkog izbacivača signala, kreće se sopstvenim pogonom do radnog položaja pomoću malog repnog propelera i na tom položaju vrši zaštitu od napadačkih torpeda iz svih pravaca. Kada se nađe na radnom položaju u vodi, ugrađena elektronika lažnog torpeda analizira frekvencije i druge karakteristike torpeda i prenosi odgovarajućim kanalom radi zavaravanja pravih torpeda. Pošto SCUTTER obavi svoju misiju, samouništava se i tone.

<sup>8</sup> Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW 1991, br. 6, str. 663.

## Sovjetska fregata NEUSTRAŠIMY<sup>9</sup>

U Yantar brodogradilištu kod Kaliningrada izgrađena je nova sovjetska fregata pod nazivom NEUSTRAŠIMY (ranije je po NATO kodu bila nazvana BALCOM). Krajem 1990. počela su ispitivanja u Baltiku, kojom prilikom je i snimljena fotografija.



Najinteresantnija karakteristika na novoj fregati je odsustvo lansera klasičnih protivbrodskih raketa i torpednih cevi. Umesto toga ugrađena su četiri horizontalna ugaona lansera u nivou glavne palube na svakom boku broda. Nije poznata njihova namena, ali je sigurno da je uklapanjem lansera u nadgradnje smanjena radarska karakteristika broda. To bi mogli biti lanseri kombinovani za protivbrodske i protivpodmorničke rakete, kao što su SS-N-16. Druga mogućnost je da su lanseri namenjeni novim malim sovjetskim protivbrodskim raketama SS-N-25.

Deplasman nove fregate je 3.200 t pod punim opterećenjem. Dužina broda je 130 m, a širina 15,5 m sa gazom od 5,6 m. Za pogon služe četiri gasne turbine, koje ukupno razvijaju 81.000 kW i pogone dve osovine, što omogućava maksimalnu brzinu broda od 30 čv. Posuda broji oko 200 ljudi.

Paluba za helikopter Ka-27 HELIX proteže se duž cele dužine broda. Šestostruki vertikalni lanseri (ukupno 4) služe za PA odbranu broda raketama SA-N-9, kao i dve kombinovane raketno-artiljerijske jedinice CADS-N-1 za blisku PA odbranu.

<sup>9</sup> Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 6, str. 664.

Na pramcu se nalazi top kalibra 100 mm, a iza njega trostruki lanser protivpodmorničkih raketa RBU 12000. Na brodu su i šine za mine. Sonar se sastoji od ugrađenog dela u trupu broda i od dela koji se može koristiti na različitim dubinama, verovatno i sa tegljenim glavama. Radari uključuju TOP PLATE trodimenzionalni uređaj u opsegu D/E za pretraživanje, dva navigacijska radara PALM FROND u I opsegu i radar za upravljanje vatrom CROSS SWORD (za rakete brod-vazduh) i radar KITE SCREECH (za rakete brod-brod i topove).

## Prva sovjetska raketna korveta izgrađena na principu SES<sup>10</sup>

Sovjetska ratna mornarica ispituje u Crnom moru već nekoliko meseci novi ratni brod, koji je izgrađen na nov način. Radi se o tzv. SES brodu (SES = Surface Effect Ship = brod sa vazдушnim efektom), koji je prvi u novoj klasi korvete dobio oznaku po NATO-kodu DERGACH. Brodovi na vazдушnom jastuku nisu ustvari ništa novo, ali termin SES ukazuje na novu fazu razvoja postojećih ACV brodova (ACV = Air Cushion Vessels = brodovi na vazдушnom jastuku ili lebdelice) sa fleksibilno raspoređenim najlon-keceljama oko trupa. Kod SES brodova radi se o brodu koga podiže vazdušni jastuk, ali katamaranski način izgradnje utiče na bočne strane trupa tako, da one ostaju u vodi i prilikom vožnje u lebdjećem stanju. Zaslon (ili »kecelja«) vazdušnog jastuka nije potreban svuda oko trupa, već samo na njegovom prednjem i zadnjem delu. Bočne strane trupa koje stalno ostaju u vodi stvaraju kompletan zaklon po bokovima i obezbeđenju dinamički pogon, koji postaje jači sa povećanjem brzine. Problemi pri izgrad-

<sup>10</sup> Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1991, br. 7, str. 449.

nji brodova SES mogu se savladati samo primenom sredstava visoke tehnologije. Izgleda da je to uspelo Sovjetima. Kod ovog broda, čiji je deplasman 750 t, naročito pada u oči širok spektar naoružanja. On raspolaže vatrenom moći, koja je ista kao kod skoro deset puta većeg raketnog razarača klase SOVREMENNYJ. Glavno naoružanje sastoji se od 8 raketa tipa SS-N-22 za ciljeve na moru, čiji je domet oko 60 morskih milja.



Sa ovim brodom sovjetska RM očigledno teži novoj orijentaciji u taktici odbrane svojih obala.

Klasa novih korveta DERGACH navodi se u svetu kao prvi ratni brod SES konstrukcije.

## Nova koncepcija norveških minolovaca klase OKSOY i ALTA<sup>11</sup>

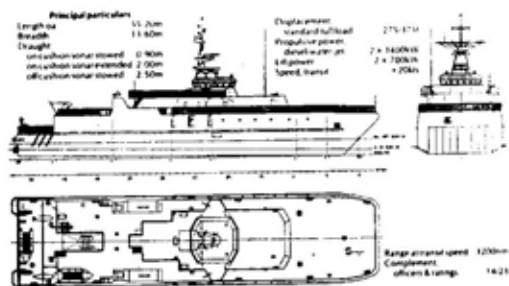
U Norveškoj se gradi devet minoplovaca za potrebe norveške RM u modernom brodogradilištu u Mandalu na južnom vrhu Norveške. Brodogradilište može da gradi brodove do dužine od 100 m od kompozitnih materijala, i pri tom koristi modernu tehnologiju iz avionske i automobilske industrije.

Od ukupnog broja, četiri minolovca biće opremljena za lovljenje mina (klasa OKSOY) a pet za raščišćavanje mina (klasa ALTA).

<sup>11</sup> Prema podacima iz: MARITIME DEFENCE 1991, mart, str. 64-65.

Konstrukcija brodova obe klase zasniva se na principu katamarana na vazдушnom jastuku, koji kombinuje prednosti tehnologije hoverkrafta (lebdelice) i broda sa dva trupa, pa se postiže sledeće:

- veća brzina sa istom snagom propulzije,
- smanjeno dejstvo udara, pa je rešenje bezbednije i jeftinije
- smanjena vlastita buka zbog manjih mokrih površina
- smanjena magnetska karakteristika zbog elevacije broda
- poboljšano dinamičko pozicioniranje
- uslovi rada bez smetnji za sonar ispod vazдушnog jastuka
- povećana sigurnost i komfor.

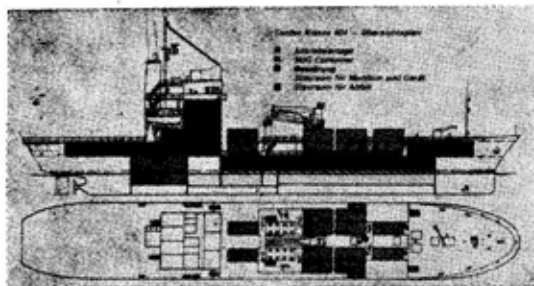


Na slici je prikazan novi minolovac u tri projekcije. Njegove glavne karakteristike su: ukupna dužina 55,20 m; širina 13,6 m; gaz na vazдушnom jastuku sa uvučenim sonarom 0,90 m, na jastuku sa izvučenim sonarom 2,00 m; bez vazдушnog jastuka sa uvučenim sonarom 2,50 m; standardni deplasman 275 t; pri punom opterećenju 375 t; propulzija je dizel/vodomlazni motor 2 × 1.400 kW; snaga podizanja 2 × 700 kW; brzina krstarenja 20 čv; autonomija brzinom krstarenja 1.200 morskih milja; posada 14 oficira i 23 mornara.

## Nemački pomoćni brod klase 404<sup>12</sup>

Nemačka RM je odlučila da stvori mobilni sistem za podršku svojim ratnim brodovima, u kome će glavnu ulogu igrati pomoćni brodovi (tenderi). Zato je započeo program razvoja i izgradnje nove klase pomoćnih brodova 404.

Glavni zadaci novog pomoćnog broda su: obezbeđenje obuke i korišćenja brzih čamaca (S-143, S-143A i S-148) i minolovaca (SM-343, MJ-332, MJ-331 i HL-351) pružajući im tehničko-logističku podršku u miru i u ratu.



Tender klase 404 gradi se u nemačkim brodogradilištima. Trup je od normalnog čvrstog čelika i prema nemačkom Lloyd dobio je klasu GL+100A4E.

Pogon je dizel-motorom od 2.450 kW pri 1000 o/min. Četiri dizel-električna agregata ukupne snage 1.920 kW obezbeđuju energiju, od čega sa 1.200 kW može da napaja borbene čamce duž svojih bokova. Na brodu je elektrohidraulični kran sa krakom nosivosti 125 kN.

Projektili u municionim komorama rakete pomeraju se pomoću stripne dizalice.

Brod je opremljen i uređajima za zaštitu okoline (skupljanje prolivene nafte i ulja itd.). Naoružan je sa dva PA topa.

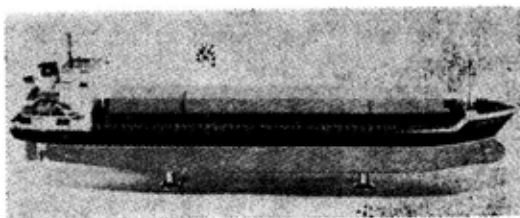
Na slici je prikazan tender klase 404. Njegove osnovne karakteristike su: ukupna dužina 100,46 m; dužina između

okomica 87,00 m; širina na vodenoj liniji 15,00 m; visina boka 7,75 m; gaz 4,05 m; deplasman 3.450 m; brzina 15 čv i posada 40 ljudi.

Kapaciteti broda za snabdevanje brodova su: 450 t goriva; 150 t sveže vode; 10 t maziva; 27 t hrane i 1.200 kW električne energije. Brod istovremeno preuzima sa brodova: 240 t otpadnih voda, 30 t starog maziva, 10 t vode iz rashladnih sistema i 60 m<sup>3</sup> čvrstih otpadaka.

## Nemački motorni brod za snabdevanje PEENESTROM<sup>13</sup>

Nemačko brodogradilište PEENE WERFT koristi svoja ranija bogata iskustva i pri izgradnji novog motornog broda od 2.750 t, namenjenog priobalnom transportu kontejnera.



Seriya od 14 brodova tipa PEENESTROM ugovorena je za proizvodnju. Oni će služiti istočnofrizijskoj pomorskoj grupi za priobalni saobraćaj u severnoj Evropi i na evropskim rekama i kanalima.

Teretni kontejnerski brod PEENESTROM pogodan je za transport kabastih tereta u balama, industrijskih proizvoda i naročito kontejnera. Pored toga može se koristiti i za transport određenih tipova »opasnih tereta«.

Konstrukcija i izgradnja vrši se pod nadzorom nemačkog Lloyd. Prvi brod

<sup>12</sup> Prema podacima iz: WEHRTECHNIK 1991, br. 1, str. 35-44.

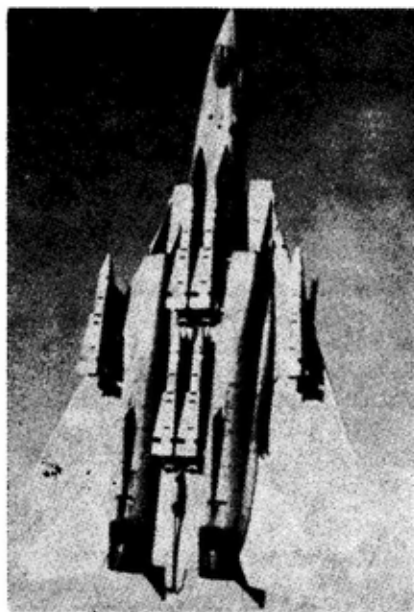
<sup>13</sup> NATO'S SIXTEEN NATIONS 1991, jul/avg., str. 63-64.

ovog tipa biće isporučen krajem 1992. godine.

Osnovni tehnički podaci za PEE-NESTROM: ukupna dužina 80 m; dužina na vodenoj liniji 1 m; ukupna širina 12,80 m; visina na boku do glavne palube 4,55 m; gaz bez tereta na palubi 4,46 m; kapacitet tereta na palubama u letnje vreme 2.750 t; kapacitet kontejnera 144 TEU, broj kontejnera ispod palube 108 TEU; gaz balasta 3,00; visina fiksne tačke 13,00 m; depasman 999 BRT; volumen spremišta 4.600 m<sup>3</sup>.

### Najnovija verzija američkog lovca F-14D SUPER TOMCAT<sup>14</sup>

Ratna mornarica SAD nabavlja od firme GRUMMAN najnoviju verziju lovca sa preklopivim krilima, koji se naziva SUPER TOMCAT, (oznaka F-14D). Suština novog lovca je novi radar AN/APG-71, kod koga je zahvaljujući digitalizaciji postignuto šestostruko po-



<sup>14</sup> Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1991, br. 10, str. 730.

boljšanje rada. Delovi avionike takođe su zamenjeni digitalnom opremom, koja se koristi i u avionima F/A-18 i AV-8B RM SAD. Na taj način su smanjeni troškovi razvoja i troškovi održavanja. Avion F-14D radi sa udruženim distributivnim taktičkim informacionim sistemom JTIDS (Joint Tactical Information Distribution System), koji je pouzdan i obezbeđen od ometanja. Još jedno bitno poboljšanje su novi motori F 110-GE-400 firme GENERAL ELECTRIC, koji daju oko 30% više snage. Pri tom se vodilo računa da bude što je moguće više istih delova pogona na F-14D kao kod verzija za RV SAD.

### Austrijska PT mina 88 i uređaj za razminiranje DEAK<sup>15</sup>

Savezno ministarstvo za odbranu Austrije razvilo je u zajednici sa grupom austrijskih firmi elektronsku PT minu i uređaj za razminiranje.



Sl. 1

PT mina 88 ima mehanički sistem osiguranja i elektronski sistem paljenja. Nakon ručnog ili mašinskog armiranja (u minopolagaču) mina ostaje neaktivna još 12 minuta — što je dovoljno da se napusti zona opasnosti. Čim se armira ona prepoznaje vozilo guseničar ili točkaš, čak i ako prilikom prelaska vozila ostane između gusenica (točkova), ili ako

<sup>15</sup> Prema podacima iz: TRUPPENDIENST 1991, br. 3, str. 256—257.

vozilo prođe bočno pored nje. Izračunava se i najpogodniji moment detonacije na osnovu izmerene brzine vožnje.

Na slici 1 prikazana je mina 88. Tehnički podaci za minu su: eksplozivno punjenje, punjenje za odbacivanje zemlje, dimenzije 250×250×130 mm, masa 5,1 kg.



Sl. 2

Mina se ne može prevariti, jer ne reaguje na uobičajena sredstva za raščišćavanje, kao što su valjci, plugovi itd. Osim toga, mina se ne može aktivirati gađanjem, eksplozivom ili skupljanjem. Raščišćavanje može izvršiti samo specijalno obučeno ljudstvo i to samo pomoću posebnog uređaja za razminiranje.

Postoji i vežbovna mina sa blicom, koja izgleda isto kao bojna mina 88 (samo je poklopac ofarban plavom bojom), iste je mase i sa njom se rukuje na isti način. Priključeni blic ukazuje na svaku pogrešnu radnju, jer aktiviranje blica odgovara detonaciji mine.

Uređaj za razminiranje prikazan je na slici 2. PT mina 88 može da se traži pomoću portabl uređaja, koji jednostavno rečeno predstavlja kombinaciju mi-

noistraživača i radio-uređaja. Stalno pokazivanje udaljenosti olakšava traženje. Na displeju se odmah može očitati da li je pronađena mina »osigurana« ili »aktivna«. Jednostavnim pritiskom na jednu dirku svaka se mina pojedinačno dezaktivira pomoću kodiranog radio-signala. U toku sledećih 12 minuta mina nije aktivna, može ostati u zemlji (na tlu) ili se može čak i prelaziti vozilima preko nje; kada prođe 12 minuta mina automatski postaje opet aktivna. Mina se zatim može pokupiti i osigurati pomoću ključa.

Mina 88 i uređaj za razminiranje su tako međusobno podešeni, da čak i traženje klasičnim minoistraživačem može sa velikom verovatnoćom aktivirati PT minu 88. I mina i uređaj za razminiranje su usvojeni u OS Austrije.

## Britanski detektor bojnih otrova CAM<sup>16</sup>

Britanski detektor bojnih otrova CAM (Chemical Agent Monitor) je prenosni pribor namenejn za detekciju para BOt plikavaca ili nervoparalitičkog delovanja, koji istovremeno procenjuje eventualno prisustvo zaostalih količina BOt posle obavljene dekontaminacije i/ili omogućuje prosuđivanje upotrebe sredstava za ličnu NHB zaštitu.

Detektorom rukuje operator odeven u odelo za kompletnu NBH zaštitu. CAM, čija je masa 1,5 kg i dužina 38 cm, se napaja od električne baterije 6V, koja mu obezbeđuje kontinualnu funkciju u trajanju od 10 časova. Kada se otkrije prisustvo BOt, oglasi se zvučni signal, a nivo koncentracije se pokazuje na ekranu.

Zasnovana na principu jonske pokretljivosti koja se koristi za selekciju hemijskih agensa u detektoru, funkcija

<sup>16</sup> Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 103, str. 96.



SAM-a sastoji se u sledećem: po isteku jednog minuta potrebnog za zagrevanje pribora, spoljni vazduh usisan od pumpe biva jonizovan pomoću jednog slabog radioaktivnog izvora. Kompleksne interakcije koje tada slede, imaju za krajnji ishod formiranje molekula istraživanih



5 kg i proizvodi se u dve veličine (za osobe do i preko visine 1,75 m).



Za odelo se pričvršćuju zaštitna maska i čizme. Prema opciji, postoji i raspoloživi komplet za ventiliranje, koji omogućuje produženje nošenja odela.

toksičnih para u vidu labilnih jonskih grozdova, dok se ostale vrste para zanemaruju. Nivo koncentracije detektovanih toksičnih para određuje se pomoću ugrađenog mikrokompjutera i rezultati se prikazuju na ekranu.

### NHB zaštitno odelo S3P francuske firme PAUL BOYÉ<sup>18</sup>

Francuska firma PAUL BOYÉ proizvodi NHB zaštitno odelo S3P koje se sastoji od pantalona i bluže sa kapuljačom. Zatvaranje bluže obezbeđeno je preko patent-zatvarača (»rajferšlusa«). Nepropusnost rukava, nogavica pantalona i bluže ostvareno je pomoću zatvarača tipa »velcro«.

Tkanina za izradu ovog odela sastoji se iz četiri sloja.

— jednog spoljnog sloja od vodonepropusnog poliamida;

— dva srednja sloja, od kojih je jedan »antiaerosolni« izrađen od netkanih materijala (tenegil), a drugi, za zaštitu od para, je od penastog materijala impregniranog aktivnim ugljem;

— jedne postave od lakog tila.

### NHB zaštitno odelo SAFEGUARD 6004 nemačke firme KÄRCHER<sup>17</sup>

Nemačka firma KÄRCHER razvila je zaštitno odelo SAFEGUARD 6004 namenjeno ekipama specijalizovanim za spasavanje i NHB dekontaminaciju. Odelo je u obliku kombinezona koji potpuno pokriva korisnika »od glave do pete«. Izrađeno od materijala nepropusnog na kontaminaciju i koje se lako dekontaminira po površini, ovo odelo ima masu

<sup>17</sup> Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 103, str. 94.

<sup>18</sup> Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 103, str. 94.

Zaštita tela kompletirana je sa dva para čarapa od karbonizovane pene između dva pamučna sloja, i dva para unutrašnjih rukavica od istog karboniziranog materijala, koji se nose ispod dodatnih kožnih rukavica.



Odelo S3P, koje se izrađuje u tri veličine, je potpuno efikasno protiv toksičnih para i obezbeđuje, osim toga, zaštitu od tečnih BOt. Jedan vojnik opremljen odelom S3P može da podnese tri hemijska napada tečnim iperitom (vrlo prodoran BOt) u toku 24 časa bez rizika.

### Novo švajcarsko terensko vozilo fimilije DURO<sup>19</sup>

U Švajcarskoj se još od 1990. godine ispituje 10 vozila DURO sa raznim nadgradnjama za potrebe KoV. Ispitivanja u trupi su uspešno završena, pa se

<sup>19</sup> Prema podacima iz: WEHRTECHNIK 1991, br. 10, str. 69.

ove godine očekuje izbor tipa vozila za nabavku.

Familija terenskih vozila DURO obuhvata modele 4×4 od 1,7 t i 2,2 t i modele 6×6 od 2,2 t korisnog tereta. Razvoj se odvijao po nalogu švajcarskog KoV u automobilskoj industriji BUCHERGUYER u Niderveningenu. Razvijen je ispitan veliki broj nadgradnji za različite svrhe, kao npr: komandno, am-



bulantno, radio-vozilo i vozilo radionica DURO vozila su pokazala veliku izdržljivost, posle kratke obuke njima se lako rukuje. Karakteristične osobine su: pregledna prednja upravljačka kabina, kompaktne dimenzije i nisko težište. Održavanje je jednostavno, konstrukcija je izvedena za dug vek trajanja, a cena je povoljna. Konceptija proizvodnje je prilagođena i lokalnoj montaži uz učešće velikog broja subliferanata.

### VF komunikacioni sistem CHIRPCOMM američke firme BR COMMUNICATIONS<sup>20</sup>

CHIRPCOMM je VF komunikacioni sistem kojim se vrši prenos poruka visokog prioriteta dužine 40 karaktera (slova). Pri prenosu se koristi tehnika proširenog spektra kao i zaštitno kodovanje, što obezbeđuje zaštićen i pouzdan prenos. U CHIRPCOMM-u se vr-

<sup>20</sup> Prema podacima iz: SIGNAL 1991, jul, str. 130.

ši kontinualna modulacija standardnog FMCW signala uz ponavljanje. Sgnal svipuje po čitavom VF opsegu (2 do 30 MHz). Ako signal prođe na bilo kojoj VF frekvenciji, poruka će biti prenesena, CHIRPCOMM je samo jedan deo mogućnosti prijemnika RCS-6. RCS-6, VF prijemnik iste firme, brzo i lako meri kvalitet radio-propagacije u opsegu 2 do 30 MHz, određujući u realnom vremenu koji su frekvencijski opsezi najpogodniji za pouzdan prenos. Osim toga, RCS-6 određuje koji su kanali unutar tih opsega trenutno slobodni od spoljašnje interferencije i imaju nizak nivo zauzetosti u određenim periodima vremena. Koristeći se ovim merenjima, prijemnik preporučuje operateru koji su kanali unutar VF osega najpogodniji za održavanje veze.

---

### Koncepcija zaštite informacionih resursa<sup>21</sup>

Novo razdoblje razvoja informatike-korisničke informatike zahteva i razvoj koncepcije zaštite mnogih informacionih resursa. Postoje tri kategorije zaštita: fizička, organizaciona i pravna. Razlozi koji iziskuju planiranje, definisanja i akvoviranje zaštitnih mehanizama imaju tri osnovna razloga: nepravilnosti u delovanju informacionih resursa (slučajevi požara, potresa, električnog udara i sl.); nepravilnosti u delovanju informacionih sistema, kao repravilnog korišćenja informacionih resursa; nepavilnosti usled neovlašćenog i zlonamernog korišćenja informacionih resursa.

Razrađen je i kodeks informatičara.

---

<sup>21</sup> Prema podacima iz: PRAKSA 1990, br. 11—12, str. 3—15.

### Simulator taktičkog dejstva streljačkog oružja MINIDRA belgijske firme LEENTJENS-BOES<sup>22</sup>

Simulator taktičkog dejstva streljačkog oružja MINIDRA, belgijske firme LEENTJENS-BOES, sastoji se od različitih modela laserskih predajnika prilagođenih različitim tipovima oružja kao i od remena za telo i šlema sa laserskim detektorima i pratećim elektronskim uređajima.



Laserski predajnik tipa MNC (mase 75 g) za pištolje i revolvere ima praktični domet od 100 m, predajnik tipa MND (mase 250 g) za automate i manje automatske puške ima praktični domet od 200 m, a predajnik tipa MNS (mase 600 g) a klasične automatske puške i puškomitraljeze ima praktični domet od 800 m, (postoji i opcija od 1800 m). Model remena za telo IDR sa 10 laserskih detektora ima masu od 1200 g, dok model remena za šlem HCR ima 5 detektora i masu od 600 g.

---

<sup>22</sup> Prem podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 106, str. 87.



Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i obrazovanju pripadnika oružanih snaga.

Članak koji se dostavlja Redakciji mora biti kompletan, tj. treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru. U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni. U kratkom sadržaju — sižeju, treba izneti suštinu članka, najviše u desetak radova.

Članak treba da sadrži uvod, kratak sadržaj, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim proredom). Tekst članka mora biti jezički i stalski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćena (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama, Matematičke izraze, koji se ne mogu pisati mašinom, ispisati rukom, pri čemu voditi računa o tačnom pisanju slova grčke azbuke, o velikim i malim slovima, o indeksima i eksponentima. Redosled cbrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane. Članak se obavezno dostavlja u dva primerka.

Spisak grafičkih priloga sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicije na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11002 Beograd, Birčaninova 5, VE-1.



# NARUDŽBENICA

VOJNOIZDAVAČKI I NOVINSKI CENTAR  
11002 Beograd, Birčaninova 5

Pretplaćujemo se na časopise za period 1. juli— 31. decembar 1993. godinu, i to:

kompleta

1. VOJNO DELO (opštevojni, teorijski časopis) izlazi dvomesečno. Polugodišnja pretplata: za pojedince 3.000.000 dinara, za ustanove 9.000.000 dinara. ....
2. NOVI GLASNIK (vojnostručni intervidovski časopis VJ) izlazi dvomesečno, u koloru sa posebnim dodatkom uz svaki broj. Polugodišnja pretplata: za pojedince 9.000.000 dinara, a za ustanove 27.000.000 dinara. ....
3. VOJNOTEHNIČKI GLASNIK (stručni i naučni časopis VJ) izlazi dvomesečno. Polugodišnja pretplata: za pojedince 3.000.000 dinara, a za ustanove 9.000.000 dinara. ....
4. VOJNOISTORIJSKI GLASNIK (časopis Vojnoistorijskog instituta) izlazi četvoromesečno. Polu godišnja pretplata: za pojedince 3.000.000 dinara, za ustanove 9.000.000 dinara. ....

Broj primeraka časopisa koji naručujete upisati u narudžbenu i poslati na adresu: VOJNOIZDAVAČKI I NOVINSKI CENTAR, Birčaninova 5, 11002 Beograd.

Za pretplate fizičkih lica ne dostavljamo fakture. Poručioци uplaćuju iznos pretplate na žiro-račun VINC-a: 60823-849-2393 (sa naznakom za koji časopis) i šalju primerak uplatnice uz narudžbenu.

U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.  
Časopis stali na adresu:

Kupac .....  
(prezime i ime, naziv ustanove i broj telefona)

Mesto ..... ul. .... br. ....

Dana ..... 1993. godine

M. P. ....  
Potpis naručioca

Pretplatne cene iz ove narudžbenice važe do 30. jula 1993. godine.

