

IZDAVAČKI SAVET:

General-potpukovnik
mr VLADAN SLJIVIC, dipl. inž.
(predsednik)

General-major
dr ALEKSANDAR RADOVIC, dipl. inž.

General-major
dr MILORAD DRAGOJEVIC, dipl. inž.

General-major
mr MILAN ZAKLAN, dipl. inž.

Pukovnik
BORBE ĐUKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
LJUBODRAG PAVLOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr JOVAN TODOROVIC, dipl. inž.

Profesor
dr ZORAN STOJILJKOVIC, dipl. inž.

Profesor
dr JOSIP LENASI, dipl. inž.

Pukovnik
dr DOBRICA PETRIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr JUGOSLAV KODZOPELIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr VLADIMIR VOLAREVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
BORIS JURKOVIC-PERISA, dipl. inž.

Pukovnik
MILOSAV BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr NOVICA BORBEVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr ZAHARIJE VLASKALIN, dipl. inž.

Pukovnik
JOVAN MARKOVIC, dipl. inž.

Pukovnik
mr VIDOJE PANTELIC, dipl. inž.

Pukovnik
mr MILISAV ARSIC, dipl. inž.

Pukovnik
mr TOMISLAV STULIC, dipl. inž.
(sekretar)

Potpukovnik
IVAN SLAVKOV, dipl. inž.

Potpukovnik
ZIVOTA ILIC, dipl. inž.

Kapetan I klase
RODOLJUB DOŠIĆ, dipl. inž.

Kapetan I klase
MESUD HADZIALIC, dipl. inž.
FRANJO BRKIĆ, dipl. inž.

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Pukovnik
mr TOMISLAV STULIC, dipl. inž.

SEKRETAR REDAKCIJE

BRANKA STOJAKOV

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — Beograd, Svetozara Mar-
kovića 70, VE-1. Telefoni: centrala
658-122, lokal: odgovorni urednik 22-976,
sekretar 23-150, pretplata 32-937, žiro-
račun: Vojnotehnički i novinski centar
(za Vojnotehnički glasnik) 60823-849-2393
Beograd. Godišnja pretplata: za pojedin-
ce — 30 dinara, a za ustanove, orga-
nizacije udruženog rada i druge orga-
nizacije — 90 dinara. Rukopisi se ne
vraćaju. Štampa: Vojna štamparija —
Beograd, Generala Ždanova 40 b.

YU ISSN 0042-8469

IZDAJE

SAVEZNI SEKRETARIJAT ZA NARODNU ODBRANU

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS JUGOSLOVENSKE NARODNE ARMIJE

VOJNOTEHNIČKI glasnik



5

GODINA XXXVIII ● SEPTEMBAR—OKTOBAR 1990.

S A D R Ź A J

- Mr Novak Smiljanić,** 485 Model za proračun operativne gotovosti TMS
kapetan I klase, dipl. inž.
- Mr Mihajlo Bilbija,** 489 Arhitektura informacionog sistema za praćenje municije
pukovnik, dipl. inž.,
Mladen Beović,
kapetan, dipl. inž.,
Dušan Bobić,
kapetan, dipl. inž.,
Salih Džafić,
kapetan I klase, dipl. inž.
- Mr Jangel Malinov,** 499 Utjecaj tolerancije kalibra oružja na početnu brzinu pro-
jektila
major, dipl. inž.,
Miljenko Jovanović,
dipl. inž.,
Zoran Vučković,
dipl. inž.
- Dr Mišo Vrhovski,** 503 Prilog analizi pouzdanosti vozila u eksploataciji
pukovnik, dipl. inž.
- Mr Nikola Terzija,** 511 Elektronički komutirani motor kao element suvremenog
kapetan I klase, dipl. inž.,
Dr Drago Ban,
docent, dipl. inž.
- Mr Anđelko Gajić,** 519 Snabdevanje letilice električnom energijom varijabilne
dipl. inž. frekvencije
- Mr Damir Gulin,** 525 Komunikacijski sistem mobilnih učesnika
major, dipl. inž.
- Mr Željko Novinc,** 531 Multiplekseri u primenjenoj elektronici
kapetan I klase, dipl. inž.
- Mr Karlo Nađ,** 553 Arhitekture računala za adaptivno digitalno formiranje
kapetan I klase, dipl. inž. dijagrama usmjerenosti radarske antene
- Mr Slobodan Tomić,** 562 Laserski žiroskop sa optičkim vlaknom
major, dipl. inž.

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

- 569 Nastavak modernizacije samohodne haubice M109 — P.M.
- 573 Novi top »BISON« kao deo modernizovane švajcarske ar-
tilerije — P.M.
- 575 Protivoklopna vođena oružja deo 2 — američki sistemi
— P.M.
- 578 Električna transmisija za tenkove — P.M.
- 581 Automatski punjači tenkovskih topova — P.M.
- 587 Oklopno vozilo — topovnjača na točkovima »COMMAN-
DO V-600« — P.M.
- 589 Dosadašnja iskustva i buduće tendencije u kopnenom
minskom ratovanju — P.M.
- 596 Individualna sredstva zapadnih zemalja za prečišćavanje
vode — P.M.

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

- 600 Poboljšanja primenjena na automatskom streljačkom oružju zapadnonemačke firme »HECKLER & KOCH«
- 601 Pištolj 9 mm P-7 zapadnonemačke firme »HECKLER & KOSH«
- 602 Snajperska puška 7,62 mm »MODEL 86 SR« zapadnonemačke firme »MAUSER«
- 602 Mitraljez sa dobošom, kalibra 12,7 mm »TARG« američke firme »ARES«
- 603 Francuska samohodna haubica 155 mm »AU-F-1«
- 604 Britanski brodski sistem za protivraketna dejstva »SUPER BARRICADE«
- 605 Kineski artiljerijski raketni bacači
- 605 Francusko-britanski automatski protivoklopni raketni sistem »APAJAX«
- 606 Rumunski protivavionski artiljerijski sistem
- 607 Familija dogleda za noćno osmatranje »LUNOS« holandske firme »OLDELEFT«
- 607 Optoelektronski uređaj za upravljanje vatrom francuske firme »INTERTECHNIQUE« za švedski 40 mm top »TRINITY«
- 608 Italijanski brodski termovizor »VTG 120/N«
- 608 Prenosni IC-artiljerijski daljinski nišan »TAPIR« francuske firme »TRT«
- 609 Indijski vođeni projektili »ASTRA« i »AKASH«
- 609 Italijanski protivraketni artiljerijski projektil 76 mm »CCS« sa korekcijom putanje leta
- 610 Oklopno vozilo američke firme »IFV« izrađeno korišćenjem kompozitnih materijala
- 612 Terenska vozila zapadnonemačke firme »MERCEDES BENZ«
- 613 Novi hidropneumatski sistem oslanjanja vozila američke firme »CADILLAC GAGE«
- 614 Holandski samostalni telefonski terminal sa kriptozatitom »SPENDEX 40«
- 615 Digitalni telefon sa kriptozatitom »CSD3324A« američke firme »TECHNICAL COMMUNICATIONS CORPORATION«
- 615 Nove primene francuskog malog radara »RASITE«
- 616 Razvoj softvera personalnih računara u svetu
- 616 Sovjetski centralizovani sistem baza podataka »CSBD-NTI«
- 617 Britanski trenažni komplet za obuku tehničkog kadra u održavanju i remontu oklopnog remontnog vozila »CHALLENGER«
- 618 Proizvodnja nuklearnih materija u SSSR
- 618 Kompozitni materijali sa holandskim polietilenskim vlaknima »DYNEEMA«

Uvod

Koncept gotovosti zasniva se na činjenici da se tehnička materijalna sredstva (TMS) mogu naći u stanjima »u radu« i »u otkazu«, pa se gotovost definiše kao verovatnoća da će se TMS u datom vremenskom periodu nalaziti u stanju »u radu«.

Gotovost je, uz troškove održavanja, jedan od osnovnih pokazatelja pomoću kojeg se može ocenjivati kvalitet sistema održavanja i njegov uticaj na borbenu gotovost jedinica.

U odnosu na praktičnu primenu, prema [1], gotovost se može izraziti kao:

a) sopstvena (inherentna) (G_s)

$$G_s = \frac{\bar{t}_r}{\bar{t}_r + \bar{t}_{ok}} \quad (1)$$

gde su:

— $\bar{t}_r$ — srednje vreme »u radu« grupe ili svih TMS jedinice,

— $\bar{t}_{ok}$ — srednje vreme »u otkazu« grupe ili svih TMS jedinice zbog korektivnog održavanja;

b) dostignuta gotovost (G_d)

$$G_d = \frac{\bar{t}_r}{\bar{t}_r + \bar{t}_{oa}} \quad (2)$$

gde je:

— $\bar{t}_{oa}$ — srednje vreme »u otkazu« zbog aktivnog održavanja (preventivnog i korektivnog);

c) operativna gotovost (G_o)

$$G_o = \frac{\bar{t}_r}{\bar{t}_r + \bar{t}_o} \quad (3)$$

gde je:

— $\bar{t}_o$ — srednje vreme »u otkazu« TMS zbog svih akcija preventivnog i korektivnog održavanja i drugih aktivnosti u sistemu održavanja TMS.

Navedeni modaliteti gotovosti računaju se po istoj metodologiji. Razlika je jedino u računanju vremena »u otkazu«.

S obzirom na to da je operativna gotovost najkompleksniji pokazatelj kvaliteta sistema održavanja i spremnosti TMS određene jedinice za izvršenje zadataka u miru i ratu, u članku je opisan i razrađen model njenog izračunavanja.

Opis modela

Model se zasniva na podacima sa držanim u bazi podataka informacionog sistema održavanja (BP ISO). Sistemski dijagram toka prikazan je na slici 1.

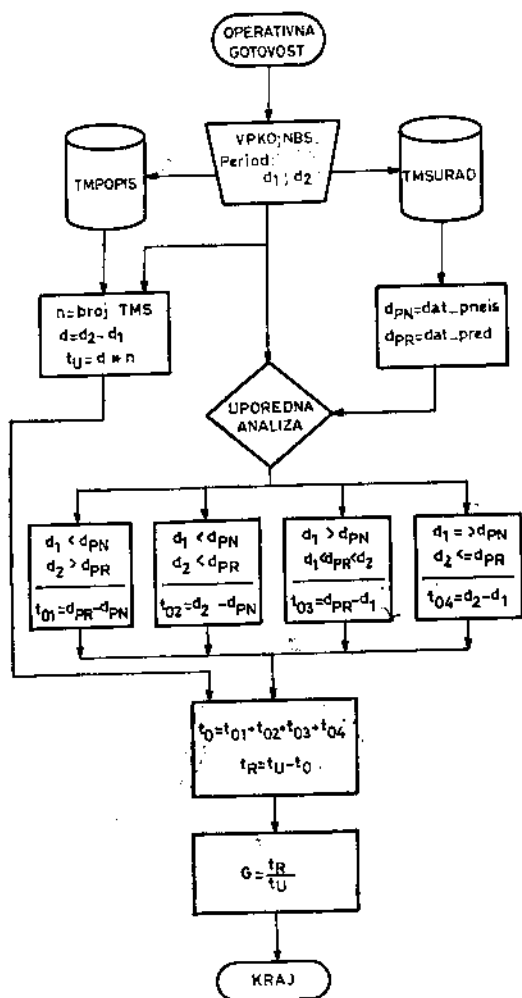
Suština je u izračunavanju veličina koje figuriraju u izrazu (3):

— za odabrana TMS svih oslonjenih jedinica;

— za sva TMS odabrane jedinice;

— za odabrana TMS odabrane jedinice, i sl.

Selektiranje podataka potrebnih za proračun gotovosti provodi se u datoteci TMSURAD BP ISO preko nomenklaturnog broja TMS (NBS) i/ili vojne pošte korisnika održavanja (SIF-VPKO) u skladu sa navedenim izborom.



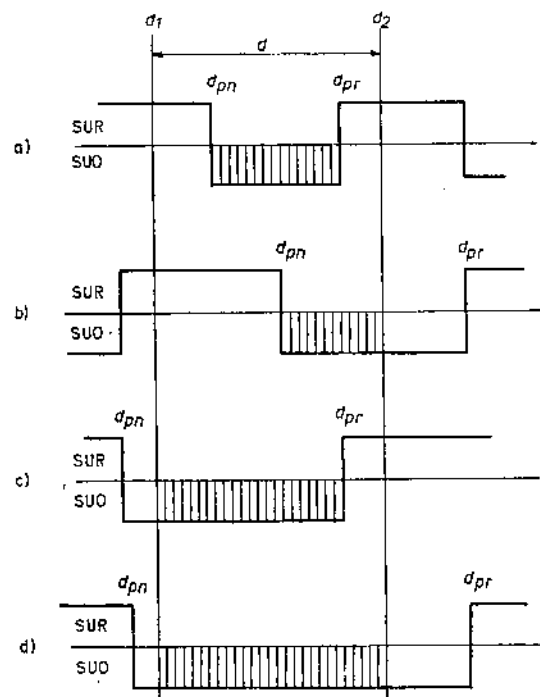
Sl. 1 Sistemski dijagram toka modela za proračun operativne gotovosti

1. Preko datuma d_1 i d_2 odredi se period (d) za koji se utvrđuje operativna gotovost, pri čemu je:

$$d = d_2 - d_1 \quad (4)$$

2. U odnosu za zadati period gotovost se može računati:

— za sve TMS svih jedinica oslonjenih po održavanju na datu jedinicu
— radionicu za održavanje;



d - period za koji se računa operativna odgovornost
 d_{PN} - datum pojave neispravnosti
 d_{PR} - datum predaje TMS korisniku
 SUR - stanje „u radu“
 SUO - stanje „u otkazu“

Sl. 2 Shematski prikaz odnosa intervala d i perioda otkaza

3. Odredi se vreme »u otkazu« svih TMS kojim je jedinica raspolagala u zadatom periodu (d). Pri tome se sumiraju ona vremena koja su TMS u periodu d provela u stanju »u otkazu«. U protivnom bi se činila znatna greška koja bi bila grublja što je interval (d) kraći.

Da bi se izbegle greške, te postiglo precizno izračunavanje operativne gotovosti, pri utvrđivanju ukupnog vremena »u otkazu« nužno je uvažiti sve odnose vremena »u otkazu« pojedinog TMS i zadatog intervala d .

Pri računanju t_0 mogući su sledeći odnosi intervala d i perioda otkaza (sl. 2):

a) jedan od mogućih slučajeva jeste da datum pojave neispravnosti/vršenja tehničkog pregleda (d_{pn}) i datum predaje TMS jedinici korisnika (d_{pr}) budu u intervalu d .

Odnosno:

$$d_1 \leq d_{pn} \text{ i } d_2 \geq d_{pr} \quad (5)$$

U ovom slučaju vreme »u otkazu« je:

$$t_{01} = \sum_{i=1}^n (d_{pr} - d_{pn})_i \quad (6)$$

b) druga mogućnost jeste da datum pojave neispravnosti bude u okviru intervala d , a datum predaje TMS korisniku bude van tog intervala.

$$d_1 < d_{pn} < d_2 \text{ i } d_2 < d_{pr} \quad (7)$$

To znači da je do otkaza došlo u intervalu d , ali u tom intervalu nije otklonjen otkaz ili TMS nije predato jedinici korisnika.

Vreme »u otkazu« za ovaj slučaj računa se po formuli:

$$t_{02} = \sum_{i=1}^n (d_2 - d_{pn})_i \quad (8)$$

c) treća mogućnost jeste da je do otkaza došlo pre nastanka intervala d , a otkaz otklonjen pre njegovog isteka i TMS predato jedinici:

$$d_1 > d_{pn} \text{ i } d_1 < d_{pr} < d_2 \quad (9)$$

Vreme u »otkazu« računa se kao:

$$t_{03} = \sum_{i=1}^n (d_{pr} - d_1)_i \quad (10)$$

d) četvrta mogućnost jeste da je TMS otkazalo pre razmatranog intervala, a u jedinicu vraćeno po njegovom isteku. U ovaj slučaj uključena je i mogućnost da se datum pojave neispravnosti i/ili datum predaje TMS korisniku poklapa sa datumom d_1 i/ili d_2 respektivno.

$$d_1 \geq d_{pn} \text{ i } d_2 \leq d_{pr} \quad (11)$$

pri tom se vreme »u otkazu« računa kao razlika datuma d_2 i d_1 :

$$t_{04} = \sum_{i=1}^n (d_2 - d_1)_i \quad (12)$$

Ukupno vreme koje su razmatrana TMS provela »u otkazu« je:

$$t_0 = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04} \quad (13)$$

4. Na osnovu broja TMS (n) i intervala (d) izračuna se ukupno vreme (t_u) koje predstavlja sumu vremena »u radu« i vremena »u otkazu«.

$$t_u = n \cdot d \quad (14)$$

$$t_u = t_r + t_0 \quad (15)$$

Broj TMS za koja se računa gotovost određuje se na osnovu podataka saдржanih u datoteci TMPOPIS za odabranu grupu TMS i vojnu poštu korisnika održavanja.

Na osnovu veličina t_0 i t_u izračuna se ukupno vreme »u radu«:

$$t_r = t_u - t_0 \quad (16)$$

5. Operativna gotovost odabrane grupe TMS i/ili jedinice korisnika je količnik vremena »u radu« i ukupnog vremena.

$$G_0 = \frac{t_r}{t_u} \quad (17)$$

Zaključak

Operativna gotovost TMS je bitan element za ocenu kvaliteta sistema održavanja i borbene gotovosti jedinica. Posredstvom opisanog modela, primenom računarske tehnike, u kratkom

vremenu se može računati operativna gotovost TMS odabrane jedinice.

Model je orijentisan na bazu podataka automatizovanog informacionog sistema održavanja, ali se opisana metodologija može primeniti i u neautomatizovanom postupku proračuna operativne gotovosti TMS.

Primenom modela za proračun operativne gotovosti ostvaruje se funkcija ISO koja se odnosi na obezbeđenje podataka za ocenu gotovosti TMS, a izlaz modela može obezbediti podatke za operaciona istraživanja radi unapređenja sistema održavanja TMS KoV OS, što je, takođe, jedna od funkcija ISO.

Literatura:

[1] Kodžopeljić Jugoslav, Todorović Jovan: Kvalitet sistema održavanja TMS i njegov uticaj na borbenu gotovost jedinica, VTG 2/85.

[2] Bilbija M., Kodžopeljić J.: Informacioni sistem održavanja TMS KoV OS (ISO), VVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1985.

Mr Mihajlo Bilbija,
pukovnik, dipl. inž.

Mladen Beović,
kapetan, dipl. inž.

Dušan Bobić,
kapetan, dipl. inž.

Salih Džafić,
kapetan I klase, dipl. inž.

Arhitektura informacionog sistema za praćenje municije na nivou MFO IV stepena i kanonički model baze podataka podsistema »Praćenje stanja municije«

Municija,¹ uz pogonska sredstva, predstavlja osnovnu energetska bazu za ostvarivanje ratnih ciljeva. Jedan od važnih preduslova za efikasno i ekonomski racionalno funkcioniranje savremenih oružanih snaga, kao i održavanje visokog nivoa borbene gotovosti (b/g), jeste obezbjeđenje kvalitetnog upravljanja procesima tehničkog obezbjeđenja municijom jedinica i ustanova MFO IV stepena.

Upravljanje procesima snabdjevanja i održavanja municije u složenom hijerarhijskom sistemu, kakav su oružane snage (OS), mora da se zasniva na dovoljnom broju tačnih i pravovremenih informacija. Kako se asortiman municije vremenom povećava, a municija kao tehničko sredstvo postaje sve složenija, broj podataka i informacija koje treba obuhvatiti, obraditi i koristiti pri upravljanju procesima tehničkog snabdjevanja (TS) i tehničkog održavanja (TOd) municije je u porastu. Postojeća organizacijska rješenja i tehnologije prikupljanja, čuvanja, obrade i distribucije informacija o municiji u OS sve manje mogu da odgovore sve većim potrebama, pa se kao neminovno nameće potreba za stalnom dogradnjom postojećeg informacionog sistema (IS) u

skladu sa savremenim pristupom primjeni informatičke tehnologije.

U ovom radu analiziran je sistem praćenja municije na nivou materijalno-financijskog organa (MFO) IV stepena, izgrađena je arhitektura njegovog IS i predložen kanonički model baze podataka za podsistem »Praćenje stanja municije«.

Analiza sistema za praćenje municije na nivou MFO IV stepena

Analiza sistema za praćenje municije na nivou MFO IV stepena sa ciljem definiranja opće arhitekture IS, osnovnih podsistema i njihovih veza, provedena je, u osnovi, po metodi BSP (Business System Planning), koja se danas najčešće koristi pri planiranju razvoja IS.

Osnovna prednost metode BSP u odnosu na ostale metode koje se koriste za ovu fazu razvoja IS (npr. BISAD) jeste da se opća struktura definira na osnovu poslovnih procesa (funkcija) kao relativno najstabilnijih komponenti realnog sistema RS.

U ovom radu su sprovedeni samo oni koraci metode BSP koji su nužni za ilustraciju realizacije postavljenog cilja.

¹ U ovom radu pod municijom se podrazumijevaju sve vrste municije, MES, raketa i artiljerija, kao i ostale vrste ubojnih sredstava.

Definiranje poslovnih procesa

Pri definiranju poslovnih procesa pošlo se od definicije po kojoj se pod poslovnim procesom podrazumijeva grupa logički povezanih odlučivanja i aktivnosti, koje se izvode pri upravljanju nekim resursom poslovnog sistema u toku njegovog životnog ciklusa.

Praćenjem životnog vijeka municije, kao resursa kojim se u sistemu želi upravljati, identificirane su slijedeće grupe procesa i procesi:

a) popuna municijom:

- planiranje potreba;
- planiranje popune potčinjenih;
- planiranje razmještaja;
- prijem, i
- raspodjela i preraspodjela;

b) planiranje municije:

- planiranje utroška;
- planiranje inventarisanja;
- planiranje paletizacije;
- planiranje prestokiranja;
- planiranje zanaavljanja, i
- planiranje održavanja;

c) rukovanje i raspolaganje municijom:

- stokiranje i prestokiranje;
- paletizacija;
- inventarsanje;
- predislokacija;
- zanaavljanje;
- prekategORIZACIJA i preimenovanje;
- osnovno održavanje, i
- kontrolni pregledi;

d) izdavanje i rashodovanje municije;

- izdavanje, i
- rashodovanje.

Na nivou MFO IV stepena postoje procesi koji se mogu generalizirati kao

prikupljanje i praćenje podataka o stanju municije. Zbog svoje posebnosti ovi procesi su u analizi izdvojeni od tehnoloških procesa koje oni prate i objedinjeni u posebnu grupu:

e) praćenje stanja municije:

— evidentiranje kvantitativnog stanja;

— evidentiranje kvalitativnog stanja, i

— evidentiranje mikroklimatskih uslova i provjetravanja magacina.

PLANIRANJE POTREBA je proces utvrđivanja potrebnih količina i vrsta municije za određeni vremenski period (za borbenu obuku i vaspitanje — BOiV, popunu jedinica, i dr.). Realizira se u svakom MFO IV stepena na osnovu evidencija o popunjenosti i utrošku, formacija, normativa slijedovanja i drugih važećih dokumenata.

PLANIRANJE POPUNE potčinjenih je proces kojim komanda MFO IV stepena utvrđuje potrebe za municijom po potčinjenim jedinicama.

PLANIRANJE RAZMJESHTAJA je određivanje prostora za smještaj municije koja je nekim od materijalnih tokova došla u MFO IV stepena. Proces realiziraju stručni organi MFO IV stepena na osnovu podataka o uskladištenoj municiji i municiji koja se planira za prijem, uzimajući u obzir brojna ograničenja, kao što su maksimalno dozvoljene količine čistog eksploziva (č/e) za određeni magacin, maksimalne dimenzije stokova određene vrste municije, kompatibilnost municije za skladištenje, i dr.

PRIJEM MUNICIJE je proces koji obuhvaća radnje od trenutka ulaska municije u sistem do njenog dolaska u magacin.

RASPODJELA je proces raspoređivanja i dodjeljivanja municije iz nadležnosti MFO IV stepena kao višeg nivoa snabdijevanja, nižim nivoima sna-

bdjevanja (pomoćnim materijalno-financijskim organima — PMFO). Pre-raspodjela je postupak kojim se municija određenih PMFO raspoređuje drugim PMFO.

PLANIRANJE UTROŠKA je proces kojim se, na osnovu naređenja za BOiV i drugih potrebnih dokumenata, utvrđuju potrebne vrste i količine municije za obuku (gađanje, vježbe, i dr.).

PLANIRANJE INVENTARISANJA je proces određivanja sadržaja i dinamike usklađivanja knjigovodstvenog stanja sa stanjem koje je utvrđeno popisom po PMFO. Realizira ga stručni organ MFO IV stepena.

PLANIRANJE PALETIZACIJE je utvrđivanje vrsta i količina municije koju je u određenom vremenskom periodu potrebno paletizirati. Plan se izrađuje na osnovu naređenja za paletizaciju i plana razmještaja municije.

PLANIRANJE PRESTOKIRANJA je proces kojim se na osnovu vremenskih resursa za prestokiranje stokova municije i evidencije stokova po godinama izgradnje, utvrđuje vrsta i količina municije koja će se u određenom vremenskom periodu prestokirati.

PLANIRANJE ZANAVLJANJA je utvrđivanje vrsta i količina municije sa ograničenim rokom upotrebe, koja se ne može utrošiti do isteka tog roka i prijavljivanje iste višoj komandi. Osnov za izradu plana predstavljaju evidencije o rokovima čuvanja ili upotrebe pojedinih vrsta municije.

PLANIRANJE ODRŽAVANJA je proces kojim se određuju vrste i količine municije na kojoj je potrebno održavanje, po vidovima održavanja. Osnov za izradu plana predstavljaju propisani vremenski resursi nakon kojih se sprovode određeni vidovi održavanja.

STOKIRANJE je proces koji obuhvaća preuzimanje municije na ulazu u magacin i njeno smještanje na lokaciju uskladištenja.

PRESTOKIRANJE je proces koji obuhvaća narušavanje stokova i ponovno stokiranje municije na istu lokaciju uskladištenja. Prestokiranje se vrši zbog izjednačavanja izloženosti čitavog kontingenta municije razlikama koje postoje unutar magacina (npr. različita je temperatura i vlaga na dnu u odnosu na vrh stoka).

PALETIZACIJA je proces koji obuhvaća narušavanje stokova nepaletizirane municije, unutrašnji transport do i od mjesta za paletizaciju, paletizaciju i ponovno stokiranje municije. Vršiti se zbog ukрупnjavanja jedinica tereta, čime se povećavaju mogućnosti manipulacije i transporta.

INVENTARISANJE je proces koji obuhvaća kontrolu knjigovodstvenog stanja, popis municije i usklađivanje knjigovodstvenog sa stvarnim stanjem municije koje je utvrđeno popisom.

PREDISLOKACIJA je proces koji obuhvaća narušavanje stokova municije, prevoženje na novu lokaciju uskladištenja i ponovno stokiranje municije. Vršiti se zbog optimizacije iskorišćenosti skladišnog prostora, povećanja stupnja pirotehničke bezbjednosti, i dr.

ZANAVLJANJE je proces koji obuhvaća sve radnje kojima se obezbjeđuje da se municija kojoj ističe rok upotrebe ili čuvanja zamjeni istom takvom, ali kasnije proizvedenom ili kraće čuvanom. Sredstva kojima nije određen rok čuvanja znavljaju se utroškom i izdavanjem na upotrebu, tako da ranije nabavljena ili proizvedena sredstva imaju prioritet pri izdavanju.

(PRE)KATEGORIZACIJA je proces kojim se ustanovljeno stvarno stanje kategorije određene vrste i količine municije unosi u knjigovodstvenu evidenciju. Kategorija municije je karakteristika kojom se bliže određuje upotreba vrijednost, kvalitet, te tehnička i funkcionalna ispravnost municije.

PREIMENOVANJE je proces otklancijanja neslaganja podataka o nomenklaturnom broju i/ili nazivu u skladišnoj evidenciji sa stvarnim stanjem, za određenu količinu municije.

OSNOVNO ODRŽAVANJE je proces koji obuhvaća radnje kontrole uslova smještaja municije (temperatura, vlaga, itd.) i vizuelne kontrole vanjskog stanja municije i ambalaže. Ono predstavlja osnov za pokretanje radnji provjetravanja magacina, prestokiranja municije i drugih aktivnosti.

KONTROLNI PREGLEDI predstavljaju vizuelnu kontrolu stanja municije koju vrši stručni organ. Realizira se na cjelokupnoj uskladištenoj municiji, prema posebno tehnološki.

IZDAVANJE MUNICIJE je proces koji obuhvaća narušavanje stokova i slanje municije (izlazak iz sistema). Proces je analogan prijemu i stokiranju municije, ali sa obrnutim tokom materijala.

RASHODOVANJE municije je proces koji obuhvaća pokretanje prijedloga za rashod, donošenje rješenja, knjiženje nastalih promjena i izvršenje određenih tehnoloških postupaka na municiji (uništavanje, delaboracija i dr.).

EVIDENTIRANJE KVANTITATIVNOG STANJA MUNICIJE je proces koji obuhvaća unošenje promjena stanja municije u knjigovodstvena dokumenta (knjigovodstveno evidentiranje), operativnu evidenciju (evidentiranje stanja municije u OE) i shemu razmještaja (evidentiranje razmještaja municije).

EVIDENTIRANJE KVALITATIVNOG STANJA MUNICIJE je proces koji obuhvaća unošenje podataka o vrstama i serijama baruta i njihovoj stabilnosti u pregled serija baruta uskladištene municije i registriranje izvještaja o stanju municije ustanovljenom pregledom od strane stručnih organa.

EVIDENTIRANJE MIKROKLIMATSKIH USLOVA I PROVJETRAVANJA MAGACINA je unošenje podataka o temperaturi i vlazi u magacinu i oko njega, kao i vremena provjetravanja magacina u dnevnik temperature, vlage i provjetravanja.

Definiranje klasa podataka

Pri definiranju klasa podataka pošlo se od definicije da je klasa podataka skup logički povezanih podataka i informacija koje se javljaju u realizaciji definiranih procesa. Dakle, za definiranje procese analizirani su podaci i informacije koje oni koriste i koje stvaraju.

Identificirane klase podataka mogu se očitati iz tabele 1, a predstavljaju dokumenta iz postojećih pravila i uputstava.

Definiranje arhitekture IS

Na osnovu funkcionalne analize definiranih procesa i klasa podataka formirana je matrica odnosa između procesa i klasa podataka (tabela 1), koja govori o tome koji procesi stvaraju (S) određene klase podataka, a koje koriste (K).

Pogodnom transformacijom ove matrice došlo se do arhitekture IS za praćenje municije na nivou MFO IV stepena. Ovako definirana arhitektura IS, prikazana na slici 1, obuhvaća slijedeće podsisteme:

- a) popunu municijom;
- b) planiranje municije;
- c) rukovanje i raspolaganje municijom;
- d) izdavanje i rashodovanje municije;
- e) praćenje stanja municije.

Između definiranih podsistema postoje veze kojima se razmjenjuju po-

MATRICA ODNOSA IZMEĐU PROCESA I KL

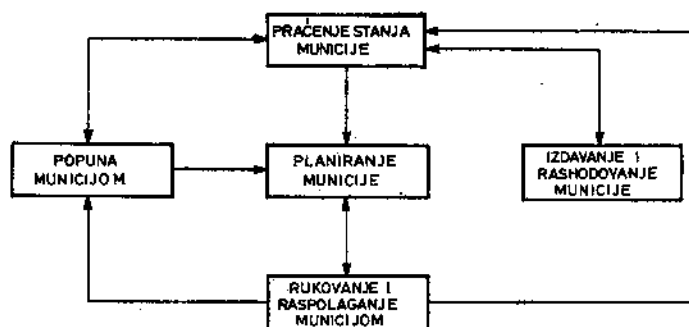
[illegible]

[illegible]

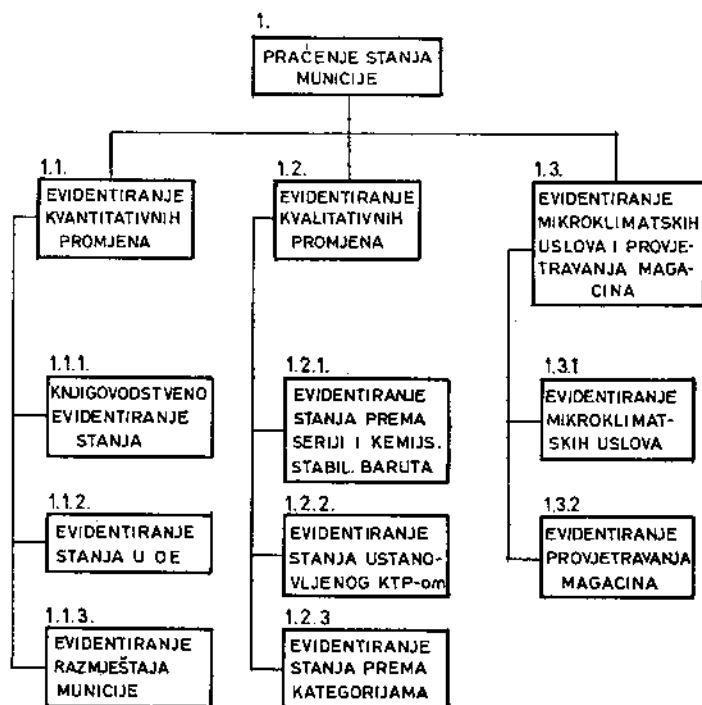
daci neophodni za funkcioniranje samih podсистема i sistema u cjelini.

Veza između podсистема praćenja stanja municije i podсистema popuna municijom ostvaruje se preko podataka o vrstama, količinama i kategorijama municije, podataka o serijama i sta-

Veza između podсистema praćenja stanja municije i podсистema rukovanje i raspolaganje municijom ostvaruje se preko podataka o manjku-višku-prekategorisanju-preimenovanju utvrđenom inventarisanjem, podataka o vrstama i količinama zanovljene, prekategorisane



Sl. 1 Arhitektura IS



Sl. 2 Shema funkcija podсистema »Praćenje stanja municije«

bilnosti baruta, podataka o razmještanju municije i podataka o pošiljaocu i primaocu municije.

i preimenovane municije i podataka o kvalitativnom stanju utvrđenom pregledom municije.

**Dokumentacija o municiji na nivou
MFO IV stepena**

Veza između podsistema praćenja stanja municije i podsistema izdavanje i rashodovanje municije ostvaruje se preko podataka o imajućem stanju municije i podataka o vrstama, količinama i serijama baruta rashodovane i izdate municije.

Veza između podsistema praćenje stanja municije i podsistema planiranje municije ostvaruje se preko podataka o imajućem stanju municije po vrstama, količinama i kategorijama, podataka o serijama i stabilnosti baruta i podataka o vremenu izgradnje stokova.

Veza između podsistema popuna municijom i podsistema planiranje municije ostvaruje se preko podataka o razmješčaju municije.

Veza između podsistema popuna municijom i podsistema rukovanje i raspolaganje municijom ostvaruje se preko podataka o razmješčaju municije nakon predislokacije i podataka o vrstama i količinama primljene municije.

Veza između podsistema planiranje municije i podsistema rukovanje i raspolaganje municijom ostvaruje se preko podataka o realizaciji planova, podataka o vrstama i količinama municije koju treba paletizirati ili prestokirati, podataka o vremenu, vrstama i količinama municije koju treba zanoviti i inventarisati i podataka o vidovima održavanja koje je potrebno preduzeti.

U daljem toku ovog rada razmatran je samo podsistem »Praćenje stanja municije«.

Kanonički model bez podataka

Dekompozicijom funkcija podsistema »Praćenje stanja municije« došlo se do modela prikazanog na slici 2.

Prateći model funkcija i odgovarajuće tokove podataka identificirana je slijedeća dokumentacija o municiji koja se vodi u MFO IV stepena (tabela 2):

Red. broj	Naziv dokumenta
1.	Materijalni list
2.	List izdavanja i vraćanja municije
3.	Karton skladišne evidencije
4.	Operativna evidencija
5.	Lista stokiranja
6.	Zbirna lista stokiranja
7.	Karton podataka o municiji
8.	Shema razmješčaja municije
9.	Pregled dozvoljenih visina stokiranja
10.	Karton podataka o maksimalno dozvoljenim količinama čistog eksploziva za magacin
11.	Pregled kompatibilnih grupa municije za zajednički smeštaj (nacrt)
12.	Pregled grupa opasnosti municije (nacrt)
13.	Pregled serija baruta uskladištene municije
14.	Pregled uzoraka serija baruta koje se čuvaju
15.	Izveštaj o KTP municije
16.	Dijagram za određivanje tačke rose
17.	Dnevnik temperature, vlage i pro- vjetravanja magacina

Primjenom tehnike Varnierovih dijagrama, normalizacijom očitanih nenormaliziranih relacija i integracijom dobijenih normaliziranih relacija po principu zajedničkog ključa, dobijen je kanonički model baze podataka prikazan u tabeli 3.

Kanonički model baze podataka

NAZIV I KRATICA RELACIJA	SADRŽAJ RELACIJE
1	2
MUNICIJA MUN	(NBR#, NAZ, NAM, NAZOR, KATGOD, ROKZAN, ROKČUV, JEDMJER, PAK, BRT, MDVSTOK, GKMUN, GROU)
ZAMJENITELJ MUNICIJE ZAMMUN	(VP#, NBR#, NBRZAM#)
CIJENA MUNICIJE CENMUN	(NBR#, KAT#, DAT#, CIJENA)
MUNICIJA — BARUT MUNBAR	(NBR#, KAT#, LABSER#, VRBAR#, SERBAR#)
STABILNOST BARUTA STABBAR	(VRBAR#, SERBAR#, STABBAR)
MJESTO ČUVANJA BARUTA MJESČUV	(NBR#, LABSER#, VRBAR#, SERBAR#, MJESČUV)
OPIS STANJA MUNICIJE OPISSTA	(VP#, NBR#, LABSER#, VRBAR#, SERBAR#, KOL. OPST)
PROMJENE STANJA MUNICIJE PROMSTA	(VP#, BRDOK#, DAT#, NBR#, KAT#, ULAZ, IZLAZ, IZDPRIM, VRAISP, VRANEISP, VRAELEM, STANJE, PRIMJ)
POŠILJAOCI I PRIMAOCI POŠPRIM	(VP#, BRDOK#, DAT#, OZKNKJ, EZ, VRPROM, VPPOŠPRIM, OSNIZD, VPPMFO, VRGAĐ)
DOKUMENT — MUNICIJA DOKMUN	(VP#, BRDOK#, DAT#, NBR#)
UKUPNO SLEDUJUĆE STANJE UKSLED	(VP#, NBR#, UKSLED, PPOP, SMJEŠ)
UKUPNO IMAJUĆE STANJE UKIMA	(VP#, NBR#, KAT#, UKIMA)
SLEDUJUĆE STANJE PO PMFO SLEDPMFO	(VP#, VPPMFO#, NBR#, SLED)
IMAJUĆE STANJE PO PMFO IMAPMFO	(VP#, VPPMFO#, NBR#, KAT#, IMA)
KATALOG VOJNIH POŠTI FREGVP	(VP#, MJESTO, VKC)
KATALOG GRUPA OBJEKATA PREGGO	(GROB#, GAR)
STANJE PO GRUPAMA OBJEKATA IMAGO	(GROB#, BRMAG#, BRSTOK#, NBR#, KAT#, LABSER#, VRBAR#, SERBAR#, KOLMET, KOLSAN, KOLT)
STOK — VPPMFO STPMFO	(GROB#, BRMAG#, BRSTOK#, ŠSMEŠ, ŠRJ, VPPMFO, ŠSTOK, DSTOK)

1	2
SASTAV STOKA SASSTOK	(GROB#, BRMAG#, BRSTOK#, NBR#)
PREGLED GRUPA OBJEKATA PREGGO	(VP#, GROB#)
OPIS TIPa MAGACINA TIPMAG	(TIPMAG#, KAP, PMAG, VMAG, BRVR, BRSTUB, VARSLAG)
KARAKTERISTIKE MAGACINA KARMAG	(GROB#, BRMAG#, TIPMAG, PZN, MAXČE)
KOEF. SIGURNOSNIH UDALJEN. KSUD	(VROKOB#, KOEF)
DOZVOLJENE KOLIČINE ČE DOZČE	(GROB#, BRMAG#, VROKOB#, VAZUD, DOZČE)
PROVJETRAVANJE MAGACINA PROVMAG	(GROB#, BRMAG#, DATSATMIN#, TZM, RVZM, TRZM, VPOD, VPDO)
VANJSKI USLOVI USLOK	(GROB#, DATSATMIN#, TVZ, RVVZ, TRVZ)

Proračun potreba za memorijskim kapacitetima

Veličina memorije potrebna za smještaj baze podataka (BP), primjenom metode određivanja broja logičkih pristupa zapisima (LPZ), izračunava se prema formuli:

$$\text{MEMPOD} = \sum_{i=1}^N \text{VELZAP}_i \cdot \text{BRZAP}_i \quad (1)$$

gdje je:

- MEMPOD — veličina memorije za smještaj svih potrebnih podataka u BP [u By]
- VELZAP_i — veličina zapisa tipa *j*;
- BRZAP_i — broj zapisa tipa *j*;
- j* — zapis tipa *j*;
- N* — broj tipova zapisa u BP.

Na osnovu izraza (1), a uz pretpostavku da će IS biti instaliran na nivou puka-brigade, izračunato je da ukupno potrebna veličina memorije iznosi oko 5 MBy. Zavisno od konkretnih zahtjeva

za manipulaciju ovim podacima, izračunata memorija bi se, za potrebe indeksa, uvećala do 40%.

PREGLED KORIŠĆENIH KRATICA

BRDOK	broj dokumenta
BRMAG	broj magacina
BRSTOK	broj stoka
BRSTUB	broj stubova
BRT	bruto-masa pakovanja u kg
BRVR	broj vrata
DAT	datum
DATSATMIN	datum, sat i minut mjerenja
DOZČE	dozvoljena količina čistog eksploziva
DSTOK	dužina stoka
EZ	evidencija zaduženja
GAR	garnizon
GKMUN	grupa kompatibilnosti municije
GROB	grupa objekata
GROP	grupa opasnosti
IZDPRIM	izdato-primljeno
JEDMJER	jedinica mjere
KAP	kapacitet
KAT	kategorija

KOEM	koeficijent opasnosti
KOL	količina
KOLMET	količina metaka
KOLSAN	količina sanduka
KOLT	količina u tonama
LABSER	laboračna serija municije
MAXČE	maksimalno dozvoljena količina čistog eksploziva
MDVSTOK	maksimalno dozvoljena visina stokiranja
MJESČUV	mjesto čuvanja (CKB, KB)
MJESTOPOŠPRIM	mjesto pošiljaoca-primaoca
NAM	namjena
NAZ	naziv
NAZOR	naziv oruđa
NBR	nomenklturni broj
OE	operativna evidencija
OKOB	okolni objekti
OPST	opis stanja
OSNIZD	osnov izdavanja
OZNKNJ	oznaka knjigovodstva
PAK	pakovanje u komadima
PMAG	površina magacina
PPOP	postotak popune
PZN	propisani zaštitni nasip
PRIMJ	primjedba
ROKČUV	rok čuvanja
ROKZAN	rok zanaavljanja
RVVZ	relativna vlažnost vanjskog zraka
RVZM	relativna vlažnost zraka u magacinu
SERBAR	serija baruta
SLED	sljedeće
SMJEŠ	smještaj
STABBAR	stabilnost baruta
ŠRJ	šifra ratne jedinice
ŠSMJEŠ	šifra smještaja
ŠSTOK	širina stoka
TIPMAG	tip magacina
TRVZ	tačka rose vanjskog zraka
TRZM	tačka rose zraka u magacinu
TVZ	temperatura vanjskog zraka
TZM	temperatura zraka u magacinu
UKIM	ukupno ima
UKSLED	ukupno sljedeće

VARSŁAG	varijanta slaganja
VAZUD	vazdušna udaljenost
VKCPŠPRIM	vojnoknjigovodstveni centar pošiljaoca-primaoca
VMAG	visina magacina
VP	vojna pošta
VPDO	vrijeme provjetravanja — do (kraj)
VPOD	vrijeme provjetravanja — od (početak)
VPPMFO	vojna pošta PMFO
VPPOŠPRIM	vojna pošta pošiljaoca-primaoca
VRAELEM	vraćeno elemenata
VRAISP	vraćeno ispravno
VRANEISP	vraćeno neispravno
VRBAR	vrsta baruta
VRGAĐ	vrsta gađanja
VROKOB	vrsta okolnog objekta
VRPROM	vrsta promjene
ZAM	zamjenitelj

Zaključak

Polazeći od potrebe za permanentnim unapređenjem postojećih informacijskih osnova za procese RiK-a na nivou MFO IV stepena, te s obzirom na činjenicu da municija predstavlja osnovnu energiju rata, u radu je predložen kanonički model baze podataka za podsistem »Praćenje stanja municije«. Predloženi model dobijen je na osnovu savremenog metodološkog pristupa projektiranju logičkog modela automatiziranih informacionih sistema (AIS).

Dobijeni model opisuje prepoznate tipove entiteta i tipove veza koji egzistiraju u realnom sistemu. Na taj način je zaokružen model IS na nivou logičkog modela, što je osnovna pretpostavka za fizičku realizaciju projekta.

Sličan pristup i primjena istih principa i metoda moguća je i u drugim područjima TOB-a, kao što su:

— usavršavanje logičkog modela AIS i za ostale podsisteme definirane arhitekturom informacionog sistema na nivou MFO IV stepena;

— usavršavanje logičkog modela AIS koji bi obuhvatio i ostale funkcije na nivou MFO IV stepena, koje nisu vezane za municiju, i

— usavršavanje logičkog modela AIS za praćenje kvantitativnog i kvalitativnog stanja municije na nivou MFO viših stepena.

Literatura:

- [1] Bilbić Mihajlo: Skica za izradu idejnog projekta IS, CVTS KoV JNA, Zagreb, 1988.
- [2] Brkić Danilo: Automatizovani informacioni sistem za praćenje kvalitativnog i kvantitativnog stanja rezervi u skladištu municije, magistarski rad, CVVTS, Zagreb, 1988.
- [3] Lazarević B., Jovanović V., Vučković M.: Projektovanje informacionih sistema I i II, Naučna knjiga, Beograd, 1988.

- [4] Maksić Radovan: Osnovi snabdevanja municijom, CVTS KoV JNA, Zagreb, 1988.
- [5] Tkalac Slavko: Relacijski modeli podataka, Informator, Zagreb, 1988.
- [6] Pravilo tehničke službe, SSNO, Beograd, 1985.
- [7] Uputstvo o knjigovodstvu i evidenciji u JNA, SSNO, Beograd, 1981.

Mr Jangel Malinov,
major, dipl. inž.
Miljenko Jovanović,
dipl. inž.
Zoran Vučković,
dipl. inž.

Utjecaj tolerancije kalibra oružja na početnu brzinu projektila

Uvod

Cijev svakog oružja služi da se u njoj energija barutnih plinova, koja se dobija pri sagorjevanju barutnog punjenja, pretvori u mehanički rad potreban za postizanje početne brzine projektila, a ako je cijev izljebljena i za ostvarivanje potrebne rotacione brzine projektila.

Pri gađanju cijev je izložena velikom naprezanju uslijed dejstva barutnih plinova, sa visokim pritiskom i visokom temperaturom, i sili trenja između projektila i unutrašnjosti cijevi.

Unutrašnji dio streljčkog oružja sastoji se od ležišta metka, prelaznog konusa i vodišta projektila.

Problem konstrukcije vodišta svodi se, prije svega, na ispravno određivanje promjera polja i žljebova u odnosu na promjer projektila, kao i na pravilan izbor duljine cijevi. Mjere projektila i mjere vodišta imaju bitan utjecaj na preciznost i pouzdanost oružja, pa je zato izuzetno važno naći optimalne odnose ovih veličina, sa gledišta balističkih osobina oružja i mogućnosti proizvodnje municije i cijevi. Na današnjem nivou tehnologije, u velikim serijama, promjer projektila može se napraviti sa tolerancijom 0,02 do 0,03 mm, dok se cijevi mogu napraviti sa tolerancijom promjera žljebova 0,03 do 0,06 mm. U proizvodnji uvijek može doći, sa odre-

đenom vjerojatnošću, do odstupanja, i zato je zadatak konstrukcije da obezbijedi dovoljan broj kombinacija, navedenih dimenzija, sa kojima će oružje imati zadovoljavajuće osobine. To istovremeno olakšava i pojeftinjuje proizvodnju.

Ispitivanja su pokazala da maksimalni promjer projektila treba da bude nešto veći od minimalnog promjera žljebova. Iskustvo govori da se najbolji rezultati u preciznosti postižu kada je promjer projektila jednak promjeru žljebova ili manji od njega do 0,05 mm. U armiji SAD usvojena je praksa da se projektil municije 7,62 mm M2 izrađuje sa promjerom 7,81 do 7,84 mm, što za minimalni promjer žljebova od 7,82 mm daje preklap od 0,02 mm [1].

Upravo ovaj problem, izbor tolerancije kalibra oružja i njihov utjecaj na vrijednost početne brzine projektila, želi se ovim radom malo rasvijetliti.

Izbor utjecajnih faktora

Na vrijednost početne brzine projektila utječu mnogi faktori koji se mogu svrstati u nekoliko grupa. To su:

- faktori uslovljeni izborom geometrije unutrašnjosti cijevi;
- faktori uslovljeni izborom čahure i projektila, i
- faktori uslovljeni izborom baruta.

U ovom radu detaljno će biti obrađena tolerancija kalibra oružja, odnosno promjer polja vodišta projektila, što je jedan od faktora iz prve grupe.

Iz osnovne jednačbe unutrašnje balistike (1) i jednačbe svedene duljine slobodne zapremine (2) može se uočiti da na vrijednost početne brzine projektila najznačajniji utjecaj imaju dimenzije koje određuju veličine poprečnog presjeka S , zapremine barutne komore W_0 i ukupnog puta zrna kroz cijev oružja X_n [2].

$$p S (X_\psi + X) = f \omega \psi - \frac{\Theta}{2} \varphi m V^2 \quad (1)$$

$$X_\psi = -\frac{W_\psi}{S} = -\frac{1}{S} \left[W_0 - \frac{\omega}{\delta} - \omega \psi \left(\alpha - \frac{1}{\delta} \right) \right] \quad (2)$$

Analizirajući ove tri veličine, može se utvrditi da su one funkcije velikog broja geometrijskih veličina, odnosno faktora. Tako se može napisati da je početna brzina projektila $V_0 = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, gdje su $x_1, x_2, \dots, x_n$ utjecajni faktori. Za analizu utjecaja faktora na vrijednost početne brzine u ovom radu načinjen je potpuni pasivni faktorni pokus tipa 2⁴. Četiri faktora koja se ovdje analiziraju su: tolerancija širina žljebova, tolerancija promjera žljebova i tolerancija duljine cijevi.

Faktorni plan pokusa

Kada je riječ o faktornom planu pokusa, sam naziv ukazuje da se radi o takvom pokusu u kome postoji veći broj faktora koji utiču na posmatrani proces. U pasivnom pokusu, koji je ovdje primjenjen, svaki od faktora ima dva nivoa, jedan je donja granica tolerancije, a drugi gornja granica tolerancije.

Ovaj pasivni pokus je realizovan tako da se unutrašnjobalistički problem riješava jednom numeričkom metodom onoliko puta koliko predviđa tip pokusa 2⁴. Program je napisan u programskom jeziku FORTRAN 77 i izvršen na računaru ATARI 2080ST [3], [4].

Matematički model ovog pokusa sa četiri faktora glasi:

$$X_{ijkln} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + AB_{ij} + AC_{ik} + AD_{il} + BC_{jk} + BD_{jl} + CD_{kl} + ABC_{ijk} + ABD_{ijl} + BCD_{jkl} + ACD_{ikl} + ABCD_{ijkl} + \varepsilon_{ijkln}$$

gdje je:

- i, j, k, l — brojevi nivoa odgovarajućih faktora;
- X — posmatrana veličina u procesu;
- μ — srednja vrijednost posmatrane veličine;
- ε — greška pokusa;
- n — broj ponavljanja pokusa;
- $A \dots D$ — utjecaj pojedinih faktora;
- $AB \dots ABCD$ — međudejstva faktora.

Ovdje realiziran pokus odnosi se na jedan sistem streljačkog oružja, a posmatrana veličina je početna brzina projektila, kao jedna od najinteresantnijih sa gledišta unutrašnje i spoljne balistike.

Analiza rezultata

Dobiveni rezultati realiziranog pokusa tipa 2⁴ analizirani su dvjema statističkim metodama (disperziona i regresiona analiza), a statistička sigurnost dobivenih rezultata iznosi 99%.

Rezultati disperzione analize (tabela) nedvojbeno pokazuju da najveći utjecaj na vrijednost početne brzine projektila, od promatranja četiri faktora, ima kalibar oružja, a drugi po redu je promjer žljebova. Ostala dva faktora nemaju nikakvog utjecaja. Kriterij za određivanje utjecaja pojedinih faktora na vrijednost početne brzine jeste, da li je koeficijent v_0 veći ili manji po apsolutnoj vrijednosti od Fisherovog kriterija C . Ako je $v_0 > C$, onda on ima utjecaja i obrnuto.

Disperziona analiza veličine poč. brzina, sa verovatnoćom $V=99\%$

Izvor promjena	Step slob.	Suma kv.	Sr. kv.	DIO	C
1	1	0,459	0,459	-5,54	9,65
2	1	59,6	59,6	-720	9,65
3	1	122	122	-147,1E-01	9,65
4	1	0,124	0,124	-1,50	9,65
Greška	11	-0,911	-827,8E-04		

Analizirajući rezultate provedenog pokusa regresijom analizom dobijaju se odgovori na često postavljana pitanja, kao što su:

— koliki je utjecaj određenog faktora na posmatranu veličinu,

— kolika je srednja vrijednost posmatrane veličine,

— kolika su rasipanja srednje vrijednosti, i

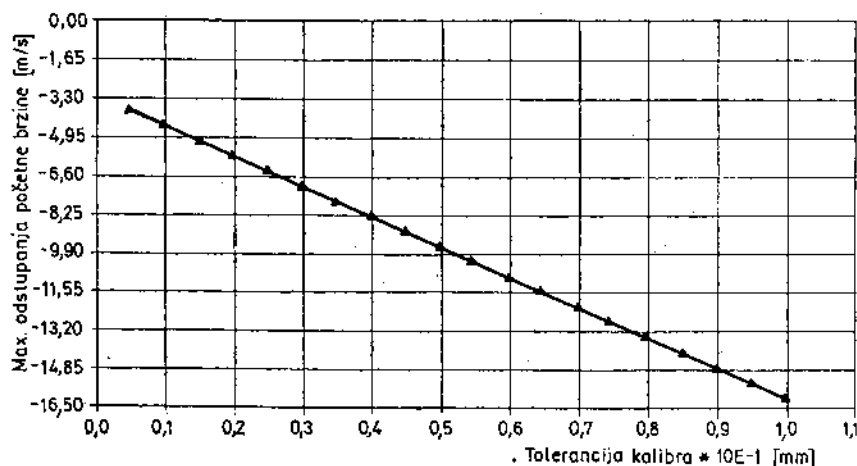
— kako izgleda matematički model posmatranog procesa.

Regresioni polinom za početnu brzinu, dobiven kao rezultat regresione analize rezultata pokusa, ima slijedeći oblik:

$$V_0 = 721,4 - 2d' - 3d \quad (3)$$

Ovo je kodirani regresioni polinom, u kome je vrijednost svakog od posmatranih faktora kodirana tako da iznosi (+1) kada je faktor na gornjem nivou, a (-1) kada je faktor na donjem nivou.

Iz ovog polinoma se, također, može vidjeti da na vrijednost početne brzine utječu kalibar oružja i promjer žljebova. Ustanovljeno je da ovaj polinom sa vjerovatnošću od 99% aproksimira utjecaj razmatranih faktora na vrijednost početne brzine. Kada su oba faktora na gornjem nivou, što je najnepovoljniji slučaj, vrijednost početne brzine iznosi $V_0 = 716,7$ m/s, što je pad od 0,65% u odnosu na njezinu srednju vrijednost. Razlika između najveće i naj-



Slika. Dijagram ovisnosti pada početne brzine od tolerancije kalibra

manje početne brzine iznosi 9,35 m/s, što je 1,3% srednje vrijednosti brzine.

Za dalju analizu utjecaja kalibra oružja na vrijednost početne brzine uzeto je deset različitih vrijednosti tolerancije kalibra oružja. Pri ovoj analizi nisu posmatrane apsolutne vrijednosti početne brzine, već njeno odstupanje od referentne vrijednosti. Za referentnu vrijednost uzeta je početna brzina kada su sva četiri faktora na donjim nivoima, a to je slučaj kada su sve dimenzije na nominalnoj vrijednosti.

Rezultat ovakve analize prikazan je na slici, sa koje se vidi da je odstupanje vrijednosti početne brzine u funkciji tolerancije kalibra linearno.

Sa dijagrama se može vidjeti da pri postojećoj toleranciji kalibra oružja dolazi do pada početne brzine za 9,3 m/s,

a pri povećanju tolerancije za 0,01 mm pad početne brzine iznosi 1,15 m/s, što je 0,16% od referentne vrijednosti.

Zaključak

Na osnovu disperzione i regresione analize rezultata ovog pokusa može se zaključiti da na vrijednost početne brzine najviše utječe tolerancija kalibra oružja. Analiza koja je provedena pokazuje i to da je linearna ovisnost promjene odstupanja brzine u ovisnosti od vrijednosti tolerancije. Na tom se dijagramu uočava da je pad početne brzine jako mali u odnosu na promjene tolerancije kalibra oružja (0,16% za 0,01 mm), što daje mogućnost promjene tolerancije, a time se smanjuje i cijena oružja.

Literatura:

- [1] Ćirić M. Osvrt na rešenja odnosa dijametra zrna i vodišta zrna u cevima streljačkog oružja, Beograd, 1971.
- [2] Cvetković M. Unutrašnja balistika, CVTŠ, Zagreb, 1985.

- [3] Jovanović M. Diplomski rad, VVTŠ, Zagreb, 1989.
- [4] Vučković Z. Diplomski rad, VVTŠ, Zagreb, 1988.

Uvod:

Pouzdanost motornih vozila u eksploataciji zavisi od: savršenosti konstrukcije, uslova eksploatacije i kvaliteta rukovanja i održavanja. Greške i nedostaci konstrukcije skupo se plaćaju brojnim teškoćama u proizvodnji, niskom pouzdanošću, skupim i čestim održavanjem, niskom efektivnošću i kratkim životnim vijekom.

Savremeni teretni automobil srednje klase sastoji se od 15 do 18 hiljada sastavnih dijelova, od kojih 7 do 9 hiljada mijenjaju svoja svojstva tokom eksploatacije.

Skup od 200 do 400 dijelova je kritičan po svojoj pouzdanosti, jer uzrokuje najveći broj zastoja i otkaza i visoke troškove održavanja. Prema [1], kod savremenih teretnih automobila na 2 do 3% nomenklature rezervnih dijelova otpada 40 do 50%, a na svega 8 do 10% dijelova 80 do 90% ukupnih troškova rezervnih dijelova u toku životnog ciklusa. Stoga je izuzetno važno imati pouzdane informacije o kritičnim dijelovima, njihovim intenzitetima otkaza i toku promjene pouzdanosti.

Za proizvodnju savremenog terenskog automobila srednje i veće nosivosti troši se oko 120 do 150 norma-sati, dok se u isto vrijeme, za opsluživanje

i remont, zavisno od intenziteta eksploatacije, troši prosječno 400 do 700 norma-sati [1].

Uzroci promjene tehničkog stanja vozila u eksploataciji

Tokom rada u dijelovima i sklopovima motornog vozila javljaju se slijedeći procesi:

- trošenje radnih površina;
- korozija;
- zamor materijala, i
- pad mehaničkih osobina materijala.

Dijelovi motornog vozila izloženi su djelovanju čitavog niza različitih dinamičkih naprezanja. Često trenutna udarna opterećenja znatno nadilaze proračunska (statička) dozvoljena naprezanja i izazivaju iznenadne lomove i oštećenja. U nekim slučajevima, zbog pada čvrstoće pojedinih dijelova dolazi do raznih deformacija, kao što su: iskrivljenje, uvijanje, lomovi, itd.

Procentualni udio pojedinih uzroka pojava stanja u otkazu jednog teretnog vozila prema [1] je slijedeći:

— trošenje	— — — —	40%
— plastične deformacije	— — — —	26%
— lomovi zbog zamora	— — — —	18%
— kvarovi zbog temperatur.	— — — —	12%
— uticaja	— — — —	12%
— drugi kvarovi	— — — —	4%

U zavisnosti od uslova eksploatacije, mijenjaju se brzinski režimi i režimi opterećenja, kao i srednje vrijeme između otkaza, intenzitet otkaza, pouzdanost vozila i njegovih sastavnih dijelova.

Na ispravnost vozila i njegovih dijelova i sklopova u procesu eksploatacije utiču:

— putni, transportni i klimatski uvjeti,

— kvalitet rukovanja, održavanja i remonta,

— uvjeti čuvanja i skladištenja.

Putni uvjeti karakterizirani su kvalitetom putnog zastora, veličinom neravnina, uzdužnim profilom puta, otporom kretanja i srednjom brzinom motornog vozila. Pri kretanju po lošim putevima naglo se povećavaju sile koje djeluju na upravljački mehanizam i dijelove ovješena. Izmjena putnih uslova dovodi do izmjene režima i karaktera (amplitude i frekvencije) opterećenja.

Zbog vibracija rama vozila, kretanjem po neravnom putu, slabe zavareni spojevi, narušava se saosnost pojedinih sklopova i javljaju se dopunska opterećenja u tijelu vozila. To može biti uzrok ubrzanog trošenja i lomova dijelova. Vibracije vrlo naglašeno djeluju na radni vijek i pouzdanost hladnjaka, dijelova elektrouređaja, karoserije i elastičnih elemenata oslanjanja vozila.

Kretanjem vozila po lošim putevima, zbog izrazito promjenljivih režima rada, pogoršavaju se uvjeti podmazivanja, režim hlađenja, i sl.

Klimatski uvjeti, također, značajno djeluju na rad, izlazne performanse i učestalost pojava otkaza motornog vozila. Niske temperature izazivaju zgušnjavanje maziva u motoru i sklopovima transmisije. Viskoznije mazivo teže dopire do tarućih površina, te sklopovi i dijelovi duže rade u uvjetima graničnog, polusuhog ili suhog trenja.

Kondenzacija goriva na hladnim stijenkama cilindra izaziva ispiranje ulj-

nog filma i povećano trošenje stijenki cilindra, a kondenzacija vode u pojedinim mehanizmima i uređajima pogoršava uvjete podmazivanja i dovodi do intenzivne korozije. Pri niskim okolišnjim temperaturama otežan je start, zbog pada napona i kapaciteta akumulatorske baterije. Padom temperature elektrolita za jedan stupanj Kelvina smanjuje se napon akumulatora za 1 do 1,5 V. U isto vrijeme povećava se potrebna snaga za start hladnog motora.

Klipni prsteni koji dobro zaptivaju kada je motor zagrijan, nedovoljno zaptivaju kada je hladan, zbog nepravilnog nalijeganja prstena na površinu cilindra. To izaziva povećano propuštanje radnog medija iz komore izgaranja u korito za ulje, povećano koksiranje goriva u utorima klipnih prstena, brže starenje i gubitak mazivnih svojstava ulja.

Niske temperature okoline djeluju nepovoljno i na materijale dijelova motora, izazivajući pad mehaničkih svojstava. Pri temperaturi od -30°C dijelovi od čelika, sa dodatkom silicija i mangana, postaju kruti, pa se povećava sklonost ka pojavi pukotina, dolazi do koncentracije naprezanja i lomova. Osobiti pad čvrstoće, pri niskim temperaturama, javlja se kod livenog željeza.

Pri visokim temperaturama okoline pojavljuje se nedovoljan intenzitet hlađenja, pregrijavaju se pojedini elementi i sklopovi, smanjuju se zazori među pokretnim dijelovima, povećava se trenje i trošenje. Pri tome, također, mogu nastati strukturne promjene u materijalu, a može doći i do smanjenja otpornosti na trošenje, pada mehaničke čvrstoće i povećane sklonosti ka pojavi otkaza.

Kvalitet rukovanja i opsluživanja vozila

U zavisnosti od kvaliteta rukovanja i opsluživanja mijenjaju se režimi opterećenja, frekvencija i veličina na-

prezanja, opće stanje, brzina trošenja i životni vijek dijelova i sklopova. Na primjer pri naglom uključivanju spojnice (kvačila) ona u kratkom vremenu predaje veliki obrtni moment, stvarajući u dijelovima transmisije dinamičko opterećenje koje je 2 do 3 puta veće nego pri laganom uključivanju.

Usporedbom dvojice vozača istog teretnog vozila, a različitog nivoa osposobljenosti, dobiveni su podaci prikazani u tabeli 1.

ne treba otklanjati samo neispravnost, nego i uzrok njenog nastanka. Neblagovremeno provođenje preventivnog održavanja može dovesti do drastičnog pada pouzdanosti sklopova i elemenata, povećanja opsega radova održavanja, velikog vremena neispravnosti (neraspoloživosti) i velikih troškova održavanja. U mirnodopskim uvjetima intenzitet eksploatacije armijskih vozila je mali, a većina vozila nalazi se u režimu čuvanja. U uvjetima čuvanja vozila po-

Tabela 1

Vozač	Pros. brz. [km/h]	Broj okret. [o/min]	Broj koč. [na 1 km]	Broj otk. [%]	Resurs sklop.
A	35,3	1780	1,7	100	100
B	33,6	2220	2,6	140	47—70

Iz tabele se vidi da je broj otkaza kod vozača »B« veći za 40%, uz istovremeno pogoršanje svih ostalih performansi.

Pravilno rukovanje i upravljanje vozilom osigurava povećanje međuremontnih resursa i do 60%, smanjuje potrošnju goriva do 30% i povećava srednju brzinu kretanja za 20%.

Od osposobljenosti vozača ne zavisi samo režim rada pojedinih sklopova i agregata, nego i mogućnost otklanjanja raznih neispravnosti koje se javljaju u eksploataciji.

Time se sprečava pojava većih oštećenja i smanjuje potreba za obimnijim radovima u održavanju.

Kvalitet održavanja

Osnovu održavanja trebaju činiti preventivne akcije koje će spriječiti pojavu otkaza. Ako već dođe do otkaza

sebnno je izraženo starenje kod gumenih, tekstilnih, kožnih i drugih nemetalnih dijelova. Otkazi ovih dijelova pokoravaju se različitim zakonima raspodjele. Najčešće su to otkazi sa rastućim intenzitetom. Na brzinu starenja nemetalnih dijelova značajno utiču uslovi čuvanja vozila. Visok stupanj relativne vlažnosti zraka, nagle promjene temperature okoline, djelovanje sunčevih zraka, soli i drugih kemijskih spojeva u zraku intenziviraju pojavu korozije, razgradnju nemetalnih dijelova i porast intenziteta otkaza.

Relativna učestalost otkaza po sklopovima vozila

Kao statistički uzorak za analizu neispravnosti promatran je skup od 490 vozila TAM-5000. Na izabranom uzorku registrirano je 898 različitih otkaza, čija je raspodjela po sklopovima vozila prikazana u tabeli 2.

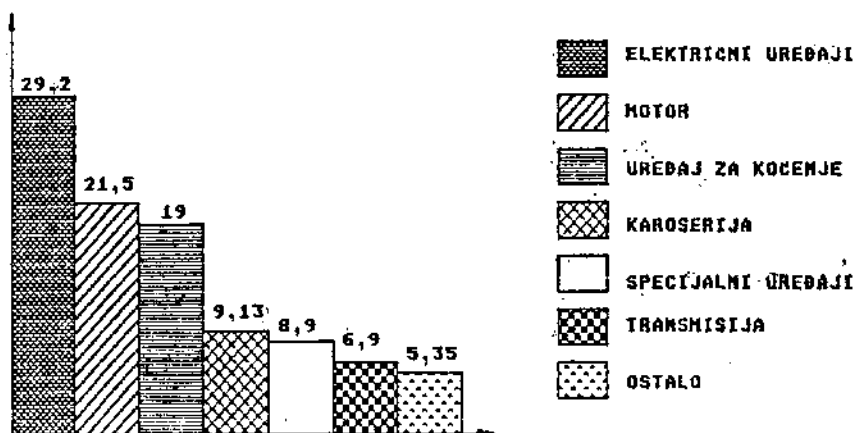
Sklop- uređaj	Motor	Trans- misija	Karo- serija	Elekt. uređ.	Uređ. za koč.	Spec. uređ.	Ost.	Ukupno
Broj otkaza	193	62	82	262	171	80	48	898
%	21,49	6,9	9,13	29,18	19,04	8,9	5,35	100

Na slici 1. prikazan je gantogram relativne učestalosti otkaza po sklopovima i dijelovima kod promatranog vozila.

Iz tabele 2 i gantograma vidi se da je najveća učestalost otkaza na električnim uređajima (29,18%), motoru (21,49%) i uređaju za kočenje (19%). Na ova tri podsistema otpada čak 70% svih otkaza vozila.

Najveću učestalost otkaza ima elektropokretač (29%), glavna svjetla (22,14%), pokazivači pravca (11,8%), sklopka akumulatora (8%) i generator (7,6%).

Motor je najsloženiji podsistem svakog vozila. Prema [2] kod sličnog teretnog vozila čak 23,9% ukupnog broja dijelova vozila otpada na motor.



Sl. 1 Gantogram relativne učestalosti otkaza

Kako se radi o teretnom vozilu kod kojeg su vrlo izražene vibracije svih dijelova i sklopova, posebno u eksploataciji van dobrih puteva, u uvjetima prašine, blata i velike vlažnosti, to je razumljiva velika učestalost kvarova na elektrouređajima. No, ipak se može zaključiti da elementi elektrouređaja ovih vozila imaju suviše nisku pouzdanost i predstavljaju kritične elemente promatranog vozila.

Dijelovi motora izloženi su tokom rada djelovanju visokih pritisaka i temperatura, impulsnim promjenama sila na elementima klipnog mehanizma, djelovanju vrlo aktivnih kemijskih supstanci u radnom mediju u cilindrima motora, hidrodinamičkim pojavama velikih amplituda u uređajima, itd. Najveću učestalost kod motora promatranog vozila imaju otkazi na uređaju za napajanje i podmazivanje. Neispravno-

sti ova dva uređaja čine više od polovine svih neispravnosti motora. Kritični elementi su prečistači, brizgaljke, zaptivači, uljni prsteni (semerinzi) i hladnjak za ulje. Neispravnosti hladnjaka za ulje čine čak 10% svih neispravnosti na motoru.

Na uređaju za kočenje najčešće neispravnosti su:

- nepodešenost ili istrošenost obloga kočnica,

- curenje tekućine i dotrajalog gumica,

- nepodešenost ručne kočnice,

- neispravnosti zračne instalacije uređaja.

Ovaj uređaj sadrži brojne nemetalne dijelove (gumice, zaptivače, frikcijske elemente), koji s vremenom gube mehanička svojstva i podložni su intenzivnom trošenju. Zato je frekvencija otkaza ovog uređaja relativno velika.

Na šasiji, kabini i tovarnom sanduku neispravnosti su, najčešće, izazvane mehaničkim oštećenjima, koja su rezultat nepravilnog rukovanja vozilom ili uvjeta eksploatacije van puteva, i sl. Dominiraju oštećenja kvaka i brava, podizača stakala, oštećenja blatobrana, prednjeg branika, itd.

Premda kvarovi na transmisiji nemaju veliku relativnu učestalost, u sklopu identificiranih kvarova ipak se u ovom podsistemu zapažaju slijedeći otkazi:

od 62 kvara na transmisiji 80% otpada na slijedeće elemente:

- neispravnosti kvačila 31%;
- neispravnosti kardanskog vratila 21%;
- neispravnosti menjača 18%;
- neispravnost pogonskog vratila 10%.

Ima li se na umu da ovim vozilima upravljaju nedovoljno obučeni vozači, a ona se pretežno koriste van puteva, učestalost ove vrste otkaza je razumljiva.

Proračun pouzdanosti

Za proračun pouzdanosti elektronskih sredstava razvijen je softverski paket »PREDICTOR«, koji kao ulazne podatke koristi standard MIL — HDB — 217 C i D. Međutim, za mehaničke sisteme još uvijek ne postoje dostupne banke podataka, već najčešće korisnici PREDICTOR-a i institucije koje se bave razvojem vozila kreiraju vlastite baze podataka koje nisu dostupne široj stručnoj javnosti. Kod nas je, na osnovu višegodišnjeg praćenja utroška rezervnih dijelova promatranog vozila, u različitim uvjetima eksploatacije, načinjen normativ rezervnih dijelova, sa podacima o intenzitetima otkaza za sve važnije dijelove. Stoga, ovaj normativ predstavlja dragocjenu banku podataka za proračun pouzdanosti dijelova i sklopova vozila, kao i za definiranje potrebnih zaliha rezervnih dijelova. Iz normativa su izdvojene vrijednosti intenziteta otkaza kritičnih elemenata i sklopova. Vozilo je razloženo na niže cjeline, funkcionalno i hijerarhijski povezane.

Tabela 3

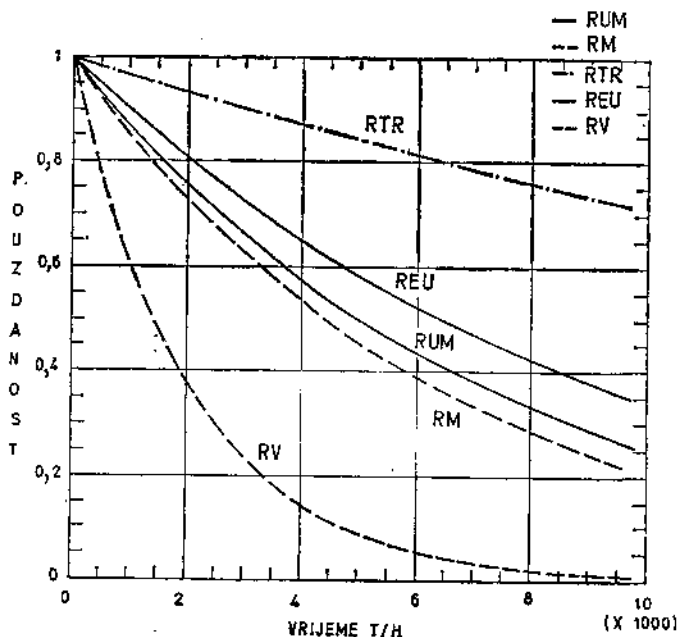
Naziv	Intenzitet otkaza $\lambda \cdot 10^{-6}$ [1/h]	Srednje vrijeme između otkaza t_o [h]
Motor — kompl.	158,409	6312,8
Nepokret. dijel. mot.	6,21	161031
Pokret. dijel. mot.	8,41	118849
Razvodni mehanizam	5,1	196078
Uređaji na motoru	138,69	7210

Šasija — kompl.	242,9	4116
Transmisija	34,27	29175
Hodni dio	33,32	30012
Uprav. i kočenje	67,07	14910
Električ. uređ.	108,27	9236
Karoserija — kompl.	87,02	11492
Kabina	84	11305
Blatobrani	1,52	657895
Tovarni sanduk	1,5	666660
VOZILO — KOMPL.	488,36	2047

Na temelju hijerarhijskog stabla otkaza formirana je ulazna datoteka za PREDICTOR. Iz listinga izlaznih rezultata iščitani su intenziteti otkaza i srednja vremena između otkaza po sklopovima vozila, kako je to prikazano u tabeli 3.

pajanje ($\lambda_{un}=122$). Kritičan element uređaja za napajanje je brizgaljka.

Intenzitet otkaza električnih uređaja iznosi $\lambda_{eu}=108,27$. U ovom podskupu kritični elementi su: elektropokretač, dijelovi rasvjete i signalizacije, te brisači stakla.



Sl. 2 Pouzdanost sklopova i vozila u funkciji vremena

Najveći intenzitet otkaza ustanovljen je kod uređaja na motoru ($\lambda_M=138,69$), posebno kod uređaja za na-

Proračun srednjeg vremena između otkaza i intenziteta otkaza primjenom PREDICTOR-a temelji se na pretpo-

Rezultati proračuna pouzdanosti elemenata vozila

T	RUM	RM	RTR	REU	RV
0	1,00000000	1,00000000	1,00000000	1,00000000	1,00000000
200	0,97264120	0,96881460	0,99316940	0,97857870	0,90694630
400	0,94603090	0,93860170	0,98638550	0,95761640	0,82255170
600	0,92014870	0,90933110	0,97921350	0,93710310	0,74601020
800	0,89497450	0,88139980	0,97295640	0,91702910	0,67659120
1000	0,87048910	0,85349980	0,96631060	0,89738520	0,61363190
1200	0,84667360	0,82688310	0,95971010	0,87816210	0,55653120
1400	0,82350960	0,80109640	0,95315470	0,85935090	0,50474390
1600	0,80097440	0,77611390	0,94664420	0,84094250	0,45777570
1800	0,77906560	0,75191040	0,94017800	0,82292850	0,41517790
2000	0,75775130	0,72846190	0,93375610	0,80530030	0,37654410
2200	0,73702020	0,70574450	0,92737800	0,78804980	0,34150530
2400	0,71685620	0,68373560	0,92104350	0,77116880	0,30972700
2600	0,69724390	0,66241300	0,91475220	0,75464940	0,28090580
2800	0,67816820	0,64175540	0,90850400	0,73848390	0,25476640
3000	0,65961430	0,62174200	0,90229840	0,72266470	0,23105950
3200	0,64156810	0,60235270	0,89613520	0,70718430	0,20955850
3400	0,62401560	0,58356820	0,89001410	0,69203550	0,19005840
3600	0,60694320	0,56536940	0,88393480	0,67721120	0,17237270
3800	0,59033800	0,54773810	0,87789700	0,66270450	0,15633280
4000	0,57418710	0,53065670	0,87190040	0,64850860	0,14178550
4200	0,55847800	0,51410790	0,86594490	0,63461670	0,12859180
4400	0,54319880	0,49807530	0,86003000	0,62102250	0,11662590
4600	0,52833750	0,48254260	0,85415550	0,60771940	0,10577340
4800	0,51388280	0,46749430	0,84832110	0,59470130	0,09593080
5000	0,49982360	0,45291540	0,84252660	0,58196200	0,08700409
5200	0,48614900	0,43879100	0,83677170	0,56949570	0,07890804
5400	0,47284860	0,42510720	0,83105610	0,55729640	0,07156535
5600	0,45991210	0,41185000	0,82537950	0,54535840	0,06490593
5800	0,44732940	0,39900630	0,81974170	0,53367620	0,05886620
6000	0,43509100	0,38656320	0,81414240	0,52224420	0,05338848
6200	0,42318750	0,37450800	0,80858140	0,51105710	0,04842049
6400	0,41160960	0,36282890	0,80305830	0,50010960	0,04391479
6600	0,40034840	0,35151390	0,79757290	0,48939660	0,03982835
6800	0,38939540	0,34055180	0,79212500	0,47891320	0,03612218
7000	0,37874200	0,32993160	0,78671440	0,46885420	0,03276088
7200	0,36838010	0,31964250	0,78134070	0,45861510	0,02971236
7400	0,35830170	0,30967440	0,77600370	0,44879100	0,02694751
7600	0,34849900	0,30001700	0,77070310	0,43917730	0,02443995
7800	0,33896450	0,29066090	0,76543880	0,42976960	0,02216572
8000	0,32969080	0,28159650	0,76021040	0,42056340	0,02010312
8200	0,32067090	0,27281480	0,75501780	0,41155440	0,01823245
8400	0,31189770	0,26430700	0,74986050	0,40273840	0,01653585
8600	0,30336460	0,25606450	0,74473860	0,39411120	0,01499713
8800	0,29506490	0,24807900	0,73965160	0,38566890	0,01360159
9000	0,28699230	0,24034260	0,73459940	0,37740740	0,01233592
9200	0,27914050	0,23284740	0,72958170	0,36932290	0,01118801
9400	0,27150360	0,22558600	0,72459820	0,36141150	0,01014693
9600	0,26407550	0,21855100	0,71964880	0,35366960	0,00920272
9800	0,25685080	0,21173540	0,71473310	0,34609360	0,00834637

stavci o eksponencijalnoj distribuciji vremena između dva otkaza. Pretpostavka o eksponencijalnoj raspodjeli vremena između otkaza vozila nije uvijek ispunjena. Međutim, na ovaj način dobiva se polazna osnova za daljnju analizu pouzdanosti, kako pri projektiranju, tako i u eksploataciji vozila.

U tabeli 4 prikazani su rezultati proračuna pouzdanosti na osnovu poznatih intenziteta otkaza uređaja na motoru (RUM), kompletnog motora (RM), transmisije (RTR), elektrouređaja (REU) i kompletnog vozila (RV).

Na slici 2 prikazane su krivulje pouzdanosti u funkciji vremena za navedene sklopove i vozilo u cjelini.

Zaključak

Poznavanje kvantitativnih vrijednosti za ocjenu pouzdanosti svakog slo-

ženog sredstva predstavlja ne samo teorijski, nego i veliki praktičan značaj. Na osnovu ovih podataka moguće je definirati periodiku i sadržaj preventivnog održavanja, utvrditi nivo, raspored i količinu potrebnih rezervnih dijelova, predvidjeti ponašanje vozila u predviđenom vremenu i predviđenim uslovima eksploatacije, racionalizirati postupke održavanja i smanjiti troškove životnog ciklusa.

Stoga je od neprocjenjivog značaja permanentno prikupljanje i ažuriranje podataka o intenzitetima otkaza i drugim parametrima pouzdanosti vozila, koja predstavljaju osnovu voznih parkova velikih funkcionalnih sistema. Na taj način stvaraju se uslovi za usavršavanje novih konstrukcionih rješenja, modifikaciju i poboljšanje postojećih i smanjenje troškova životnog ciklusa.

Literatura:

- [1] J. Bara, J. Baranov i dr.: »Tehničeskaja eksploatacija avtomobileje«, Moskva, 1983.
- [2] Chul Kim: »Analysis for Mission reliability of combat tank«, IEE Transportation reliability, Vol. 38 №2 1989.
- [3] M. Vrhovski: »Kvantitativna analiza parametara efektivnosti vozila u eksploataciji«, VTG br. 4, 1989.
- [4] M. Vrhovski: »Istraživanje utjecaja sistema održavanja na efektivnost motornih vozila primjenom metoda simulacije«, doktorska disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1988.

Mr Nikola Terzija,
kapetan I klase, dipl. inž.
Dr Drago Ban,
dipl. inž.

Elektronički komutirani motor kao element suvremenog elektromotornog pogona

Uvod

Od suvremenih elektromotornih pogona se zahtijeva: visoka pouzdanost, dobre statičke, dinamičke i energetske karakteristike, kompaktnost konstrukcije, mali gabariti, fleksibilnost, te minimalno održavanje uz brzu identifikaciju i otklanjanje kvarova. U specifičnim područjima primjene, kao što su: avijacija, robotika, numerički upravljani alatni strojevi, linije fleksibilne automatizacije, periferne jedinice računarskih i informacijskih sustava, uređaji za snimanje i reprodukciju slike i tona, medicinski uređaji, transportna tehnika, svemirska i ratna tehnika, te drugi tehnički složeni sustavi, sve više se primjenjuju i usavršavaju slijedeći pogoni [1, 2, 3, 4, 5]:

— elektromotorni pogon s kaveznim frekvencijski reguliranim asinhronim motorom (vektorska regulacija);

— elektromotorni pogon s koračnim mikroprocesorski upravljanim motorom;

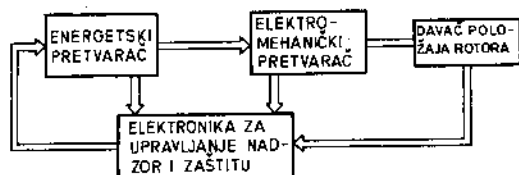
— elektromotorni pogon s elektronički komutiranim motorom.

Sve tri navedene vrste elektromotornih pogona (EMP) karakterizirane su time što su izvedene s beskontaktnim motorima (bez kliznih mehaničkih kontakata i četkica). To im je najveća pred-

nost pred inače dobro poznatim i mnogo korištenim istosmjernim motorom. Mehanički kolektor klasičnog istosmjernog stroja je sklop gotovo svih ograničenja primjene (pouzdanosti, brzine, veličine, održavanja, ...). Elektronički komutirani motor je kombinacija izmjeničnog električnog stroja i elektroničkog uređaja za prespajanje svitaka (elektronički kolektor) s neophodnim elementima za upravljanje i zaštitu. Takvom kombinacijom istovremeno se mogu iskoristiti dobre karakteristike izmjeničnih (visoka pouzdanost) i istosmjernih (energetske i regulacijske) motora. Ideja o gradnji elektronički komutiranog motora (EKM) potječe iz tridesetih godina ovog stoljeća, a njena aktualizacija nakon pojave tranzistora i tiristora (šezdesetih godina). Razvoj i primjena te klase elektromotora ubrzan je zahvaljujući pronalasku i proizvodnji vrlo kvalitetnih trajnih magneta. U području automatiziranih pogona, nevelikih snaga, EKM počinje u novije vrijeme zauzimati sve značajnije mjesto. Literatura o elektronički komutiranim motorima je vrlo obimna (na stranim jezicima) i nije uvijek lako dostupna. Namjera nam je da u ovom članku dademo osnovni prikaz specifičnosti ovog, u našoj literaturi i praksi malo poznatog motora, bez pretenzija da to bude detaljno i sveobuhvatno.

Struktura elektronički komutiranog motora i konstrukcione karakteristike

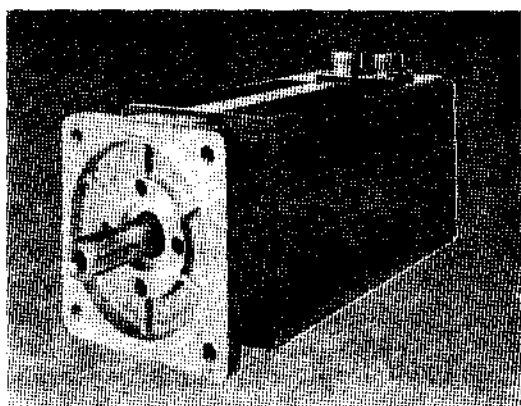
Elektronički komutirani motor je jedinstvena cjelina elektromehaničkog pretvarača s ugrađenim davačem položaja rotora i energetskog pretvarača s potrebnom elektronikom za upravljanje nadzor i zaštitu. Principijelna blok-shema EKM prikazana je na slici 1.



Sl. 1 Principijelna blok-shema EKM

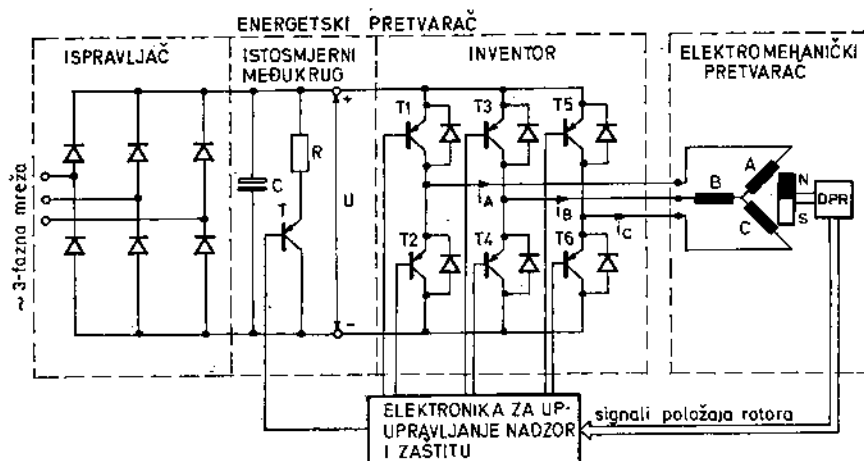
Elektromehanički pretvarač je višefazni (najčešće trofazni) stroj s uzbudom na rotoru. Uzbuda se najčešće izvodi vrlo kvalitetnim trajnim magnetima, što stroj čini vrlo kompaktnim s odličnim masogabaritnim pokazateljima. Jedna tipična izvedba EKM šire namjene, domaće proizvodnje, prikazana je fotografijom na slici 2. Motor je proizvodnje »RADE KONČAR« iz Zagreba,

tip EKM90M-6, moment mirovanja je 10 Nm, a nazivna brzina vrtnje 4000 min⁻¹.



Sl. 2 Elektronički komutirani motor proizvodnje »RADE KONČAR«

Davač položaja rotora (DPR) je konstrukcijski dio elektromehaničkog pretvarača, a s energetskim pretvaračem je povezan preko elektronike za upravljanje. DPR se najčešće izvodi s Hallovim elementima ili optoelektroničkim elementima. Često je u istoj cjelini s DPR smješten i davač brzine. Shematski prikaz strukture jednog tipičnog energetskog pretvarača za trofazni EKM dat je na slici 3.



Sl. 3 Tipična struktura energetskog pretvarača trofaznog EKM

Iz strukture prikazane na slici 3 mogu se istaknuti osnovni sklopovi koji čine tzv. elektronički kolektor (komutator) i pojednostaviti prikaz osnovne fizikalne slike rada takvog stroja. Davač (indikator) položaja polova rotora, elektronika za upravljanje elementima za prespajanje i elementi za prespajanje namota armatura (statora) čine tzv. elektronički komutator. Na slici 3 su elementi prespajanja (prekidači), tranzistori T_1 do T_6 , a A, B i C fazni namoti motora. Istosmjerni napon za rad motora može biti bilo koji odgovarajući izvor, a princip prikazan na slici 3 podrazumijeva dobivanje tog napona iz poluvodičkog ispravljača. Običaj je da se prikazani uređaj naziva energetskim pretvaračem, koji se priključuje na izmjeničnu mrežu, a ima konstantan napon istosmjernog međukruga. Radi se, dakle, o indirektnom pretvaraču. Zahijevani oblik i iznos izlaznog napona pretvarača postiže se pulsno-širinskom modulacijom u samom invertoru. Otpornik i tranzistor u istosmjernom međukrugu omogućuju kočne režime rada EKM. Po principu rada EKM je sinhroni motor. Odgovarajuće upravljanim faznim strujama statora postiže se okretno magnetsko polje, koje s uzbuđenim poljem rotora stvara okretni moment. Brzina vrtnje rotora mora biti u čvrstoj vezi s brzinom okretnog polja (u sinhronizmu) u svim režimima rada. Frekvencija struja statora određena je trenutnom brzinom vrtnje rotora. Korištenjem signala s DPR može se prisilno održavati željeni prostorni kutni pomak između uzbuđenog i armaturnog toka (tzv. kut opterećenja sinhronog stroja) bez obzira na teret motora. Poželjno je da kut između tokova iznosi 90° električnih, kako bi razvijeni moment EKM bio maksimalan. Ovako organiziranim napajanjem mogu se postići vanjske karakteristike EKM slične karakteristikama uzbuđenog istosmjernog motora.

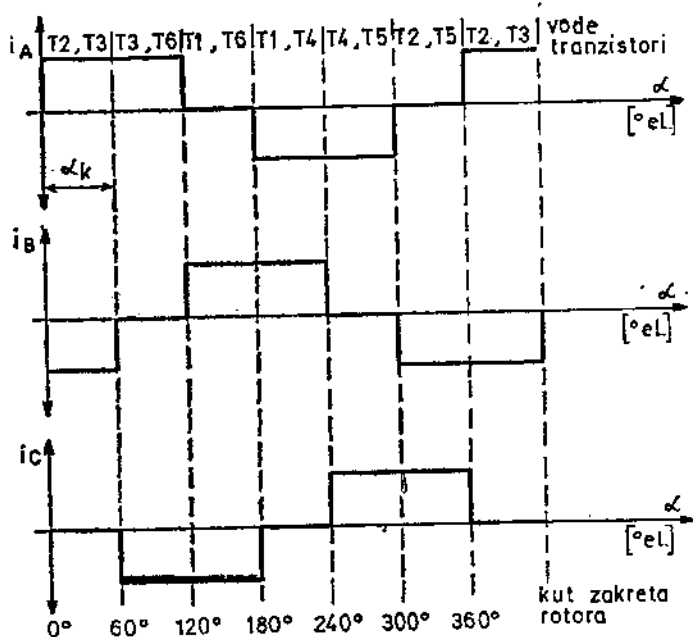
Za EKM, prikazan na slici 3, struja istovremeno prolazi kroz dvije serij-

ski vezane faze, tj. istovremeno vodi jedan gornji tranzistor invertora (T_1 , T_3 , T_5) i jedan donji (T_2 , T_4 , T_6). Početak i kraj vođenja struje pojedine faze određen je položajem rotora, tako da srednji kut između armaturnog i uzbuđenog toka bude 90° električnih. Nakon zakreta rotora za određeni kut (što registriira DPR) prestaje voditi jedna faza, a počinje voditi druga, tj. struja se prekapča (komutira) s jedne na drugu fazu. Taj kut se naziva međukomutacioni period (α_k) i za trofazni EKM iznosi 60° električnih. To znači da za jednu punu električnu periodu (zakret rotora za 360° električnih) treba obaviti šest komutacija struja. Dovoljno je, dakle, da i DPR odredi položaj rotora u šest diskretnih tačaka kako bi se u elektronici za upravljanje moglo definirati šest mogućih različitih stanja tranzistora invertora, tj. definirati sklopne funkcije invertora. Ako bi se htio postići konstantan moment na međukomutacionom periodu, valni oblik struja trebao bi odgovarati prostornoj raspodjeli magnetske indukcije u zračnom rasporu. Za konstantnu indukciju unutar $2/3$ polnog koraka idealni oblik struja faza prikazan je na slici 4.

Približno takav (pravokutni) oblik može se postići pravokutnim oblikom napona, pa su na istoj slici upisana stanja tranzistora invertora sa slike 3 u pojedinim međukomutacionim periodima, kojima se obezbijeduje takav oblik napona. Tada je pravilnije govoriti o pravokutnoj modulaciji napona, a ne struja. Tačniji pravokutni oblik struja (sl. 4) postiže se pulsno-širinskom modulacijom napona pomoću histereznog regulatora struje [2, 6]. Zbog induktiviteta namota ne mogu se postići skokovite promjene struja (za vrijeme komutacije), što dovodi do pojave valovitosti razvijenog momenta [7, 8]. Valovitost momenta ne mora dovesti i do bitnijih pulzacija brzine EKM, što je za njegovu upotrebu važno. Zbog jednostavne realizacije približno pravokutnog oblika

struja histerezni regulator se primjenjuje i za ostale raspodjele magnetske indukcije, računajući pri tome po-

ni motor bez četkica, elektronički motor, ventilni motor, samosinhronizirajući izmjenični motor, itd.



Sl. 4 Idealizirani valni oblici struja EKM za konstantnu indukciju unutar 2/3 polnog koraka

većanje valovitosti momenta. U elektromotornim pogonima s zahtjevom na veliku stabilnost malih brzina vrtnje (okone), u novije vrijeme se koristi EKM sa sinusnom raspodjelom magnetske indukcije i sinusnom modulacijom struja. Za realizaciju sinusne modulacije struja potrebno je imati DPR koji u puno više tačaka određuje položaj magnetske osi rotora (resolver), pa je i shema upravljanja puno kompliciranija. Tada se, obično, ide na mikroprocesorski upravljan EKM [9].

Ovako prikazana organizacija napajanja, gdje se komutacija struja faza postiže u energetsom pretvaraču na osnovu signala DPR, predstavlja elektroničku komutaciju, po čemu je ovaj motor i dobio ime. U literaturi se sreće još niz različitih naziva, kao: beskoлектorski istosmjerni motor, istosmjer-

Pored elektroničke komutacije, važna je specifičnost EKM i primjena vrlo kvalitetnih trajnih magneta, s kojima se postiže veliki uzбудni tok, uz zanemarljiv utjecaj reakcije armature na iznos tog toka. Za sada se najviše koriste trajni magneti na bazi legura kobalta (Co) s elementima rijetkih zemalja (tzv. magneti R-Co). Najbolje eksploatacione karakteristike postignute su upotrebom samarija (Sm), a iz te grupe se najčešće koristi magnet tipa SmCo5. S takvim su magnetima postignute slijedeće karakteristike [10]:

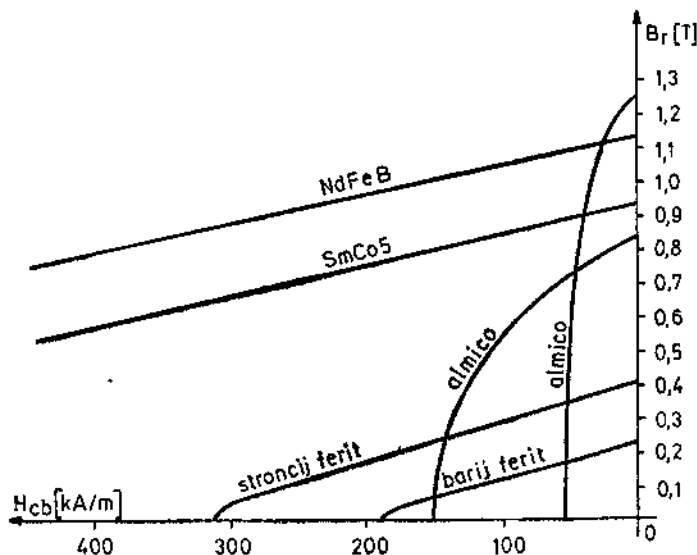
- remanentna indukcija $B_r \approx 0,95$ [T];
- koercitivna sila po indukciji $H_{cb} \approx 800$ [kA/m];
- maksimalni energetska produkt $(BH)_{max} \approx 200$ [kJ/m³];
- radna temperatura $T_r \approx 250$ [°C]

Veliku perspektivu pružaju trajni magneti na bazi legure neodij-željezo-bor (NdFeB), kojima je jedini nedostatak niska radna temperatura (100–120° C), dok su im ostale karakteristike bolje od magneta SmCo₅. Prednosti ova dva tipa magneta u odnosu na do skoro često korištene (FERITE i ALNIKO) najbolje se vidi s uporednih dijagrama demagnetizacije (slika 5).

izrađuju površinski lijepljenim trajnim magnetima, na koje se navlači nemagnetna obloga radi mehaničke zaštite.

Elektromehaničke karakteristike EKM

Za analizu statičkih, dinamičkih i regulacionih karakteristika EKM potrebno je napraviti matematički model.



Sl. 5 Karakteristike demagnetizacije nekih trajnih magneta

Zbog velike koercitivne sile (što je rezultat kristalne anizotropije) SmCo₅ i NdFeB magneta, ne postoji opasnost od demagnetiziranja u dinamičkim stanjima EKM, pa oni s tog stanovišta ne unose ograničenja u iznose struja. Utjecaj polja reakcije armature u normalnom pogonu na iznos uzbudnog toka je neznan, pa se može smatrati konstantnim. Permeabilnost ovih trajnih magneta je približna permeabilnosti vakuuma, što znatno smanjuje induktivnost stroja. Da bi se iskoristile sve dobre osobine spomenutih magneta, posebna pažnja se mora posvetiti konstrukciji rotora i optimiranju radne točke magnetskog kruga EKM. Rotori EKM se, najčešće,

Složenost matematičkog modela prvenstveno ovisi o željenoj tačnosti računa. Tako se za brzu ocjenu karakteristika EKM može primijeniti dobar dio poznate teorije za istosmjerni ili sinhroni motor, ovisno o vrsti modulacije napona. Za detaljniju analizu treba uzeti u obzir specifičnosti vezane uz elektroničku komutaciju i raspodjelu magnetske indukcije u zračnom rasporu. Kako se u statičkom režimu EKM elektromagnetsko stanje ponavlja na svakom međukomutacionom periodu (α_k), dovoljno ga je proučiti na jednom. Međutim, i matematski model zasnovan na promatranju elektromagnetskih prilika na jednom međukomutacionom periodu je vrlo slo-

žen, pa će u nastavku biti prikazani samo konačni rezultati provedenih proračuna [4]. Računato je s naponom pravokutnog oblika. Radi univerzalnosti prikazivanja karakteristika odabran je jedinični sistem (per-unit sistem). Upotrebljene su slijedeće normirane veličine:

— mehanička kutna brzina rotora $\omega = \Omega/\Omega_0$, gdje je:

Ω — stvarna mehanička kutna brzina rotora;

Ω_0 — kutna brzina rotora u idealnom praznom hodu;

— razvijeni moment $m = M/M_{k8}$, gdje je:

M — stvarni razvijeni moment;

M_{k8} — moment kratkog spoja (mirovanja);

— napon napajanja $U = U/U_n$, gdje je:

U — stvarni napon napajanja;

U_n — nazivni napon napajanja.

Parametar X_0 definiran je kao:

$$X_0 = \frac{L+M}{R} p\Omega_0 = T_e p\Omega_0, \text{ gdje je:}$$

L — samoinduktivitet jedne faze;

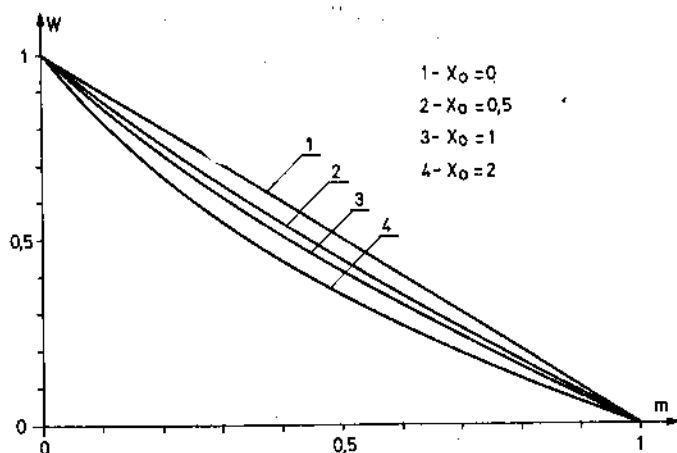
M — međuinduktivitet dviju faza;

R — radni otpor jedne faze;

p — broj pari polova EKM;

T_e — električna vremenska konstanta.

Kao što se vidi, parametar X_0 je sličan električnoj vremenskoj konstanti (u bezdimenzionalnom obliku) i on je karakteristika napravljenog motora, tj. parametar koji slijedi iz konstrukcije motora. Kako se vidi sa slike 6, parametar X_0 ograničava radno područje frekvencija i brzina vrtnje, te određuje oblik i tvrdoću mehaničkih karakteristika i korisnost elektromehaničke pretvorbe energije. Uz zanemariv iznos električne vremenske konstante ($X_0=0$), vanjska karakteristika EKM bila bi linearna. U



Sl. 6 Vanjske karakteristike EKM za pravokutnu modulaciju napona i konstantnu indukciju unutar 2/3 polnog koraka

Na slici 6 prikazani su rezultati proračuna [4] vanjskih karakteristika EKM uz različite iznose parametra X_0 , zanemareno trenje a nominalni napon napajanja ($U=1$).

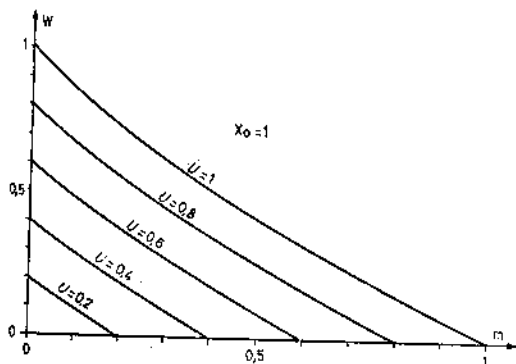
motoru ovakve izvedbe i namjene (visoko kvalitetni trajni magneti) moguće je postići da vremenske konstante budu vrlo male (mali ulančani tok rasipanja u utoru i glavama namota neovisan

o položaju rotora) i nezavisne od veličina struja u namotima (nema zasićenja). Najnovije konstrukcije su takve da se za nazivna pogonska stanja može uzeti $X_0 < 2$, tj. u inženjerskim proračunima pretpostaviti da je vanjska karakteristika linearna, odnosno ekvivalentna karakteristici nezavisno uzbuđenog klasičnog istosmjernog motora.

invertoru. Vanjske karakteristike EKM pri $U \leq 1$ i parametru $X_0 = 1$ prikazane su na slici 7.

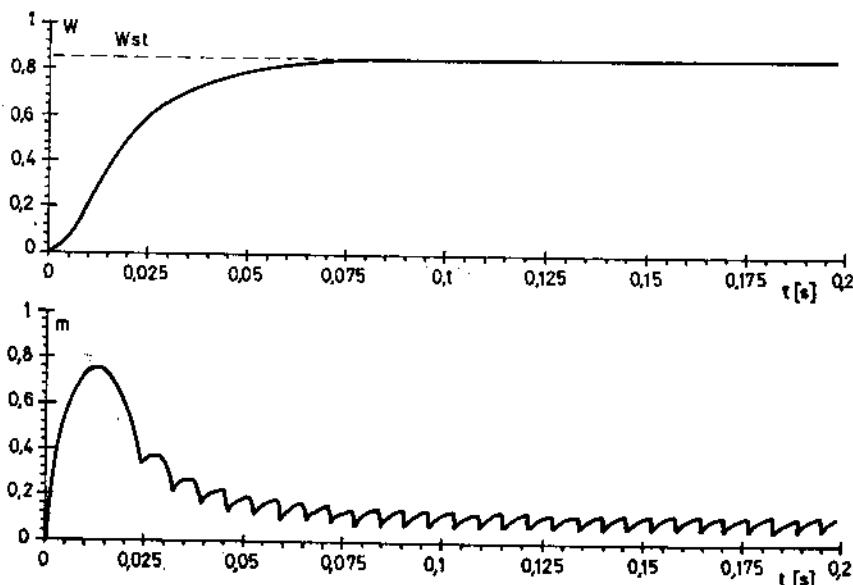
Smanjenjem napona smanjuje se nelinearnost vanjskih karakteristika EKM, čime se on još više približava karakteristikama nezavisno uzbuđenog istosmjernog motora.

Dinamičke karakteristike EKM, promatrane kroz zalet, mnogo je složenije matematički opisati. Praktično je nemoguće doći do tačnog analitičkog izraza, jer se brzina mijenja čak na jednom međukomutacionom periodu, a i međukomutacioni periodi različito traju. Iako u ovom članku nećemo detaljnije razmatrati pitanja dinamičkih karakteristika, dinamičke stabilnosti pogona i mogućnosti pojave autokolebanja, može se i unaprijed zaključiti da će parametar X_0 imati presudni utjecaj na dinamiku u cjelini. Primjenom računala moguće je riješiti sistem nelinearnih diferencijalnih jednačbi s promjenljivim početnim uvjetima, kojim se opisuju dinamička stanja EKM [4]. Na slici 8 za ilustraciju su prikazani brzina i moment EKM (pri zaletu) računato za pravokutnu modulaciju napona i sinu-



Sl. 7 Vanjske karakteristike EKM pri različitim naponima

Brzinu vrtnje EKM moguće je regulirati naponom. Regulacija napona vrši se pulsno-širinskim modulacijom u



Sl. 8 Brzina i moment EKM pri zaletu za navedene parametre

snu raspodjelu magnetske indukcije i slijedeće parametre [4]:

- step napona $U=1$;
- električna vremenska konstanta $T_e=0,005$ [s];
- moment tereta $m_t=1$;
- mehanička vremenska konstanta $T_m=0,02$ [s] ($T_m=J\Omega_0/M_{ks}$, gdje je J — ukupni moment inercije na osovini motora).

Iz oblika momenta (sl. 8) jasno su uočljivi međukomutacioni periodi. Uočljiva je i prilična valovitost momenta. Međutim, odziv brzine je ravnomjeran, a u stacionarnom režimu nema pulzacija brzine, što može bitno utjecati na upotrebu EKM za pogone u kojima je to važno.

Zaključak

Organiziranjem napajanja sinhronog motora s trajnim magnetima na rotoru, u ovisnosti o položaju rotora, stvo-

rena je jedna nova klasa električnih motora. Po principu rada to je sinhroni motor bez obzira na to kako ga nazivaju u literaturi. Uz zadržavanje visoke pouzdanosti (eliminacija mehaničkog kolektora i četkica) dobivaju se vrlo dobre energetske, vanjske i regulacijske karakteristike. U radnom području opterećenja vanjska karakteristika je približno linearna. Moment i struja pokretanja može se podešavati energetskim pretvaračem. Promjena brzine vrtnje svodi se na regulaciju napona napajanja. Primjena vrlo kvalitetnih trajnih magneta na rotoru omogućila je gradnju rotora s malim momentima inercije, što uz mogućnost forsiranja struje u prelaznim režimima omogućava sustav elektromotornog pogona odličnih dinamičkih svojstava. Dalji razvoj EKM orijentiran je na mikroprocesorske sisteme upravljanja sa sinusnom modulacijom napona, čime se može postići miran mehanički hod i pri vrlo malim brzinama vrtnje pogonskog mehanizma.

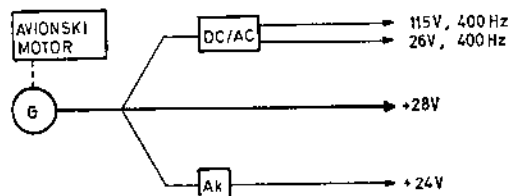
Literatura:

- [1] Howlett F. James: BRUSHLESS DC MOTORS, International Scientific Industries, Christlansburg, Virginia 24073 Motor Con, mart/1982, str. 594—604.
- [2] Kenjo T., Nagamori S.: PERMANENT-MAGNET AND BRUSHLESS DC MOTORS, Clarendon Press, Oxford, 1985.
- [3] Ovčeničkov I. E., Lebedjev N. I.: BESKONTAKTNIJE DVIKATELJI POSTOJANOVO TOKA, Nauka, Lenjingrad, 1979.
- [4] Terzija N.: ANALIZA MOTORA S TRAJNIM MAGNETIMA I DAVAČEM POLOŽAJA ROTORA, Magistarski rad, ETF, Zagreb, 1988.
- [5] Ban: D.: DOPRINOS ISTRAŽIVANJU ELEKTROMOTORNIH POGONA S KORACNIM MOTORIMA, Doktorska disertacija, ETF, Zagreb, 1987.
- [6] Krause C. P.: ANALYSIS OF ELECTRIC MACHINERY, McGraw-Hill Book Company, New York, 1986.
- [7] Demerdash N. A., Nehl T. W., Fouad F. A.: IMPACT OF WINDING INDUCTANCES AND OTHER PARAMETERS ON THE DESIGN PERFORMANCE OF BRUSHLESS DC MOTORS, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-104, br. 8, avgust/1985, str. 2206—2213.
- [8] Lisac A.: UTICAJ KOMUTACIJE NA RAZVIJENI MOMENT ELEKTRONIČKI KOMUTIRANOG MOTORA, IV Savjetovanje o EMP, Zadar, 1988, str. 335—342.
- [9] Sakmann H. W.: A BRUSHLESS DC MOTOR CONTROLLED BY A MICROPROCESSOR WITH EXAMPLES FOR A THREE-PHASE MOTOR, IEEE Transactions on Industry Electronics, Vol. IE-34, br. 3, avg./1987, str. 339—344.
- [10] Zajec T.: SUVREMENI MATERIJALI ZA PERMANENTNE MAGNETE SASTAVA COBALT-RIJETKE ZEMLJE, Magistarski rad, ETF, Zagreb, 1979.

Uvod

Za napajanje različitih uređaja električnom energijom na savremenim letilicama koriste se izvori jednosmerne i naizmenične struje.

Oba vida električne energije imaju svoje prednosti i nedostatke, ali se na letilicama prednosti ovih vidova energije uzajamno dopunjuju.



Sl. 1 Strukturalna šema sistema napajanja jednosmernom strujom:

G — generator; DC/AC — statički pretvarač 28V/115V, 400 Hz; Ak — akumulator.

Osnovna prednost izvora jednosmerne struje (sl. 1) ogleda se u mogućnosti paralelnog rada jednog ili više generatora sa akumulatorima, što povećava pouzdanost celokupnog sistema napajanja i zahteva manju snagu ugrađenih generatora [1].

Druge prednosti sistema jednosmerne struje niskog napona 28 V su:

- veliki startni momenat jednosmernih motora;

- male dimenzije i potrošnja svetiljki;

- relativno jednostavan rad kontaktnih uređaja;

- ne zahteva se sinhronizacija rada generatora.

Zahtevana pouzdanost sklopa kolektor-četkice na velikim visinama (pri niskom atmosferskom pritisku) dostignuta je.

U nedostatke jednosmernih niskonaponskih mreža ubrajaju se veliki preseci magistralnih provodnika i njihova masa. Isto tako, potrebni su veliki kontaktni uređaji i spajajući.

Pomenuti nedostaci izvora i mreža jednosmerne struje, kao i ograničene mogućnosti transformacije napona, uslovlili su traganje za drugim vidovima napajanja. U prvom redu, rešenje je nađeno u izvorima i mrežama naizmenične struje sa beskontaktnom komutacijom. Drugi pravac razvoja orijentisan je na primenu poluprovodničkih elemenata za poboljšanje karakteristika jednosmernih sistema napajanja.

U vazduhoplovstvu stalno postoji tendencija porasta broja i vrsta potrošača električne energije, kako jednosmerne, tako i naizmenične struje.

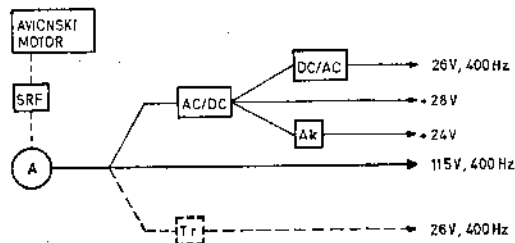
Mnogi radio-uređaji i sistemi letilice, u principu, zahtevaju korišćenje naizmeničnog monofaznog i trofaznog napajanja.

Osnovne prednosti sistema napajanja naizmeničnom strujom nad sistemom jednosmerne struje ogledaju se u sledećem:

- jednostavna transformacija napona;
- mogućnost ispravljanja;
- odsustvo kolektora na mašinama;
- mogućnost dostizanja visokih napona;
- ušteda na masi provodnika;
- relativno manja masa generatora naizmenične struje (alternatora).

Odsustvo kolektora i četkica na alternatoru znatno doprinosi povećanju pouzdanosti sistema napajanja [3].

U periodu korišćenja cevne tehnike izvori naizmenične struje bili su gotovo nezamenjivi zbog potrebe napajanja visokim naponom. Isto tako, mnogi analogni i sinhrouređaji principski su zahtevali napajanja monofaznom i trofaznom strujom 26 V, 400 Hz (sl. 2).

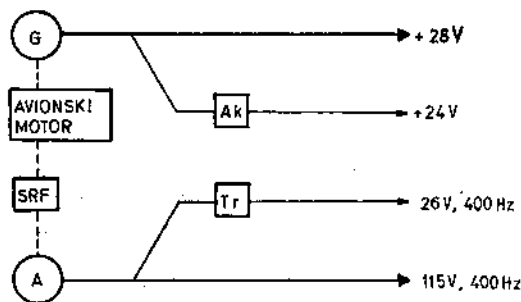


Sl. 2 Strukturna šema napajanja naizmeničnom strujom:

AC/DC — statički pretvarač 115V, 400Hz/28V; DC/AC — statički pretvarač 28V/26V, 400Hz; Tr — transformator 115V/26V (400Hz); SRF — sklop za regulaciju frekvencije; A — alternator.

Masovna primena niskonaponskih komponenta i digitalne elektronike u vazduhoplovstvu navela je na razmišljanje da će jednosmerno napajanje 28 V zadovoljiti gotovo sve potrebe. Međutim, neke prednosti naizmeničnog napajanja su neosporne i ono se zadržalo do danas sa tendencijom daljnjeg usavršavanja izvora i mreža.

Danas postoje letilice sa primarnim izvorima napajanja 28 V jednosmerne struje (generatori), ili 3×115 V, 400 Hz (alternatori), ili sa oba sistema jednovremeno (sl. 3). Napajanje potrošača drugom vrstom struje rešava se putem konverzije u sekundarnim i tercijalnim izvorima. Većina svetskih proizvođača vazduhoplovne elektronske opreme prilagođava se tržištu na taj način što nudi svoje uređaje sa ugrađenim modulom napajanja prema zahtevu kupca.



Sl. 3 Strukturna šema mešovitog napajanja:

SRF — sklop za regulaciju frekvencije; Ak — akumulator; Tr — transformator; A — alternator; G — generator.

Danas u svetskoj praksi postoji veći broj sistema električnog napajanja bez izgleda da će neki od njih postati dominantan. Do nedavno se smatralo da je od svih sistema napajanja najperspektivniji sistem naizmenične struje stabilne frekvencije, prikazan na slici 2. Za optimalnu varijantu smatran je trofazni sistem 115/200 V, 400 Hz, koji po masi bakarnih provodnika odgovara jednoprovodnom sistemu jednosmerne struje napona 120 V [4].

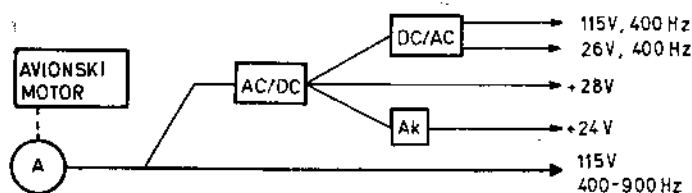
U složenim sistemima električnog napajanja na nekim letilicama takođe postoje podsistemi naizmenične struje sa neregulisanim (varijabilnom) frekvencijom. Alternatori takvih sistema imaju direktan pogon od motora letilice, te im se frekvencija menja u granicama od 400 do 900 Hz. Kod ovakvih izvora vrši se samo stabilizacija napona na iznos 115/200 V. Izvori ovog tipa nisu vezani ni za koji međuuuređaj za re-

gulaciju frekvencije (sl. 4). Iz ovih izvora vrši se napajanje većih potrošača letilice, koji imaju aktivnu impedansu, kao što su uređaji za odleđivanje i ostali grejači [2].

— jednostavniji i pouzdaniji sistem napajanja;

— manja cena sistema;

— jednostavnije održavanje.



Sl. 4 Strukturna šema sistema napajanja neregulisane frekvencije:

A — alternator; AC/DC — statički pretvarač 28V/115V, 400Hz (28V/400Hz); Ak — akumulator.

Izvori i potrošači varijabilne frekvencije napajanja

U poslednje vreme vrše se istraživanja mogućnosti prelaska na sisteme sa varijabilnom frekvencijom napajanja. Dakle, svi potrošači na letilici koji koriste napajanje naizmeničnom strujom treba da rade bez smetnji, ako je frekvencija napajanja varijabilna.

Ovakva razmatranja odnose se samo na one letilice koje imaju motore, čije vratilo ima promenljiv broj obrtaja u zavisnosti od režima rada.

Prelazak na sistem napajanja varijabilne frekvencije (sl. 5) zahteva preispitivanje svih elemenata sistema u pogledu:

— kvaliteta transformacije i ispravljanja;

— naponsko-strujne zaštite;

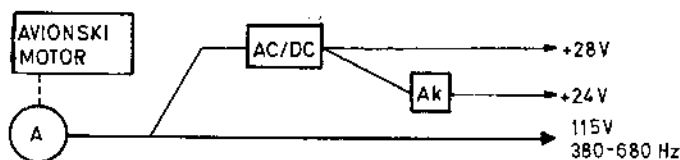
— pouzdanost komponenata;

— vremena uključenja-isključenja u slučaju otkaza;

— signalizacije (nadgledanja i kontrole);

— ispravnosti na zemlji i u letu;

— parametra koji se indiciraju posadi.



Sl. 5 Strukturna šema sistema napajanja varijabilne frekvencije:

A — alternator; AC/DC — statički pretvarač 115V, 380-680Hz/28V; Ak — akumulator.

Ako se odabere sistem električnog napajanja sa alternatorom varijabilne frekvencije, mogu se očekivati sledeće dobiti:

— manja masa alternatora (umanjena za masu sklopa održavanja konstantnog broja obrtaja);

Neosporno je da bi prelazak na izvore sa varijabilnom frekvencijom zahtevao promene na unutrašnjim izvorima napajanja pojedinih uređaja letilice.

Uvođenjem digitalne elektronike u opremu aviona znatno je opao interes za sinhroanalognim prenosom koji za-

hteva dodatnu monofaznu ili trofaznu mrežu 26 V, 400 Hz stabilne frekvencije. Ako se u fazi projekta pokaže da pojedini uređaji na letilici ipak zahtevaju napajanje stabilnom frekvencijom, nastali problem se rešava uvođenjem pretvarača:

28 V jednosmerni/115 V, 400 Hz (odnosno 26 V, 400 Hz) ili 115 V, $f_{var}/115$ V, $f_{const.}$

gde je:

f_{var} — varijabilna frekvencija, a
 $f_{const.}$ — konstantna frekvencija.

U periodu prelaska na sistem varijabilne frekvencije biće sužen izbor opreme za ugradnju na letilice, dok proizvođači ne prilagode svoje uređaje na varijabilnu frekvenciju.

Očekivane granice promene frekvencije

Kod alternatora koji se pobuđuju sinhrono i pogone direktno od avionskog motora može se očekivati raspon promene radne frekvencije $f_{var.}$ u sledećim granicama:

$f_1=380$ Hz — za minimalnu brzinu obrtanja vratila,

$f_2=680$ Hz — za maksimalnu brzinu obrtanja vratila.

Odatle nalazimo da je raspon $f_{var.}$:

$$\Delta f = f_2 - f_1 = 300 \text{ Hz}$$

Ako se usvoji da je nominalna frekvencija $f_n=400$ Hz, kao za sisteme sa konstantnom frekvencijom, onda

$$\Delta f_1 = f_1 - f_n = -20 \text{ Hz} \text{ a } \Delta f_2 = f_2 - f_n = +280 \text{ Hz}$$

označavaju priraštaje frekvencije u toku rada. Iste promene u procentima iznose:

$$\Delta f_1/f_n = -20/400 = -0,05, \text{ odnosno } -5\%$$

$$\Delta f_2/f_n = 280/400 = 0,70, \text{ odnosno } +70\%.$$

Uticaj promene frekvencije na rad električnih mašina

Poseban problem se javlja kod obrtnih mašina kod kojih se napajanje vrši naizmeničnom strujom varijabilne frekvencije, jer su bile projektovane za rad na konstantnoj frekvenciji. Problem je prisutan i kod transformatora čije su karakteristike proračunate za jednu frekvenciju ili uzan pojas frekvencija.

Napajanje varijabilnom frekvencijom izaziva najveće probleme kod potrošača veće snage, kao što su elektromotori gorivnih pumpi, motori za ventilaciju i transformatori.

Na nižim frekvencijama smanjuje se ukupna impedansa potrošača, što izaziva povećanje struje i dodatno zagrevanje.

Na višim frekvencijama takođe dolazi do pregrevanja, ali zbog povećanih gubitaka u limovima. Dakle, na graničnim frekvencijama prisutna je promena potrošnje i odstupanje karakteristika od propisanih.

Kod motora male potrošnje, kao što su motori ventilatora, za pojedine elektronske uređaje ne očekuju se veći problemi, jer ih ventilatori tokom rada rashlađuju.

Da bi izlazne karakteristike električnih mašina ostale u dozvoljenim granicama, neophodni su ponovni proračuni i neke dorade. Ove izmene u konstrukciji neminovno vode ka povećanju mase od 10 do 50% po jedinici. Ukupan priraštaj mase pomenutih uređaja može biti veći nego dobit nastala skidanjem sklopa za regulaciju frekvencije na alternatoru, što ide u prilog mišljenju da sistem varijabilne frekvencije neće u dogledno vreme ući u širu upotrebu.

Uticaj promene frekvencije na rad elektronske opreme

Polazeći od činjenice da elektronski uređaji koriste jednosmerne napone za napajanje, koji se obezbeđuju preko

ispravljača, može se očekivati da će promena frekvencije primarnog napajanja uticati na karakteristike napona i struje koje daje ugrađeni blok napajanja.

Svaki transformator je proračunat za rad na određenoj frekvenciji, ređe u pojasu frekvencija. Diodni ispravljači i filtri takođe reaguju na promene frekvencije koje stabilizator napona ne može da kompenzira.

Ako se izvrši ispitivanje gotove opreme, koja je projektovana za 115 V / 400 Hz, na izvoru 115 V varijabilne frekvencije mogu se očekivati sledeći rezultati:

1. Uređaji koji u toku ispitivanja pokazuju da u njihovom radu ne postoji nikakvo merljivo odstupanje u pogledu radnih karakteristika mogu biti uključeni, kako na izvore sa konstantnom, tako i na izvore sa varijabilnom frekvencijom. Kod uređaja ove grupe na njihovim izvorima (ispravljačima) nisu potrebne nikakve prepravke ili dorade, jer su prethodno dimenzionisani sa većom rezervom.

2. Oprema kod koje prelazak na napajanje varijabilnom frekvencijom izaziva manje promene izlaznog napona i neznatno smanjuje pouzdanost sopstvenog izvora napajanja, ali se ta degradacija može smatrati zanemarljivom u apsolutnom iznosu ili u poređenju sa drugim uticajima. Dakle, pogoršanje karakteristika je u prihvatljivim granicama, tako da je intervencija na izvoru nepotrebna, a ovaj uređaj može biti priključen na oba sistema napajanja bez štetnih posledica. Uređaji ove grupe takođe ne zahtevaju prepravke ili dorade.

3. Oprema kod koje prelazak na varijabilnu frekvenciju izaziva nedopustivo velike promene napona na izlazu njihovog izvora, a ove promene remete rad uređaja ili znatno smanjuju pouzdanost izvora. Dodatno opterećenje kola ispravljača, filtra i stabilizacije u toj meri je izraženo da uređaj ne može biti priključen na ovaj sistem napajanja. Za

prilagođenje ove opreme zahtevaju se novi izvori napajanja ili rekonstrukcija postojećih.

4. Uređaji koji principski ne dozvoljavaju napajanje iz izvora varijabilne frekvencije:

— uređaji sa sinhrođavačima i primenicima;

— motori i generatori čije karakteristike znatno zavise od frekvencije napajanja;

— fazno i frekventno osetljivi detektori i releji.

Posledica prilagođenja pojedinačnih uređaja na sistem napajanja sa varijabilnom frekvencijom može biti:

— usložavanje šeme izvora napajanja;

— ugradnja novih komponenata ili samo pojačanje postojećih;

— neznatno povećanje mase;

— povećanje cene pojedinačno modifikovanih uređaja.

Ovako modifikovani uređaji mogu se koristiti u oba sistema napajanja.

Optimizacija sistema napajanja

Pouzdanost izvora električnog napajanja raste sa prelaskom na izvore varijabilne frekvencije. Odstranjivanjem sklopa za regulaciju frekvencije alternatora, u ekvivalentnoj šemi za proračun pouzdanosti sistema, smanjuje se broj serijski vezanih komponenata, tako da ukupna pouzdanost sistema raste.

Za sada je teško proceniti da li bi priraštaj pouzdanosti sistema mogao biti toliki da je moguće preći na jedan alternator u sistemima koji su iz razloga pouzdanosti bili izvedeni sa dva alternatora.

Kako pouzdanost pojedinačnih uređaja (potrošača), radi ove promene, neznatno opada ili ostaje nepromenjena, a pouzdanost sistema u celini takođe raste.

Prelaskom na sistem varijabilne frekvencije očekuje se promena ukupne mase za iznos razlike mase sklopa za regulaciju frekvencije alternatora i ukupnog priraštaja mase od pojedinačnih elektro i elektronskih uređaja.

Ako se ostvari nejednakost

$$M_r > \sum_i \Delta m_i$$

gde je:

M_r — masa sklopa za regulaciju frekvencije na alternatoru,

Δm_i — priraštaj mase i -tog uređaja, onda prelazak na sistem varijabilne frekvencije ima pozitivan efekat u pogledu mase.

Odstranjivanjem sklopa za regulaciju frekvencije oslobađa se, takođe, prostor u veoma skućenom predelu agregata motora.

Od ostalih posledica prelaska na varijabilni sistem napajanja treba očekivati:

- manju cenu sistema;
- doprinos jednostavnijem održavanju;
- manji broj rezervnih stavki na skladištenju,
- manji broj ispitnih uređaja.

Zaključak

Prelazak sa sistema elektronapajanja konstantne frekvencije 400 Hz na sistem varijabilne frekvencije uslovljen je nizom problema praktične prirode.

Literatura:

[1] Tuzov, V. S.: »Elektrotehničke uslojstva letateljnih aparatov«, Moskva, Vysšaja škola, 1987.
[2] Pallett, E. H. J.: »Aircraft electrical systems (second edition)«, Cophorne-Sussex, Pitman, 1979.

Skidanje sklopa za regulaciju frekvencije alternatora radi prelaska na sistem varijabilne frekvencije ima sledeće pozitivne posledice:

- smanjenje cene;
- smanjenje mase i zapremine;
- povećanje pouzdanosti sistema;
- manji broj rezervnih delova i ispitnih uređaja;
- jednostavnije održavanje alternatora, odnosno sistema u celini.

Neophodno je, takođe, da se elektronski uređaji pre ugradnje prethodno ispituju kako bi se sagledalo da li u pogledu radnih karakteristika i pouzdanosti postoje ograničenja. Oprema koja primetno gubi na karakteristikama pri prelasku na napajanje varijabilnom frekvencijom treba da se na adekvatan način promeni i doradi.

Oprema koja je sposobna da radi u sistemu varijabilne frekvencije može da radi bez ograničenja i u sistemu konstantne frekvencije.

Oprema koja se zasniva na sinhroanalognom principu nije prihvatljiva za sisteme sa varijabilnom frekvencijom. Ako i bude zahteva za ugradnjom takve opreme, problem se može rešiti uvođenjem statičkih pretvarača f_{var}/f_{const} ili 28 V jednosmerne struje/115 V, 400 Hz (ili 26 V, 400 Hz).

Ukoliko se pokaže da sistem varijabilne frekvencije u celini ima bolje karakteristike u pogledu pouzdanosti, mase i cene, može se očekivati nastavak radova na ovoj problematici i šire uvođenje ovakvih sistema u upotrebu.

[3] Bruskin, D. E., Koroban, N. T., Morozovskij, V. T., Sindjejev, I. M., Sumihin, V. A.: »Osnovy elektrooborudovanija letateljnih aparatov«, (drugi deo), Moskva, Vysšaja škola, 1978.
[4] Bruskin, D. E., Sindjejev, I. M.: »Elektrosnabženie letateljnih aparatov«, Moskva, Vysšaja škola, 1988.

Uvod

Suvremeni način življenja odlikuje se velikom pokretljivošću ljudi, njihovim sve dužim boravkom u prijevoznim sredstvima, što nameće potrebu komuniciranja iz pokreta s pokretnim ili stacionarnim učesnicima. Rješenja se nalaze uvođenjem mobilnih komunikacijskih sistema u nacionalnim okvirima, te njihovim povezivanjem u panevropsku i svjetsku mobilnu komunikacijsku mrežu.

Prvi koraci u javnoj mobilnoj telefoniji učinjeni su četrdesetih godina ovog stoljeća u SAD i kasnije u SR Njemačkoj. Danas postoje nacionalne mreže mobilnih telefona u gotovo svim razvijenim zemljama Zapada s vrlo visokim porastom broja pretplatnika. Procjenjuje se da u svijetu danas (1990) postoji oko 5 miliona pretplatnika, a predviđa se da bi 2000. godine moglo biti više od 30 miliona pretplatnika u javnoj mobilnoj mreži.

Naša zemlja je u fazi eksperimentalnog uvođenja ovog sistema.

Historijski razvoj mobilnih komunikacija

Prvi uspješni pokušaji uspostavljanja telefonske veze iz pokreta (prijevoznog sredstva) javljaju se dvadesetih

godina ovog stoljeća u SAD. Potrebu za ovakvom vrstom komunikacija prve su izrazile, specijalizirane službe (armija, policija, hitna pomoć, taxi, itd.).

Pojava komercijalne mobilne telefonske službe veže se uz kasne četrdesete godine (SAD, SR Njemačka). Sistem je bio primitivan, s manuelnom komutacijom i malim brojem (10) kanala u frekventnom opsegu od 35 MHz.

Slijedeći korak je automatsko uspostavljanje telefonske veze između mobilnih i stacionarnih učesnika. To je ostvareno u Švedskoj pedesetih godina, s 12 kanala na 80 MHz. Sistem je uskoro usavršen povećanjem broja kanala i područja prekrivanja, što je rezultiralo u 450 MHz automatskom sistemu u SAD 1964, a u SR Njemačkoj 1972.

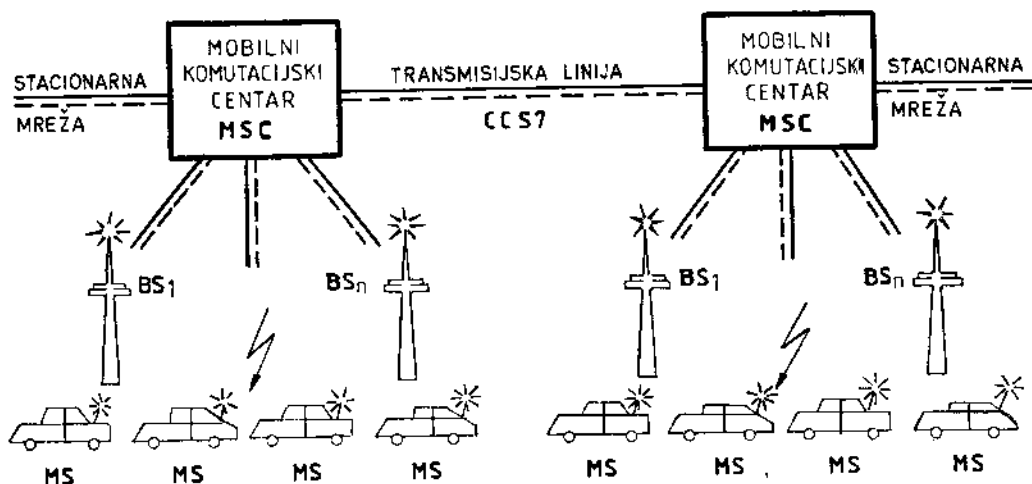
Sedamdesetih godina javljaju se potpuni automatski nacionalni sistemi (u SAD, SR Njemačkoj, nordijskim zemljama), što naglo povećava broj mobilnih učesnika.

Početkom osamdesetih godina uvođe se analogni ćelijski sistemi na 900 MHz velikog kapaciteta — 1000 radio-kanala s mogućnošću opsluživanja 100.000 pretplatnika u velikim gradovima (Japan, SAD). Uskoro zatim ćelijski se sistemi prihvataju u Evropi.

Sada se priprema uvođenje panevropskog digitalnog sistema na 900 MHz, a ubuduće se planira svjetski integrirani digitalni sistem na oko 1,7 GHz.

Suvremena koncepcija sistema mobilnih učesnika

Mobilni učesnici preko prenosivih terminala — mobilnih stanica (MS) uspostavljaju radio-vezu sa svojom baznom stanicom (BS) koja je povezana na mobilni komutacijski centar (MSC — mobile switching centre), a on na stacionarnu komunikacijsku mrežu (sl. 1).



- MS — mobilna stanica
- BS — bazna stanica
- MSC — mobilni komutacijski centar
- CCS7 — signalizacija po zajedničkom kanalu

Sl. 1 Mobilni komunikacijski sistem

Na jedan mobilni komutacijski centar priključeno je više baznih stanica koje prekrivaju određena područja — osnovna područja mobilne mreže. Više osnovnih područja predstavlja područje prometa (područje u kojemu se, istovremeno, ispituje položaj pozvanog mobilnog učesnika). Područje koje poslužuje

jedan MSC, na koji su priključene sve BS s tog područja, zove se područje posluživanja.

U MSC nalaze se pohranjeni podaci o svakom mobilnom pretplatniku unutar njegovog područja posluživanja. Ako napusti područje svog MSC, mobilna stanica automatski daje podatak o promjeni položaja svom MSC.

Napustivši područje posluživanja matičnog MSC, mobilna se stanica automatski prijavljuje na MSC na čijem se području nalazi, a taj MSC javlja podatak o njenoj lokaciji matičnom MSC, pošto matični MSC u svakom trenutku

mora imati podatak o mikrolokaciji svake svoje mobilne stanice

Treba napomenuti da se donedavno razgovor prekidao prelaskom mobilne stanice iz područja jedne bazne stanice u drugu, što je predstavljalo veliku poteškoću u komuniciranju.

Čelijska struktura sistema

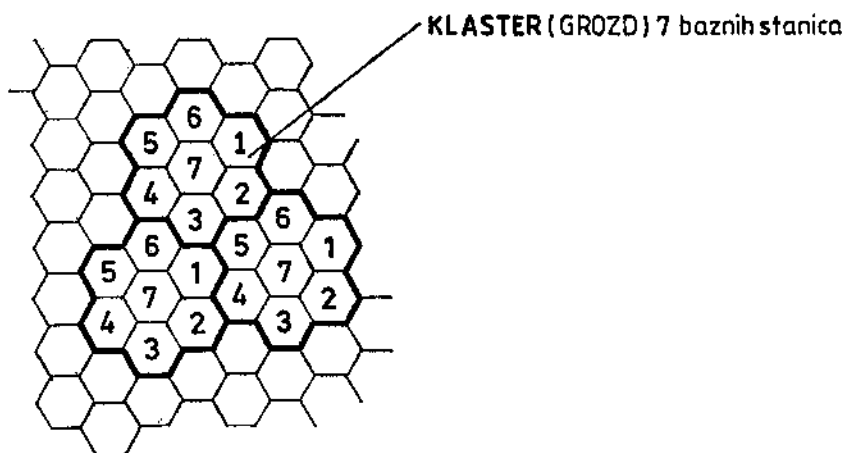
Frekventni opseg, kojim raspolažu mobilni komunikacijski sistemi, ograničen je, pa ga treba optimalno koristiti. Optimalnost se postiže smanjenjem kanalskog razmaka, čime se dobija veći broj radio-kanala na određenom području unutar omeđenog frekventnog spektra, ili češćim korištenjem istog kanala na tom području.

Jedno od rješenja je korištenje istih frekvencija za više BS u jednom području, što se postiže organizacijom mreže BS čelijskog oblika (sl. 2).

grozda od 7, 12 ili 21 pravilno raspoređene bazne stanice.

Čelijski pristup ima mogućnost podešavanja veličine ćelija prema gustoći pretplatnika prilikom upotrebe sistema, i to podjelom veće zone na manje ćelije u područjima velikog saobraćaja, što omogućava ponavljanje frekvencija. Time se povećava broj baznih stanica, čime se prividno povećavaju troškovi mobilnog sistema koji sada dobija mnogo veći broj mobilnih korisnika.

Druga paralelna mogućnost je digitalizacija radio-kanala koja na istu širinu pojasa daje više od dvostrukog bro-



Sl. 2 Čelijska struktura mobilnog sistema

Racionalan izbor položaja baznih stanica, njihova međusobna udaljenost, te prirodne prepreke onemogućavaju međusobnu interferenciju. Povećanje broja mobilnih pretplatnika ne vodi nužno povećanju frekventnog opsega, već sistemu sa što manjim ćelijama.

Čelijsko planiranje radio-veza vrlo je složen posao koji zahtijeva izradu modela predikcije jakosti električnog polja na osnovi kojeg se određuju lokacije pojedinih baznih stanica. Pri tome naročito treba voditi računa o topologiji, naseljenosti, te vrsti (urbano, ruralno) područja, kao i o utjecaju istokanalnih smetnji susjednog klastera —

ja kanala, te isto toliko veći promet po baznoj stanici u odnosu na analogne kanale. Sistem s digitalnim radio-kanalima koristi princip uskopojasnog TDMA (Time division multiple access), pri čemu više korisnika istovremeno koristi istu noseću frekvenciju.

Sistem signalizacije i komutacije

Sistem signalizacije u mobilnom radio-sistemu predstavlja skup signala naredbi i informacija za uspostavljanje, održavanje, upravljanje, kontrolu, nadzor i prekidanje veze, te način njenog

prenošenja između pojedinih uređaja u sistemu. Funkcije uspostavljanja i raskidanja veze su slične u mobilnom i stacionarnom sistemu, dok nove funkcije, specifične za mobilni sistem, uključuju praćenje kretanja pretplatnika, održavanje uspostavljenih poziva pri kretanju, daljinsku kontrolu bazne i mobilne stanice, i dr. Sve te funkcije zahtijevaju znatne izmjene postojećeg sistema signalizacije, pa čak i novi software. Sistem signalizacije mobilnog sistema mora računati i s feedingom uslijed višestruke propagacije radio-sjenkama, te istokanalnom interferencijom. On mora osigurati veliku pouzdanost, visoku otpornost na pojavu pogreške, te mogućnost dovoljnog protoka informacija, jer je učestalost pojave pogrešaka u mobilnom radio-kanalu vrlo velika. Da bi se ostvarila tražena pouzdanost u prijenosu signalizacijskih signala, koriste se kodovi za korekciju pogrešaka, retransmisija signala i diverzitetne tehnike. Signalizacija između MSC i BS najčešće se obavlja preko zajedničkog signalizacijskog kanala CCS (Common Channel Signalling). U Evropi se mnogo upotrebljava tzv. CCS7 — signalizacija po zajedničkom kanalu, što ga

preporučuje CCITT (Comité consultatif international telegraphique).

Karakteristika gotovo svih mobilnih komunikacijskih sistema je SPC (Stored Programme Control) — komutacija u kojoj informacijskim tokovima upravljaju procesori sa upisanim programom. Oni se koriste i u postojećoj stacionarnoj mreži.

Trendovi razvoja mobilnog komunikacijskog sistema

Mobilne komunikacije su do sada uvijek bile vezane uz telefoniju. Međutim, ne postoje nepremostive prepreke da se mobilne komunikacije integriraju i u ISDN (Integrated Services Digital Network) i u IN (Intelligent Network), te bi mobilni pretplatnik imao dostup do svih službi i usluga što ih te mreže pružaju. Prema tome, mobilni pretplatnik više neće biti samo telefonski pretplatnik, već će nekim univerzalnim terminalom moći koristiti sve prednosti što ih pruža ISDN.

Za razliku od stacionarne mreže, dosadašnje analogne mobilne mreže su nekompatibilne, što isključuje moguć-

Tabela 1

Frekventni pojas	890—960 MHz
Broj nosećih frekvencija	125
Razmak između susednih radio-frekvencija	200 kHz
Broj radio-kanala po nosećoj frekvenciji	8 brzine 16 kb/s 16 brzine 8 kb/s
Ukupan broj radio-kanala	1000 brzine 16 kb/s 2000 brzine 8 kb/s
Širina pojasa	25 MHz
Dupleksni razmak	20 MHz
Odnos signal — interferencija	10—12 dB
Minimalni promjer malih ćelija	1 km
Minimalni promjer mikroćelija	100 m
Prometni kapacitet malih ćelija	38 E/km ²
Prometni kapacitet mikroćelija	200 E/km ²
Modulacija radio-kanala	GMSK

nost komuniciranja mobilnih učesnika između zemalja sa različitim mobilnim komunikacijskim sistemima. Ilustracije radi, navedimo neke mobilne sisteme evropskih zemalja. Nordijski mobilni sistemi NMT 450 i NMT 900 se mnogo upotrebljavaju, i to u Švedskoj, Danskoj, Finskoj, Norveškoj, Španjolskoj, Belgiji, Holandiji, Švicarskoj i Austriji, a i naša ga zemlja namjerava uvesti. U Velikoj Britaniji koristi se sistem TACS, u Francuskoj RADIOCOM 2000, a u SR Njemačkoj C-450. Ekonomska i politička integracija evropskih zemalja nameće potrebu izgradnje jedinstvene panevropske mobilne mreže koja bi omogućavala komunikaciju mobilnih učesnika bez obzira na njihovu međusobnu lokaciju u Evropi. Radna grupa konferencije evropskih PTT-CEPT (Conference Europeene des Administration des Postes of Telecommunications) izradila je panevropski standard za mobilne mreže (tabela 1).

NAPOMENA: kanali brzine 16 kb/s koriste se za govor i prijenos podataka većim brzinama.

Kanali brzine 8 kb/s koriste se za prijenos podataka srednjim brzinama (ispod 4,8 kb/s) i za digitalizirani govor.

Za buduću svjetski mobilni komunikacijski sistem nije dovršen standard. Tendencije razvoja mobilnih komunikacijskih sistema kreću se prema ostvarivanju svih mogućnosti mobilnih korisnika, kao što ih imaju stacionarni pretplatnici. Na taj bi način mreža za mobilne pretplatnike postala dio integralne telefonske mreže.

Vojna primjena mobilnog komunikacijskog sistema

Suvremena koncepcija razvoja mobilnog komunikacijskog sistema primjenjuje se u sistemu vojnih komunikacija. Kao i u javnim sistemima, tako i u vojnim sistemima prednjače zemlje na

Zapadu. U proteklom desetljeću mnoge su armije uvele mobilne komunikacijske sisteme. Tako je Velika Britanija uvela »PTARMIGAN«, Francuska sistem »RITA«, SAD »TRI TAC«, Švedska »AXT«, te Italija sistem »HIDRA«. Smatra se da ovi sistemi u potpunosti zadovoljavaju komunikacijske potrebe rukovođenja i komandovanja u suvremenom ratu.

Koncepcija ovih sistema je slična, jer je, uglavnom, isti princip definiranja njihovih taktičko-tehničkih parametara. Svi ovi sistemi zasnivaju se na automatizaciji, digitalnom prijenosu i obradi signala, integraciji usluga, suvremenoj tehnologiji i procesorskom upravljanju informacijskim tokovima. Uz to, odlikuju se velikom ekonomičnošću, pouzdanošću, fleksibilnošću, kvalitetom prijenosa i visokom kriptozastitom prenošenih informacija.

Oružane snage SFRJ također razvijaju mobilni komunikacijski sistem sličan navedenim sistemima. Uvođenjem ovog sistema znatno će se poboljšati kvalitet veza u OS.

Zaključak

Komunikacijski sistem mobilnih veza omogućava novi kvalitet u telekomunikacijama: dostupnost učesnika s bilo kojeg mjesta u bilo koje vrijeme. Zahvaljujući toj izvanrednoj prednosti, masovno je prihvaćen u svijetu. Za sada je podsistem javne telefonske mreže, a u budućnosti će vjerovatno biti podsistem ISDN mreže sa svim prednostima tog sistema.

Postojeći nacionalni sistemi zadovoljavaju potrebe mobilnih učesnika unutar državnih granica, dok će buduću panevropski sistem proširiti operativne mogućnosti na čitav evropski kontinent.

Jugoslavija eksperimentalno ispituje mogućnost uvođenja mobilnog komunikacijskog sistema na bazi nordijskog sistema NMT-450.

Literatura:

- [1] Svirčević S., Paunović Đ.: »Pregled postojećih sistema i javnih mreža za mobilne pretplatnike i dalji trendovi razvoja«, YUTEL-89, Zbornik radova, Ljubljana, 1989.
- [2] Simić R.: »Trendovi razvoja sistema za javne mobilne veze i izbor koncepcije mreže mobilnih veza JPTT«, YUTEL-89, Zbornik radova, Ljubljana 1989.
- [3] Lindell F., i dr.: »Digital Cellular Radio for the Future«, Ericsson Review №3, 1987.
- [4] Hang T.: »Europe and mobile communications«, Telecommunication Journal, VI, 1987.
- [5] Maher A. T.: »Intelligent Networks — European Standard«, Telecommunications, february 1989.
- [6] Gulin D.: »Integralni digitalni sistemi veza«, Zbornik radova — CVVS RM »Maršal Tito«, maj 1988.

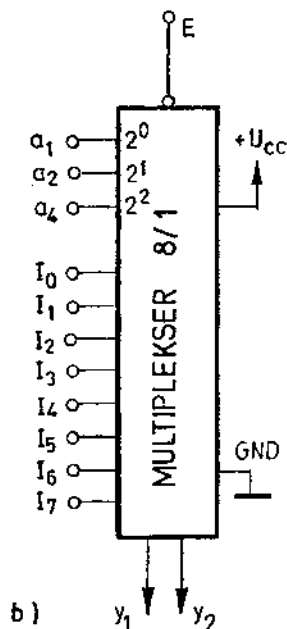
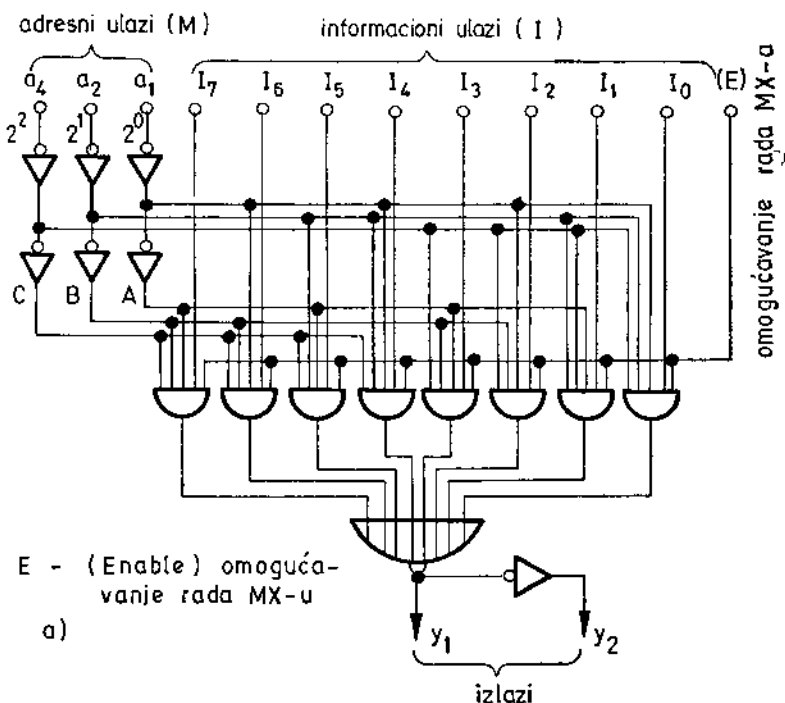
Uvod

Multiplekser (engl. MULTIPLEXER) jeste višekanalni elektronski prekidač sa više ulaza i jednim do dva izlaza. Razlikujemo informacione, adresne i upravljačke ulaze, a važi relacija:

$$M = \log_2 I = \lg I, \quad (1)$$

gde je: I — broj informacionih ulaza,
 M — broj adresnih ulaza ($I = 2^M$).

Na primer, sa $M=4$ adresna ulaza moguće je ostvariti $I=2^4=16$ veza informacionih ulaza (kanala) sa izlazom. Svakom kanalnom ulazu pridružuje se određeni kodni slog kao adresa, pa u jednom trenutku može biti ostvarena



Sl. 1 Multiplekser (selektor) MX 8/1:

veza samo jednog informacionog ulaza (od 16) sa informacionim izlazom za datu adresu (od 4 bita u našem slučaju). Kako se ovi adresni ulazi nazivaju još i selektorskim ulazima, to se multiplexer (MX — skraćena oznaka) naziva još i selektorom podataka (engl. DATA SELECTOR).

Multiplekser je kombinacioni logički sklop (KLS) iz skupine MSI (Medium Scale Integration — srednji stepen integracije) digitalnih integrisanih kola (DIK), što znači da je trajanje nastalog stanja u kolu MX-a uslovljeno samo postojanjem određene kombinacije signala digitalne informacije na ulazu kola (informacionom, adresnom i upravljačkom). Što se hardwarea tiče, kolo MX-a sadrži 10 do 100 ekvivalentnih NI (NAND) ili NILI (NOR) logičkih vrata smeštenih na kristalu čipa [9].

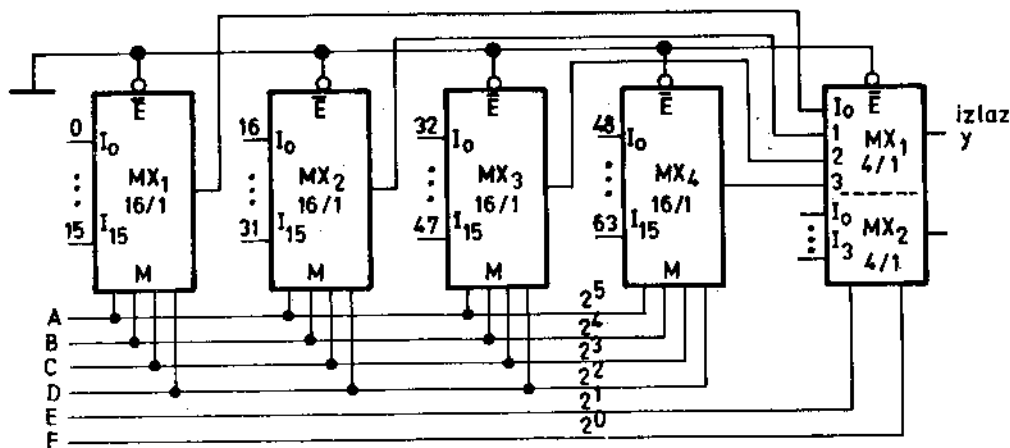
m_i — vrednost i -te kombinacije*, koja odgovara i -tom informacionom ulazu (npr. $a_4a_2a_1 = CBA = 101_2 = m_5$).

Za MX 8/1 možemo sada pisati:

$$\begin{aligned} \bar{y}_1 = \bar{y}_2 = E(\bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_1 I_0 + \bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_1 I_1 + \bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_1 I_2 + \\ + \bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_1 I_3 + \bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_1 I_4 + \bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_1 I_5 + \bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_1 I_6 + \\ + \bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_1 I_7) \dots \end{aligned} \quad (3)$$

Multipleksiranje kod većeg broja informacionih ulaza (I veće od 16) ostvaruje se kaskadnim povezivanjem MX-a sa manjim brojem ulaza (nekoliko MX 16/1, MX 8/1 ili MX 4/1). (slika 2).

Multiplekser se kao integrisana komponenta proizvodi u više tipova. Za MX 8/1, prikazan na slici 3, važe sledeće tipične karakteristike: (TTL — 74151) — vreme propagacije od I_1 do y_1 — 10 ns;



Sl. 2 Multiplekuserska mreža G4/1

Kada se prozove (adresira) određeni informacijski ulaz, stanje sa tog ulaza (kanala) prosleđuje se na informacijski izlaz MX-a (slika 1).

Izlazna funkcija MX-a, y_1 , može se pisati kao:

$$\bar{y}_1 = y_2 = \sum_{i=0}^{M-1} m_i \cdot I_i, \quad (2)$$

gde je: I_i — i-ti informacioni ulaz (ima vrednost »0« ili »1«),

— discipacija snage — 145 mW;
— faktori grananja: FAN IN — 1 TTL opterećenje;
FAN OUT — 20 za V(1);
— 10 za V(0).

Multiplekseri su nezaobilazni elementi svakog savremenijeg elektronskog uređaja u telekomunikacijama, ra-

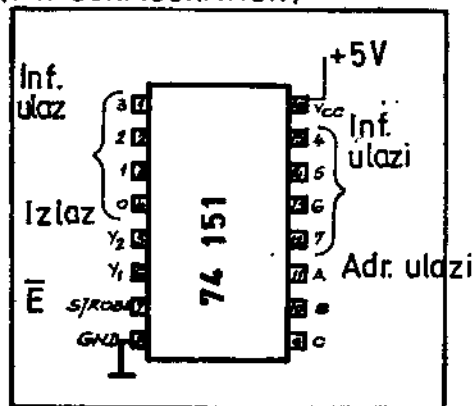
* 1-ta adresna kombinacija

čunarstvu i sistemima automatskog upravljanja. Kako su ovi uređaji svakodnevno u upotrebi u OS dobro je poznati se sa karakteristikama i mogućno-

(pre svega digitalnoj) mogli što efikasnije i svrsishodnije sprovesti.

U članku su dati primeri primene MX-a u projektovanju nekih elektronskih sklopova, koji se nalaze u uređajima na upotrebi u OS i izvan OS.

Raspored nožica (PIN CONFIGURATION)



Package: 16-lead DIL (pakovanje)

Tabela istinitosti (TRUTH TABLE)

ulaz (INPUTS)			(OUTPUTS) izlazi	
selektovanje			omoguća.	
C	B	A	s = $\bar{E}$	y_2 y_1
X	X	X	H	L H
L	L	L	L	D0 $\bar{D0}$
L	L	H	L	D1 $\bar{D1}$
L	H	L	L	D2 $\bar{D2}$
L	H	H	L	D3 $\bar{D3}$
H	L	L	L	D4 $\bar{D4}$
H	L	H	L	D5 $\bar{D5}$
H	H	L	L	D6 $\bar{D6}$
H	H	H	L	D7 $\bar{D7}$

- H = V(1), L = V(0)

- $I_i = D_i$, (Data - pod.)

Sinteza složenije kombinacione logičke mreže primenom multipleksera

Poznato je da se od k logičkih varijabli može formirati 2^k različitih logičkih funkcija. Veza između broja logičkih varijabli (k) i broja adresiranih ulaza MX-a (M) je sledeća:

$$k = M + 1 \quad (4)$$

što znači da se neka logička funkcija od k=5 varijabli može realizovati pomoću samo jednog čipa MX 16/1 (npr. 74150). Tačnije, pomoću MX 16/1 moguće je realizovati svaku od:

$$2^k = 2^{32} = 4\ 294\ 967\ 296 = 4,29497 \cdot 10^9 \quad (5)$$

funkcija, koje je moguće formirati sa 5 logičkih varijabli.

Pomoću MX 8/1 moguće je realizovati svaku od $2^4 = 65\ 536$ logičkih funkcija sa k=4 logičke varijable (M=k-1).

Primer 1

Projektovati kombinacioni logički sklop (KLS) koji na svom izlazu daje 1 samo kada se u grupi od 4 ulazna informaciona bita pojavi neparan broj jedinica, i realizovati taj KLS primenom odgovarajućeg MX-a.

Rešenje

Označimo varijable ulazne 4-bitne reči sa DCBA, a izlaznu funkciju KLS-a sa y. Formirajmo odgovarajuću tabelu istinitosti (T. 1).

Sl. 3 Raspored »nožica« (PINS) i tabela istinitosti za MX 8/1 (74151)

stima primene MX-a, kako bi se procesi projektovanja, a i održavanja savremenih TMS baziranih na elektronici

N	D	C	B	A	y	$\bar{y}$
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0
2	0	0	1	0	1	0
3	0	0	1	1	0	1
4	0	1	0	0	1	0
5	0	1	0	1	0	1
6	0	1	1	0	0	1
7	0	1	1	1	1	0
8	1	0	0	0	1	0
9	1	0	0	1	0	1
10	1	0	1	0	0	1
11	1	0	1	1	1	0
12	1	1	0	0	0	1
13	1	1	0	1	1	0
14	1	1	1	0	1	0
15	1	1	1	1	0	1

Logičku funkciju y možemo pisati u savršenoj disjunktivnoj normalnoj formi (SDNF) kao:

$$y = \bar{D}\bar{C}\bar{B}A + \bar{D}\bar{C}B\bar{A} + \bar{D}C\bar{B}\bar{A} + \bar{D}CBA + D\bar{C}\bar{B}\bar{A} + D\bar{C}BA + DC\bar{B}\bar{A} + DCB\bar{A} \dots (6)$$

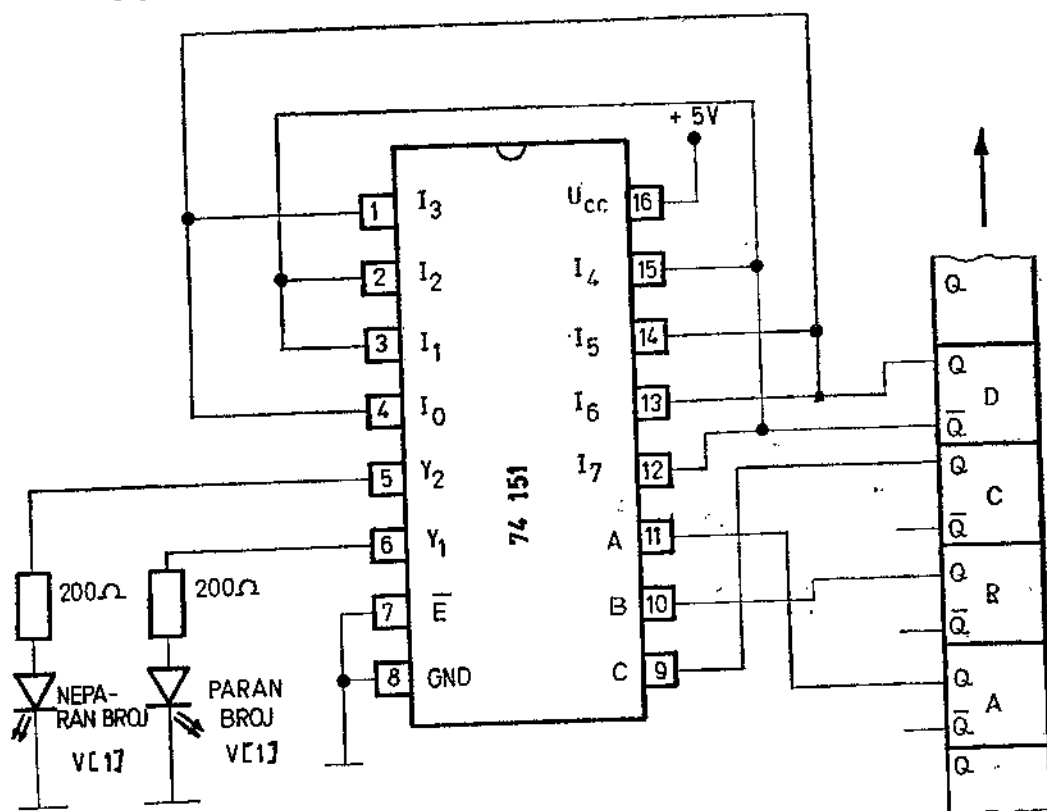
a odgovarajuću j-nu MX 8/1 (k=4, M=3):

$$y_{MX} = \bar{E} (\bar{C}\bar{B}\bar{A}I_0 + \bar{C}\bar{B}AI_1 + \bar{C}B\bar{A}I_2 + \bar{C}BAI_3 + C\bar{B}\bar{A}I_4 + C\bar{B}AI_5 + CB\bar{A}I_6 + CBAI_7) \dots (7)$$

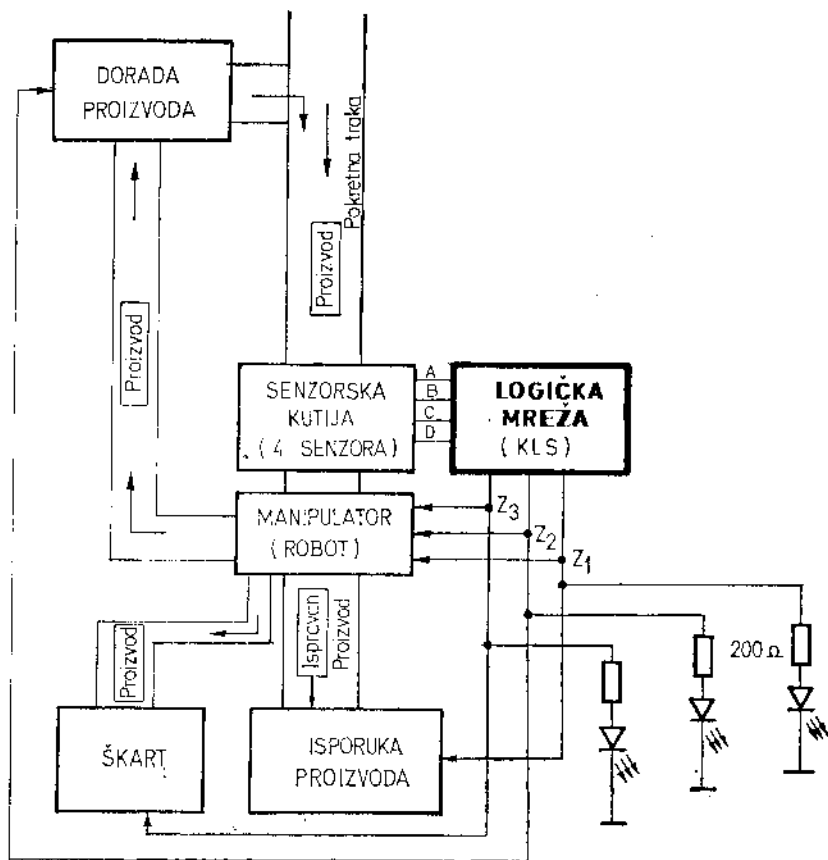
Znači, ako odlučimo da varijable C, B i A dovodimo na adresne ulaze MX 8/1, tada ćemo na informacione ulaze dovesti (upoređujemo izraze 6 i 7):

$$\begin{aligned} I_0 = D_0 &= 1 \cdot D + 0 \cdot \bar{D} = D, & I_4 = D_4 &= \bar{D}, \\ I_1 = D_1 &= 0 \cdot D + 1 \cdot \bar{D} = \bar{D}, & I_5 = D_5 &= D, \\ I_2 = D_2 &= \bar{D}, & I_6 = D_6 &= D, \\ I_3 = D_3 &= D, & I_7 = D_7 &= \bar{D}. \end{aligned} \quad (8)$$

$\bar{y}=1$, kada ulazna tetrada sadrži paran broj jedinica.



Sl. 4 Realizacija kombinacionog logičkog sklopa (KLS) primenom MX 8/1



Sl. 5 Blok-shema automatske kontrole kvaliteta nekog proizvoda

Do ovog rešenja može se doći i tabličnim putem, a ne samo algebarskim, upoređivanjem odgovarajućih Karnaughovih (K) tablica za logičku funkciju i MX 8/1:

	BA	00	01	11	10
DC					
00		0	1	0	1
01		1	0	1	0
11		0	1	0	1
10		1	0	1	0

	BA	00	01	11	10
DC					
00		I ₀	I ₁	I ₃	I ₂
01		I ₄	I ₅	I ₇	I ₆
11		I ₈	I ₉	I ₇	I ₆
10		I ₀	I ₁	I ₃	I ₂

Realizacija ove funkcije pomoću MX 8/1 (74151) prikazana je na slici 4. Ovako dobijeni sklop ponaša se kao složeniji komparator, koji može da pre-

poznaje grešku u prenosu u telekomunikacionom kanalu, tj. može da prepoznae sinhro-grupu bitova ili neku grupu upravljačkih bitova, kao i test-bitova.

Realizacija složenijih KLS u automatskom upravljanju procesima primenom MX-a

Primer 2

Prilikom automatske kontrole nekog proizvoda kontrolišu se 4 karakteristične veličine pomoću odgovarajućih senzora. Svaki od 4 senzora daje na

svom izlazu $V(1)$, ukoliko je dotična karakteristična veličina proizvoda zadovoljavajuća, a $V(0)$ ako nije. Treba projektovati i pomoću MX-a realizovati KLS koji će na svojim izlazima Z_1 , Z_2 i Z_3 dati sledeće informacije:

a) $Z_1=1$, tri ili četiri karakteristične veličine zadovoljavaju; proizvod se sprema za isporuku;

b) $Z_2=1$, dve karakteristične veličine ne zadovoljavaju, proizvod se vraća na doradu,

c) $Z_3=1$, zadovoljava jedna ili nijedna karakteristična veličina, proizvod se odlaže u škart.

Rešenje

Problem je grafički prikazan na slici 5, a tabela istinitosti za dati (formulisani) problem data je u nastavku (T. 2):

$2^3 \quad 2^2 \quad 2^1 \quad 2^0$

Tabela 2

N	D	C	B	A	Z_1	Z_2	Z_3
0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0	1	0
4	0	1	0	0	0	0	1
5	0	1	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0	1	0
7	0	1	1	1	1	0	0
8	1	0	0	0	0	0	1
9	1	0	0	1	0	1	0
10	1	0	1	0	0	1	0
11	1	0	1	1	1	0	0
12	1	1	0	0	0	1	0
13	1	1	0	1	1	0	0
14	1	1	1	0	1	0	0
15	1	1	1	1	1	0	0

Senzori izlazi KLS

Iz tabele istinitosti vidi se da važi sledeća relacija:

$$Z_3 = \bar{Z}_1 \cdot \bar{Z}_2 = \overline{Z_1 + Z_2} \quad (9)$$

Odgovarajuće K-tablice ($k=4$) su:

Z_1					Z_2				
$\backslash$ BA	00	01	11	10	$\backslash$ BA	00	01	11	10
DC					DC				
00	0	0	0	0	00	0	0	1	0
01	0	0	1	0	01	0	1	0	1
11	0	1	1	1	11	1	0	0	0
10	0	0	1	0	10	0	1	0	1

	BA	00	01	11	10
DC					
0 0		I_0	I_1	I_3	I_2
0 1		I_4	I_5	I_7	I_6
1 1		I_4	I_5	I_7	I_6
1 0		I_0	I_1	I_3	I_2

MX 8/1

Informacioni ulazi MX-a koji realizuju funkcije Z_1 i Z_2 su:

$Z_1 (MX_1)$

$$\begin{aligned} I_0 &= 0 = 0 \cdot D + 0 \cdot \bar{D}, & I_4 &= 0 \\ I_1 &= 0 & I_5 &= D \\ I_2 &= 0 & I_6 &= D \\ I_3 &= D & I_7 &= 1, \end{aligned}$$

$Z_2 (MX_2)$

$$\begin{aligned} I_0 &= 0 & I_4 &= D \\ I_1 &= D & I_5 &= \bar{D} \\ I_2 &= D & I_6 &= \bar{D} \\ I_3 &= \bar{D} & I_7 &= 0, \end{aligned} \quad Z_3 = Z_1 \cdot Z_2 \quad (10)$$

KLS realizovan pomoću $2 \times MX \ 8/1$, prikazan je na slici 6.

Pri projektovanju KLS primenom MX-a moguće je koristiti i matrični račun. Na primer, za dati slučaj pisali bi:

$$[I] \cdot [M] = [Z], \quad (11)$$

gde je:

$[I]$ — matrica ulaznih veličina,
 $[M]$ — matrica selektovanja,
 $[Z]$ — matrica izlaznih veličina.

U našem primeru je:

$$[I] = [I_0 \ I_1 \ I_2 \ I_3 \ I_4 \ I_5 \ I_6 \ I_7] = [M]^{-1} \cdot [Z], \rightarrow$$

0 1 2 3 4 5 6 7

$$[M] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C \\ B \\ A \end{bmatrix}, (12)$$

$$[Z] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & D & 0 & D & D & 1 \\ 0 & D & D & D & D & D & D & 0 \\ 1 & D & D & 0 & D & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}$$

Vrednosti elemenata matrice $[Z]$ dobijaju se direktno iz T. 2, za dato CBA.

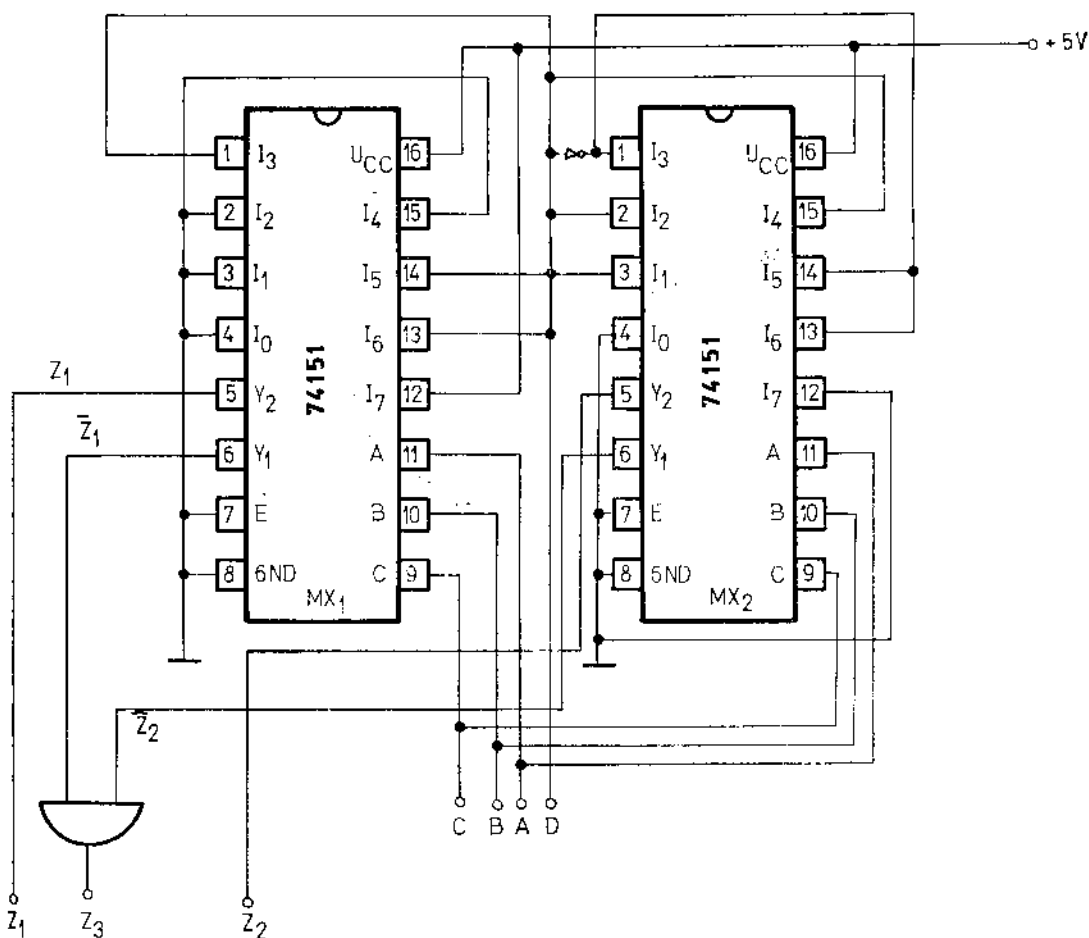
Gore dati primer (P.2) moguće je elegantnije rešiti primenom samo: $3 \times MX\ 2/1$ i $2 \times MX\ 4/1$, [3].

Généator digitalne sekvence

U procesu automatske kontrole i testiranja često se javlja potreba za generisanjem neke upravljačke ili test-sekvence bitova, određenog trajanja i rasporeda logičkih nula $[V(0)]$ i jedinica $[V(1)]$. Takvi generatori često sadrže i multipleksere [6].

Primer 3

Projektovati i realizovati sklop koji može generisati 20-bitnu sekvencu: 10110011100011110000. Trajanje impulsa zavisi od frekvencije takt-impulsa (CLOCK). Izmeriti disipaciju snage re-



Sl. 6 Realizacija logičke mreže automata za kontrolu proizvoda

alizovanog sklopa, a i parametre signala na izlazu (t_r , t_f). Na raspolaganju su sledeće komponente:

- 8-bitni shift-registar (pomerački) : 74198;
- multiplexer MX 16/1 : 74150;
- invertor : 7404.

Izlazna sekvenca treba da bude tipa NRZ (Non Return to Zero, bez povratka na nulu, unipolarna povorka bitova).

Rešenje

Generator sekvence je u stvari, sa aspekta realizacije, shift-registar sa odgovarajućom povratnom vezom (f_{pv}), ostvarenom primenom adekvatnog MX-a (slika 7).

Kombinacioni logički sklop KLS-1 omogućava da SR broji po zadatom kodu. KLS-2 generiše na osnovu signala iz shift-registra (SR) traženu povorku bitova.

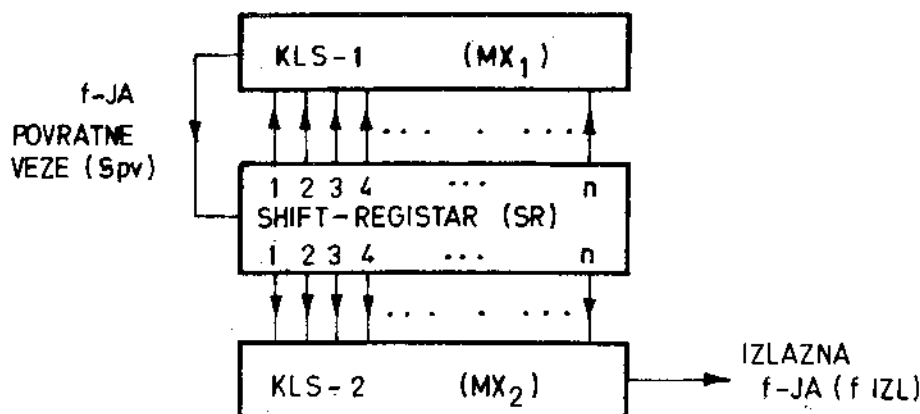
U zavisnosti od broja ćelija SR-a, dužina generisanog binarnog niza može maksimalno iznositi: $L=2^n$, gde je n — broj ćelija (bistabila) SR-a. Da bi generisali 20-bitnu sekvencu potreban je SR sa 5 ćelija ($2^5=32$, što je veće od 20). Iz univerzalnog dijagrama stanja 5-bitnog SR-a odabrana je sekvenca:

$S_0-S_1-S_3-S_7-S_{15}-S_{31}-S_{30}-S_{29}-$
 $-S_{27}-S_{23}-S_{14}-S_{28}-S_{25}-S_{19}-S_6-$
 $-S_{13}-S_{26}-S_{20}-S_8-S_{16}-S_0-\dots$ (13)

Na osnovu odabranog niza stanja formira se tabela istinitosti, u koju se unose vrednosti funkcije povratne veze i funkcije zadate sekvence (f_{IZL}), T. 3. Kako se ove logičke funkcije realizuju pomoću MX 16/1, izlazi B, C, D i E iz SR-a vode se na adresne ulaze MX-a, a na informacione ulaze dovode se podaci dati u T. 4. Pošto MX-eri rade u invertujućem režimu, njihove izlaze treba invertovati.

Tabela 3

N	stanje	E	D	C	B	A	f_{pv}	f_{IZL}
1	S_0	0	0	0	0	0	1	1
2	S_1	0	0	0	0	1	1	0
3	S_3	0	0	0	1	1	1	1
4	S_7	0	0	1	1	1	1	1
5	S_{15}	0	1	1	1	1	1	0
6	S_{31}	1	1	1	1	1	0	0
7	S_{30}	1	1	1	1	0	1	1
8	S_{29}	1	1	1	0	1	1	1
9	S_{27}	1	1	0	1	1	1	1
10	S_{23}	1	0	1	1	1	0	0
11	S_{14}	0	1	1	1	0	0	0
12	S_{28}	1	1	1	0	0	1	0
13	S_{25}	1	1	0	0	1	1	1
14	S_{19}	1	0	0	1	1	0	1
15	S_6	0	0	1	1	0	1	1
16	S_{13}	0	1	1	0	1	0	1
17	S_{26}	1	1	0	1	0	0	0
18	S_{20}	1	0	1	0	0	0	0
19	S_8	0	1	0	0	0	0	0
20	S_{16}	1	0	0	0	0	0	0



Sl. 7 Blok-shema generatora digitalne sekvence

Tabela 4

I_i (data input)	M X-1	M X-2
0	1	A
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	0	0
5	1	1
6	0	1
7	A	0
8	0	0
9	0	1
10	0	0
11	0	0
12	1	1
13	A	A
14	1	A
15	A	A

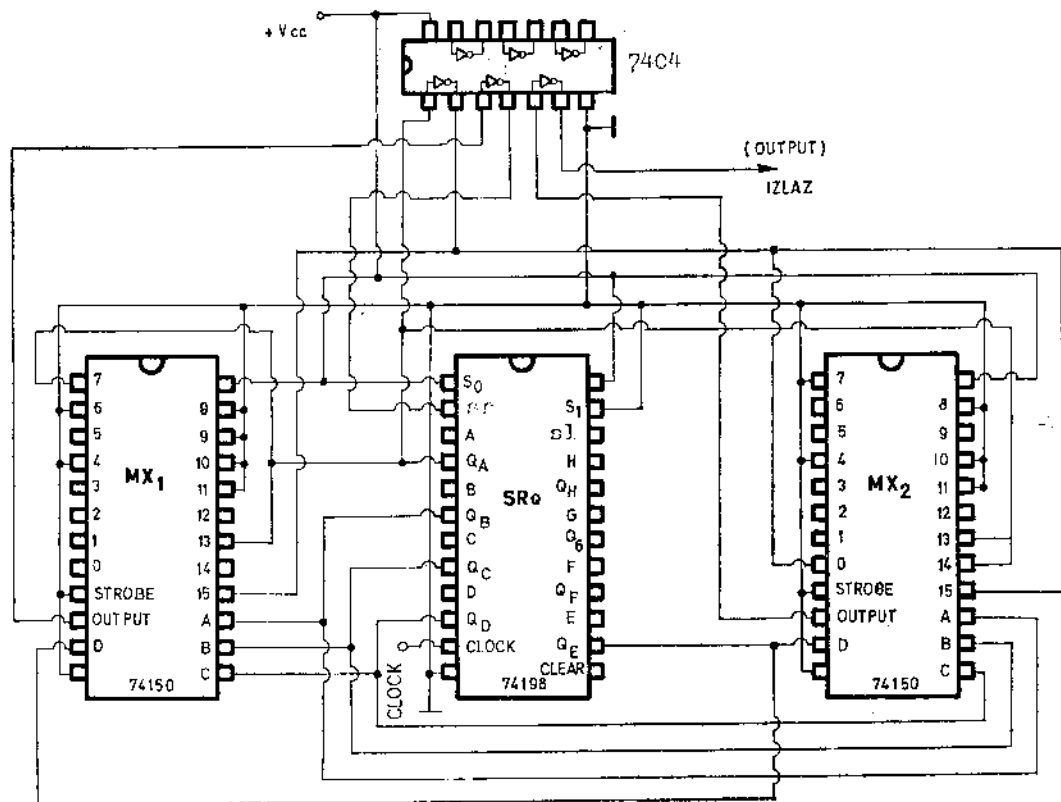
Na slici 8 prikazana je realizacija traženog generatora sekvence na bazi primene SR-a i MX-a. Potrošnja sklopa je 0,9 W, vreme porasta izlaznog signala je: $t_r = 70$ ns, a vreme opadanja: $t_f = 50$ ns.

Generator digitalnih uzoraka

»Digital Pattern Generator (DPG)« koristi se za simulaciju prenosa podataka (od veoma sporih, pa do veoma brzih), te za simulaciju telegrafskih signala. Može se koristiti i za simulaciju računarskih signala (podataka), pri radu sa uređajima za sporu ili vrlo brzu telemetriju, te za impulsnu kodnu modulaciju (PCM). Neophodan je u digitalnoj elektronici, a moguće ga je ostvariti primenom MX-a i brojača [7].

Koje MX-ere upotrebiti?

$k=5$, $M=4$, $I=2^M=16$, dakle: MX 16/1.



SL 8 Generator digitalne sekvence na bazi primene shift-registra (SR) i multiplexera (MX)

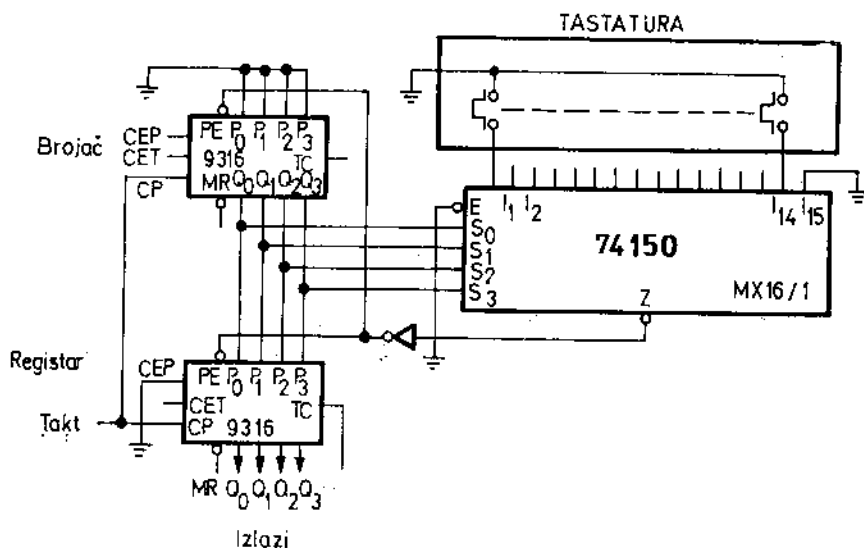
Primer 4

Formirati generator reči (digitalnih uzoraka) sa 16 bitova (znakova) u NRZ sekvenci. Dobijeni niz od 16 bitova treba da se ponavlja nakon svakih 16 takt-impulsa (CLOCK), dovedenih iz spoljašnjeg sata [7].

Rešenje

Na slici 9 data je električna shema generatora reči sa 16 bitova u NRZ sekvenci. Stavljanjem preklopnika tastature u položaje Φ ili 1 određuje se logič-

Stroboskopski ulaz (Strobe, Enable) služi da uključi ili isključi MX. Ovaj upravljački ulaz koristi se pri povezivanju više MX-skih kola u jedan veći MX. Kod MX-a sa slike 10 b, vidi se da se na njegovim izlazima mogu dobiti logička stanja 1 (MX aktivno radi), samo ako se na stroboskopski ulaz (STROBE na sl. 10) dovede logička Φ , jer se tada, preko invertorskog kola vezanog na nožicu (PIN) 15, na ulaze svih I(AND) logičkih vrata dovodi stanje 1, čime se omogućava da logički signali prolaze kroz MX.



SL. 9 Generator digitalnih reči sa 16 bitova

ka vrednost pojedinog bita u reči od 16 bitova. Pojedini bitovi imaju komplementarne vrednosti u odnosu na stanja izabrana sa 16 preklopnika tastature.

Multiplekser kao ograničavač komplementarnih podataka

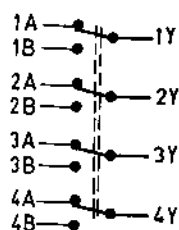
Mogućnosti upotrebe MX-a mogu se bitno proširiti formiranjem višestrukih dvopoložajnih MX-a. Na slici 10 prikazan je jedan četverostruki dvopoložajni MX [7].

MX sa slike 10, ima logičku funkciju izlaznog signala datu izrazom (14), gde je SEL — logičko stanje na upravljačkom ulazu, STR — logičko stanje na stroboskopskom ulazu, a A i B su ulazni signali:

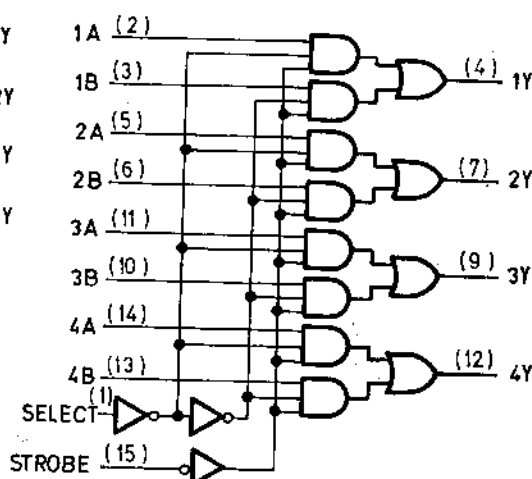
$$Y = STR \cdot (\overline{SEL} \cdot A + \overline{SEL} \cdot B). \quad (14)$$

Primer

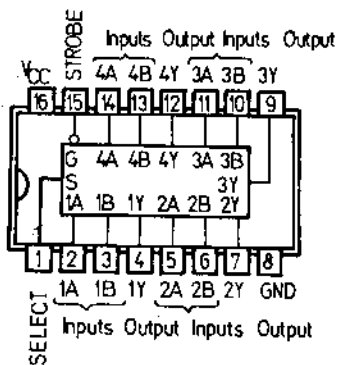
Projektovati sklop koji za ulazne vrednosti binarnih podataka u opsegu



a)



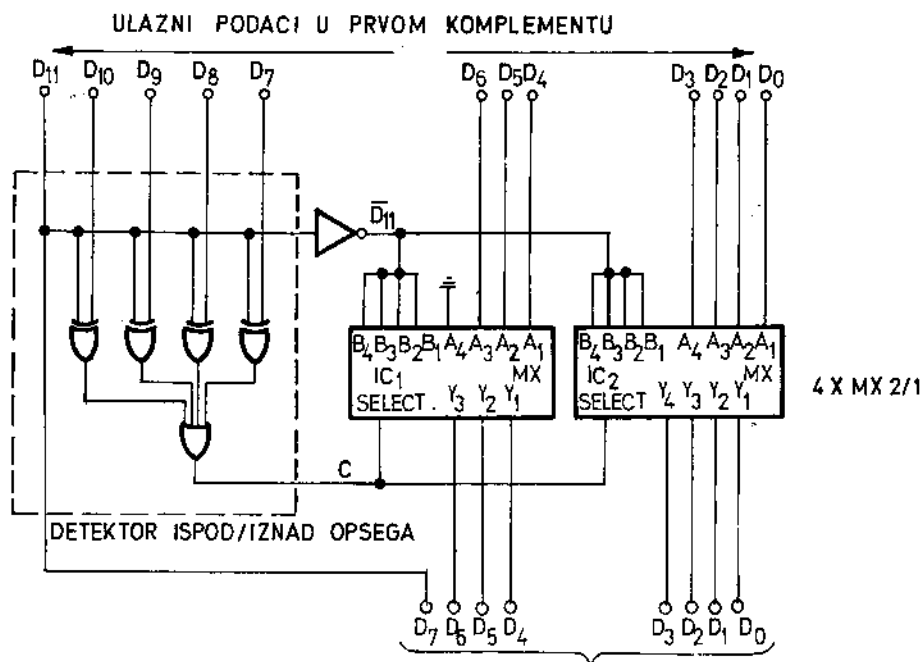
b)



c)

Sl. 10 Četvorostruki dvopoložajni multiplekser (MX):

a) mehanički ekvivalent; b) električni ekvivalent (za SN 74157); c) shematski simbol (za SN 74157)



Sl. 11 Multiplekser koji pretvara 12-značni 2-komplementarni podatak na 8-značni podatak

-128 do +128*, smanjuje broj ulaznih bitova sa 12 na 8, tako da se ne smanjuje rezolucija.

Rešenje

MX sa slike 11, smanjuje broj bitova, ali ne smanjuje rezoluciju.

Na ulazu ovog kola je 12-značni podatak, koji se dovodi na ulaze $D_0 \dots D_{11}$. Ako je ulazni podatak 12-značni 2-komplementarni podatak u zadatom opsegu, tada je 8 izlaznih znakova D' isto kao i ulazni podaci. Za podatke izvan ovog opsega, D' daje zasićenu vrednost i indikaciju polariteta [7].

Za ulazne vrednosti između -128 i +128, na izlazu C dobija se ϕ kao indikacija ispod/iznad opsega, čime se biraju A ulazi MX-a. Za ulazne vrednosti izvan opsega -128 i +128, na izlazu C dobija se 1 kao indikacija ispod/iznad opsega, čime se biraju B ulazi MX-a. To se dobija zato što je ili $D_{11}=1$ i bar jedan od ulaza D_7 do D_{10} jednak ϕ , ili je $D_{11}=\phi$ i bar jedan od ulaza D_7 do D_{10}

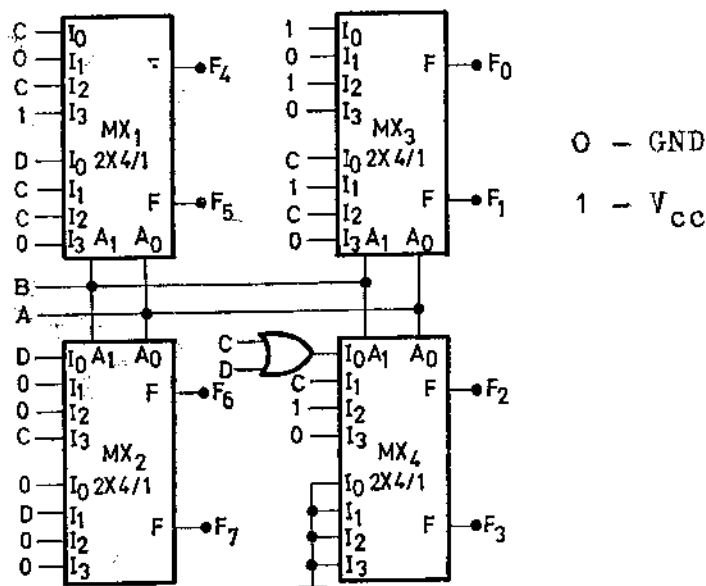
jednak 1. Kada je izlaz $C=1$, tj. kada je ulaz izvan datog opsega, izlaz D' je $D'=01111111$ za ulaze iznad +128, odnosno $D'=10000000$ za ulaze manje od -128.

MX sa slike 11, koristi za IC_1 i IC_2 integrisana kola SN 74157.

Napomena: $-128_{10}=10000000_2$;
 $+127_{10}=01111111_2$

Realizacija aritmetičkih operacija primenom MX-a

Sve četiri osnovne aritmetičke operacije u binarnom brojnom sistemu mogu se svesti u osnovi samo na sabiranje, koje se, opet, može realizovati pomoću veoma jednostavnih KLS za polu i potpuno sabiranje. Kako se svaka logička funkcija unutar KLS-a može realizovati primenom odgovarajućeg MX-a, to je primena MX-a u aritmetičko-logičkim operacijama očita i korisna [9]. Uopšteno, realizacijom ma koje logičke funkcije (KLS-a), primenom MX-a, povećava se efikasnost, ekonomičnost i pouzdanost izvođenja funkcije.



Sl. 12 Realizacija aritmetičke operacije $f(N)=N^2+1$, primenom MX-a

* praktično do 127₁₀.

Primer 6

Koristeći osnovna logička kola (vrata) i MX-ere $2 \times 4/1$, realizovati najprostiju mrežu koja obavlja aritmetičku operaciju:

$$f(N) = N^2 + 1, \quad (15)$$

u prirodnom binarnom kodu BCD (NBCD = BCD 8421 — prirodni binarno kodovani decimalni), za vrednosti $N_{10} = (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)$. Za adresne ulaze odabrati promenljive najniže pozicione vrednosti (LSB) [9].

Rešenje

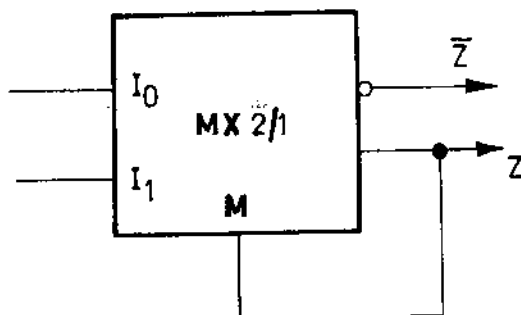
Tražena mreža sa 4 ulaza mora da ima 8 izlaza za prikazivanje dve NBCD tetrade, po 4 izlaza za svaku decimalu. Argumenti i odgovarajuće vrednosti funkcije dati su u T. 5.

Upotrebom K-tablica određuju se ostaci funkcija $F_0, F_1, \dots, F_7$ nad pro-

menljivim D, C, B, A, koji se dovode na informacione ulaze MX mreže (slika 12).

Multiplexer kao memorijski element

Kada se izlaz MX $2/1$ poveže sa selektorskim ulazom dobija se memorijski element (slika 13) [3].



Sl. 13 MX $2/1$ kao memorijski element

$$(N^2 + 1)_{\text{BCD} - 8421}$$

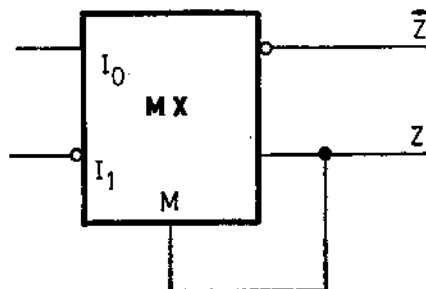
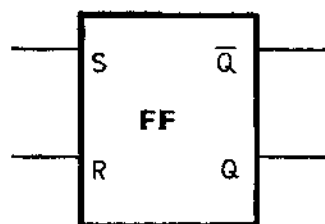
Tabela 5

N_{10}	N_2^*				desetice				jedinice				$(N^2 + 1)_{10}$
	2^3	2^2	2^1	2^0	F_7	F_6	F_5	F_4	F_3	F_2	F_1	F_0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5
3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	10
4	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	17
5	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	26
6	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	37
7	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	50
8	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	65
9	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	82

NBC*

NBC

($\equiv$)



Sl. 14 MX $2/1$ kao RS-FF (flip-flop)

* $N_2 = N_{\text{NBC}}$, NBC — prirodni binarni kod.

Tabela istinitosti za MX 2/1 sa povratnom vezom data je u nastavku:

naka vremena propagacije (moraju biti istog tipa).

					I_0	$\bar{I}_1$	M	Z	Tabela 6	
N	I_0	I_1	M	Z	S	R	Q_n	Q_{n+1}	N'	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	
2	0	1	0	0	0	1	0	0	2	
3	0	1	1	1	0	1	1	0	3	
6	1	1	0	1	1	0	0	1	4	
7	1	1	1	1	1	0	1	1	5	
4	1	0	0	1	nestabilna stanja					
5	1	0	1	0						

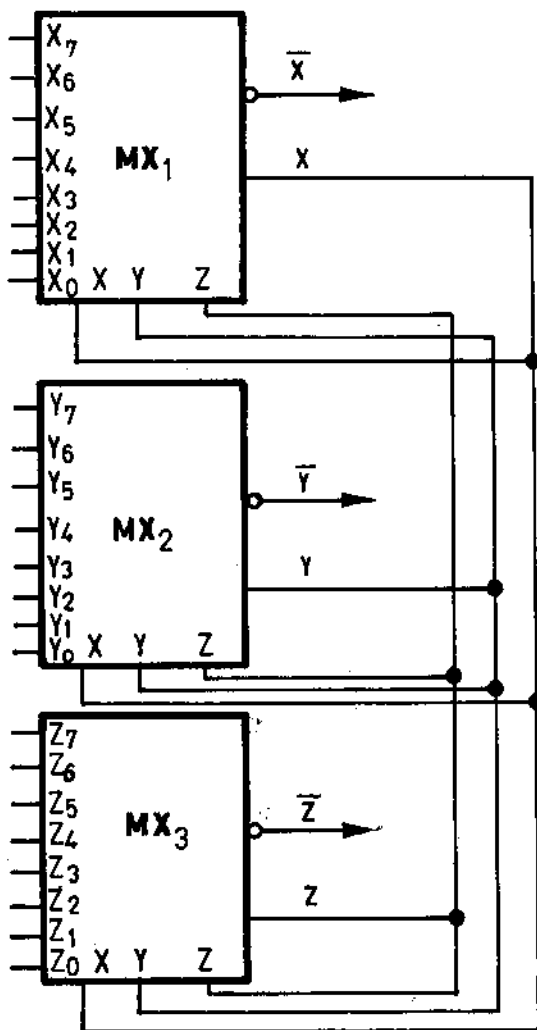
Kada su informacioni ulazi I_0I_1 iz skupa (00, 01, 11), MX 2/1 radi normalno, a kada I_0I_1 dobiju vrednost 10, tada za $M=1, Z=\phi^*$. MX 2/1 nastavlja naizmenično da prelazi iz 1 u ϕ i obratno, tj. nalazi se u nestabilnom stanju, pri čemu je izlaz neodređen. To znači da je kombinacija informacionih ulaza $I_0I_1=10$ nedozvoljena. To odgovara slučaju RS=11 na ulazu RS triggera (RS-FF flip-flopa). Rad datog MX-a odgovara radu RS-FF s invertovanim vrednostima signala I_1 (R, resetovanje FF-a). Kada bi na ulaz I_1 dovodili signale preko invertora, tabele istinitosti za MX 2/1 sa povratnom vezom i RS-FF bile bi identične (slika 14).

Primer 7

Formirati mrežu od tri memorijska elementa, baziranu na primeni MX-a, koja pamti vrednosti promenljivih (stanja) X, Y, Z.

Shema MX-a sa povratnom vezom za pamćenje tri varijable (stanja) prikazana je na slici 15.

Ovakav sklop može da posluži za sintezu nekog asinhronog serijskog sklopa (npr. signal-numeratora). Svi MX-eri u ovoj shemi moraju imati jed-



Sl. 15 Memorijska mreža sa 3 elementa na bazi MX-a (asinhroni sklop)

* A za $M=\phi, Z=1$.

MX kao element i kao uređaj u vremenskom i frekventnom multipleksu

U računarstvu i telekomunikacijama često se javlja problem istovremenog slanja više različitih informacija po istom kanalu. Na primer, konstruktori mikroračunara Intel 8085 primenili su vremensko multipleksiranje sabirnice podataka.

Primer 8

Analizirati vremensko multipleksiranje sabirnice podataka kod mikroračunara baziranog na μP Intel 8085 (računarski problem) [8].

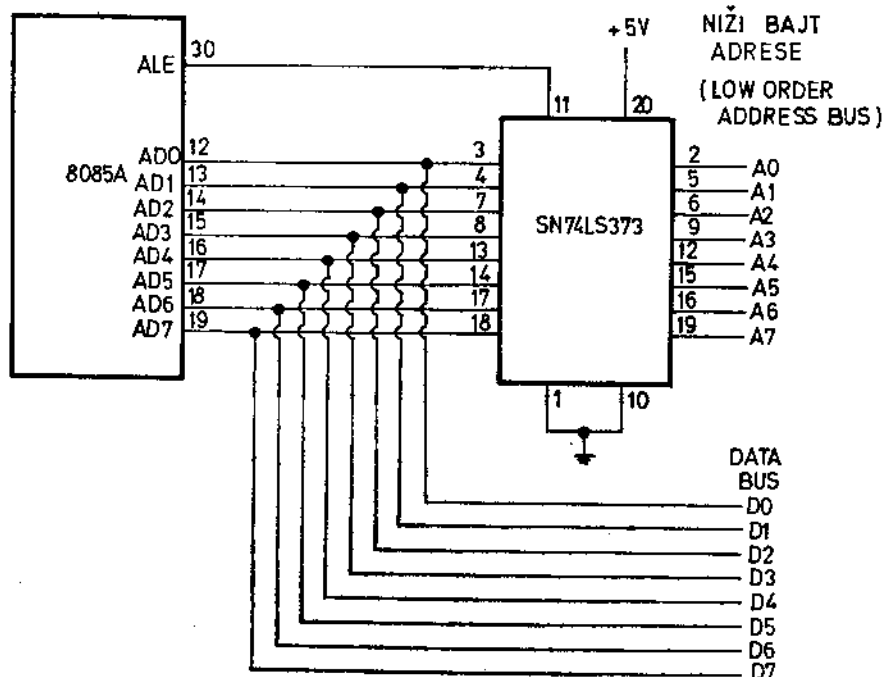
Rešenje

Ograničenje u pogledu broja izvoda integrisanog kućišta (40 izvoda) pri-

moralo je konstruktore Intela 8085 da upotrebe multipleksiranu sabirnicu podataka. Intel 8085 ima 4 izvoda za napajanje ($-5 V$, $+5 V$, $+12 V$, GND), pa je uz zahteve za priključke za signale generatora takta bilo nemoguće sve upravljačke signale dovoditi na posebne izvode. Na slici 16 prikazano je demultipleksiranje multipleksiranog address/data bus-a primenom transparentnog oktalnog D-Latch bistabila,*

MX kao uređaj (uređaj čija je osnovna funkcija multipleksiranje i u osnovi sadrži MX, ali sadrži i niz drugih podsklopova, npr. za sinhronizaciju, prilagođenje, testiranje, itd.), primenjuje se veoma često i u telekomunikacijama. Kako?

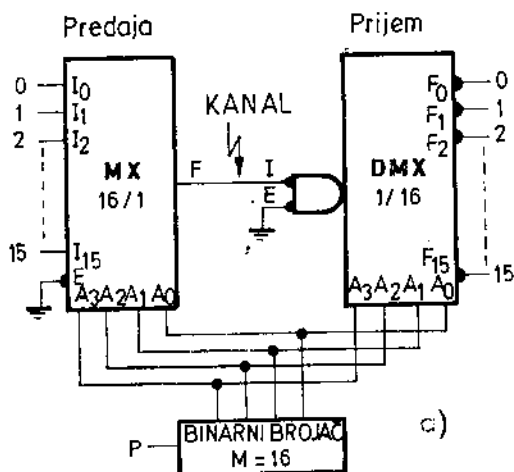
Zbog brzog porasta telefonskog saobraćaja u urbanim sredinama, postojeći telefonski kablovi obično su već maksimalno iskorišćeni. Provođenje novih



SL. 16 Vremenski dijagram stanja na sabirnicama za mikroračunar Intel 8085 (primer vremenskog multipleksiranja sabirnice podataka)

* ALE (Address Latch Enable) — upravljački ulaz bistabila.

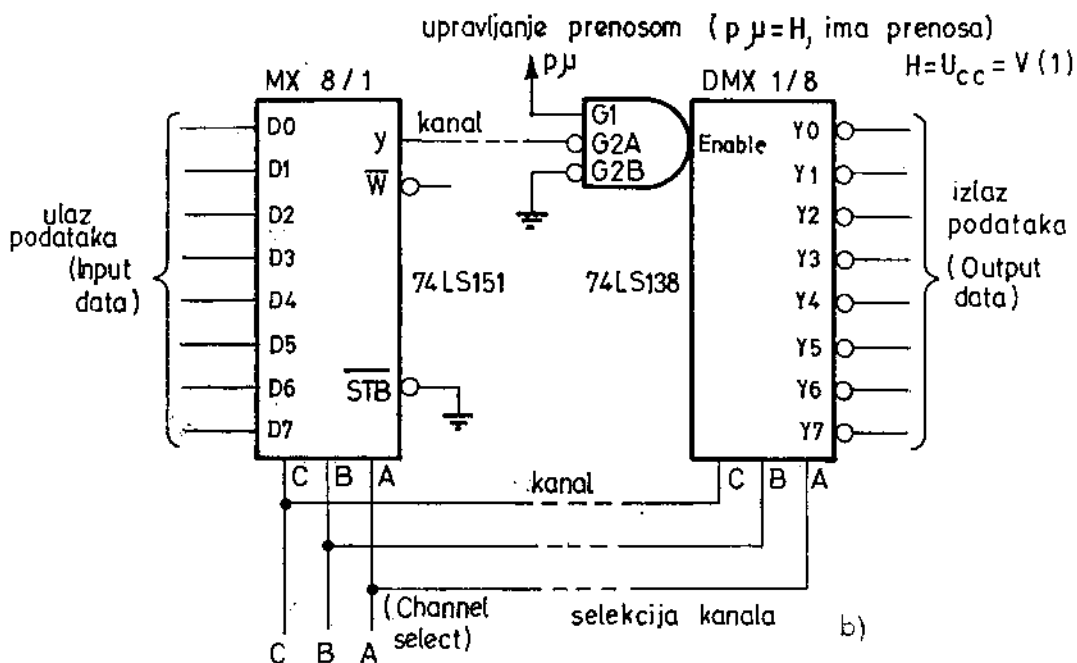
kablovskih linija, pre svega zbog potrebe raskopavanja ulica i drugih saobraćajnica, veoma je skupo i nepoželjno, pa višestruko iskorišćavanje postojećih kablova postaje ekonomično već na udaljenostima od preko 10 km. Postojeća mreža NF kablova u pogledu preslušavanja i šumova izrazito je loša, te je za



višestruko iskorišćenje pojedinih parica u kablju izvanredno pogodan postupak nađen u vidu vremenskog multipleksiranja (digitalni MX-i) telefonskih kanala na bazi impulsne kodne modulacije (PCM). Druga mogućnost je frekvencijsko multipleksiranje telefonskih kanala na bazi analogne amplitudske modulacije sa prenosom jednog bočnog opsega [4].

Za vremenski multipleks koristi se oznaka TDM (Time Division Multiplex, engl.), a za frekvencijski multipleks oznaka FDM (engl. Frequency Division Multiplex) [4].

Radio-relejni sistemi manjeg kapaciteta (do 100 telefonskih kanala) na bazi PCM-a i sa nosećim frekvencijama u opsegu iznad 11 GHz odavno su već u komercijalnoj upotrebi. U novije vreme na dalekim magistralnim vezama uvode se i radio-relejni PCM-TDM sistemi velikog kapaciteta, od preko 5000 telefonskih kanala po jednom radio-kanalu. U telekomunikacionoj mre-



Sl. 17 Komutacija (multipleksiranje) 16 kanala:

a) komutatorska mreža sa 16 kanala; b) realizacija komutatorske mreže

ži koja se izgrađuje pomoću veštačkih satelita Zemlje realizuju se PCM-TDM sistemi, pre svega zbog ekonomičnog korišćenja raspoložive snage transpondera u satelitu [10].

Primer 9

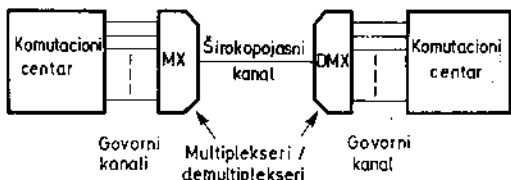
Za multipleksni rad (TDM) sa 16 kanala konstruisati komutatorsku mrežu pomoću MX 16/1 (74150) i demultipleksera (kolo koje vrši obrnutu funkciju od MX-a; vrši distribuciju) DMX 1/16 (74154) [9].

Rešenje

Osnovna komutatorska mreža blok-shema) prikazana je na slici 17a. Na slici 17b prikazana je moguća realizacija traženog komutatora.

Ciklično povezivanje kanala 1—16 ostvaruje se posredstvom binarnog brojača modula $M=16$, taktovanog impulsima na ulazu P.

Multipleksirani prenosni put obezbeđuje potpuno istu uslugu kao i snop linija koje zamenjuje. U tom smislu on je transparentan, iako u praksi metode multipleksiranja ne postižu uvek transparentnost u potpunosti [1].



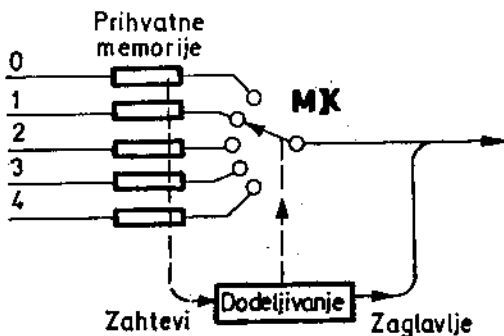
Sl. 18 Multipleksiranje sa frekvencijskom raspodelom (FDM)

Multipleksiranje sa frekvencijskom raspodelom u telefonskoj mreži nezavisno je od sistema komutacije. Komutator radi sa govornim signalom od 4 kHz, i kao što slika 18 ilustruje, snop takvih kanala napušta komutator i ulazi u MX radi prenosa do udaljenog komutatora,

gde se ponovo demultipleksira (distribuirira) na pojedine kanale.

U klasičnoj metodi multipleksiranja sa vremenskom raspodelom svaki kanal ima svoj položaj u RAMU, koji se pravilno ponavlja, tako da svaki potkanal ima na raspolaganju konstantan i garantovan prenosni kapacitet. Ako analiziramo korišćenje ovih potkanala, može se zapaziti da pretežni deo vremena oni uopšte ne prenose podatke, jer ne postoji zahtev za njihovim korišćenje. *Multipleksiranje na zahtev* dodeljuje raspoloživo vreme prema zahtevu različitih kanala, tako da ne postoje fiksni položaji kanala kada se ne šalju podaci, [1].

Na slici 19 prikazano je 5 dolaznih kanala koji predaju blokove podataka u slučajnim intervalima MX-u na zahtev. Kako svi oni pretenduju na korišćenje izlaznog kanala, ovi blokovi moraju da



Sl. 19 Shematski prikaz multipleksiranja na zahtev (TDM)

se memorišu na svojim ulaznim tačkama. Jedan komutator može da poveže bilo koju prihvatnu memoriju sa izlaznom linijom i uvek će pokušati da pronađe punu prihvatnu memoriju.

Multipleksiranje na zahtev povezuje memoriju sa prenosom kao integralni deo funkcija komutacije i koncentracije. Raspoloživost jeftinih i brzih memorija i memorijskog programskog upravljanja otvara ogromne mogućnosti u projektovanju telekomunikacionih mreža.

MX u zaštiti prenosa informacija u digitalnom obliku

Sklop koji se neizostavno pojavljuje u savremenim telekomunikacionim uređajima, a može da obavlja sledeće zadatke:

a) da proširi spektar osnovnog signala (prenos signala sa proširenim spektrom — ekspandovanim) [2];

b) da generiše pseudoslučajnu test-sekvencu;

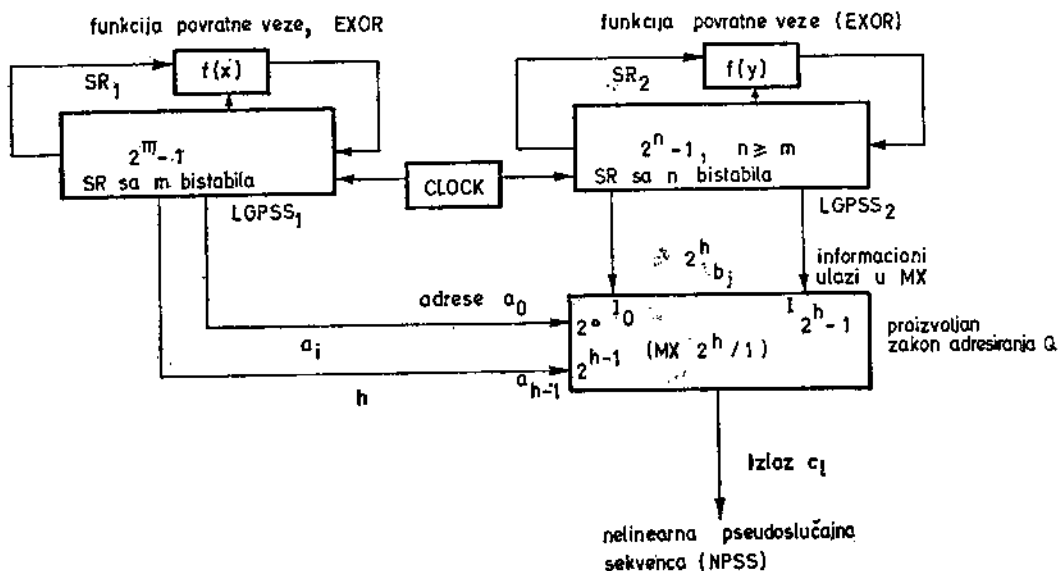
c) da zaštiti tajnost prenosa digitalnih signala informacije (kroz šifriranje ili skrembliranje);

d) da omogući »skakanje« noseće frekvencije po pseudoslučajnom kodu, itd.,

najperspektivnije NGPSS (teško se analiziraju) spada nelinearni GPSS na bazi primene MX-a (slika 20) [6].

Sa h od m bistabila u linearnom GPSS (LGPSS) — SR₁ [shift-registar sa linearnom funkcijom povratne veze $f(x)$], dobija se h adresiranih ulaza MX-a, a na osnovu postavljene adrese na izlaz MX-a Z sprovodi se jedan od 2^h informacionih ulaza dobijenih sa 2^h od n bistabila SR₂ [linearnog GPSS sa n bistabila povezanih linearnom funkcijom povratne veze $f(y)$]. Informacione vodove MX-a moguće je po želji izukrštati i tako dobiti neki drugi zakon adresiranja, koji se razlikuje od standardnog. Kada su $f(x)$ i $f(y)$ primitivni polinomi, tada je trajanje perioda PSS dato izrazom:

$$L_{(Z)} = (2^m - 1) \cdot (2^n - 1), (m, n) = 1. \quad (16)$$

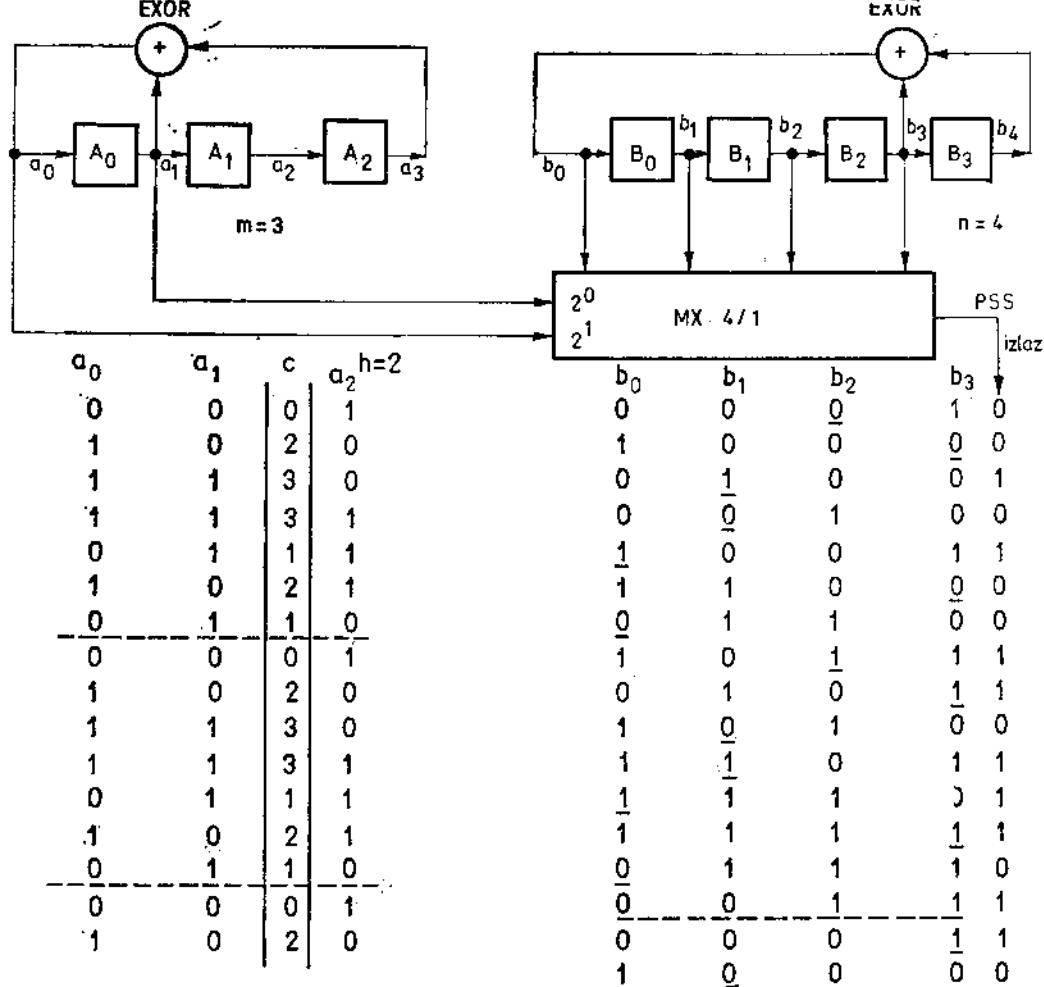


Sl. 20 Opšti slučaj nelinearnog generatora pseudoslučajne (PSS) sekvence na bazi primene MX-a

jeste generator pseudoslučajne sekvence (GPSS). Ovi generatori mogu biti serijski ili paralelni, linearni ili nelinearni. Nelinearni generatori (NGPSS) mogu biti realizovani pomoću ma kojeg nelinearnog digitalnog elementa, ali među

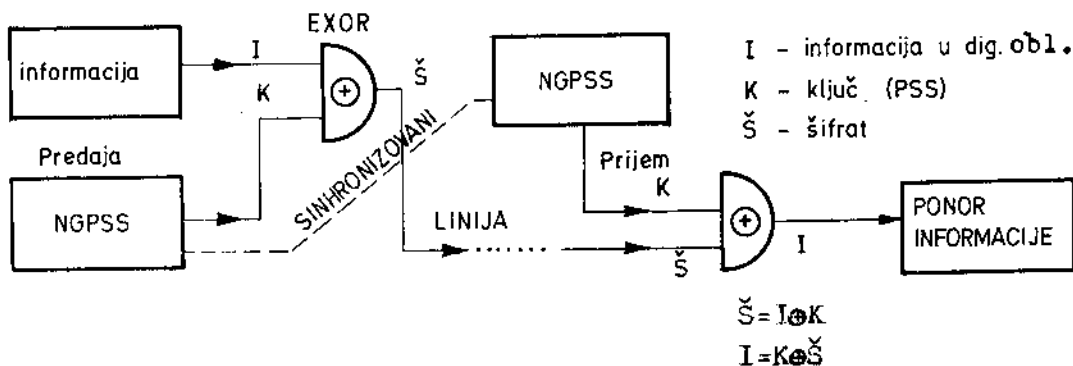
Primer 10

Projektovati NGPSS na bazi MX-a, ako je: $m=3$, $n=4$, $h=2$, a početna stanja SR₁ i SR₂ su 001 i 0001, respektivno.

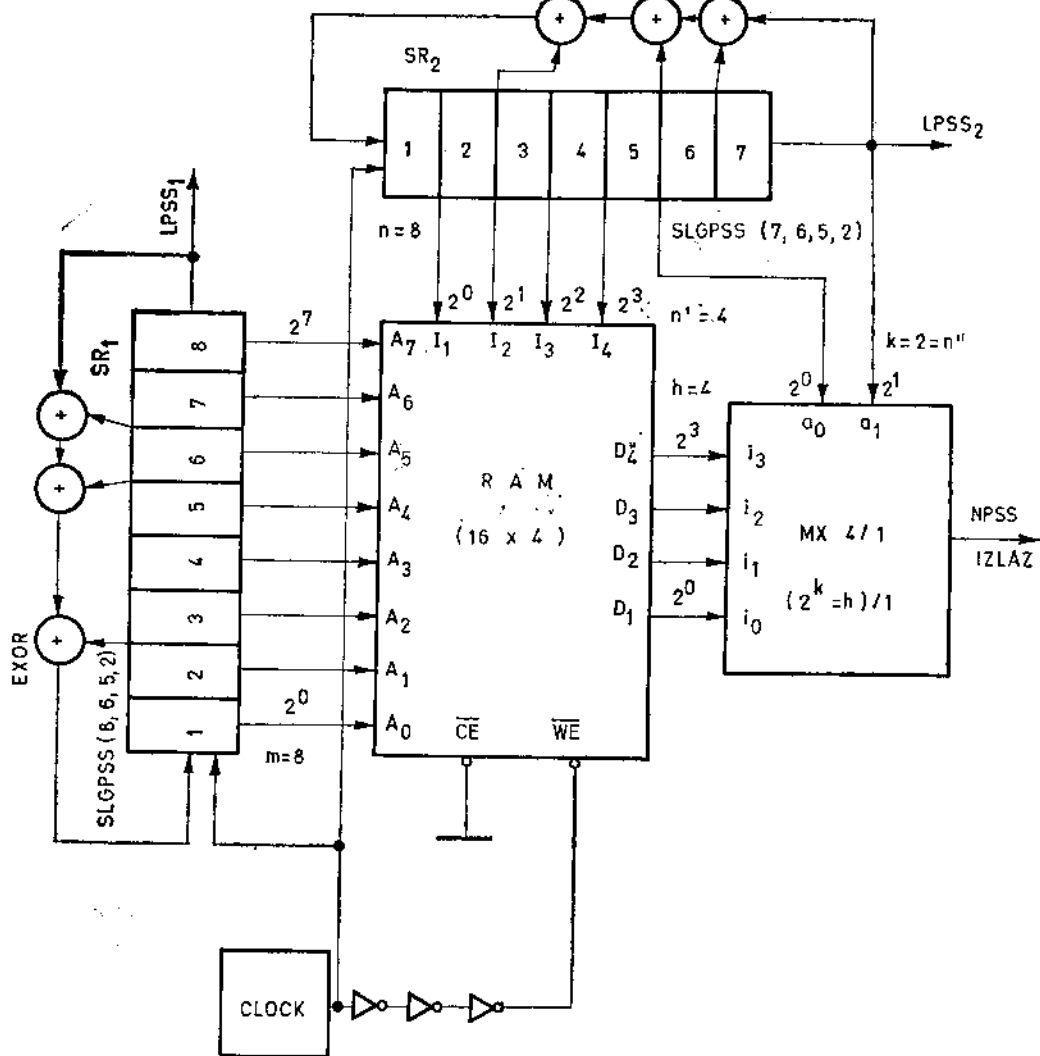


Zakon adresiranja je: $M(0)=2$, $M(1)=0$, $M(2)=3$, $M(3)=1$.

Sl. 21 Električna shema mogućeg nelinearnog generatora PSS sa MX-om



Sl. 22 Blok-shema zaštite tajnosti prenosa digitalnih signala



Sl. 24 Nelinearni generator PSS na bazi primene RAM-memoriije i MX-a

Rešenje

Rešenje je prikazano na slici 21 i tabelom T. 7.

Prikazani NGPSS koristi se, pored ostalog, i za zaštitu tajnosti prenosa digitalnih signala (slika 22) [5].

U nastavku je prikazana simulacija jednog složenijeg NGPSS na bazi MX-a, primenom računara (ATARI 2080) (slika 23) [6].

Na slici 24 prikazan je NGPSS na bazi primene RAM memorije i MX-a.

Zaključak

Problemi u elektronici, koji mogu da se reše primenom MX-a, mnogobrojni su. U ovom prilogu prikazane su samo neke od mnogobrojnih primena MX-a kao elementa i kao uređaja. Nisu obrađeni analogni MX-eri, već samo digitalni, ali treba znati da je princip rada isti, samo što se kod analognih MX-

-era koriste kontinualne vrednosti (npr. MX 8/1 — 14051 B) ulaznih informacionih veličina.

Jedan od osnovnih elemenata skoro svih složenijih telekomunikacionih i računarskih uređaja i uređaja automat-

skog upravljanja i kontrole jeste MX. Kako je primena najsavremenije elektronike sve prisutnija u OS, to se praćenju njenog razvoja i trenda mora posvetiti neprestana pažnja. Ovaj članak je mali doprinos tome.

Literatura:

- [1] Davies D. W., Barber D. L. A.: »Computer Networks and Their Protocols«, John Wiley and Sons, New York, 1979.
- [2] Glišić Savo: »Prenos signala sa ekspanzivnim spektrom«, Vojna štamparija — Beograd, 1981.
- [3] Hope G. S.: »Integrated Devices in Digital Circuit Design«, John Wiley and Sons, USA, New York, 1981.
- [4] Lukatela G., Drajić D., Petrović G.: »Digitalne telekomunikacije«, Građevinska knjiga, Beograd, 1978.
- [5] Novinc Z.: »Sinteza i analiza linearnih generatora pseudoslučajne sekvence«, VTG/3, maj-juni 1988, Beograd.
- [6] Novinc Z.: »Zaštita tajnosti prenosa digitalnih signala«, magistarski rad, ETF — Zagreb, 1987.
- [7] Pantić D., Pešić J.: »Primena digitalnih integrisanih kola«, Tehnička knjiga — Beograd, 1988.
- [8] Ribarić S.: »Arhitektura mikroprocesora«, Tehnička knjiga — Zagreb, 1982.
- [9] Tešić S., Vasiljević D.: »Zbirka zadataka iz digitalne elektronike«, Naučna knjiga — Beograd, 1981.
- [10] William W. Wu: »Elements of Digital Satellite Communications«, Computer Science Press, Inc., USA, 1985.

Arhitekture računala za adaptivno digitalno formiranje dijagrama usmjerenosti radarske antene

Uvod

Čitav niz algoritama adaptacije prijemnih dijagrama usmjerenosti (DU) antena i DU antenskih rešetki (AR) već je duže vrijeme poznat u široj znanstvenoj literaturi. Osnovna »bolest« od koje svi ovi algoritmi (u digitalnoj izvedbi) »boluju« jest nemogućnost, zbog raznih razloga, njihove realizacije u realnom vremenu. Ta je konstatacija osobito izražena za radarski sustav, koji nameće veoma stroga vremenska ograničenja za rad u realnom vremenu, nego što je to slučaj kod nekih drugih, npr. telekomunikacijskih sustava.

Danas se, razvitkom VLSI (very large scale integrated) tehnologije, paralelnih algoritama i adekvatnih arhitektura za njihovu realizaciju, nalazimo na pragu mogućnosti primjene određenog broja računarskih algoritama za adaptaciju DU, čak i u radarskom sustavu.

U ovom je radu razmatrana mogućnost računarske adaptacije prijemnog DU radarske antene kojoj je dodana linearna antenska grupa svesmjernih antena (side-lobe canceler). Adaptacija se zasniva na primjeni *sistoličkih polja* [5] (ili polja valne fronte) na dobro poznati algoritam minimuma srednjokvadratne greške (least square)

[3] u otvorenoj petlji (bez povratne sprege).

Problem adaptacije DU opisat ćemo uz pomoć slike 1 na kojoj je prikazan DU jedne vrlo kvalitetne radarske antene. Sa slike se vidi da su signali valova, koji dolaze iz pravaca gdje nije usmjerena glavna latica DU, potisnuti za 40 do 60 dB, ovisno o tome iz kojeg azimuta dolaze.

Signali valova koji dolaze iz pravaca na kojima se nalaze bočne latice DU, potisnuti su za četrdesetak dB. Toliko potiskivanje signala na bočnim laticama nije dovoljna garancija da će radarski sustav raditi dobro u uvjetima elektronskog ometanja, kada neprijateljevi ometači djeluju jakim ometačkim signalima preko bokova DU. Sa slike 1 također se može uočiti da je potiskivanje ometačkih valova veće za dodatnih 15–20 dB ako oni dolaze iz pravaca na kojima se u DU nalaze nule.

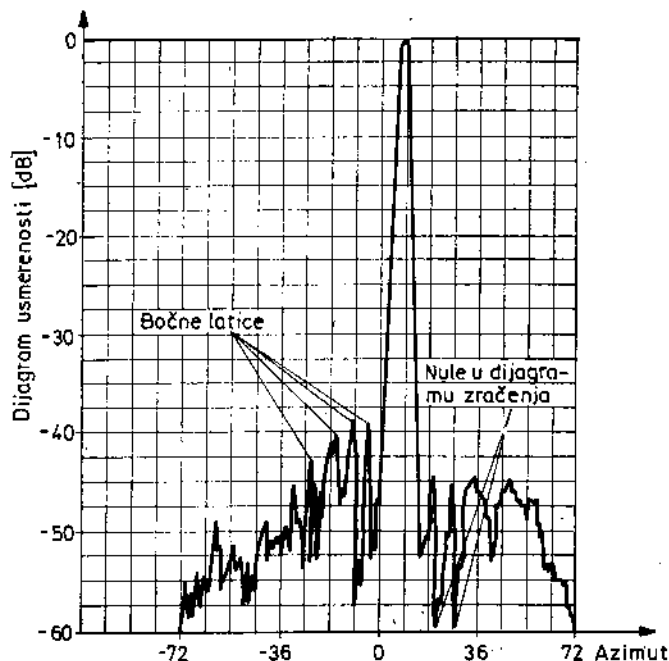
Dijagram usmjerenosti antene koja nema mogućnost njegove promjene ima nule uvijek na istim kutovima u odnosu na glavnu laticu DU.

Adaptivni antenski sustav (AAS) za formiranje nule zasniva se na ideji modificiranja prijemnog dijagrama usmjerenosti, tako da nule u DU budu uvijek na onim kutovima iz kojih do-

laze jaki smetajući signali. Tako se ostvaruje potiskivanje neželjenih signala uvijek za maksimalan iznos koji dopušta konkretna antena (u slučaju sa slike 1 to je 60 dB). Ova ideja pretpostavlja modificiranje DU u toku rada prema trenutačnim uvjetima u kojima se nalazi konkretni radar. Na taj na-

je vrijeme u široj literaturi izražen veći interes za algoritme adaptacije u otvorenoj petlji (bez povratne sprege) uz primjenu novih računarskih arhitektura za njihovu realizaciju.

Osnovni koncept adaptacije DU u otvorenoj petlji prikazan je na slici 2. Sa slike se vidi da se računarski su-



Sl. 1 Tipičan realni dijagram usmjerenosti radarske antene

čin izbjegava se definiranje DU kao statičke tvorevine koji ima oblik optimiziran samo prema kriterijima koji su prisutni u fazi projektiranja radarske antene.

Adaptacija DU, kako je opisano, može se ostvariti kombinacijom najmanje dviju antena ili antenskom rešetkom, primijenivši neki od algoritama u digitalnoj ili analognoj izvedbi, koji su opisani u [3]. Danas je poznat čitav niz algoritama za adaptaciju DU [3], s radom u zatvorenoj petlji (s povratnom spregom), koji su neprikladni za realizaciju s obzirom na svoju sporu konvergenciju [1] [4]. U posljednje

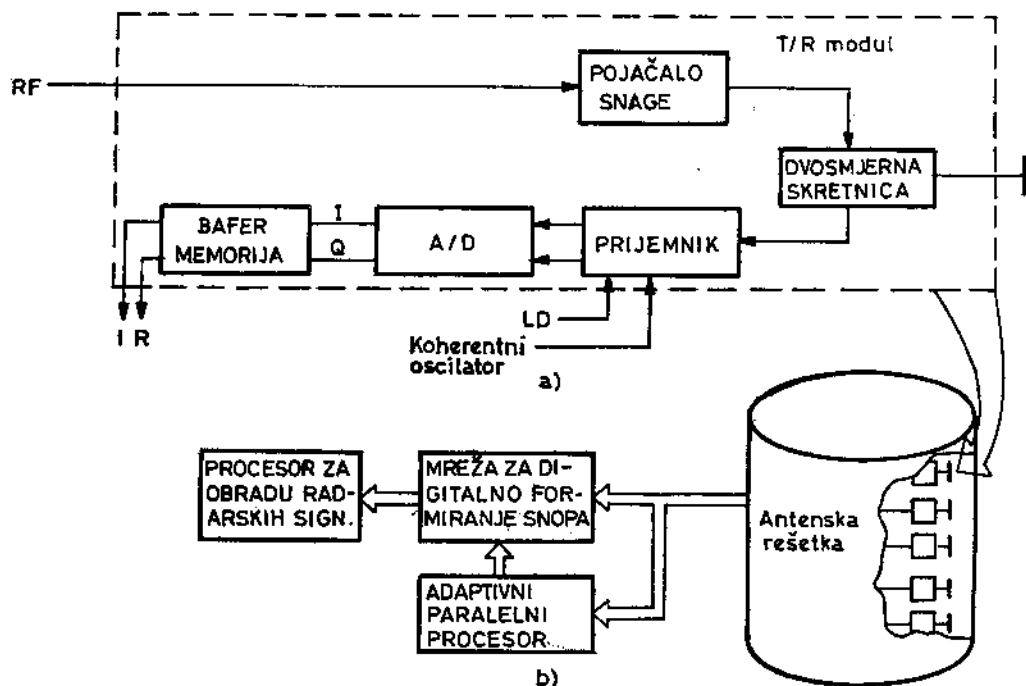
stav, koji slijedi odmah nakon AR, sastoji od dva dijela: adaptivnog procesora i mreže za digitalno formiranje DU.

Adaptivni procesor namijenjen je izračunavanju (u realnom vremenu) kompleksnih težinskih faktora za otežavanje ulaznih signala u mreži za digitalno formiranje DU i, na taj način, manipulacijom amplitudama i fazama ulaznog signala, adaptira prijemni DU AR.

Moderni pristup realizaciji svih ovih algoritama za adaptaciju DU pretpostavlja razvoj monolitnog mikrovalnog integriranog kruga kao primopre-

dajnog (T/R) modula koji bi bio sastavni dio svakog elementa AR. Izgled jednog takvog primopredajnog modula pokazan je na slici 2.

za telekomunikacijske sustave [4], ili antena s usmjerenim dijagramom zračenja (radarska antena čiji je DU prikazan na slici 1);



Sl. 2 a) koncept T/R modula;
b) koncept AAS;

Budući da se takva adaptacija DU može ostvariti manipulacijom amplituda i faza prijemnog signala na antenskoj rešetki, postavlja se pitanje — kako adaptirati DU reflektorske antene radara?

Za adaptaciju prijemnih DU reflektorskih radarskih antena često je prikladno primijeniti *potiskivač bočnih latica dijagrama zračenja (sidelobe cancellers)* [6] u kombinaciji s algoritmom *srednjokvadratne greške (LMS)* [3]. Poopćena shema potiskivača bočnih latica (PBL) [1] prikazana je na slici 3.

Kao što se vidi sa slike 3b, PBL se sastoji od:

1) primarnog ulaza $y(t)$, koji može biti ili referentni signal kod LMS adaptivnog antenskog sistema namijenjenog

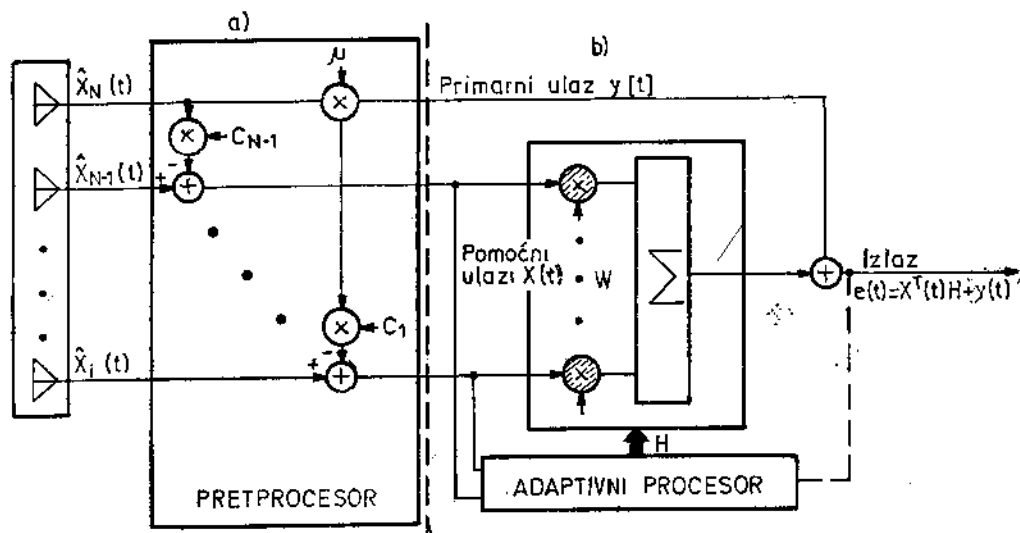
2) pomoćnih ulaza $x(t)$, koji predstavljaju ulaze sa pomoćne linearne antenske grupe. U toj grupi, za slučaj PL, svaka antena ima svesmjerni DU i pojačanje koje je samjerljivo s pojačanjem bočnih latica primarnog ulaza.

Napomenimo da su, za slučaj primjene sheme sa slike 3, kao PLB u radarskom sustavu, važne slijedeće dvije pretpostavke:

1. korisna informacija se kod osmatračkih radara za zračne ciljeve nalazi u jednoj, dvije ili najviše tri ćelije rezolucije radara,

2. kontinuirani signal ometača vrlo je često po snazi premoćniji od korisnog signala.

U takvim uvjetima rada radarskog sustava može se pretpostaviti kao da korisnog signala *nema* i da AAR mora



Sl. 3 Poopćena shema PBL

formirati nule u dijagramu zračenja u svim smjerovima odakle dolaze signali. U slučaju da korisni signal jedno duže vrijeme postoji, što je slučaj u telekomunikacijama, vektor W mora biti »zamrznut« radi prijema korisnog signala i sprečavanja formiranja nule u smjeru njegova izvora. To znači da PBL, kako će ovdje biti opisan, ispravno radi samo ako je poznati korisni signal odsutan, ili je dovoljno mali da se može zanemariti.

Pretprocesor, sa slike 3a, interesantan je za telekomunikacijske AR gdje su svi antenski elementi identični, te je potrebno osigurati usmjeravanje DU u željenom smjeru, koji je definiran vektorom c , tj.

$$c^T W = \mu. \quad (1)$$

Primjena izraza (1), kako je pokazano na slici 3a, osigurava konstantno pojačanje AR, μ , u zadatom smjeru definisanim vektorom c .

Algoritam minimuma srednjokvadratne greške (LMS)

Matematičkim rječnikom iskazano kompleksni algoritam LMS može se de-

finirati na sljedeći način: ako je zadana kompleksna matrica X , veličine $m \times n$, ranga $k \leq \min(m, n)$ i kompleksni m -dimenzijski vektor y , treba pronaći n -dimenzijski kompleksni vektor w koji minimizira euklidsku normu od $Xw - y$ [10].

Ako uvedemo oznake:

X_n — kompleksna kvadratna matrica uzoraka, dimenzija $n \times n$. Redovi ove matrice predstavljaju uzorke s pomoćnih antenskih elemenata u diskretnim vremenskim intervalima;

y_n — kompleksna jednostupčana matrica, dimenzije $n \times 1$. Redovi ove matrice predstavljaju uzorke na glavnoj anteni s usmjerenim dijagramom zračenja i niskom razinom bočnih latica;

W_n — nepoznata, kompleksna jednostupčana matrica težinskih koeficijenata, dimenzija $n \times 1$, kojoj je zadaća da minimizira kompleksnu jednostupčanu matricu sume kvadrata e_n , tada LMS algoritam možemo u matičnoj formi pisati

$$e_n = X_n W_n - y_n. \quad (2)$$

Problem se sastoji u pronalaženju jednostrupčane matrice W_n , takve da

je suma kvadrata e_n minimalna, tj. da izlazni signal s antenske rešetke ($X_n W_n$) što bolje slijedi primarni ulaz y_n .

Minimiziranjem euklidske norme, tražeći kompleksni gradijent [3], iz izraza (2) dobija se tzv. *normalna jednadžba* koja glasi:

$$X_n^H X_n W = -X_n^H y_n \quad (3)$$

Ako se zamijene

$$X_n^H X_n = M \quad \text{ i } \quad -X_n^H y_n = S, \quad (4)$$

dobivamo

$$MW = S. \quad (5)$$

Izraz (5) očito pokazuje da se LMS algoritam iz izraza (2) svodi na rješavanje sustava linearnih jednadžbi. Za statističko okruženje izraz (5) može se pisati:

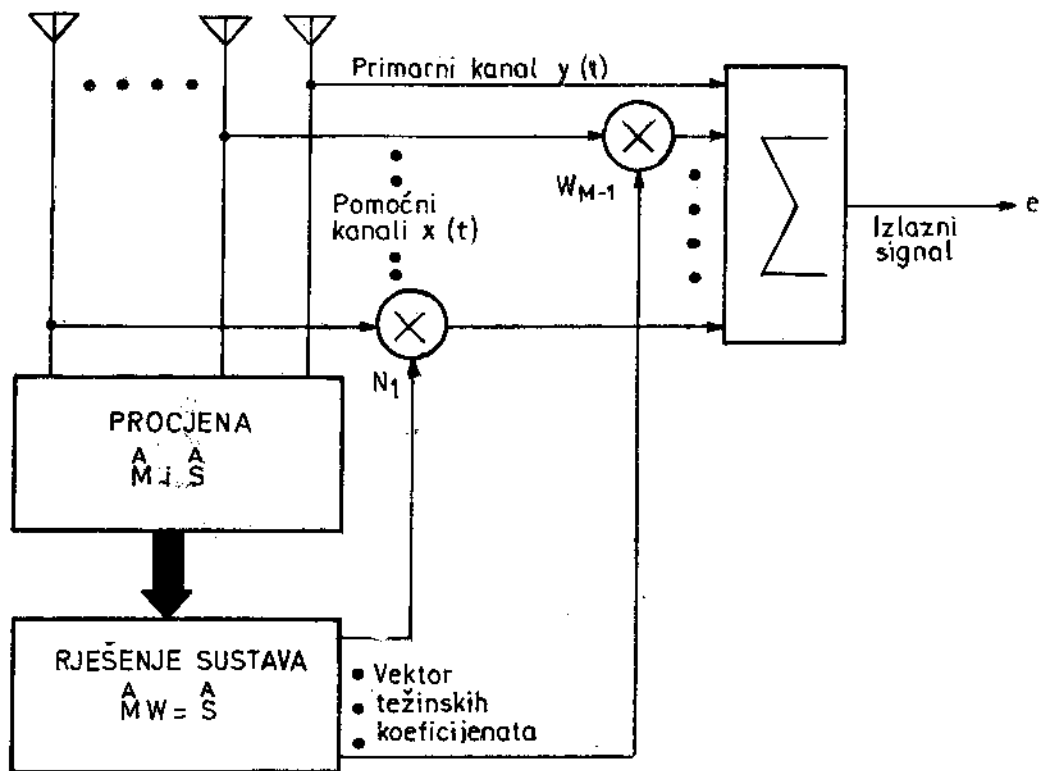
$$\hat{M}W = \hat{S}. \quad (6)$$

Izraz (6) predstavlja poznatu Wiener-Hopfov jednadžbu [3], gdje oznaka „ $\hat{\cdot}$ “ predočuje procjenu kovarijacijske matrice M i procjenu kroskorelacijskog vektora S .

Računarske arhitekture za rješavanje Wiener-Hopfove jednadžbe

Činjenica da se problem adaptacije DU (pronalaženje jednostupčane matrice W) svodi na rješavanje sustava linearnih jednadžbi, zahtjeva pri realizaciji dva moguća pristupa: ili *inverziju kovarijacijske matrice* ili *triangulaciju* (svođenje matrice M na trokutni oblik) i *povratnu supstituciju*.

Inverzija kovarijacijske matrice (Sample matrix inversion-SMI) zasniva



Sl. 4 Arhitektura računala za SMI

¹⁾ Oznaka H označava Hermitsku matricu [10].

se na činjenici da se sustav linearnih jednadžbi (6) može riješiti jednostavno inverzijom kovarijacijske matrice, što se može pisati kao:

$$\hat{W} = M^{-1} \hat{S}. \quad (7)$$

Arhitektura računala koja bi podržavala takav pristup prikazana je na slici 4.

Međutim, pristup inverzijom kovarijacijske matrice ima niz nedostataka, kao što su:

— inverzna matrica općenito ne mora postojati;

— rješenje izraza (7) može biti nestabilno u slučajevima kada je odgovarajuća determinanta $|M|$ mala;

— računarski sustav mora posjedovati tri komponente:

a) procjenu M i S ;

b) rješavanje sustava $\hat{M}W = \hat{S}$ (npr. inverzija matrice $\hat{M}$);

c) otežavanje ulaznih signala s vektorom W ;

— navedene tri komponente zahtijevaju veoma brze komunikacijske puteve;

— za upravljanje takvim sustavom neophodna je snažna upravljačka jedinica;

— velika dinamika broja s pomičnim zarezom. U [1] kritizirana je SMI i pokazano da za realizaciju treba 32 bita (8 bita eksponenta i 24 bita mantise);

— ukupan broj kompleksnih množenja dan je jednadžbom $1,5n^3 + 3n^2$ [7].

Istina, blok za rješavanje sustava $\hat{M}W = \hat{S}$ (sl. 3) može se ostvariti primjenom sistoličkih polja, ali tada postoji opasnost da čitav računarski sustav postane odviše složen.

Zbog svega toga, arhitektura na slici 3 nije prikladna za rješavanje problema adaptacije DU. U literaturi [1] i [7] pokazano je kako se, s primjenom Givensove rekurzivne ortogonalne transformacije (GROT), izraz (6) mo-

že riješiti bez procjene kovarijacijske matrice i njezine inverzije. GROT, primijenjena na sistolička polja, dopušta rekurzivnu procjenu samo gornjotrokutne kovarijacijske matrice [7], a potom rješavanje tako dobivenog sustava povratnom supstitucijom. Takav pristup omogućava realizaciju adaptacije DU neposredno na ulaznim tokovima podataka i bez kompleksnog računarskog sustava, kakav je npr. razmatran kod metode SMI.

Ako u izrazu (3) napravimo supstituciju:

$$X = QR \quad (8)$$

gde je:

Q — unitarna matrica, veličine $n \times n$;

R — gornjotrokutna matrica; tada se izraz (3) svodi na:

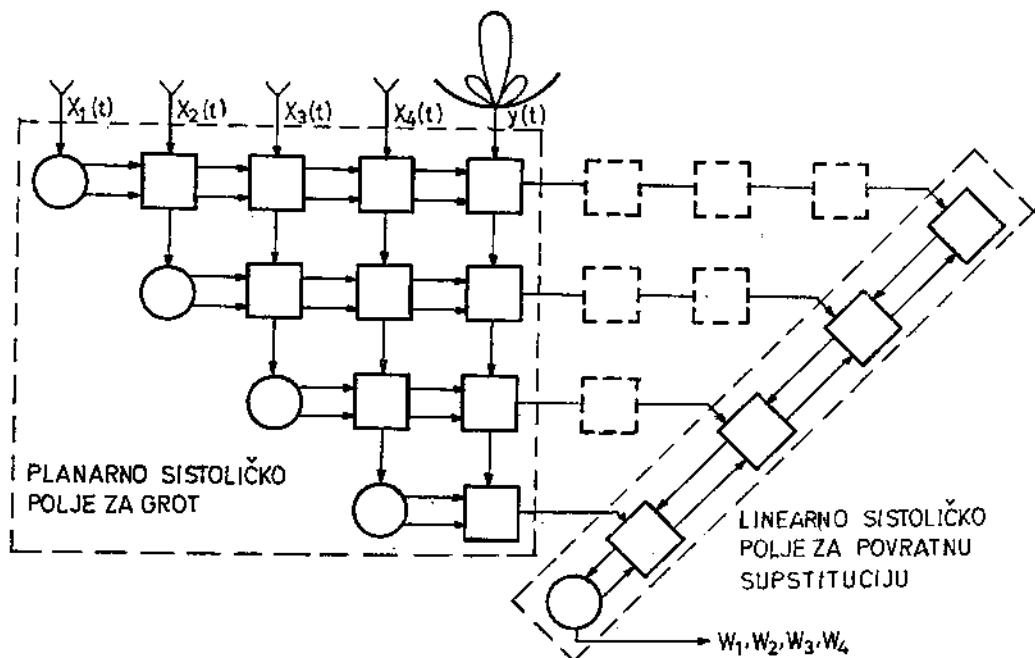
$$RW = -Q^H Y. \quad (9)$$

Iz toga se vidi da za rješavanje izraza (3) nije potrebno neposredno poznavanje matrice Q , već njen produkt s jednostupčanom matricom Y . Iz izraza (9) takođe slijedi da se i Y rotira na isti način kao i X iz izraza (8) (ova konstatacija je posljedica unitarnosti matrice Q).

Poznato je da se ortogonalna transformacija može izvesti primjenom raznih tehnika, od kojih se za primjenu na sistoličkim poljima najbolje pokazala *Givensova rotacija* [1], jer je stabilna i ima veliku modularnu granularnost.

Modularnu granularnost jednog paralelnog algoritma definirao je H. T. Kung kao učestalost komunikacija između pojedinih modula, na koje se može razložiti konkretni paralelni algoritam. Tako npr. paralelni algoritmi s malom modularnom granularnošću zahtijevaju česte intermodulne komunikacije.

Sistolička arhitektura za svodenje izraza (6) na izraz (9) i rješavanje tako dobivenog sustava prikazani su na slici 5. Ova, u literaturi poznata kao Kun-



Sl. 5 Kungova »On the fly« arhitektura

gova »On the fly« arhitektura, sastoji se od planiranog sistoličkog polja za GROT i linearnog sistoličkog polja za povratnu supstituciju. Analiza rada te arhitekture nalazi se u literaturi [7].

Slika 5 prikazuje da se arhitektura za GROT sastoji od dva tipa procesnih elemenata (PE):

a) *rubnih* procesnih elemenata (na slici označen kružićem), kojima je zadaća da izračunaju rotacijske varijable, te ih propagiraju horizontalno kroz svaki redak sistoličkog polja;

b) *unutarnjih* procesnih elemenata (na slici označeni kvadratićem), čija je zadaća rotiranje svih članova osnovne matrice iznad dijagonale.

Za GROT, u rubnim procesnim elementima, potrebno je izvoditi nelinearnu funkciju korjenovanja [7], što može biti neprikladno za realizaciju u realnom vremenu. GROT bez korjenovanja može se ostvariti ako se umjesto gornjotrokutne matrice R potraži jedna dijagonalna matrica D i jedinična

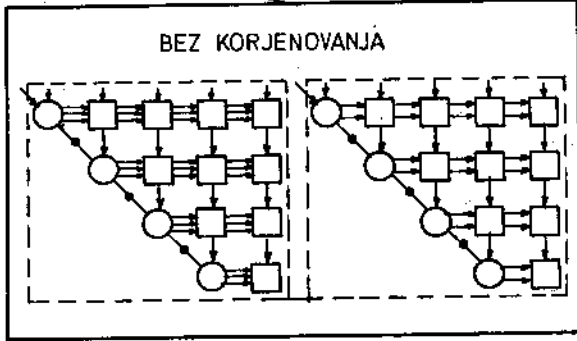
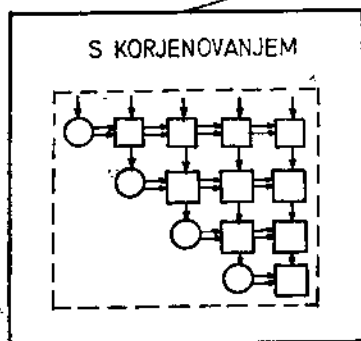
gornjotrokutna matrica $\bar{R}$, te ako je relacija među njima:

$$R = D^{1/2} \bar{R} \quad (10)$$

Uvažavanjem relacije (10) mogu se dobiti [7] dva algoritma za GROT bez korjenovanja, što, preslikano na sistoličku arhitekturu, daje još dvije arhitekture računala za GROT, kako je to prikazano na slici 6. Komparativna analiza sva tri algoritma GROT i izbor najprikladnije arhitekture računala dana je u [2].

Sistolička arhitektura sa slike 5 može, dakle, imati tri različite varijante planirane sistoličke arhitekture za GROT, koje su prikazane na slici 6. Međutim, u osnovi, ostaje Kungova ideja da se nakon svođenja matrice na gornjotrokutni oblik izvede povratna supstancija, kako bi se dobila jednostupčana matrica težinskih koeficijenata W . Nakon dobivanja W , neophodno je postojanje mreže za digitalno formiranje DU (vidi sliku 2), koja je na slici 3 prikazana kao kompleksni mno-

GIVENSOVA ROTACIJA



Sl. 6 Tri verzije sistoličke arhitekture za GROT

žaci na kojima bi se otežavali ulazni signali radi dobivanja željenog DU.

Za adaptaciju DU često nije potrebno eksplicitno poznavati jednostupčanu matricu težinskih koeficijenata W , već izlazni signal e iz izraza (2) koji je rezultat adaptiranog DU.

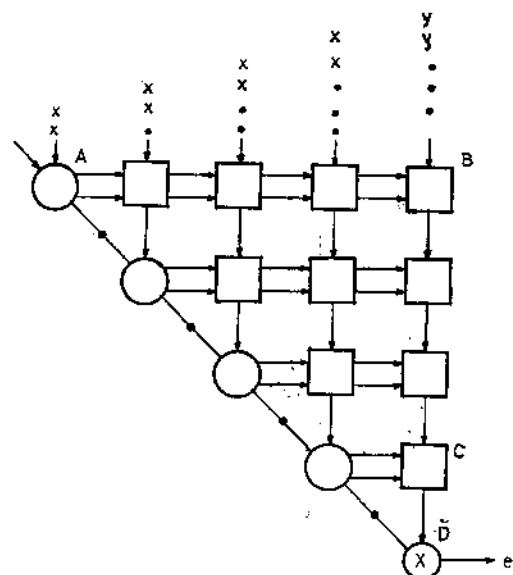
U takvom slučaju mnogo je prikladnije koristiti modificiranu McWhirterovu arhitekturu koja je predložena

u [9]. Autor je u ovom radu pokazao da se izlazni signal e može dobiti bez linearnog sistoličkog polja za povratnu supstituciju sa slike 5 i bez mreže za digitalno formiranje snopa. Arhitektura koja omogućava neposredno izračunavanje adaptiranog izlaznog signala prikazana je na slici 7. Ona se sastoji od planiranog sistoličkog polja (na sl. 7 označeno sa ABC) koje je potpuno identično s onim na slici 5 i 6. Razlika Kungove i McWhirterove arhitekture je u postojanju PE trećeg tipa u McWhirterovoj arhitekturi (na sl. 7 označenog sa D) koji predstavlja kompleksni množak. Izlazni signal se dobiva kao produkt dvije ulazne kompleksne vrijednosti u procesni element D.

Zaključak

Kombiniranjem arhitekture sa slike 7 s principom računala upravljanog tokom podataka (data flow) (u literaturi je takva arhitektura poznata kao »wavefront processor« ili polja valne fronte), dobivaju se dodatna poboljšanja i u smislu povećanja brzine i u smislu jednostavnosti oblikovanja računar-skog sustava.

Osim onih prednosti koje imaju sistolička polja [5] i već istaknutih svoj-



Sl. 7 McWhirterova arhitektura za neposredno izračunavanje adaptiranog izlaznog signala

stava, arhitektura sa slike 7 ima još nekoliko dodatnih prednosti koja je čine izuzetno atraktivnom za adaptaciju DU radarske antene. To su:

- PE ne zahtijevaju memoriju;
- brzina triangulacije matrice, veličine $n \times n$, iznosi $2(n-1)$ perioda signala vremenskog vođenja sistoličkog polja;
- ukupan broj operacija je proporcionalan i dalje sa n^3 , ali je distribuiran na broj procesorskih elemenata koji je proporcionalan sa n^2 (tačan broj PE dat je kao $n(n+1)/2$) i na broj signala vremenskog vođenja koji je proporcionalan sa n ;
- algoritam GROT stabilniji je od algoritma SMI, uz ostalo i zato što radi

na matrici podataka koja prezentira »napon« i upravo zbog toga dinamika broja je manja od broja potrebnog za SMI gdje matrica kovarijacije M predstavlja »snagu«.

Na opisani način može se napraviti vrlo efikasan računski sustav za adaptaciju DU radarske antene. Međutim, imperativ njegova rada u »radarskom« realnom vremenu nameće zahtjeve za primjenu vrlo brzih tehnologija. Na primjer, za adaptaciju DU od šest kanala, s frekvencijom uzorkovanja radarskih signala od 10 MHz, potrebna propusna moć računala je preko 3 GFLOPS-a (GFLOPS-milijarda operacija s pomičnim zarezom).

Literatura:

- [1] K. R. Ward, P. J. Hargrave, J. G. McWhirter: »A Novel Algorithm and Architecture for Adaptive Digital Beamforming«, IEEE Trans. on Antennas and Propagations Vol. AP-34, №3, march 1986, 338–348.
- [2] K. Nađ: »Izbor algoritma i arhitekture računala za adaptivno upravljanje dijagramom usmjerenosti«, XXXIII jugoslovenska konferencija ETAN-a, Novi Sad, 12–17 juna 1989, svezak V 71–79.
- [3] R. T. Compton: »Adaptive antennas Concepts and Performance«, Prentice Hall, 1988.
- [4] B. Todorović, D. Ristin: »Adaptivni antenski sistemi u radio komunikacijama — Algoritmi za nulo vanje dijagrama zračenja«, Naučno-tehnički pregled, Vol. XXXIX, 1989, br. 9.
- [5] S. Y. Kung: »VLSI Array Processors«, Prentice Hall, 1988.
- [6] D. Ristin, B. Todorović: »Adaptivni antenski sistemi u radio-komunikacijama« — Struktura, princip rada i efekti primjene, Naučno-tehnički pregled Vol. XXXIX, 1989, br. 8.
- [7] K. Nađ: »Sustavi i postupci obrade gustog niza stohastički raspoređenih pojava«, magistarski rad, ETF Zagreb, 1990.
- [8] H. T. Kung: »The Structure of Parallel Algorithms«, Advanced in Computers, Vol 19, pp 85–112, Academic Press, 1980.
- [9] J. G. McWhirter: Recursive least-squares minimization using a systolic array, Proc. SPIE Real-Time Signal Processing VI, 105–112, 1983.
- [10] J. H. Wilkinson: »The Algebraic Eigenvalue Problem«, Oxford University Press, 1965.

Uvod

Od otkrića prvog lasera 1960. deli nas samo trideset godina, a u domenu nove discipline elektronike — optoelektronike, postignuto je toliko mnogo da se mogu radovati i najveći pesimisti. Laseri su našli veliku primenu u raznim fundamentalnim i aplikativnim disciplinama, a za nas su veoma interesantne primene kao što su: laserski daljinomeri u sistemima za upravljanje oružjem i u sistemima za navođenje projektila, lidari, laserski anemometri, komunikatori, žiroskopi, itd.

Još davne 1913. Sagnac je demonstrirao upotrebu kružnog interferometra kao optičkog senzora rotacije. Prvu demonstraciju laserskog žiroskopa, gde je kružni interferometar upotrebljen kao laserski rezonator, napravili su Macek i Davis 1963.

Deceniju posle otkrića lasera pojavljuju se optička vlakna, ili svetlovo-di, koji su se odmah počeli koristiti u praktične svrhe. Već 1976. vojno-pomorske snage u SAD uvode optička vlakna na bazi plastičnih masa u sistemu hidrolokatora, kao i za prenos telefonskih signala na avionosaču »Little Rock«.

Upotreba optičkih vlakana na raznim letećim objektima veoma je korisna. Tako je, recimo, na američkom lov-cu tipa A-7, trinaest optičkih vlakana zamenilo 115 informacionih kanala, re-

alizovanih pomoću 302 pojedinačna bakarna provodnika [1].

Drugim rečima 67 m optičkih vlakana zamenilo je 1,6 km bakarnih provodnika. Već tada je praksa pokazala da se u lovačkom avionu može zameniti 180 kg bakarnih provodnika sa 20 kg optičkih vlakana. Iste godine povezan je primopredajnik sa antenom radara opšte namene AN PSS-18. Sa razvojem optičkih vlakana sa malim gubicima počeo je i razvoj laserskih žiroskopa sa optičkim vlaknima koji imaju izuzetno dobru osetljivost u merenju ugaonih brzina, 0,001 [o/h].

Vazduhoplovne snage SAD daju velika sredstva na istraživanje primene optičkih vlakana u vazduhoplovstvu, ne samo zbog mnogo manje težine i zapremine optičkih vlakana u odnosu na bakarne provodnike, već i zbog daleko manjeg uticaja električnih smetnji, koje objektivno postoje u svim avionima.

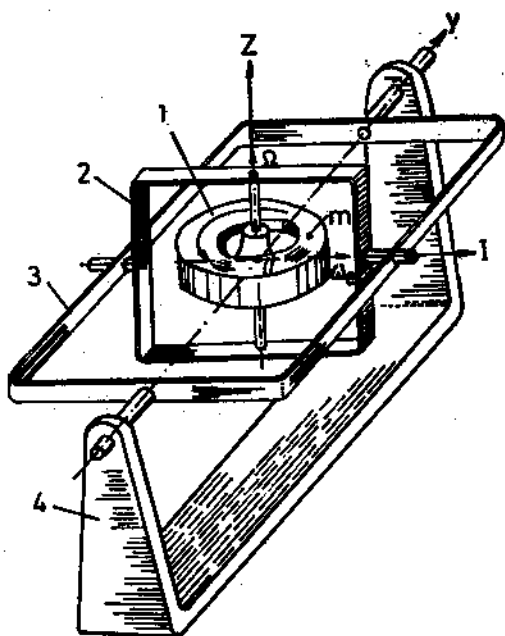
Jedna od interesantnih primena lasera i optičkih vlakana su žiroskopi, koji su po tačnosti, osetljivosti, u pogledu stabilnosti, inercije i rada pri nižim temperaturama, bolji od elektromehaničkih žiroskopa. U ovom radu biće prikazan laserski žiroskop sa optičkim vlaknom.

Opšte osobine žiroskopa

Jedan od osnovnih delova uređaja za navigaciju je elektromehanički ži-

roskop. Žiroskop je rotirajuće kruto telo sa najmanje dva stepena slobode. Njegov rad je zasnovan na osobinama krutog tela koje se obrće velikom brzinom.

Žiroskopi su obično pričvršćeni za prstenaste okvire koji se takođe mogu obrtati oko određene ose (sl. 1).



Sl. 1 Elektromehanički žiroskop u kardan-skom okviru:

1 — rotor; 2 — unutrašnji okvir; 3 — spoljašnji okvir; 4 — osnova

Kruto telo čije su mase simetrično raspoređene oko ose, pri obrtanju ima osobinu da mu težište ostaje nepomič-

no, odnosno osa zadržava svoj pravac. Zato se kaže da osa žiroskopa zadržava nepromenljiv pravac u prostoru u odnosu na inercijalni (zvezdani koordinatni sistem).

U vazduhoplovima i brodovima žiroskop se koristi u nizu navigacionih uređaja, kao što su, na primer:

- uređaji za merenje ugaonih ubrzanja;
- uređaji za stalno pokazivanje vertikale;
- uređaji za određivanje pravca u odnosu na referentnu osu.

Pored toga, žiroskopi se koriste kao merači obrtnog momenta, a i kao elementi za prigušivanje oscilacija, odnosno za stabilizaciju sistema.

Razvojem optoelektronike i žiroskopija je postala perspektivna oblast primene laserske tehnike. Poslednjih godina u svetu postoji veliko interesovanje za razvoj i primenu laserskih žiroskopa. Predviđa se da će laserski žiroskop sa optičkim vlaknom biti 5—10 puta jeftiniji i nekoliko puta manjih dimenzija i mase od postojećih elektromehaničkih žiroskopa iste tačnosti. Shodno preliminarnim teorijskim ocenama, laserskim žiroskopom sa optičkim vlaknom moguće je postići i tačnosti zadovoljavajućeg nivoa za većinu navigacionih primena.

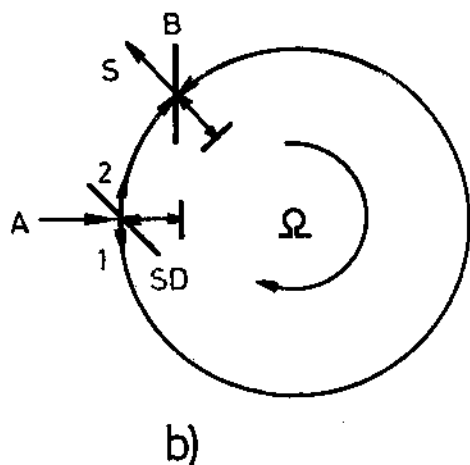
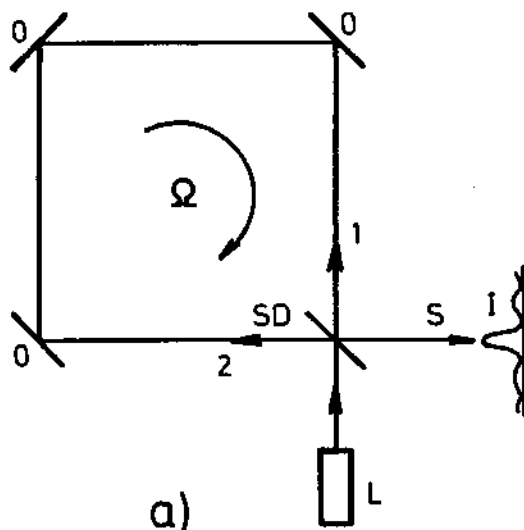
Laserski žiroskopi predstavljaju principijelno drugačije rešenje u žiroskopiji (radi se o optičkoj metodi, dva zraka suprotnih smerova u kružnom interferometru). Uporedne karakteristike laserskih i elektromehaničkih žiroskopa date su u tabeli:

Tabela

Tip žiroskopa	Osetljivost [o/h]	Pomeranje nule [o/h]	Ugaona rezolucija [rad]	Vreme gotovosti [s]	Snaga [W]
elektromehanički	0,1—0,001	0,1	0,026	20—30	70—100
laserski	0,001	0,0001 388	0,0003	0,166—0,33	10—15

Princip rada laserskog žiroskopa na bazi interferometra

Princip rada laserskog žiroskopa bazira se na primeni kružnog interferometra koji je ispitao Sanjak (Sagnac) [2] još 1913.



Sl. 2 Kružni interferometar (a) i interferometar Sagnaca (b):

L — izvor svetlosti; SD — svetlosni delitelj; I — interferenciona slika; O — ogledalo; S — interferencioni zrak; 1 2 — susrećući zraci

Na slici 2a prikazana je idealizovana skica kružnog interferometra. Zrak svetlosti iz izvora L pada na svetlosni delitelj SD i deli se na dva zraka 1 i 2. Posle obilaska po zatvorenoj petlji zraci 1 i 2 se mešaju u jedan interferencioni signal S, dajući tako interferencionu sliku I.

Na slici 2b očigledno je (ako je R poluprečnik kružnog interferometra i c brzina svetlosti) da je vreme t prolaska svetlosti kroz zatvorenu konturu u nepokretnom kružnom interferometru za oba kraka 1 i 2 isto i iznosi:

$$t_{1,2} = 2\pi R/c \quad (1)$$

Pošto je optička dužina puta ista za oba zraka, to ne postoji nikakva fazna razlika između njih i interferenciona slika ostaje nepromenljiva.

U slučaju da se interferometar okreće konstantnom ugaonom brzinom Ω , vreme prolaska svetlosti zraka 1 i 2 nije međusobno isto, što dovodi do fazne razlike, a time i promene interferencione slike.

Neka je za vreme prolaska svetlosti kroz zatvorenu konturu svetlosni delitelj SD izmenio položaj od tačke A do tačke B, (dužina luka), (slika 2b).

Na taj način je zrak 1 prešao kraći put od zraka 2 koji se prostire kroz zatvorenu konturu u smeru zakretanja. Vreme prolaska zrakova kroz zatvorenu konturu određuje se izrazom (2):

$$2\pi R \pm X = c \cdot t_{1,2} \quad (2)$$

$$X = R \cdot \Omega \cdot t_{1,2} \quad (3)$$

$$t_{1,2} = 2\pi R / (c \mp R\Omega) \quad (4)$$

t_1 — u izrazu (4) predstavlja vreme obilaska zraka 1 po zatvorenoj konturi, suprotno smeru obrtanja, a t_2 — vreme obilaska zraka 2 po zatvorenoj konturi u smeru obrtanja interferometra, x — dužina pomeraja svetlosnog delitelja (promena dužine optičkog puta zraka u kružnom interferometru).

Vremenska razlika prolaska zrakov-
va po zatvorenoj konturi je:

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (5)$$

$$\Delta t = 2\pi R / (c - R\Omega) - 2\pi R / (c + R\Omega) \quad (6)$$

$$\Delta t = 4\pi \Omega R^2 / [c^2 - (R\Omega)^2]$$

U prvoj aproksimaciji izraz (6)
može se napisati kao (7), jer je $c^2 \gg$
 $\gg (R\Omega)^2$, pa je:

$$\Delta t = 4\pi R^2 \Omega / c^2 \quad (7)$$

Ova razlika u vremenima obilaska
zrakova 1 i 2 po zatvorenoj konturi po-
vezana je sa razlikom dužine optičkih
puteva tih zrakova $2X$, koja je data
izrazom (8):

$$2X = c \cdot \Delta t = 4\pi R^2 \Omega / c \quad (8)$$

Izraz (8) predstavlja osnovnu jed-
načinu za opis rada kružnog interfero-
metra, jer iz nje sledi da je razlika op-
tičkih puteva, suprotno usmerenih zra-
kova, proporcionalna površini obuhva-
ćenoj zatvorenom konturom ($S = R^2\pi$) i
ugaonoj brzini obrtanja Ω . Jednačinu
(8) moguće je napisati u obliku:

$$2X = 4 S \Omega / c \quad (9)$$

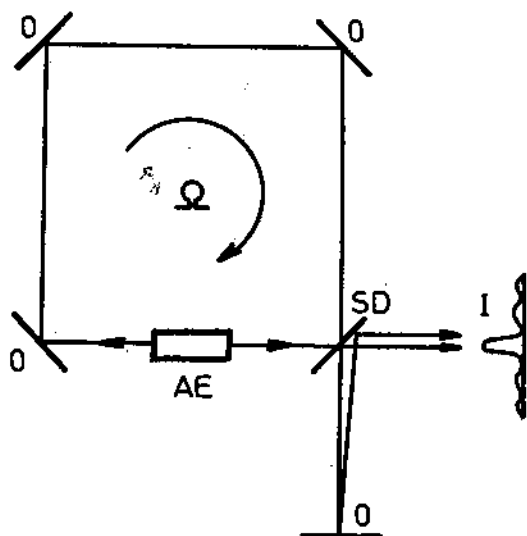
iz čega sledi da razlika optičkih puteva
ne zavisi od oblika konture interfero-
metra. Treba napomenuti da posmatrač,
koji se nalazi na obrtnoj platformi za-
jedno sa interferometrom, može meriti
obrtanje platforme. Ta osobina daje
mogućnost izrade žiroskopa na bazi kru-
žnog interferometra.

Kružni interferometar ima veoma
malu osetljivost, jer je razlika optičkih
puteva mnogo manja od talasne duži-
ne svetlosti, pa je, prema tome, i pro-
mena interferencione slike veoma mala.

Primeru radi, promena interferen-
cione slike usled obrtanja Zemlje u in-
terferometru sa razmerom 10×10 cm
i He-Ne laserom kao izvorom zračenja
talasne dužine $\lambda = 0,63 \mu\text{m}$, iznosi samo
 $1,5 \cdot 10^{-8}$ interferencionog pojasa [3].
Povećana osetljivost zahtevala bi veli-
ka povećanja dimenzija interferometra.

Značajno povećanje osetljivosti op-
tičkih davača obrtanja (žiroskopa) po-

stignuto je upotrebom laserskog žiros-
kopa. U tom slučaju se laser nalazi unu-
tar zatvorene petlje interferometra
(slika 3).



Sl. 3 Laserski žiroskop: AE — aktivi-
ni element lasera

Kod laserskog žiroskopa različita
optička dužina puteva suprotnih zrako-
va izaziva različite sopstvene frekven-
cije tih zrakova, koje je lakše meriti,
a time značajno povećati osetljivost in-
terferometra [4].

Da bi došlo do generacije longitu-
dinarnih modova lasera, dužina rezona-
tora L (dužina zatvorene petlje) treba
da bude jednaka celobrojnom umnošku
talasnih dužina λ , tj.:

$$m\lambda = L \quad (10)$$

ili

$$f = mc/L \quad (11)$$

odnosno

$$f_{1,2} = mc / (L \pm X)$$

gde je: m — broj koji karakteriše tzv.
longitudinalne oscilacije ($m = 10^5 - 10^6$),
 $f_{1,2}$ — frekvencija suprotnih zrakova u
interferometru (laserskom rezonatoru).

Ovde se indeks 1 — odnosi na
prvi, a 2 — na drugi zrak. Promena
optičke dužine puta suprotnih talasa

izaziva promenu frekvencije, a iz relacije (10) i (11) lako se dobija:

$$\frac{\Delta f}{f} = \left| \frac{2X}{L} \right| \quad (12)$$

U optičkom domenu frekvencija (10^{14} Hz) mala promena dužine optičkog puta X uzrokuje značajne promene frekvencije. Uvrštavanjem vrednosti za X (9) u relaciju (12) dobije se razlika frekvencija suprotnih zraka:

$$\Delta f = \frac{4S}{\lambda L} \cdot \Omega \quad (13)$$

Frekventna razlika je očigledno proporcionalna ugaonoj brzini Ω . Ako se uzme prethodno navedeni primer laserskog žiroskopa sa dimenzijama (10×10) cm, obrtanje Zemlje će izazvati razliku frekvencija $\Delta f = 15$ Hz.

Granična tačnost laserskog žiroskopa navedenih parametara je 10^{-3} o/h pri vremenu usrednjavanja od 1 sekunde [2].

U praktičnoj realizaciji stručnjacima je trebalo 15 godina da otklone poteškoće koje su se javljale pri realizaciji žiroskopa reda tačnosti i osetljivosti koji imaju mehanički žiroskopi. Tako je 1978. »Hanivel« (Honeywell) proizveo uređaj GG-1342 ugrađen na avione Boeing (Boeing) 757 i 767 [4].

Za povećanje osetljivosti kružnog interferometra očigledno je neophodna velika dužina puta svetlosnog zraka. Stoga je predloženo da se obezbedi mnogostruka cirkulacija suprotnih zraka po zatvorenoj konturi. Ako je N -broj obilazaka zraka po zatvorenoj konturi, onda se osetljivost takvog interferometra povećava N -puta u odnosu na jedan obilazak.

Iz izraza (13) lako se dobija izraz za pomak faze između suprotnih zraka $\Delta\Phi$ na izlazu iz zatvorene petlje $\Delta\Phi$ — kao:

$$\Delta\Phi = 8\pi \cdot \frac{S\Omega}{\lambda c} = 4 \frac{S\Omega}{c} \cdot \frac{2\pi}{\lambda} = 4 \frac{S\Omega}{c} \cdot \frac{\omega_0}{c} \quad (14)$$

$$\Delta\Phi = 4 \frac{S\Omega}{c} \cdot k \quad (15)$$

gde je $k = \frac{\omega_0}{c}$ talasni broj u slobodnom prostoru, ω_0 — kružna učestanost generatora.

Za interferometar sa N -prolazaka zraka po konturi ovaj fazni poremećaj će biti dat izrazom (16), uz zamenu: $S = R L / 2N$.

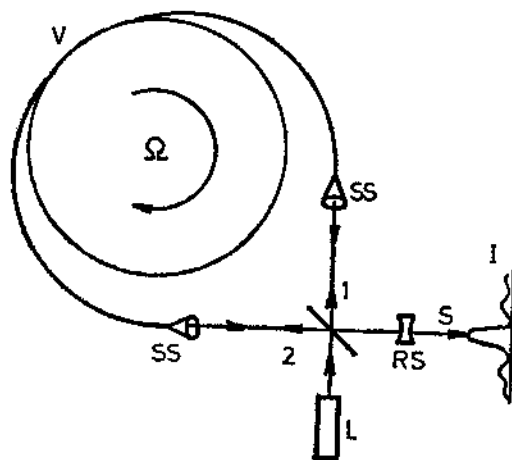
$$\Delta\Phi = 4 \frac{S\Omega}{c} \cdot k \cdot N = 2 \frac{\Omega R}{c} \cdot k \cdot L \quad (16)$$

gde je: $L = 2\pi R N$ — ukupna dužina puta, a R — poluprečnik konture.

Ipak, u realnim uslovima laserski interferometar na ovaj način nije davao očekivanu osetljivost uz primenjuve gabarite.

Laserski žiroskop sa optičkim vlaknom

Razvoj optičkih vlakana uslovio je ponovno razmatranje kružnog interferometra. Uveliko je pojednostavljeno povećanje dužine optičkog puta L , primenom N -navoja vlakna. Tako se faz-



Sl. 4 Laserski žiroskop sa optičkim vlaknom: V — vlakno; SS — sabirno sočivo; RS — rasipno sočivo; L — laser — izvor svetlosti; I — interferenciona slika

ni pomak interferometra na slici 4, dat izrazom (16), može napisati [5] u obliku (17).

$$\Delta\Phi = 4\pi \cdot \frac{RL}{\lambda c} \cdot \Omega \quad (17)$$

Razvoj laserskog žiroskopa sa optičkim vlaknom kreće se u dva pravca. Razvija se teorijska mogućnost primene polimodnog vlakna sa jedne strane i monomodnog vlakna sa druge strane.

U monomodnom vlaknu prostiranje zraka ne podleže pravilima geometrijske optike, jer fazna konstanta prostiranja nije jednaka proizvodu talasnog broja k i indeksa prelamanja svetlosnog vlakna n (dimenzije vlakna veoma male). Otuda je neophodno pokazati u kojoj meri je primenjiv izraz (17).

Polimodna vlakna imaju pogodnije osobine u poređenju sa monomodnim vlaknom — jednostavnije pobuđivanje i veću mehaničku otpornost.

Polje na izlazu polimodnog vlakna [6] dato je izrazom:

$$U(L) = \sum_m A_m(L) U_m(\rho) \quad (18)$$

gde je:

m — redni broj moda, ρ — koordinata poprečnog preseka vlakna;

$U_m(\rho)$ — raspodela polja m -tog moda u poprečnom preseku vlakna (predstavlja superpoziciju modova koji se prostiru različitim faznim brzinama v i imaju različite strukture električnog polja);

A_m — amplituda m -tog moda.

Na izlazu vlakna dužine L amplituda m -tih modova zrakova koji interferiraju $A_m^{(1,2)}(L)$ jednake su amplitudama na ulazu u vlakno $A_m^{(1,2)}(0)$ pomnoženim prostim faznim množiteljem:

$$A_m^{(1,2)}(L) = A_m^{(1,2)}(0) \cdot \exp(-j\beta_m L) \quad (19)$$

gde je:

$\beta_m = \omega_0/v_m$ — fazna konstanta m -tog moda vlakna.

Izraz (19) vredi za tzv. regularna vlakna, dok je ova veza kod neregularnih vlakana složenija (regularna vlakna imaju aksijalno nepromenljiv indeks prelamanja svetlosti). Postoji fazni pomak između suprotnih zrakova ako se obrće platforma na kojoj se nalazi interferometar. Ako se još obrće i sam interferometar postoji dodatni fazni pomerač. Ukoliko bi dopunski fazni pomak bio isti za svaki mod onda je opšti fazni množitelj moguće izvući ispred sume u izrazu (18) i primenom izraza (19) dobija se:

$$U^{(1,2)}(L, \Omega) = \exp(\pm j\Delta\Phi/2) \cdot \sum_m A_m^{(1,2)}(0) \cdot \exp(-j\beta_m L) U_m(\rho_m) \quad (20)$$

Znaci »+« i »-« odnose se na zrakovke 1 i 2.

Ukupna fazna razlika između zrakova 1 i 2 je $\Delta\Phi$ — data izrazom (17). Naravno, dobio bi se drugačiji rezultat ako fazni pomerač zavisi od broja moda.

Na osnovu opšte teorije relativnosti [3], pokazuje se da je fazni pomak dat izrazom:

$$\Delta\Phi = 2 \frac{\Omega R L k}{c \sqrt{h}} \quad (21)$$

gde je:

$$h = 1 - \left(\frac{\Omega R}{c} \right)^2$$

Kroz monomodno vlakno prostire se samo jedan mod. Ako se zanemari član $(\Omega R/c)^2$, izraz (21) svodi se na izraz (16).

Prostiranje kroz polimodno vlakno je znatno složenije, jer se prenosi više modova i pri obrtanju dolazi do promene interferencione slike, a zbog neravnomernosti prenosa svakog moda. Ipak se pokazuje da je promena interferencione slike zbog postojanja mnoštva modova zanemarljivo mala.

Interferenciona slika se ne menja ako je kvadratna promena faze po Ω između m -tog i p -tog moda sa suprot-

nim smerovima prostiranja po vlaknu mnogo manja od π tj.:

$$-\frac{1}{2}(\rho_m - \rho_p) \cdot \left(-\frac{\Omega R}{c}\right)^2 \cdot L \ll \pi \quad (22)$$

Zamenom $\rho_m - \rho_p = k \cdot \Delta n$, gde je Δn — razlika indeksa prelamanja svetlosti centralnog dela i omotača vlakna, moguće je naći kritičnu brzinu obrtanja Ω_{kr} — kada dolazi do iskrivljavanja interferencione slike kod polimodnog vlakna.

Na osnovu izjednačavanja leve strane nejednakosti (22) sa π dobija se kritična ugaona brzina u obliku:

$$\Omega_{kr} = \frac{c}{R} \cdot \sqrt{\frac{2\pi}{k \Delta n L}} \quad (23)$$

Za konkretan primer:

$R = 20$ cm,

$\lambda = \frac{2\pi}{k} = 1$ μ m,

$L = 10^3$ m i

$\Delta n = 0,02$, dobija se

$\Omega_{kr} = 3 \cdot 10^5$ rad/s.

Realne brzine znatno su manje od ove, pa je tzv. rasfaziranje pojedinih modova za realnu primenu zanemarljivo.

Zaključak

Vlasknasto-optički žiroskopi su u fazi intenzivnog ispitivanja i usavršavanja, iako su se već počeli ugrađivati i u

avione (Boeing 767). U tim istraživanjima potrebno je rešiti problem povećanja osetljivosti za dobijanje veoma preciznih žiroskopa. Na tu osetljivost značajno utiče i temperaturni gradijent duž vlakna. Drugi problem istraživanja je integracija signala i dobijanje digitalne informacije na izlazu žiroskopa, koja bi imala linearno pokazivanje u širokom opsegu ugaonih brzina. Predviđa se da će sve ove poteškoće biti prevaziđene vrlo brzo.

Sa sigurnošću se može reći da optički žiroskopi otvaraju nove perspektive razvoja i eksploatacije u savremenim sistemima navođenja, upravljanja i navigacije. Pored toga, optički žiroskopi su bes kardanski sistemi i omogućuju brži dolazak u radni režim pri uključenju i isključenju, kao i veću stabilnost. Ubrzanje ne utiče na tačnost merenja ugaone brzine.

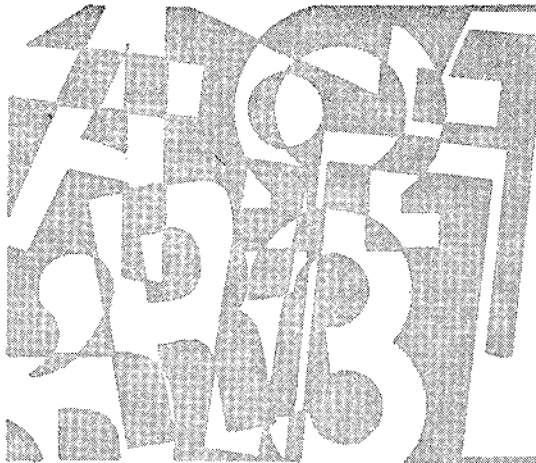
Oblast primene žiroskopa, u kojima već sadašnji optički žiroskopi imaju značajnu prednost u odnosu na klasične jesu sistemi navođenja raketa. U tim sistemima žiroskopi mere brzine obrtanja od nekoliko stotina stepeni u sekundi i treba da izdrže vibracije od 100 g.

Osnovna prednost primene optičkih žiroskopa je značajno smanjenje mase, smanjenje osetljivosti na smetnje (električne i mehaničke) i smanjenje cene sistema.

Literatura:

- [1] Gundlach R.: »Fiber-optic Developments Spark Worldwide Interest«; Electronics Vol. 49, №16, August 5, 1976. p.p. 81—87.
- [2] Saveljev A. M., Solovjeva T. I.: »Zarubežnaja radioelektronika«, 1982, №6.
- [3] M. J. Adams: An introduction to optical waveguides, John Wiley and Sons, New York, 1981.

- [4] Arnovitz F.: »Laser applications«, Monte Ross Mc Donnell Douglas Astronautic Company St. Louis, Missouri, 1971.
- [5] Vaganov R.B., Klevickij B.G.: »Radiotekhnika i elektronika« 1984, t. 29, №3.
- [6] Besonova S. V., Borodkin A. A., Dobroljubova A. G.: »Kvantovaja elektronika« 10 (2104), 1983.



prikazi iz inostranih časopisa

Nastavak modernizacije samohodne haubice M109*

Februara 1990. dato je zeleno svetlo za proizvodnju u ograničenom broju samohodne haubice američkog KoV M109A6 po programu poboljšanja haubice HIP (Howitzer Improvement Program). Očekuje se da će nosilac ugovora (firma BMY) modifikovati ukupno 226 haubica, a isporuke bi počele jula 1991.

Kopnena vojska SAD ima ukupno 2.437 haubica M109A2/A3 u naoružanju, a od toga broja 1.700 haubica planirano je da se modernizuju u standard HIP do kraja 1995. Preostalih 737 haubica ostaće u naoružanju rezervnih komponenata KoV SAD, ali će i one biti modernizovane i nosiće oznaku M109A4.

Modernizacija će se, uglavnom, odnositi na korišćenje materijala koji apsorbuju radarske signale i na uvođenje NBH zaštite. U drugoj fazi modernizacije (PIP 2) ugradiće se oruđe M284 i oprema za određivanje pozicije i za navigaciju. Pomoću oruđa M284 samohodna haubica M109A5 imaće iste balističke performanse kao i M109A6, dok ova druga ima automatski sistem za upravljanje vatrom, poboljšani sistem

oslanjanja i veći borbeni komplet municije koji se prevozi u haubici.

Kao deo programa HIP planirano je da četiri bataljona nacionalne garde budu naoružani haubicama M109A6. Kada krajem devedesetih godina počnu isporuke planirane haubice unapređene konstrukcije AFAS (Advanced Field Artillery System), očekuje se da će ostale haubice M109A6 biti prekomandovane preostalim rezervnim artiljerijskim jedinicama, posle čega se očekuje da će najzad haubice M109A4 i A5 biti povučene iz naoružanja. Kako može da dođe do konflikata, u KoV SAD je planirano da ostane preko 3.000 samohodnih haubica, kako bi se izbalansirao broj haubica sa SSSR.

Ispitivanja po programu HIP

Na osnovu već obavljenih ispitivanja po programu HIP predloženo je nekoliko poboljšanja haubice M109A6 i pripadajućeg vozila za dotur municije M992 FAASV (Field Artillery Ammunition Support Vehicle). Pored izvršene 48-časovne vojne vežbe za ispitivanje instrumenata, obavljene su i tri posebne 96-časovne vojne vežbe, plus gađa-

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 2/1990.

nje u dnevnim uslovima radi demon-
striranja mogućnosti računara u siste-
mu za upravljanje vatrom da sadej-
stvuje neposredno sa radarom za loci-
ranje oruđa FIREFINDER, a drugi put
za ispitivanje neposrednog gađanja. Ba-
terija od četiri prototipa samohodne ha-
ubice iz programa HIP (M109A3E2) sa
četiri vozila za podršku M992 ispalila
je između 2.500 i 3.000 metaka u toku
17 dana.

Međutim, kada se vatra otvara iz
pokreta, ispitne haubice su pokazale da
su četiri ili pet puta brže od kontrolne
grupe samohodnih haubica M109A2 i
— A3. Uslov je da posada samohodne
haubice u pokretu bude u stanju da se
zaustavi i otvori vatru za 75 s od tre-
nutka dobijanja naređenja za otvara-
nje vatre. Ispitne posade su uspele da
ispune ovaj uslov krajem poslednje voj-
ne vežbe. Srednja preciznost gađanja



Prototip haubice M109A3E2 po programu HIP. Iza haubice je vozilo za dotur municije M992 FAASV

U punom borbenom položaju sa 39 metaka, prototip haubice ima masu od 29.098 kg, što se razlikuje od podatka navedenog u publikaciji za samohodnu haubicu M109A6 (28,350 kg). To isto važi i za daljinu krstarenja od 311 km, dok je u publikaciji naveden podatak 405 km. Kada se nalaze na stalnom vatre-
nom položaju, haubice iz programa HIP uspešno otvaraju vatru na 30 s od trenutka primanja naređenja za otva-
ranje vatre, mada se performanse hau-
bica HIP u tim uslovima, u stvari, raz-
likuju od standardnih haubica M109A2
i — A3. Ove poslednje nemaju ugrađe-
na računarska sredstva, pa zbog toga
elemente azimuta i visine dobijaju u
prethodno proračunatom obliku od ko-
mandnog mesta baterije ili voda.

bila je bolja nego kod standardnih sa-
mohodnih haubica M109.

Uglavnom, ova ispitivanja su poka-
zala da i HIP haubice i četvoročlane
posade mogu da izvrše sve zadatke.
Vojnici su bili zadovoljni novim samo-
hodnim haubicama, ali ne i vozilima za
podršku FAASV. Svaka samohodna ha-
ubica je u stanju da dejstvuje samo-
stalno, ali je na osnovu ispitivanja zak-
ljučeno da je »poluautonomni« režim
poželjniji. U tim uslovima haubice iz-
laze na vatrene položaj u parovima, a
oni su na međusobnom rastojanju od
oko 1.000 m. Same haubice u jednom
paru su međusobno razmaknute za oko
300 m, a po potrebi do 50 m minimalno,
radi održavanja međusobne vidljivosti
ukoliko to diktiraju građevine, zemljiš-

te ili rastinje. Ovakav aranžman obezbeđuje da se u slučaju otkaza sistema za upravljanje vatrom i navigaciju u jednom vozilu koristi sistem iz drugog vozila, a i mogućnost objedinjavanja rezervnog ljudstva i zaliha municije u odgovarajuća vozila za podršku FAASV.

Još se razvija tehnika korišćenja vozila za podršku FAASV, ali je već zaključeno da taktika haubica iz programa HIP »pucaj i vozi dalje« neće omogućiti vozilima podrške FAASV da posebno budu vezana za određenu samohodnu haubicu. Kako su projektovana za opsluživanje bilo haubica M109, bilo M110 (203 mm), vozila za podršku FAASV nisu potpuno optimizirana za taktiku obavljanja zadatka samohodnih haubica iz programa HIP, jer je kod njih mnogo veći obim rukovanja municijom. U toku ispitivanja, vod od 36 vojnika trebalo je da prenese oko 39.463 kg municije, tri puta dnevno. Svaka haubica je dnevno ispaljivala prosečno 210 metaka, što je zahtevalo da se popuna borbenog kompleta municije vrši više od pet puta dnevno.

Problemi koje treba dalje rešavati

Mada je posluga uspešno obavljala svoje zadatke, konfiguracija vozila za podršku samohodnih haubica FAASV u sadašnjem stanju je uzrok poteškoća i u istovarnoj i u pretovarnoj fazi ciklusa dopunjavanja municijom. Kada treba utovariti municiju na vodnoj stanici za snabdevanje municijom, gde municiju dovoze 10-tonski kamioni (8 × 8) M977 HEMTT, petočlana posada vozila za podršku FAASV treba ponovo da napuni municijske stelaže na taj način što će na zemlji razvezati palete sa municijom i jedan po jedan metak unositi u zadnji deo vozila. Pokazalo se da je suviše spora mehanička dizalica — sлагаč X-Y, koja je prvobitno ugrađena na vozilo FAASV za olakšavanje postavljanja težih projektila 203 mm u sačaste stelaže. Zbog toga je

posada više volela da slaže lakše metke 155 mm (43 kg) isključivo ručno. Takođe je predloženo da se demontira dizalica-sлагаč X-Y, a i tri od osam sedišta u zadnjem delu vozila za podršku FAASV, za veću posadu za opsluživanje haubice M110. Na taj način oslobodio bi se prostor za dodatne stelaže. Takođe je utvrđeno da postojeći sistem za privezivanje metaka nije adekvatan za slaganje punjenja M119 i M203 koje ispaljuju haubice iz programa HIP i da su potrebna veća bočna utovarna vrata.

Do izražaja je došlo odsustvo glomaznog prenosnog sistema između vozila FAASV i haubice HIP, a neformalno se razmatraju metode modularizacije municije, kako bi se unosila u haubicu kroz zadnji deo kupole. Zaključeno je da će kao standard u serijskoj proizvodnji M109A6 biti automatski punjač firme »Sondertechnik« koji je već standardni elemenat izraelske varijante haubice HIP (M109A1C). Ova izraelska haubica takođe ima i automatski punjač kapisli. Uprkos potrebi brojnih izmena i modifikacija na vozilu za podršku FAASV, njegova korisnost ne dolazi u pitanje, kao i potreba da se izvrši zamena neoklopljenih vozila za dotur municije M548 ograničene nosivosti, koja se još nalaze u mnogim divizionima haubica M109.

Ostaje još dosta stvari koje bi trebalo poboljšati. Tako su analizatori početne brzine standardna oprema u drugim važnijim oružanim snagama NATO, ali nisu još predviđeni za haubice HIP. Iznenađuje činjenica da je većina samohodnih haubica M109 u KoV SAD bez radio-stanica, a to važi i za njihova vozila za dotur municije. Izuzetak su samo samohodne haubice koje se nalaze u Nemačkoj, a koje imaju džepne radio-stanice AN/PRC-68 (VHF), adaptirane za ugradnju u vozila sa kratkim dometom. HIP haubice na ispitivanju i njihova prateća vozila bila su opremljena VHF radio-stanicama nove generacije sa frekventnim skakanjem, pa se predviđa da će se ovakav aranžman ko-

ristiti i u operativnim divizionima. Anomaliju predstavlja i to što prateća vozila FAASV nemaju ugrađen uređaj za kopnenu navigaciju, mada se zna da će u budućnosti ova prateća vozila dejstvovati nezavisnije od haubica koje podržavaju i biti u stanju da se sa njima sastanu na svakom zemljištu preko celog dana.

Administrativno-pozadinski problemi na bojištu

U uslovima rastresitog rasporeda HIP-haubica i brzog dejstvovanja smanjenog broja posade jasno je da komandir voda samohodnih haubica (obično poručnik) mora da bude dobro verziran u taktičkom upravljanju vatrom, rukovođenju ljudima i kontroli snabdevanja. Administrativno-pozadinski problemi su još jedna oblast u kojoj treba dosta raditi.

Razmeštaj voda samohodnih haubica na većem geografskom prostoru otežava i podelu sledovanja hrane, pa se može desiti da posade prime samo jedan obrok dnevno. Planirano je da ljudstvo voda spava dnevno šest časova, ali je u stvarnosti to samo četiri časa i manje. Mada se to može postići izvođenjem samohodnih haubica iz dejstva, tada bi jačina voda bila tri umesto četiri oruđa u datom trenutku. Tako stvoreno »rezervno vreme« iskoristilo bi se za obavljanje radova na održavanju vozila i na dežuranje, dok bi pojedine posade bile zadužene za sopstvenu odbranu i odbranu svojih vozila, čak i u uslovima odobrenog vremena za spavanje.

Razvoj izraelske verzije haubice HIP

Razvoj izraelske verzije samohodne haubice M109A1C kreće se paralelno sa razvojem M109A6. Umesto američkog sistema za određivanje položaja i navigaciju MAPS i za upravljanje va-

trom AFCS, Izraelci ispituju domaći unapređeni sistem za upravljanje vatrom HAFCS. Sastoji se od centralnog računara na bazi dva mikroprocesora »Intel 8086« integrisanih sa sistemom za vezu komandirovih displeja za navigaciju i nišanje i temperaturu raznih senzora (početne brzine, temperature cevi) i izvora napajanja.

Uređaj komandira sastoji se od elektroluminiscentnog displeja, 23 dirke i tri poluzna prekidača. Displej nišandžije daje mu podatke o navigaciji i nišanjenju. Displej temperature pokazuje podatak o temperaturi cevi, bilo u alfa-numeričkom obliku, bilo pomoću tri prigušene svetlosti koje pokazuju temperaturni opseg. Relevantni podatak dobija se preko jednog merača ugrađenog u kolvku topa. Jedan blizinski senzor, postavljen blizu zatvarača, daje podatak o kretanju topa pri trzanju i automatski »obaveštava« centralni računar da je obavljeno ispaljivanje metka.

Osnovna razlika između američkog i izraelskog sistema je u tome što je izraelski (HAFCS) zasnovan na konvencionalnom žiroskopskom (a ne prstenastom laserskom) navigacijskom referentnom uređaju i nema sposobnost integralnog balističkog proračunavanja. On takođe radi i kao digitalni terminal za vezu sa centrom za upravljanje vatrom i automatski pokazuje i prenosi podatke o položaju oruđa i nišanjenju, a takođe i podatke o početnoj brzini, stanju municije i performansama gađanja preko radio-stanice haubice (AN/VRC-53).

Pored toga, on prima podatke za nišanje i otvaranje vatre. Podaci za nišanje ne prikazuju se u obliku uglova za elevaciju i azimut, već sistem HAFCS automatski upoređuje potreban azimut i elevaciju sa stvarnim uglovima oruđa i pokazuje odstupanje od određenih uglova na displejima komandira i nišandžije.

Obično osvetljene strelice gore-dole i levo-desno označavaju pravac u koji treba da bude pomerena cev oruđa.

Sijalice »spremno« pale se kada je cev pravilno usmerena, što obezbeđuje preciznost od ± 1 mrad po azimutu i $\pm 0,5$ mrad po elevaciji.

Na maršu inercijalni uređaj služi kao pomoć pri navigaciji. Koordinate predviđenog odredišta uvode se u sistem koji tada pokazuje da li treba kretati levo ili desno i preostalu daljinu koju treba prevaliti.

P. M.

Novi top »BISON« kao deo modernizovane švajcarske artiljerije*

Švajcarska zasniva svoju odbranu na stalnim utvrđenjima, ali je većina topova u ovim utvrđenjima ugrađena krajem drugog svetskog rata, pa je potrebna ili njihova modernizacija, ili zamenjena, kako bi zaustavili i odbili eventualnog napadača.

Na osnovu tradicionalne švajcarske politike nabavke naoružanja problem modernizacije nije razmatran jednostrano od slučaja do slučaja, već principijelno o svim potrebama buduće artiljerije. Neki stručnjaci davali su prednost raketnoj artiljeriji, ali je ovu opciju odbilo ministarstvo odbrane zbog visokih cena.

Na jednom seminaru u švajcarskom generalštabu pokrenuto je pitanje zamenjenosti svih tvrđavskih (stabilnih) oruđa samohodnim artiljerijskim oruđima, kao što je samohodna haubica M109 155 mm. Zaključeno je da oba rešenja imaju svoja preimućstva i više su komplementarna nego alternativna.

Pokretni artiljerijski sistemi očevidno imaju svoja preimućstva sa aspekta pokretljivosti i brzog razmeštaja, čime im se poboljšava verovatnoća opstanka, obezbeđuju vatru velike gus-

tine i imaju neograničeni rejon efikasnosti. Pristalice tvrđavske artiljerije navode da su joj preimućstva u brojnom stanju i dobroj zaštićenosti od klasičnih i nuklearnih udara, decentralizovani razmeštaj oruđa, municije i materijala, trenutna spremnost u slučaju mobilizacije i dobre tehničke mogućnosti ljudstva.

Kako modernizacija postojećih tvrđavskih instalacija ne bi bila rentabilna, zaključen je ugovor sa federalnom fabrikom naoružanja (K+W) za razvoj nove generacije artiljerijskih sistema pod nazivom BISON. Taktičko-tehnički uslovi za novi top, pored drugih, bili su i kraće vreme za reagovanje, mogućnost dejstvovanja u svim vremenskim uslovima, bolje performanse, veći domet (preko 30 km) i međusobna zamenljivost sa municijom postojećih haubica M109 sa aspekta cene i logistike. Zbog toga je K+W konstruisala potpuno novi tip topa 155 mm dužine cevi 52 kalibra, koji je zasnovan na proverenoj haubici M109, koja je dokazala svoje vrednosti. Radi smanjivanja habanja cevi, cev topa BISON je hromirana celom dužinom. Hromiranje je zahtevalo izmenu profila oluka, smanjen je ugao uvijanja oluka (standardni ugao u NATO je 9°), kako bi se obezbedila funkcionalna pouzdanost svih metaka i upaljača pri velikim početnim brzinama. Za sada nije planirana nikakva gasna kočnica za top BISON, a željena početna brzina je blizu 1.000 m/s.

Pogonska punjenja za domet od preko 20 km konstruisana su u Švajcarskoj, dok su ostala pogonska punjenja i municija zajednička sa haubicama M109. Iz nove cevi dužine 52 kalibra ispaljeno je preko 3.000 metaka, a cev je ugrađena u samohodnu haubicu M109 koja je služila kao pokretno ispitno postolje. Performanse ovog ispitnog oruđa (domet, rasturanje i termalne karakteristike) uzete su u obzir za predlog K+W (kao privatni poduhvat), da se verzija cevi topa BISON koristi kao deo kompleta za modernizaciju samohodne haubice M109.

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 4/1990.

Švajcarske firme SIG i K+W konstruisale su sistem punjenja FLICK RAMMER modularne konstrukcije, podestan i za automatsko i za poluautomatsko punjenje samohodnih haubica, samohodnih topova i tvrđavskih topova. Zbog toga što postoje odgovarajuća modularna pogonska punjenja, K+W predlaže poluautomatsku verziju punjača za top BISON, koja se sastoji od automatskog punjenja projektila u ležište metka i ručnog punjenja pogonskog punjenja. Sa sistemom punjenja topa FLICK RAMMER, brzina gađanja topa će se znatno povećati, tako da će u rafalnom režimu tri metka moći biti ispaljena u toku 10 s, što odgovara međunarodnom standardu od 18 metaka/min. Sistem FLICK RAMMER ispitivan je pri temperaturama ispod -35°C .



Za prevazilaženje problema zagrevanja cevi, K+W predlaže vrlo jednostavni uređaj za hlađenje cevi topa BISON zasnovan na brzozabavljajućem zatvaraču i crevu protivpožarnog aparata, čime se postiže 90%-tno smanjivanje vremena hlađenja između dva napada brzom paljbom. Ovaj sistem ispitivan je operativno.

Godine 1987. obavljena su prva balistička ispitivanja topa BISON, a posle obavljanja svih ispitivanja top bi trebalo da uđe u naoružanje 1995. Mada se broj proizvedenih topova BISON za sada ne objavljuje, veruje se da će se nabaviti manje topova BISON od broja samohodnih haubica u KoV Švajcarske (preko 500) i da će opseg cene biti iz-

među 400 i 700 miliona švajcarskih franaka. Prestrojavanje celokupne tvrđavske artiljerije trebalo bi da se obavi pre kraja ovog veka. Na slici je prikazan top L52 BISON u nepokretnoj tvrđavskoj ispitnoj instalaciji. Vidi se topovski štiti koji ojačava oklopnu zaštitu.

Modernizacija samohodnih haubica M109

Okosnicu švajcarske artiljerije predstavlja brojna flota samohodnih haubica M109. K+W predlaže program modernizacije na bazi koncepcije topa BISON koji bi trebalo da obezbedi da se te haubice mogu i dalje suprotstavljati eventualnim napadačima. Sa naknadnom ugrađnjom cevi dužine 47 kalibara očekuje se da se dostigne povećanje dometa za oko 50%. Početna brzina sa punjenjem br. 9 bila bi 825 m/s sa dometom od 23 km ili 28 km sa projektilom na principu »base-bleed«. Sa punjenjem br. 10 početna brzina bila bi oko 900 m/s, domet običnog projektila 27 km, a projektila »base-bleed« oko 33 km. Za efikasan napad na brze pokretne ciljeve potrebna je veća brzina gađanja, koja bi trebalo da se postigne uvođenjem punjača FLICK RAMMER, pomoću kojeg bi se za 20 s moglo ispaliti 4 metka.

Smatra se da je smeštajni prostor za municiju u samohodnoj haubici za 28 metaka nedovoljan za različitu postojeću municiju, pa je firma K+W dodala kupoli zadnji izduženi deo, tako da je broj metaka povećan na 42. Ovaj dodatni smeštajni prostor za municiju odvojen je od borbenog odeljenja samohodne haubice pomoću kliznih vrata otpornih na eksploziju.

Zbog toga što smatra da je sadašnja oklopna zaštita nedovoljna za buduće borbene zadatke, K+W predlaže da se na samohodne haubice M109 postavi dodatni (appliqué) oklop koji bi trebalo dvostruko da poveća nivo zaštite od parčadi i znatno poboljša zaš-

titu od udara malih razbacujućih bombi. Cev oruđa dužine 47 kalibara imaće gasnu kočnicu, a iz praktičnih razloga ne nudi se duža cev od 52 kalibra, jer bi zbog svoje dužine (8,30 m) ometala kretanje kroz uske ulice švajcarskih sela, a uz to bi bilo potrebno ojačanje šasije i oslanjanja haubice M109. Stručnjaci K+W tvrde da je cev dužine 47 kalibara optimalno tehničko rešenje sa aspekta rentabilnosti. Sila trzanja je praktično neizmenjena, a elevaciona masa je samo 100 kg veća nego kod cevi standardne haubice M109. Takođe se tvrdi da su raniji problemi sa udarnim talasom na ustima cevi standardnog oruđa rešeni kod cevi dužine 47 kalibara. K+W nije predložila novi sistem za upravljanje vatrom, jer on može da uspori razvoj za nekoliko godina. Mada se smatra da je potpuni sistem za kopnenu navigaciju nepotreban u uslovima švajcarske topografije, ipak su ispitana dva različita sistema za navigaciju i određivanje položaja.

Dok je program razvoja topa BISON odobren, program modernizacije samohodne haubice M109 je samo predlog koji je podnet vladi u Bernu.

P. M.

Protivoklopna vođena oružja deo 2 — američki sistemi*

U VTG 2/1990. dat je pregled protivoklopnih vođenih oružja koja su razvijena u zemljama van SAD. Ovde će biti reč o sistemima razvijenim u SAD. Kao i u prvom pregledu, tako i u ovom govoriće se samo o onim protivoklopnim vođenim oružjima čiji je domet do 10 km.

Američki KoV i mornarička pešadija planiraju da modernizuju ili zamenе praktično sva pešadijska, motorizovana i helikopterska protivoklopna

vođena oružja u toku sledeće decenije. Vođeni protivoklopni projektil DRAGON dometa 1.000 m, sa komandnim vođenjem treba da bude zamenjen projektilom AAWS-M koji dejstvuje na principu »lansiraj pa zaboravi«, a domet mu je dvostruko veći od prethodnika. Planirana su dalja poboljšanja za vođeni projektil TOW, dometa 3.750 m, a zamena mu se vidi u projektilu koji dejstvuje kinetičkom energijom, a možda i AMS-H. Helikopter APACHE sa projektilom HELLFIRE biće modernizovan modifikacijom do standarda »Long bow« sa radarom za upravljanje vatrom u milimetarskom području i novom IC glavom za samonavođenje projektila.

Raketna komanda američkog KoV razvija AAWS-M (Advanced Antitank Weapon System — Medium). Ovaj projektil ima tandemsko kumulativno punjenje u bojnoj glavi, a profil leta mu je prilagođen za napad na gornju ploču oklopnog vozila. Upravljanje na putanji je komandovanje vektorom potiska, čime se obezbeđuju manevarske osobine za napad u poniranju na bliske ciljeve.

Američki KoV i mornarička pešadija planiraju da modifikuju oko 15.000 vođenih projektila DRAGON u DRAGON II koji bi se koristio u međuvremenu dok u naoružanje ne uđe AAWS-M. DRAGON II ima novu kumulativnu bojnu glavu koja poboljšava probijanje valjanog homogenog oklopa za 85%. KoV Holandije već je naručio 4.845 kompleta za modifikaciju DRAGON u DRAGON II u svome arsenalu.

Američke oružane snage ne namestavaju da nastave razvoj DRAGON III sa većim dometom (1.500 m), bržim projektilom i novim dnevno-noćnim nišanom. Vode se razgovori o prodaji 30.000 projektila hibridnog sistema DRAGON II — PLUS Egiptu. Ovaj sistem kombinuje projektil DRAGON III koji preleti daljinu od 1.500 m za 8,8 s (raniji modeli 1.000 m prelete za 11,2 s), sa daljim poboljšanjem bojne glave i poboljšanim traserom.

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 1/1990.

Teški protivoklopni vođeni projektili

Program razvoja protivoklopnog vođenog projektila AAWS-M u KoV SAD treba po performansama da dostigne jednog ili dva nasljednika TOW. KoV finansira komplementarne projekte, a ispitivanja u toku 1992—1994. daće rezultate, posle čega će se odabrati najbolje rešenje za finansiranje u drugoj polovini devedesetih godina.

Sada su najveći naponi koncentrisani na razvoj projektila KEM, koji dejstvuje zahvaljujući svojoj kinetičkoj energiji (Kinetic Energy Missile) sa vođenjem po laserskom snopu. Ovaj projektil ima probojno jezgro (penetrator) od teškog metala, leti brzinom od preko 1.500 m/s, a efikasni mu je domet preko 3.200 m. Izgleda da početna ispitivanja nisu bila uspešna, uglavnom zbog teškoće prolazjenja laserskog snopa za vođenje precizno kroz baklju izduvnih gasova raketnog motora projektila.

Projektil KEM je planiran kao oružje za protivoklopni sistem LOSAT (Line-Of-Sight Anti-Tank) koji je jedan od šest elemenata u kompletu za modernizaciju NFM. Pretpostavlja se da će borbeno vozilo pešadije M2/M3 BRADLEY biti privremeni nosač sistema LOSAT, dok će se kasnije koristiti teška nova šasija za HFM.

KoV SAD takođe finansira program unapređenog teškog sistema AMS-H (Advanced Missile System — Heavy) za slučaj da program KEM zakaže, a takođe kao potencijalni nasljednik za TOW u ulozi oružja sa grupnom poslugom. Od AMS-H se traži da bude kompatibilan sa lanserom za TOW radi uštede investicija od oko 15.000 miliona dolara za približno 16.000 platformi TOW u američkom arsenalu, a ukupno 20.000 do 25.000 širom sveta.

Osnovno preimućstvo AMS-H u odnosu na TOW je dejstvo po principu »lansiraj-pa zaboravi«. Oba projektila imaju isti prečnik (15,25 cm) i domet od oko 5 km. Antenske rešetke glava za

samonavođenje imaju 128×128 elemenata, pa je i moć razlaganja slike (rezolucija) dva puta bolja nego kod AAWS-M.

AMS-H bi mogao da ima vezu za prenos komandi preko optičkog vlakna kao rezervnu, koja bi mogla da omogućiti sinhronizovano praćenje cilja (»hvatanje cilja») posle lansiranja u teškim meteorološkim uslovima.

TOW

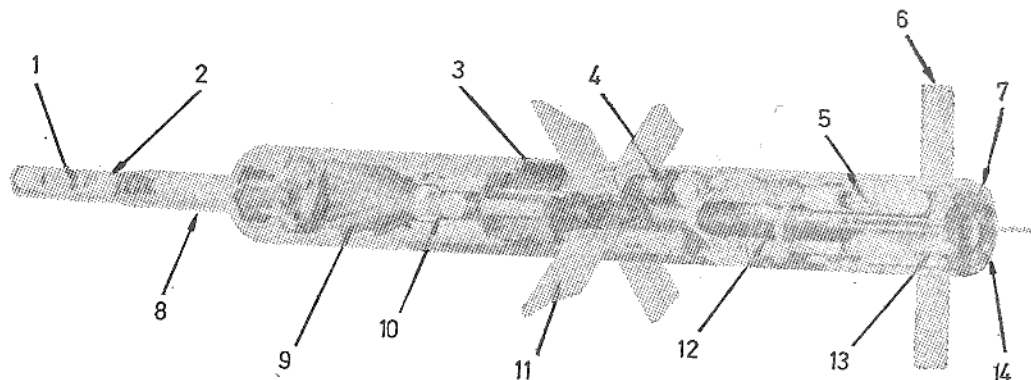
U međuvremenu, protivoklopni vođeni projektil TOW evoluirao je u tolikoj meri da se sasvim razlikuje od onog projektila TOW koji je prvi put lansirao 1970. Do novembra 1989. proizvedeno je 500.000 projektila, a sadašnja verzija je BGM-71E TOW 2A (sl. 1). Ova varijanta ima sada izvlačuću nosnu sondu sa čeonim eksplozivnim punjenjem čiji je zadatak da aktivira ploče reaktivnog oklopa vozila — cilja, elektronsko programiranje sekvenci dejstva, zatim određuje trenutak kada treba da eksplodira osnovno punjenje projektila posle optimalnog usporenja. Takođe je modifikovana software oprema lansera.

Ovu varijantu već su počele da nabavljaju neke zemlje. Pored firme »Hughes Aircraft«, proizvodnjom TOW 2 bavi se i firma »McDonnell Douglas«, koja će u toku 23 meseca izraditi i isporučiti 300 projektila, a postoji mogućnost narudžbine još 3.000 projektila za KoV SAD. Ova količina bi se izradila u roku od 26 meseci posle narudžbine.

Firma »Hughes Aircraft« sada radi na razvoju varijante BGM-71F TOW 2B (sl. 2) sa modifikacijama koje bi trebalo da obezbede uništenje savremenih tenkova. Biće izmenjen profil leta projektila od profila za neposredni čeon napad do profila za napad u gornju ploču oklopnog vozila. Usvojeni su penetratori koji se formiraju pri eksploziji, jer su otporniji od kumulativnog mlaza na dejstvo reaktivnog eksplozivnog oklopa. Dvostruke bojne glave sa jezgri-

na koja se formiraju pri eksploziji nisu paralelne, tako da imaju dva nezavisna udarna pravca. Ima aktivni laserski blizinski upaljač, koristi novi program

Razvoj TOW 2B je započeo septembra 1987, a prve isporuke trebalo bi da budu aprila 1991. TOW 2B se pre smatra programom poboljšanja u toku



Sl. 1 Shematski prikaz vođenog projektila BGM-71E TOW 2A:

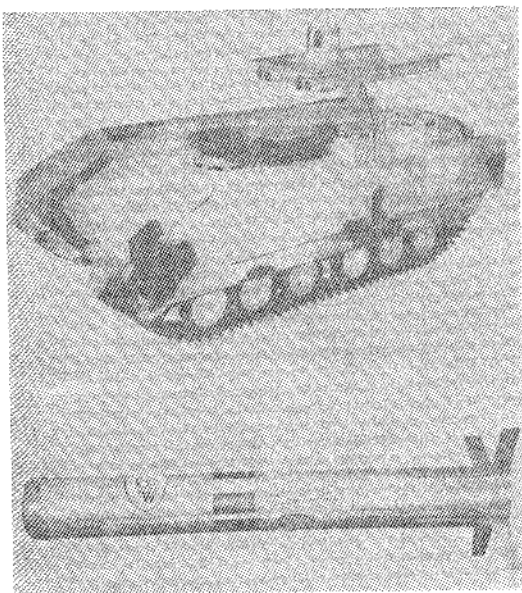
1 — bojna glava za neutralisanje reaktivnog oklopa tenka; 2 — uređaj za osiguranje i armiranje; 3 — pogonski motor; 4 — žiroskop; 5 — Elektronski uređaj fara; 6 — komandne površine; 7 — toplotni far; 8 — izvlačeća sonda; 9 — glavna bojna glava; 10 — uređaj za osiguranje i armiranje; 11 — krilo; 12 — motor za lansiranje; 13 — namotaj žice; 14 — ksenonski far

za vođenje koji se automatski inicira čim se projektil stavi u lanser. Nišandžija postavlja krst končica na cilj na normalan način, a projektilom se automatski komanduje da leti na tačnoj visini iznad linije nišanjeja.

proizvodnje nego kao novi projektil. Očekuje se da će se u početku nastaviti paralelna proizvodnja TOW 2A i TOW 2B, a postepeno će se dati prednost TOW 2B.

Projektilom TOW 2B američki KoV će naoružati svoje kopnene snage, a takođe i helikoptere AH-1 sa nišanskim sistemom C-NITE. Helikopteri mornaričke pešadije nemaju ovaj nišanski sistem, pa će projektilima TOW 2B biti naoružane samo kopnene snage. Celokupnu proizvodnju projektila TOW 2B u toku prve dve ili tri godine primiće KoV SAD.

Razmatraju se mogućnosti daljeg razvoja TOW, a verovatno će prva modifikacija biti zamena sadašnjeg noćnog nišana nišanom FLIR druge generacije sa antenskom rešetkom u fokalnoj ravni. Time će se udvostručiti daljina prepoznavanja, koja bi tako dostigla i do met projektila. Domet bi mogao da bude povećan, brzina leta takođe povećana kombinacijom tela projektila sa malim čeonim otporom i novog raketnog motora.



Sl. 2 Varijanta BGM-71F TOW 2B

Dalja poboljšanja bojne glave mogla bi se relativno lako sprovesti, jer je rekonstrukcijom TOW 2B ostavljen ceo prostor ispred raketnog motora za ubojna sredstva. Firma »Hughes« već je demonstrirala bežičnu komandnu vezu WCL (Wireless Command Link) i automatsko praćenje, čime bi se omogućilo višestruko jednovremeno napadanje ciljeva.

HELLFIRE

Projektil vazduh-zemlja sa laserskim vođenjem HELLFIRE je naoružanje helikoptera AH-64 APACHE i OH-58D. Ovim projektilom su, takođe, naoružani helikopteri mornaričke pešadije SAD AH-1J i AH-1W SUPER COBRA, a integrisan je i u helikopteru UH-60 BLACK HAWK.

Proučava se dalji razvoj projektila HELLFIRE po konceptu KoV SAD »modernizacija po trećinama«. Tu se radi o modernizaciji postojećih projektila za borbu protiv ciljeva u zadnjoj deceniji ovog veka. Daljim poboljšanjima omogućilo bi se njihovo korišćenje u sledećem veku. Dve američke firme proučavaju mogućnost daljih poboljšanja za naredne projekte (Blok III). Proučava se dalje poboljšanje bojne glave, nova glava za samonavođenje sa poboljšanom otpornošću na elektronska protivdejstva, smanjivanje dimenzija i mase i smanjivanje proizvodne cene.

Razvijena je tehnologija antenske rešetke u fokalnoj ravni, koja će omogućiti da projektil HELLFIRE dobije termovizijsku glavu za samonavođenje.

Međutim, KoV SAD je odabran da nastavi razvoj projektila HELLFIRE sa visokofrekventnom bojnou glavom u milimetarskom talasnom području. Američko RV i firma »Martin Marietta« zajednički razvijaju sistem »Longbow« koji se sastoji od radara za upravljanje vatrom u milimetarskom talasnom području, ugrađenom na jarbolu i projektila HELLFIRE (na principu »lansiraj-pa zaboravi«) sa visokofrek-

ventnim glavama za samonavođenje. Ovaj radar namenjen je da otkriva i locira kamione, tenkove, protivavionske jedinice i ciljeve u vazdušnom prostoru, da ih automatski svrsta po prioritetu i preda ih visokofrekventnim glavama za samonavođenje projektila. Program »Longbow Apache« namenjen je da helikopterima AH-64 poboljša efikasnost na bojištu skoro desetostruko, na taj način što će biti povećana daljina akvizicije ciljeva (hvatanja i određivanja parametara), tako da će se napadi moći obavljati u svim vremenskim uslovima, a vreme izlaganja helikoptera sredstvima protivničke PVO će se smanjiti.

Prototipovi radara ispitani su pomoću dva modifikovana helikoptera APACHE u toku 41-mesečne faze dokazivanja principa.

Firma »Rockwell« sada razmatra primenu projektila HELLFIRE sa zemlje radi održavanja proizvodnje od 200.000 do 300.000 komada. Kopnena vojska SAD ocenski isputije rasprskavanjuću bojnou glavu koju su Šveđani konstruisali za njihove raketne vođene projekte RBS17. Ista firma dodatno sarađuje sa firmom »Emerson Electric« na programu kopnene verzije HELLFIRE GLH-H (Ground-Launched Hellfire — Heavy) kojim bi se omogućilo naoružavanje vozila M113, BRADLEY i LAV sa po osam projektila ispod oklopa. Vatrene ispitivanja principa obaviće se pomoću vozila M113.

P. M.

Električna transmisija za tenkove*

Kao novost mogla bi da zvuči ideja da se u tenkove ugradi električna transmisija. Međutim, ta je ideja stara koliko su stari i sami tenkovi. Neki od najranijih tenkova već su imali elek-

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 2/1990.

tričnu transmisiju. Od tada je prošlo 75 godine i u tom periodu samo nekoliko tenkova je imalo električnu transmisiju koja se nije pokazala uspešnom. Zbog toga su stručnjaci ovu transmisiju prestali da smatraju mogućom alternativom mehaničkoj ili hidromehaničkoj transmisiji.

Međutim, situacija se menja i pojavili su se novi razlozi za razmatranje korišćenja električne transmisije za tenkove. Ovi razlozi su sasvim različiti od onih koji su motivisali ranije korišćenje ove transmisije. Pored toga, sadašnja dostignuća u elektrotehnici dovela su do razvoja novih komponenata i sistema transmisije, koji se potpuno razlikuju od onih koji su korišćeni u prošlosti, ali nisu davali povoljne rezultate.

Dvojaki su bili razlozi za prvobitno korišćenje električnih transmisija. Prvi razlog bio je što je kombinacija generatora istosmerne struje i motora istosmerne struje (koja je razvijena pre nego što je bio konstruisan prvi tenk u svetu a bila je namenjena obezbeđivanju vuče) obezbeđivala podesan metod pogona gusenica i progresivnog upravljanja pravcem kretanja, a imala je i odgovarajuće karakteristike obrtnog momenta i brzine. Drugi razlog bio je nedostatak odgovarajućih alternativnih mehaničkih transmisija, posebno za tenkove.

Zbog toga je za drugi francuski tenk koji je ikada bio izrađen, »St. Shamond« (od 1916—1918. izrađeno je 400 tenkova) bila usvojena električna transmisija. Ona se sastojala od DC generatora (generatora istosmerne struje) koji je pokretao jedan motor i od motora istosmerne struje za svaki pogonski točak. Slične DC električne transmisije bile su isprobane 1917. u jednom ili dva britanska teška tenka MARK IV, a takođe su usvojene za dva superteška (148 t) tenka WAGEN, koji su konstruisani u Nemačkoj 1918, ali nikad nisu dovršeni.

Jedini tenkovi u naoružanju sa električnim transmisijama u toku sle-

deće dve decenije bili su francuski teški tenkovi 2C od 69 t, koji su konstruisani 1918. Od njih je 10 izrađeno i ostali su u naoružanju do 1940.

U toku drugog svetskog rata došlo je do obnavljanja interesovanja za korišćenje električnih transmisija za teške tenkove. Primer za to je teški britanski tenk TOG od 63,5 t, izgrađen 1940. Tu se može ubrojiti i neuspešna Poršeova alternativa nemačkog teškog tenka TIGER 1, koja je na kraju preobraćena u teški samohodni protivtenkovski top FERDINAND 88 mm ili ELEFANT. Bilo ih je izrađeno 90 i oni su još jedina oklopna vozila sa električnim transmisijama, koja su korišćena posle francuskih tenkova ST. SHAMOND iz prvog svetskog rata.

Električne transmisije su, takođe, korišćene i kod dva prototipa superteških nemačkih tenkova od 188 t MAUS koji su izrađeni u Nemačkoj 1943—1944. Godine 1943. američka firma »General Electric« konstruisala je električnu transmisiju koja je ugrađena u prototip teškog tenka T1E1, a sličnu transmisiju su koristili u SAD za srednji tenk T23, od kojih je izrađeno 250 pri kraju drugog svetskog rata, ali nikad nisu ušli u naoružanje.

Kao i svi raniji tenkovi, i T23 imao je potpunu DC transmisiju. On je bio u najvišem razvojnom stanju, ali je ipak suviše težak, neefikasan i skup.

Od tada pa do 1961. opao je interes za električne transmisije za tenkove, kada je firma »General Electric« predložila američkoj KoV da je koristi za tenkove. Od tada su se pojavili novi tipovi električnih transmisija, pa je to bio razlog za njihovu upotrebu u obliku gasno-turbinskih motora, koji su se pokazali efikasnijim za rad električnih transmisija.

Najjednostavniji tip novih transmisija i sada ima DC redni motor za pokretanje svake gusenice. Međutim, DC generator iz ranijih transmisija sada je zamenjen kombinacijom alterna-

tora sa ispravljačem. Transmisija ovog tipa sada je ugrađena u Belgiji u modifikovani laki tenk M24. Posle toga ista firma (ACEC) konstruisala je i izradila laki oklopni transporter na gusenicama COBRA (vidi sliku) sa ovakvom transmisijom. Mada COBRA nije prvo oklopno vozilo u svetu sa električnom transmisijom (kako se reklamira), ona je prvo takvo vozilo izrađeno posle drugog svetskog rata.

U stvari, veličina motora, koji, takođe, mogu da dejstvuju kao generatori i da energiju koja se regeneriše prilikom upravljanja (promene pravca) prenesu sa unutrašnje na spoljašnju gusenicu, dovela je do široko usvojenog mišljenja da bi buduća transmisija trebalo da bude pre elektro-mehanička nego potpuna električna. U tu svrhu trebalo bi dodati vratilo koje će spajati bočne prenose radi prenošenja regenerisane



Jedno od prototipova oklopnog transportera na gusenicama COBRA sa električnom transmisijom

Poslednjih godina mnogo se radi na privlačenju interesovanja za električne transmisije, posebno naglašavanjem njihovih preimućstava. Tu spada smeštaj vrlo kompaktnog sklopa motora i pljosnatog alternatora u prednjem delu vozila i motora u zadnjem delu, ispod klupa u odeljenju za posadu. Međutim, uredna i odvojena instalacija alternatora i motora u vozilu COBRA može da dovede u zabunu, jer je postignuta delimično na račun regenerativnog upravljanja smerom kretanja. Ukoliko to bude usvojeno, motori bi trebalo da dejstvuju kao generatori i da budu veći.

energije mehaničkim putem sa jedne na drugu gusenicu. Zbog toga bi električni motori mogli da budu manji i ne bi dolazilo do gubitaka energije prilikom konverzije iz mehaničkog u električni oblik i ponovo u mehanički.

U tom slučaju sistem vozila COBRA za okretanje na malom prostoru treba samo da energiju iz alternatora usmeri na spoljašnji električni motor, a zatim da aktivira kočnicu unutrašnje gusenice. To znači da vozilo COBRA ima ekvivalentni sistem upravljanja smerom vožnje sa kvačilom i kočnicom,

koji se još koristi kod nekih lakih vozila u njihovom mehaničkom obliku, ali koji je već duže vremena izbačen kao neodgovarajući za teža vozila.

U svakom slučaju, naizmenično-is-tosmerni (AC-DC) sistem vozila CO-BRA dobio je naslednika u savremenijim AC sistemima. Jedan od njih se sastoji od alternatora, ispravljača, invertora i kaveznihi indukcionih motora. Ovakav sistem bio je ugrađen krajem šezdesetih godina u SAD u oklopni transporter M113. Posle toga je ista firma (FMC) izradila još jedan sistem koji je ispitivan u člankastom vozilu na točkovima. Kod ovog sistema ispravljač i invertori bili su zamenjeni poluprovodničkim pretvaračima frekvencije ili ciklokonvertorima.

Nijedan od ova dva sistema nije usvojen, ali je oko 1980. bila predložena nova AC transmisija kod koje su korišćena najnovija dostignuća nauke i tehnike, na primer, motori sa stalnim magnetom od retke zemlje. Firma »Garrett« predložila je sistem koji još uvek koristi ispravljač i invertore, ali ima motore sa stalnim samarijum-kobaltnim magnetima. Firma »General Electric« predložila je kombinovani sistem sa sinhronim motorima i ciklokonvertorima.

Kasnije su se pojavili drugi alternatori i motori sa stalnim magnetima, a kod nekih motora korišćeni su neodijumsko-gvozdeni magneti.

Pored razvoja novih i efikasnijih komponenata nedavno su iskrslili novi razlozi za razmatranje korišćenja električnih transmisija. Konkretno, razvoj elektromagnetskih i elektrotermalnih topova, zajedno sa povećanim korišćenjem električnih pogona kupole tenka i drugih podsistema, doveo je do koncepta »potpuno električnih tenkova«. Drugi podstrek za razvoj električnih transmisija su robotizovana vozila za koje su električne transmisije posebno privlačne — zbog lakoće sa kojom se mogu komandovati.

Zaključak

Ne treba da čudi da dva vodeća američka proizvođača oklopnih vozila (»General Dynamics« i FMC) pokazuju veliko interesovanje za električne transmisije i nedavno su izradili eksperimentalna vozila sa električnim transmisijama. Dalji dokaz o interesovanju za električne transmisije bio je simpozijum u akademiji za kopnenu tehniku KoV SR Nemačke 1988, za koji je bilo opremljeno jedno vozilo MARDER sa električnom eksperimentalnom transmisijom. U Francuskoj je oformljena grupacija za izučavanje i realizaciju električnih transmisija, dok je firma »Marconi« u Velikoj Britaniji radila na studiji električnih transmisija.

P. M.

Automatski punjači tenkovskih topova*

Uvod

Strani vojni stručnjaci smatraju da, uprkos određenim dostignućima u razvoju elektromagnetskih topova i topova koji koriste tečno pogonsko gorivo (vidi VTG 3/1989. i 1/1990), njihovo uvođenje u naoružanje tenkova spada u dalju budućnost. U sadašnjoj fazi razvoja tenkovskog naoružanja, a i u bliskoj budućnosti, poboljšanje vatrene moći tenkova treba tražiti u usavršavanju klasičnih topova, naročito u povećanju kalibra i prelazu na topove sa glatkom cevi. Međutim, to će neizbežno dovesti do povećanja mase i dimenzija oklopnih vozila, pojaviće se problem smeštaja topovske municije u ograničenom prostoru borbenog odeljenja, a naročito problem punjenja topa municijom, jer će biti potrebno duže vreme za punjenje topa, naročito pri gađanju iz pokreta. Strani vojni stručnjaci po-

* Prema podacima iz časopisa „Техника и вооружение“, 3/1990.

lažu velike nade za rešavanje ovih problema ugradnjom automatskih punjača topa. Kako se ozbiljno radi na konstrukciji tenkova sa spolja ugrađenim topom, nemoguće je izostaviti automatske punjače topa.

Automatski punjači topova tenkova

Ugradnjom automatskog punjača znatno bi se povećala brzina gađanja, smanjile bi se dimenzije tenka i racionalnije bi se iskoristio prostor ispod oklopa za dodatnu zaštitu. Pored toga, omogućilo bi se povećanje borbenog kompleta gušćim i racionalnijim razmeštajem borbenog kompleta municije dvodelnog tipa, a povećao bi se i broj tipova metaka.

Zbog svega navedenog radi se na razvoju optimalnih varijanti konstrukcija i arhitektura automatskih punjača na osnovu sledećih taktičko-tehničkih uslova:

- punjenje topa mora da teče paralelno sa drugim operacijama pripreme za opaljenje;

- obavezni su rezervni uređaji za poluautomatsko ili ručno punjenje topa iz mehanizovanog borbenog kompleta;

- pri dovoljnoj zapremini borbenog kompleta municije dimenzije i mase elemenata sistema automatskog punjača moraju da budu minimalne;

- visoki stepen pouzdanosti i izdržljivosti (ne manji nego kod osnovnih elemenata sistema naoružanja tenka);

- kompatibilnost elemenata automatskog punjača sa drugim električnim i elektronskim sistemima tenka;

- ekonomična potrošnja električne energije;

- mogućnost utovara municije svih tipova iz vozila za prevoz i utovar municije, a da pri tome posada ne napušta tenk.

Ovi taktičko-tehnički uslovi mogu se realizovati u različitim konfiguracij-

skim i konstruktivnim shemama, kako samog punjača, tako i celog tenka. Iako nema jedinstvenog gledišta među stručnjacima po pitanju konfiguracije automatskih punjača, svi se slažu da sistem mora da ima blok memorije i uređaj za davanje informacije o količini i tipovima municije u mehanizovanom borbenom kompletu. Takođe se mora predvideti mogućnost izbora metka potrebnog tipa za konkretni cilj i njegovo dovođenje na liniju punjenja, a zatim potiskivanje metka u zadnjak topa. Pored toga, mora se predvideti udaljavaње nesagorelog dela čaure.

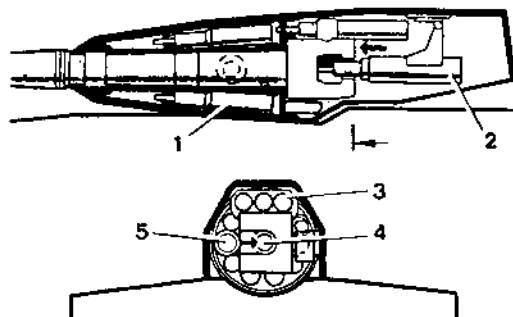
Sa aspekta smeštaja mehanizovanog borbenog kompleta municije u tenku izdvajaju se tri osnovne sheme automatskog punjača:

- u kupoli nepokretno u odnosu na top (u zadnjoj niši pokretnog dela kupole ili na istom postolju sa topom);

- u niši kupole, i

- u telu tenka.

Kada je mehanizovani borbeni komplet municije u kupoli, tada je to u vidu magacina tipa doboša (sl. 1) i može se obrtati u odnosu na top ili kollevku topa. Magacin izvodi metak na liniju punjenja, a izvlačenje metka iz doboša, dovođenje na liniju potiskivanja u zadnjak i samo potiskivanje obavlja se pomoću specijalnog manipulatora



Sl. 1 Shema automatskog punjača tenkovskog topa sa mehanizovanim borbenim kompletom municije tipa doboš:

1 — borbeni komplet municije; 2 — manipulator; 3 — granate; 4 — linija potiskivanja u zadnjak; 5 — linija punjenja topa

koji ima oblik cevi, pričvršćene za kupolu, sa mogućnošću horizontalnog pomeranja duž ose cevi pri izvlačenju metka iz magacina i okretanja u liniju potiskivanja u zadnjak. Pored toga, radi popunjavanja doboša, cev može da zauzme okomiti položaj u odnosu na uzdužnu osu tenka.

Preimущества ovakve sheme automatskog punjača su:

— relativno jednostavna konstrukcija;

— nije potrebno dovoditi top u ugao za punjenje, i

— stalna usaglašenost topa sa nišanskom linijom.

Ova shema ipak nije našla širu primenu zbog ozbiljnih nedostataka:

— potrebna je kupola većih dimenzija za smeštaj mehanizovanog borbenog kompleta municije i pokretanje (njihanje) topa;

— ograničen je ugao navođenja topa po visini;

— složeniji su uslovi stabilizacije zbog velike mase trzajućih delova topa, i

— sa utroškom municije iz borbenog kompleta narušava se uravnoteženost topa i kupole.

Perspektivnijim se smatraju automatski punjači po drugoj shemi. Tada je mehanizovani borbeni komplet obično smešten u zadnjoj niši kupole i izrađen je u obliku horizontalnog transportera sa žlebovima u kojima su smešteni projektili (granate) i pogonska punjenja sa sagorljivim čaurama. Žleb je u obliku cevi koja ima fiksatore za pričvršćivanje metka, dok mehanizam za potiskivanje metka u zadnjak ima lansirani potiskivač.

U jednoj varijanti ovakvog rešenja automatskog punjača tenkovskog topa postoje dva mehanizovana borbeno kompleta: prvi po redu i drugi po redu. Transporter borbenog kompleta prvog po redu smešten je horizontalno u zadnjoj niši kupole, a borbeni komplet

drugi po redu u telu tenka. Na trakama ovih transportera pričvršćene su kasete sa specijalnim hvatačima koji fiksiraju projektili i obezbeđuju njihovo izvlačenje pri punjenju topa. Transporter municije prve po redu izolovan je od borbenog odeljenja tenka specijalnim pregradama, a municija se u njemu razmešta paralelno uzdužnoj osi kupole vrhovima unutar kupole ili u suprotnom smeru.

Prilikom orijentisanja granata u stranu suprotnu od borbenog odeljenja, izolovani odsek sa borbenim kompletom municije prve po redu ima specijalni uređaj koji u slučaju ekspozicije borbenog kompleta obezbeđuje neposrednu vezu sa atmosferom za smanjivanje natpritiska. Ovakva konstrukcija obezbeđuje sigurnost posade tenka u slučaju pogađanja municije prve po redu.

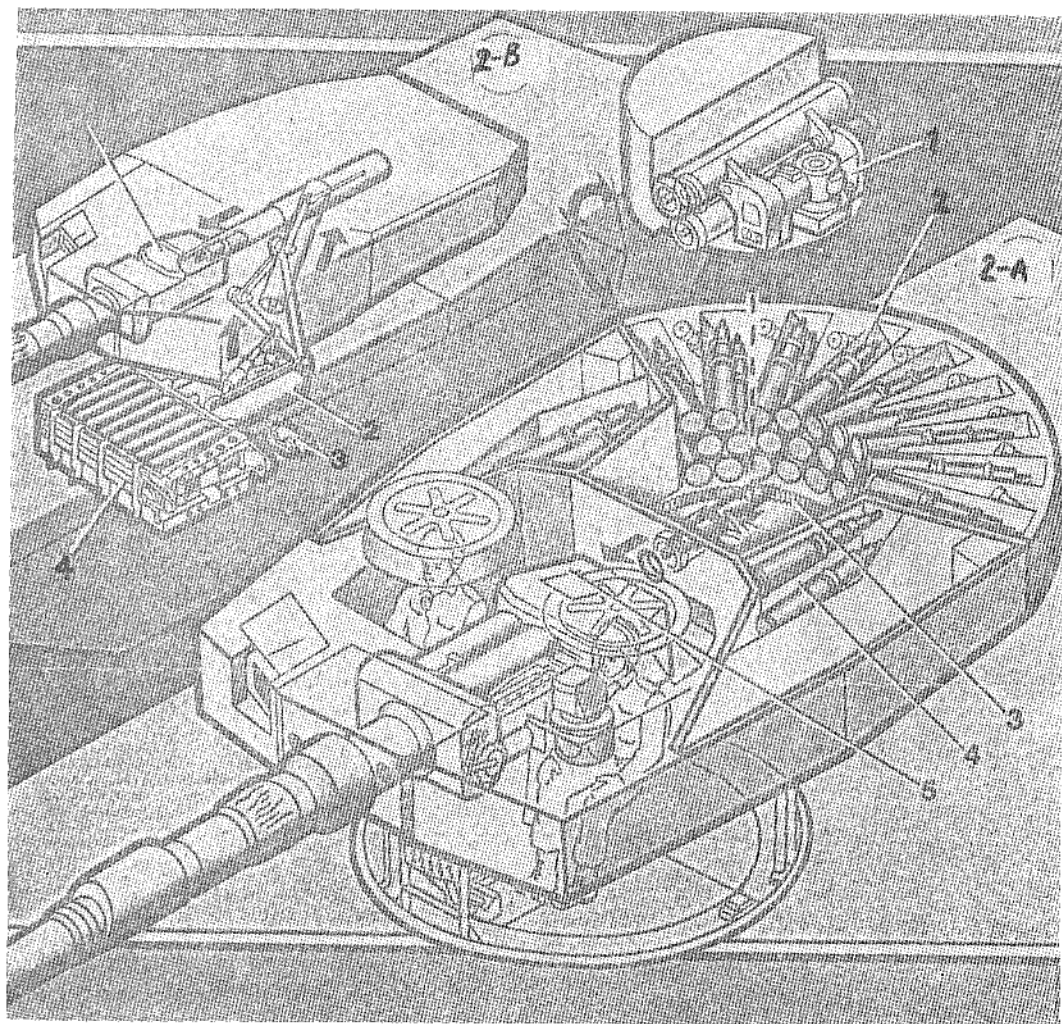
U tom slučaju automatsko punjenje topa može da bude samo iz borbenog kompleta prvog po redu. Borbeni komplet drugi po redu smešten je na transporteru u telu tenka i njegova municija se koristi za dopunjavanje transportera u niši kupole ili, po potrebi, za ručno punjenje topa.

Stručnjaci smatraju da činjenica što se i zadnjak topa i mehanizovani borbeni komplet nalaze na istom nivou (linija punjenja i linija potiskivanja u cev podudaraju se) stvara dobre uslove za korišćenje jednostavnih objedinjenih mehanizama za dovodenje i potiskivanje metka u cev.

Može se izraditi sličan manipulator koji bi u obliku cevi povezivao zadnjak cevi sa mehanizovanim borbenim kompletom u periodu ciklusa punjenja topa, kada se top automatski dovodi u ugao za punjenje. Zatim se otvaraju pregrade i manipulator, zauzevši svoj radni položaj, izvlači metak iz kasete i potiskuje ga u ležište u cevi. Kada se završi zatvarač topa, manipulator se spušta u polazni položaj, pregrade borbenog kompleta se zatvaraju, a top se vraća u nišansku liniju.

Da bi se metak orijentisao glavom u stranu suprotnu borbenom odeljenju tenka, manipulator se izrađuje u obliku obrtnog stola (sl. 2-A) i u tom slučaju, posle izvlačenja iz kasete, manipulator zaokreće metak i dovodi ga na liniju za potiskivanje u zadnjak glavom napred.

Postoje i druga konstruktivna rešenja. U niši kupole smeštena su dva trakasta transportera i svaki od njih može da dodaje potrebnu granatu u manipulator koji je pričvršćen za pregradu koja deli borbeno odeljenje tenka od borbenog kompleta municije. Mani-



Sl. 2:

2-A Automat punjenja topa sa smeštajem borbenog kompleta municije u kupoli tenka:

- 1 — mehanizam izvlačenja, donošenja i potiskivanja granate; 2 — municija prva po redu;
3 — zupčasti sektor; 4 — municija druga po redu; 5 — zadnjak topa

2-B Automatski punjač sa smeštajem mehanizovanog borbenog kompleta municije u telu tenka:

- 1 — zadnjak topa; 2 — manipulator sa vodicom i teleskopskom polugom; 3 — hidraulična pumpa; 4 — konvejer mehanizovanog borbenog kompleta municije

pulator izvlači, zaokreće granatu glavom napred u stranu zadnjaka topa i potiskuje je u ležište metka.

Po drugim koncepcijama predlaže se smeštaj automatskih punjača, tako što će borbeni komplet municije prvi po redu biti u niši kupole pod uglom prema njenoj uzdužnoj osi u obliku »riblje kosti« ili »lepeze«. Takav smeštaj omogućuje racionalnije korišćenje zapremine niše kupole, ali u izvesnoj meri komplikuje konstrukciju mehanizma donošenja metaka.

U odnosu na automatske punjače po prvoj shemi ova varijanta ima svoja preimущества:

- pogodni uslovi za stabilizaciju topa;

- jednostavna putanja donošenja municije na liniju potiskivanja u cev;

- dovoljno pouzdana zaštita posade tenka pri eksploziji borbenog kompleta municije;

- ova konstrukcija dobro je prilagođena za automatizaciju utovara municije u borbeni komplet pomoću vozi-
la za dotur i utovar municije.

Pored preimущества automatskih punjača sa mehanizovanim borbenim kompletom municije u niši kupole, oni imaju i niz nedostataka:

- velike dimenzije kupole, posebno bočne i gornja projekcija;

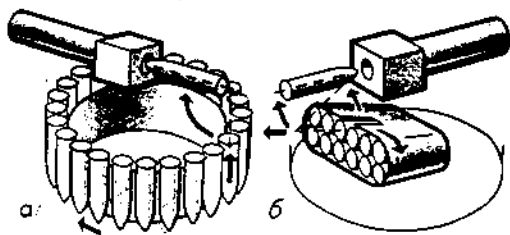
- složenost stabilizacije kupole zbog izmena u širokom opsegu njene uravnoteženosti sa utroškom borbenog kompleta prvog po redu;

- relativno mali ugao punjenja topa, što može da dovede do zabijanja u zemlju cevi topa pri gađanju iz pokreta;

- konstruktivna složenost mehanizma donošenja municije kada se granate nalaze u niši kupole pod uglom prema njenoj uzdužnoj osi ili u stranu koja je suprotna borbenom odeljenju tenka.

Određeni interesi privlače razvoj automatskih punjača, izrađenih po tre-

ćoj shemi — smeštaj u telu tenka. Neke varijante ovakvih punjača imaju mehanizovani borbeni komplet u vidu lančanog trakastog transportera konve-
jera, sličnog redeniku. Ovakav konve-
jer može se postaviti na pod borbenog odeljenja na mestu punioca, municija se postavlja vertikalno ili horizontalno pri pomeranju konvejera ka osi topa (sl. 3).



Sl. 3 Varijante automatskog punjača municije sa smeštajem borbenog kompleta municije u telu tenka:

a) varijanta sa prstenastim konvejerom; b) varijanta sa trakastim konvejerom

U prvom slučaju mehanizam donošenja i potiskivanja može se postaviti na kolevku topa. Tako on obezbeđuje izvlačenje metka u vertikalnoj ravni, njegovo zaokretanje u ravni koja je normalna u odnosu na osu cevi, donošenje u liniju potiskivanja i samo potiskivanje u cev.

Predlaže se manipulator, koji bi se nalazio u donjem delu borbenog odeljenja, a sastojao bi se od vođica sa teleskopskom polugom sa hidrauličkim pogonom. Vođice se zglobasto pričvršćuju za zadnji deo kupole i imaju donosače metka, koji su pomoću osovine pričvršćeni za gornji deo hidrauličke poluge, čiji je donji deo pričvršćen za pod borbenog odeljenja. U polaznom položaju teleskopska poluga se nalazi na liniji punjenja topa, donosači metka u krajnjem prednjem položaju, a vođice na dnu.

Pri izvlačenju metka iz konvejera donosači pod dejstvom teleskopske poluge hvataju metak i, krećući se po vođicama, donose ga na liniju potiskiva-

nja u zadnjak topa. Samo potiskivanje obavlja se povećavanjem dužine teleskopske poluge (sl. 2-B).

Smatra se da je ovakva shema automatskog punjača dovoljno jednostavna, ali ipak ne obezbeđuje potrebnu zapreminu konvejera. Ona se, pak, može povećati, ako se mehanizovani borbeni komplet municije smesti van borbenog odeljenja tenka, u prednjem delu tela tenka (sl. 2-B). Ovakav mehanizovani borbeni komplet je trokraki trakasti konvejer i pri njegovom kretanju meci se donose na liniju punjenja topa. Metke izvlači iz konvejera i donosi na liniju potiskivanja u zadnjak topa posebni mehanizam ispod poda borbenog odeljenja, a on se može obrtati u odnosu na osu kupole. Samo izvlačenje metka, prenošenje ispod poda borbenog odeljenja i donošenje na liniju potiskivanja vrši teleskopska motka sa hidrauličkim pogonom, slična onoj koja je već opisana. Obrtni kontakti uređaj prenosi metak ispod poda, paralelno sa uzdužnom osom tenka, ali pomeren u stranu. Takođe je pomeren otvor na podu borbenog odeljenja kroz koji se donosi metak. To sve usložava putanju kretanja metka na liniju potiskivanja u zadnjak cevi topa i produžuje vreme ciklusa automatskog punjenja topa.

Jednostavnija je varijanta sa automatizovanim borbenim kompletom u vidu obrtnog prstenastog konvejera, koji je pričvršćen na unutrašnjem pogonu kupole, ili u vidu magacina ispod poda borbenog odeljenja. U oba slučaja broj metaka u borbenom kompletu znatno je povećan.

Vojni stručnjaci smatraju da automatski punjači tenkovskog topa sa smeštajem mehanizovanog borbenog kompleta municije u telu tenka mogu da nađu široku primenu. Oni se mogu relativno jednostavno realizovati u tenkovima klasične arhitekture, a naročito u tenkovima bez kupole. Preimущества su sledeća:

— dobri uslovi za stabilizaciju kupole i topa;

— mogućnost smanjivanja dimenzija kupole;

— relativna jednostavnost konstrukcije mehanizama donošenja i potiskivanja metka;

— bolja zaštićenost municije kada je smeštena u najmanje osetljivim mestima tela tenka;

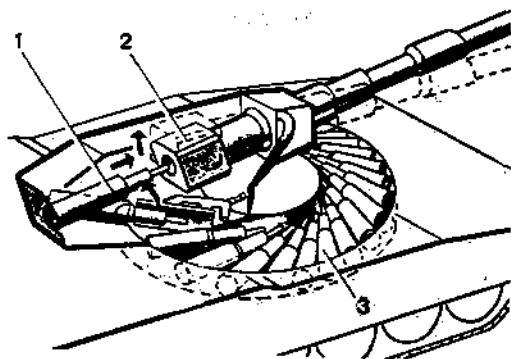
— dovoljan kapacitet mehanizovanog borbenog kompleta.

Nedostaci su:

— složenost obezbeđenja zaštite članova posade tenka od eksplozije municije, i

— nešto vremenski povećan ciklus punjenja topa.

U svetu se radi na istraživanjima perspektivnih tipova tenkova sa topom ugrađenim spolja, gde je korišćenje automatskih punjača municije neizbežno. Ovde bi najjednostavnije konstruktivno rešenje smeštaja mehanizovanog borbenog kompleta bilo na obrtnoj platformi topa (sl. 4), čime bi se obezbedila velika brzina gađanja topa, ali bi se povećala opasnost od dejstva protivničkog oružja. Zbog toga se prioritet daje smeštaju borbenog kompleta u zaštićenim mestima u telu tenka, uglavnom u zadnjem delu. Pri tome bi na platformi topa ugrađenog spolja ostao samo manipulator automatskog punjača municije.



Sl. 4 Automatski punjač topa sa oruđem ugrađenim iznad tenka:

1 — manipulator; 2 — zadnjak topa; 3 — mehanizovani borbeni komplet

U toku procesa punjenja topa granata se izvlači iz mehanizovanog borbenog kompleta i dolazi u oklopljenu vođicu koja je pričvršćena za obrtnu stegu na okretnici (pogonu) podloge topa. Zatim, obrtna stega podiže vođicu granate na liniju potiskivanja, posle čega se aktivira potiskivač metka u ležište.

Zaključak

Glavni zadaci pred konstruktorima automatskih punjača tenkovskog topa su izbor optimalnih konstruktivnih rešenja koji su kompatibilni sa opštom arhitekturom tenka, obezbeđenje velike pouzdanosti elemenata i smanjivanje mase i dimenzija tih elemenata.

P. M.

Oklopno vozilo — topovljača na točkovima »COMMANDO V-600«*

Uvod

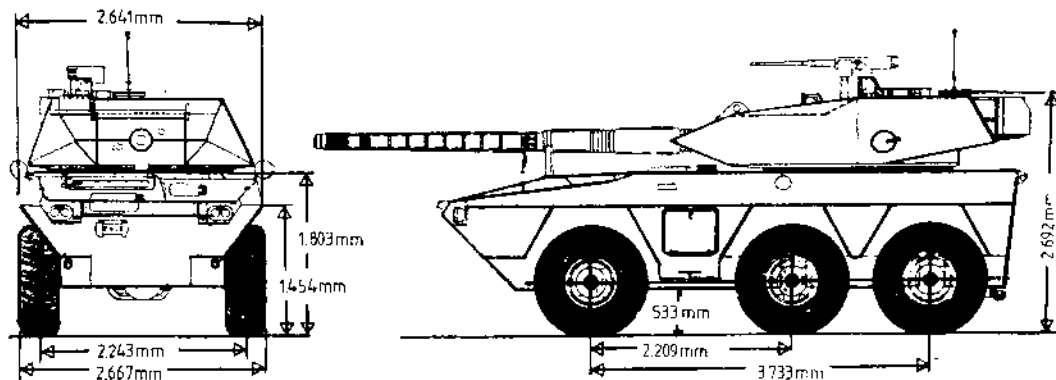
U VTG 1/1990. objavljen je prikaz osnovnih sistema oružja za oklopna borbená vozila na točkovima, naoružana artiljerijskim sistemima (vozila-topovnjače). Jedno od takvih vozila na točkovima je i COMMANDO V-600 (vi-

di sliku). Ovo vozilo je dobar primer da u nekim okolnostima vozila na točkovima mogu da budu u preimućstvu u odnosu na vozila na gusenicama. Isti proizvođač (američka firma »Cadillac Gage Textron«) izradio je i laki tenk STINGRAY koji sa vozilom V-600 ima mnogo sličnosti.

Isto kao i pri razvoju lakog tenka STINGRAY i pri razvoju vozila na točkovima V-600 uveliko su korišćeni postojeći delovi i sistemi. Na taj način troškovi i rok izrade svedeni su na minimum, kao i ukupna cena vozila i tehnološki rizik.

Naoružanje vozila

Kupola vozila V-600 praktično je ista kao i na tenku STINGRAY, a posebno je konstruisana za ugradnju britanskog topa 105 mm sa malom silom trzanja. Ovaj top omogućuje vozilima sa masom ispod 20 t da imaju vatrenu moć borbenog tenka. Po svojim performansama ovaj top je identičan tenkovskom topu 105 mm L7A3, ali su izvršene dve osnovne modifikacije koje omogućuju da se ovo snažno oružje može ugraditi na relativno laka vozila. Jedna od modifikacija je uvođenje gasne kočnice čija je efikasnost oko 47% i koja doprinosi snižavanju impulsa pri ispaljivanju metka za oko 28%. Druga



Osnovne dimenzije vozila V-600

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 11/1989.

modifikacija odnosi se na produženje trzanja sa 280 mm (kod standardnog tenkovskog topa) na 762 mm. Time se postiže smanjivanje srednje sile trzanja na ramenima topa od 559,17 kN na 156,96 kN pri ispaljivanju protivoklopne (HEAT) municije kada se i javljaju najveće sile trzanja.

Ovaj top takođe je dobio novu kolevku, koliko laku, toliko i robustnu, sa novim sistemom trzanja koji može da prihvati duže trzanje. Međutim, nijedna od ove dve modifikacije nije uticala na mogućnosti topa da ispaljuje isti asortiman municije tenkovskog topa 105 mm, kao što je top L7A3. Vozilo V-600 nosi ukupno 34 metka za top, od čega su 8 u kupoli.

Vozilo V-600 ima uobičajeni spregnuti mitraljez M240 7,62 mm sa borbenim kompletom municije od 240 metaka, a još 2.000 metaka je smešteno u kutijama sa po 200 metaka. Drugi mitraljez, ugrađen iznad borbenog mesta komandira spolja, može da bude kalibra 7,62, ili 12,7 mm, zavisno od želje korisnika za težim mitraljezom, bez obzira na komplikacije pri punjenju municijom i problematičnost efikasnosti takvih mitraljeza. Sa svake strane kupole ima po 4 bacača dimnih bombi 66 mm, a borbeni komplet sadrži 16 bombi.

Kupola niskog profila

Opšta konfiguracija kupole je konvencionalna, a raspored sedišta posade standardan, tako što komandir vozila sedi na desnoj strani u kupoli, iza nišandžije, dok je punilac sa leve strane. Nišan nišandžije M36E1 SIRE koji je ugrađen na krovu, ima uveličavanje $\times 7$, a takođe i kanal sa jednostrukim uveličavanjem i neodijumski laserski daljinomer sa kolenastom pojačavačkom cevi druge generacije od 25 mm. Kao opcionalna oprema postoji i termovizijski nišan. Nišan nišandžije je integrisan sa sistemom za upravljanje vatrom digitalnog tipa, a ovom sistemu pri-

padaju senzori za nagib ramena topa, bočni vetar, azimut kupole i elevaciju topa.

Komandir vozila ima fiksni prsten od sedam periskopa sa jednostrukim uveličavanjem, a može se ugraditi i dnevno-noćni nišan NV52.

Za pokretanje kupole po pravcu i oruđa po elevaciji služi elektro-hidraulički sistem, koji može da okreće kupolu brzinom od $30^\circ/\text{s}$, a ima i rezervni ručni pogon kupole po pravcu. Za kupce koji žele da otvaraju vatru iz pokreta postoji opcija elektro-hidrauličkog sistema za upravljanje oružjem sa stabilizacijom po dve ose.

Školjka kupole izrađena je od zavarenih ploča od čeličnog oklopa velike tvrdoće »cadloy«. Debljina oklopa štiti od zrna teškog mitraljeza 14,5 mm sa prednje strane i zrna 7,62 mm u ostalom delu kupole.

Dobra osobina jeste što je kupola visoka samo 976 mm od krova tela vozila do vrha komandirovog dnevno-noćnog nišana, a samo 762 mm do krova kupole. Čak i u takvim uslovima top 105 mm ima odgovarajuću depresiju od $7,5^\circ$, kao i maksimalnu elevaciju od 20° . Vredi napomenuti da kupola ima prsten od 1,854 m u prečniku, što je isto kao kod američkih tenkova M41, M47 i M551, tako da se kupola lako može ugraditi i na druga vozila, a i na tenk STINGRAY i vozilo V-600.

Konstrukcija šasije vozila

Šasija vozila V-600 zasnovana je na šasiji oklopnog transportera i nosača oružja V-300 sa osam točkova, koji je razvijen 1978, pa je zbog toga originalna oznaka vozila i bila V-300A1. Međutim, šasija vozila V-300 je uveliko modifikovana za ugradnju kupole sa topom 105 mm male sile trzanja. Posebno, krov tela vozila je snižen, modifikovano je zadnje oslanjanje, a gume vozila V-300 (14, 5 $\times$ 21) zamenjene su gumama 14R20 $\times$ XL.

U svakom slučaju, konstrukcija šasijske vozila V-600 je ista kao i vozila V-300. I vozilo V-600 ima motor u prednjem delu tela, dok vozač sedi sa leve strane. Motor je dizel V-8 marke CUMMINS VT-504 sa turbopunjačem i maksimalnom izlaznom snagom od 201 kW pri 3.000 min⁻¹. Specifična snaga je 10,7 kW/t pri borbenoj masi vozila od 18,500 kg. Vozilo postiže maksimalnu brzinu na putu od 90 km/h. Motor je spojen sa petostepenim automatskim menjačem firme »Allison«, sa kojeg se pogon prenosi na šest točkova preko blokirajućih diferencijala.

Oslanjanje vozila V-600, kao i kod V-300, neobično je po tome što ima krutu osovinu za dva prednja točka i nezavisno pričvršćenje zadnjih točkova, što je suprotno aranžmanu koji se uveliko koristi kod automobila i lakih kamiona. Prednja kruta osovinu ima spiralne opruge, dok su zadnji točkovi postavljeni na podužne vođice i imaju poprečno postavljena torziona vratila, a ne spiralne opruge kao kod vozila V-300. Najnovija vozila V-600 imaju centralni sistem za podešavanje pritiska u gumama točkova.

Kao i kupola, telo vozila je izrađeno od zavarenih ploča od »cadloy«-oklopa i kao kod V-300, postoje zadnja vrata za olakšavanje dopune kompleta municije. Takođe, postoje mala vratnica sa strane tela vozila između prvog i drugog para točkova za dostup do sedišta vozača, kao alternativni ulaz glavnom ulazu koji je iznad.

Od pojave ovog vozila 1985. ono je prevalilo 5.000 km u toku obimnih ispitivanja u SAD. Takođe su vršena artiljerijska ispitivanja sa prikazivanjem stabilnosti pri gađanju u bočne strane, uprkos relativno maloj masi vozila i elastičnosti guma točkova.

Kasnije su vršena dalja obimna ispitivanja vozila u Egiptu, gde je zemljište posebno pogodno za korišćenje oklopnih vozila na točkovima.

Na slici su date dve projekcije vozila V-600 sa dimenzijama.

P. M.

Dosadašnja iskustva i buduće tendencije u kopnenom minskom ratovanju*

Uvod

Bilo kakvo pominjanje »mine« asocira civile na zlo i opasnost, a kod nekih vojnika, nevičnih polaganju mina i razminiranju, dolazi do nervne napetosti i zebnje.

Cilj ovog prikaza je da informiše o koncepcijama korišćenja kopnenih mina, njihovom korišćenju u različitim vidovima ratnih konflikata, kao i o problemima pravljenja prolaza kroz minska polja i razminiranja. O mnogim detaljima kopnenih mina, njihovim varijantama i tipovima neće biti mnogo reči jer je o tome već dosta pisano.

Izmene definicija

Najpre treba utvrditi šta se podrazumeva pod »minom«, s obzirom na to da je savremena tehnologija zamaglila jasnoću prihvaćenih definicija, posebno od pojave tzv. razbacujućih ubojnih sredstava. Postojeća definicija razmatra »minu« kao »kutiju napunjenu eksplozivom, položenu na zemlju ili u zemlju, radi uništenja žive sile ili sredstva neprijatelja, ili potopljenu u vodu ili koja plovi na površini ili blizu površine vode radi uništenja ili ugrožavanja neprijateljskih brodova«. To je tradicionalna definicija, zasnovana na istorijskom razvoju mine kao ubojnog sredstva. Reč »mina« asocira i na zemljane radove i upotrebu eksploziva, kako u komercijalne, tako i u vojne svrhe.

Mine se konstruišu za posebnu namenu, kao protivoklopne ili protivpešadijske i u stalnom su usavršavanju, paralelno sa usavršavanjem sredstava i metoda protivminske odbrane.

Tehnologija nije jedini ograničavajući faktor i na minski razvoj sve vi-

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 11/1989.

še utiču cena i vreme razvoja. Problem zemalja u razvoju je teškoća nabavke potrebne količine mina, naročito ako je u pitanju uvoz, pa se često pribegava različitim improvizacijama, koje mogu da budu delo stručnjaka, ali improvizacije rade i u gerilskim ratovanjima. Tu dolazi do problema koja je mina — mina, a koja samo improvizovani eksplozivni uređaj ili »mina iznenađenja« koja se obično polaže u propuste ispod puteva.

Iako, po definiciji, mina služi za uništenje neprijateljeve žive sile i materijalnih sredstava, mina ne razlikuje prijatelja od neprijatelja, ima samo cilj koji ulazi u njenu zonu uništenja. Tako mina može da bude problem i za sopstvene i za neprijateljeve snage, a preimućstvo je samo na strani onog ko zna gde je ona položena. Ovde se javljaju dva nova aspekta. Prvo, radi se na razvoju »prijateljske« mine na bazi principa »svoj tuđ« (IFF), a već postoji tehnologija za ugradnju jednog prekidača za uključanje — isključenje, što vodi rešenju problema. Drugo, korišćenje razbacujućih mina ili mina sa daljinskim miniranjem sada isključuje mogućnost poznavanja tačnog položaja mine. U najboljem slučaju može se znati gde su otprilike razbacane mine, ali ne i njihova tačna pozicija. Ovaj se problem može ublažiti (bar za sopstvene snage) ugradnjom samolikvidirajućih upaljača i poverenjem u njihovu pouzdanost.

Minska polja

Jedan od najvažnijih razloga za upotrebu mina u savremenim uslovima ratovanja jeste sprečavanje pokretljivosti neprijateljskih snaga, a uslovljen je masovnom pojavom oklopnih snaga na bojištu. Prvobitno se od mina tražilo da uništi ili zaustavi neprijatelj tenk, a ne da bude taktičko oružje koje može da utiče na pokretljivost neprijatelja.

Deo zemljišta na kojem su položene kopnene mine naziva se minsko polje, a cilj mu je da onemogući prolaz neprijatelju. Kako su taktika i kretanje na bojištu postali složeniji, tako je složenija postala i upotreba minskih polja. Osnovni zadatak minskih polja je da spreči neprijatelju pristup i korišćenje dela zemljišta ali, s obzirom na razvoj protivminskih sredstava i metoda, izgleda da će to biti samo privremena mera. Minsko polje je, u stvari, još uvek zapreka koja usporava kretanje neprijatelja dok on preduzima odgovarajuća protivminska dejstva. To može da dovede do »efekta harmonike« kada dolazi do sabijanja i razvlačenja duž neprijateljevih kolona koje su se zaustavile ispred minskog polja i tako postaju bolji ciljevi za njihovo uništenje. Minska polja mogu da kanališu kretanje neprijatelja preko otvorenog zemljišta gde, takođe, postaje privlačan cilj.

Efikasnost minskog polja zavisi od nekoliko faktora, a jedan od važnijih je koliko je minsko polje veliko i koliko je mina položeno u njemu, tj. njegova dubina, broj redova položenih mina i njihov međusobni razmak. Tu bi se mogli dodati tipovi mina i mešovitosť tipova mina u minskom polju.

Odluka o tome koliko će jedno minsko polje biti efikasno jeste u rukama onog ko ga polaže. Dva osnovna elementa o kojima vodi računa vojni starešina jesu vreme i raspoloživa sredstva. Oni su često nedovoljni, pa ih treba koristiti štedljivo. Polaganje minskog polja je dug i komplikovan proces ne samo sa praktičnog aspekta njihovog polaganja u zemlju, već i sa aspekta planiranja, organizovanja i logističkih problema dobijanja pravih mina u pravo vreme na pravom mestu.

Minsko polje je efikasnije ako je štićeno vatrom, naročito oružja sa neposrednim gađanjem. Efekat sadejstva postiže se minama i oružjem za neposredno gađanje, jer su neprijateljska borbena vozila usporila svoje kretanje i koncentrisala su se.

Sve šta je do sada rečeno odnosi se na tradicionalna minska polja koja nisu zadovoljila u dve kategorije: taktičkoj i zaštitnoj ili odbrambenoj. Taktičko minsko polje planira starešina taktičke jedinice i ono je normalne veličine, obično jedan i više kilometara. Ima najmanje tri reda protivoklopnih mina, a možda i do 10. Minska polja ekstenzivno su korišćena u drugom svetskom ratu u Severnoj Africi i Rusiji, a u eventualnom budućem ratu vojni stručnjaci predviđaju takvo korišćenje u severozapadnoj Evropi.

Međutim, niti je zemljište u severozapadnoj Evropi isto kao pustinja u Africi ili ravničarsko kao u Belorusiji, niti su razlike samo u vegetaciji već i u gustoći naseljenosti i brizi za očuvanje čovekove okoline. Za polaganje ovakvih minskih polja potrebno je dosta vremena i sredstava i postavlja se pitanje da li će u slučaju izbijanja rata u severozapadnoj Evropi biti vremena za njihovo polaganje. Pored toga, da li će iz političkih okolnosti biti moguće polaganje minskog polja, posebno protivpešadijskih mina, pre izbijanja konflikta, pošto se one polažu zajedno sa protivoklopnim radi sprečavanja razminiranja.

Jedno od rešenja ovog problema moglo bi da bude da se protivoklopne mine polože unapred, a da se kasnije polože i protivpešadijske. Međutim, time se ograničava vrsta upaljača koji bi se mogli staviti u protivoklopne mine i eliminišu se upaljači za sprečavanje razminiranja i dezaktivizacije mine, jer bi se dovelo u opasnost civilno stanovništvo. Alternativno rešenje moglo bi da bude korišćenje minskih polja koja se polažu razbacivanjem ili daljinskim miniranjem sa protivoklopnim minama kada se za to ukaže potreba. U sadašnjim uslovima ovo rešenje ograničeno je cenom takvih novih mina i postojanjem velikih rezervi konvencionalnih mina, ukoliko su u dobrom stanju posle višegodišnjeg uskladištenja.

Mada položaje taktičkih konvencionalnih minskih polja određuju sta-

rešine taktičkih jedinica na osnovu svoga plana borbe, ona ipak ograničavaju kretanje i fleksibilnost dejstava i nisu zbog toga popularna.

Međutim, nedavno se nalaze u fazi razvoja nove mine koje će, svakako, dovesti do povećane upotrebe.

Korišćenje mina u nedavnim konfliktima

Rat oko Falklandskih ostrva je klasičan primer korišćenja odbrambenih i zaštitnih minskih polja. Procenivši gde bi se britanske snage mogle iskrcati, Argentinci su položili na takva mesta odbrambena minska polja. Ova minska polja položili su argentinski inženjerci, a za to su imali na raspolaganju dovoljno vremena. Međutim, Britanci su došli sa sasvim druge strane. To je značilo da bi odbrambeni položaji, organizovani na brzu ruku, morali biti dalje ojačani minama koje su polagali sami branioči, najčešće pešadini, koji nisu imali dovoljno iskustva u miniranju. Korišćenje neiskusnih vojnika za miniranje verovatnije je u ograničenom ratu gde su dejstva rascepkana, a suprotstavljene snage nisu formalno organizovane. U ovu kategoriju spadaju i rat u Vijetnamu i rat u Avganistanu, gde minska polja nisu pravilno obeležena, a mine nasumice polagane. Ovakav način miniranja mogao bi se nazvati »miniranje u cilju uznemiravanja neprijatelja«. Tu se, takođe, gubi granica između mine i improvizovanog eksplozivnog uređaja. Postavlja se jedno pitanje. Ako gerila zarobi minu od vladinih snaga, pa je na improvizovani način upotrebi protiv vladinih snaga, da li je to mina ili improvizovani eksplozivni uređaj?

Ne treba zaboraviti ni korišćenje lažnih minskih polja. Ako je neprijatelj svestan da se na frontu položili minsko polje, tada će i kasnije lažno minsko polje imati isti početni efekat smanjivanje tempa napredovanja, tako da će se kasnije kolone nagomilavati

ispred lažnog minskog polja sve dok se varka ne otkrije. Varka se može pojačati ostavljajući na položaju lažnog minskog polja »demaskirajuće« znake minskog polja, kao što su brazde u zemlji, odbačena pakovanja mina i sredstva za ograđivanje.

Razminiranje

Polaganje mina iznenađenja i improvizovanih eksplozivnih uređaja, čak i mina sa savremenim nekontaktnim indukcionim upaljačima, kao i razminiranje, nose određeni rizik. Obuka u realnim uslovima vrlo je teška i ne mogu se oceniti pune implikacije razminiranja kao vojničke aktivnosti, ukoliko se ne obavljaju u realnim uslovima. Razminiranje je vrlo uopšteni termin i obuhvata pojmove od deaktiviranja i neutralisanja samo jedne mine iznenađenja do pravljenja prolaza kroz minsko polje, ili, eventualno, do uklanjanja svih mina i eksplozivnih uređaja iz miniranog područja, tako da se ono opet dovede u bezbedno stanje. To nije dužnost samo inženjera ili jurišnih pionira (koji su stručniji i opremljeniji) već bi svi rodovi vojske trebalo da budu osposobljeni do nekog stepena za razminiranje, posebno zbog toga što će biti osetljiviji na dejstvo razbacujućih mina i mina sa daljinskim polaganjem.

Kako je razminiranje praktična faza rada sa minama, osnovu predstavlja izviđanje koje treba da utvrdi koje tipove mina neprijatelj koristi, način na koji je izveo miniranje i rezone miniranja. U svakom slučaju, potrebna je obuka ljudstva u realnim uslovima, uz korišćenje modela ili inertnih mina koje bi simulirale neprijateljeve mine. NATO je u velikoj Britaniji oformio tehnički informativni centar EODTIC (Explosive Ordnance Disposal Technical Information Center) sa akumuliranim podacima o eksplozivnim ubojnim sredstvima. Centar radi 24 časa dnevno i od njega se mogu dobiti svi potrebni podaci o minama — naziv, proizvođač,

sadržaj eksploziva, detalji funkcionisanja ili posebne karakteristike na primer, (da li se koristi sa uređajem koji sprečava likvidaciju mine). Ove informacije mogu da spasu mnoge živote, a dobijaju se telefonom, teleksom, telefaksom, ali je najbolji način pomoću crteža ili fotografije.

Kada izbije konflikt mnogo toga zavisi od izviđačkih podataka koji dolaze od različitih izvora, kao što su isturene ili izviđačke jedinice, izviđanje iz vazduha, uključujući satelite ili specijalne IC kamere. Pored izviđačkih podataka vrlo je važna analiza zemljišta za utvrđivanje, gde bi neprijatelj mogao da položi minsko polje.

Analize zemljišta se mnogo više koriste pri odbrani radi efikasnijeg razmeštaja oružja i radi povezivanja prirodnih i veštačkih prepreka, kao što su minska polja. Prikupljeni izviđački podaci dostavljaju se nižim jedinicama na vreme, kako bi se mogli optimalno koristiti. Za to su potrebni bezbedni sistemi veze sa savremenom tehnologijom, tako da vojnici, pre nego što stupe u minsko polje, imaju već gotove šeme radi olakšanja dejstva.

Važno sredstvo u rukama vojnika pri razminiranju — minotragači i tragači metalnih predmeta — nisu pratili razvoj mina. Veliki broj mina iz drugog svetskog rata i posleratnog perioda izvođen je od metala. Bilo ih je relativno lako otkriti, čak i kada su zakopane, pomoću minotragača, bilo u pasivnom ili aktivnom režimu rada, na osnovu promene u magnetskom polju. Dokaz da se ova tehnologija nije mnogo promenila je minotragać star 25 godina koji se nalazi u opremi kopnene vojske Velike Bratanije.

Dok se minotragači nisu mnogo menjali, mine jesu, ne samo po konstrukciji upaljača, već i po izradi kućišta i delova, a mnoge su sada plastične, mada mogu imati i metalne delove, kao što je udarna igla. Malo je potpuno plastičnih mina, a za većinu se može reći da imaju »minimum metalnih de-

lova». Iako se savremenim minotragaćima poboljšavalo pakovanje, iako se lakše koriste, održavaju i osjetljiviji su nije bilo bitnog poboljšanja za otkrivanje »minimalnometalnih« mina u svim uslovima okoline, pa zbog toga mnoge armije ne nabavljaju nove minotragalice. Ispitivani su novi detektori sa različitom tehnologijom, kao što je otkrivanje promena u dielektričnoj konstanti zemlje, ali je zbog različite vrste zemljišta i sadržaja često dolazilo do većeg broja lažnih uzbuna ili minotragaći nisu ništa pokazivali. Ovaj problem bio je izrazit na Folklandskim ostrvima gde se uslovi tla uveliko menjaju u relativno malim predelima: pesak, treset, površinski slojevi glacijalnih stena, čuperci trave i vres mogu se naći na samo jednom minskom polju. Avganistanski gerilci su pored mina stavljali još metalne komade radi zbunjivanja i zaplašivanja ljudstva pri razminiranju. I od mina iznenađenja preti opasnost gde se jednostavnim sredstvima mogu izbacivati iz stroja ekipe za razminiranje: potezne žice, odvojene ili kao deo mine, kao ruska POM 25, uređaji za daljinsko upravljanje preko žice ili radio-putem, itd.

Pri razminiranju se često koriste i obučeni psi. Međutim, za razliku od tehničkog sredstva koja zvukom, svetlošću lampice ili na drugi vidljivi način, obaveštavaju o postojanju mina, vrlo je teško utvrditi koji je procenat radne efikasnosti psa. Pas može da bude umoran (može raditi neprekidno pola časa, mada posle kraćeg odmora može da nastavi rad) drugi mirisi mogu da mu odvuku pažnju (hrana ili druge životinje) ili neprijatelj može dobro da upakuje mine.

Stalno se istražuju i ispituju nove metode otkrivanja mina, koristeći tehnološki napredak u oblasti IC zraka, radara i, što je važnije, analizatora, ali ni u jednoj pomenutoj tehnologiji izgleda da nije konstruisan jednostavan, efikasan prenosni sistem za otkrivanje svih vrsta i tipova mina. Na taj način vraćamo se proverenom i isprobanom

sistemu — son-di. Mogu se koristiti mnogi tipovi son-di, fabrički pravljene ili improvizovane, kao što je nož puške, mada su nemetalne son-de bolje i manja je verovatnoća da će dovesti do detoniranja nekih tipova upaljača. Takav proces traganja za minama je spor i vojnik je u stalnoj opasnosti od dejstva oružja koja štite minsko polje.

Odluka vojnog starešine o izboru metoda razminiranja zavisi od informacije, dobijene ovim polaznim izviđanjem zemljišta. Izgleda da će optimalna varijanta biti tiho pravljenje prolaza kroz minsko polje i to ručnim razminiranjem nekoliko prolaza, zatim se prilazi brzom napredovanju, uz korišćenje opreme kojom raspolažu jedinice prvog ešelona za pravljenje prolaza u toku napada ili se za to koristi specijalna oprema za razminiranje. Prva opcija usporava dejstva i za to je najpogodnija noć, a pri drugoj se koristi oprema koja je obično pričvršćena za oklopna vozila koja su na čelu formacije ili u blizini starešina. To su mehanička sredstva kao što su valjci ili plugovi, potiču iz drugog svetskog rata, posebno iz vremena iskrcavanja u Normandiji, kada su bile predviđene sve mogućnosti nemačkog zaprečavanja obale.

Većina protivoklopnih mina dejstvuje na pritisak točkova ili gusenica. Protivminski valjci mogu se pričvrstiti na prednji deo vozila, tako da valjci prvi prelaze preko miniranog zemljišta. Oni su vrlo robustni i masivni i mogu da izdrže nekoliko eksplozija, apsorbujući udare. Protivminski valjci razminiraju zemljište u širini gusenica oklopnog vozila dok se mine, koje ostanu između gusenica, posebno sa polužnim upaljačima, aktiviraju pomoću teškog lanca i to pre nego što telo tenka naiđe na njih. Konstruktori upaljača za mine pokušali su da doskoče dejstvu protivminskih valjaka konstrukcijom dvoimpulsnog upaljača koji će odoljeti prvom pritisku (od valjaka), a eksplodiraće pri drugom pritisku (od gusenica). Ispitivani valjci široki su koliko i telo ten-

ka, ali su se pokazali suviše glomaznim i masivnim. Na nepogodnom zemljištu, kao što je ono u Avganistanu, valjci su često bili neefikasni kada su vozila pravila oštre zaokrete na prašnjavim putevima ili na oštrim usponima, gde valjci nisu mogli da ostvare dovoljan pritisak za aktiviranje mina u zemlji. Protivminski valjci znatno utiču na brzinu i manevarske sposobnosti vozila na kome su pričvršćeni, naročito kada su oštećeni. Za tu svrhu sovjetski tenkovi T-54/55 imali su sistem za brzo odvajanje valjaka kojim se komanduje iz samog vozila.

Efikasniji protivminski uređaj, koji može da se nosi i sa dvoimpulsnim upaljačima, jeste protivminski plug koji se, takođe, pričvršćuje na prednji deo vozila. Zupci pluga vade mine iz zemlje, a grtač ih uklanja u stranu. Dejstvo pluga zahteva znatnu snagu koju u jedinicama prvog ešelona obično imaju samo osnovni borbeni tenkovi. Međutim, i za ovaj način razminiranja razvijena je protivmera u vidu upaljača sa prekidačem protiv razminiranja.

Mehaničke metode razminiranja Rusi su kombinovali valjcima i plugom kod KMT-5, ali to znatno smanjuje brzinu i ograničava kretanje tenka, čime takav tenk postaje lak cilj za oružja sa neposrednim gađanjem koja štite minsko polje.

Među mehanička sredstva razminiranja treba spomenuti i udarački lanac iz drugog svetskog rata, ali usled njegovih nedostataka (sporo kretanje i teškoće na talasastom zemljištu) nije pogodan za mnoge oružane snage. Zahvaljujući napretku tehnologije ispravljeni su neki nedostaci, povećana je brzina, uključen je uređaj za praćenje konture zemljišta, tako da razminira sve zemljište preko kojeg se pređe dok je između udaračkog lanca i tegljača (tenka) postavljen štitnik za skretanja eksplozivnog talasa. Udarajući lanac nije mnogo podlozan minskim protivmerama (dejstvo upaljača za sprečavanje razminiranja), jer »pretrese« sve zemljište ispred sebe i može da izdrži broj-

ne detonacije mina. Posebno je koristan za razminiranje u fazi razvijanja uspeha sopstvenih snaga (gonjenja neprijatelja) kada ne postoji neposredni kontakt sa neprijateljem i za razminiranje minskih polja, položenih razbacivanjem mina i mina sa daljinskim miniranjem, posebno na aerodromima.

Specijalna oprema za razminiranje

Metod pravljenja prolaza kroz minsko polje pomoću eksploziva je brz i lak. Neka od ovih eksplozivnih pružnih punjenja, kao britansko GIANT VUPER, sovjetsko UR77 i američko M58A1 ne smeju biti mnogo daleko od čelnih jedinica, osobito ako se misli da je minsko polje blizu. Princip dejstva ove vrste opreme za razminiranje zasnovan je na daljinskom ispaljivanju creva napunjenog eksplozivom koji detonira kada padne na zemlju. Eksplozija stvara natpritisak koji dovodi do detoniranja svih mina koje su osetljive na pritisak eksplozivnog talasa, a nalaze se na putanji pada creva. Čak i da ne dođe do eksplozije mine, verovatno će biti odgurnuta u stranu. Pri ovoj vrsti pravljenja prolaza kroz minsko polje problem je u tome što je vrlo teško baciti crevo sa eksplozivom baš tamo gde se želi, a često crevo pri padu nije potpuno ispruženo, čime se smanjuje domet oružja koji i tako nije veliki. Ovaj nedostatak može se izbeći ako se eksplozivna pružna punjenja ispaljuju u tandemu i ako to urade jedinice u napadu. Tako se znatno štedi vreme, a jedinice su manje ranjive od oružja za neposredno gađanje. Čak ako i iskusni vojnici ispaljuju pružna punjenja u tandemu, može se desiti da između njih bude praznina koju treba razminirati. Problem je i u tome što minirano zemljište nije kao sportski teren, zemljište je talasasto, ima rupa i šikara koje će polagači minskog polja umešno koristiti.

Postoji ručna oprema za razminiranje manjih minskih polja, protivpešadijskih minskih polja i minskih po-

lja na nedostupnijem zemljištu, kao što su planine ili džungle. Najobičnija je tzv. »bangalorski torpedo« kod kojeg su nekoliko delova creva sa eksplozivom spojeni zajedno, gurnuti u minsko polje ili kroz zapreku, a zatim detonirana. Pored toga što je sam proces dosta spor i samo ljudstvo koje ga obavlja izloženo je opasnostima. Varijanta ove ideje su minijatura gipka creva sa eksplozivom koja se bacaju pomoću malih raketa.

Najnovije dostignuće u oblasti razminiranja pomoću eksploziva je korišćenje aerosolnih eksploziva (mešavina goriva i vazduha). Američke OS uspešno su koristile pare etilena i u bombama i u raketama. Iznad minskog polja, na mestu gde treba praviti prolaz, obrazuje se oblak koji se zatim detonira i stvara se natpritisak, usled čega se razaruju ili detoniraju mine ispod oblaka. Za sada to nije jednostavan sistem za razminiranje, jer je teško održati preciznost u određenim vremenskim uslovima. Naime, ako u eksplozivnom oblaku ima praznina i »rupa«, to može da dovede do toga da neke mine ostanu nedirnite. Sam proces razminiranja aerosolnim eksplozivom je skup i iz pozadinskog aspekta težak. Pozitivna je strana što se može ispaliti sa prilične udaljenosti od prednje linije minskog polja, čime razminiranje postaje fleksibilnije i bezbednije.

Mere za miniranje smenjuju se merama za protivminsko ratovanje. Kod mina sa magnetskim indukcionim upaljačima minopolagači su stekli prednost, jer nijedna do sada pomenuta protivmera nije garantovala uspeh. Međutim, izgleda da je američki uređaj VEMASID (Vehicle Mounted Signature Duplicator), koji duplira demaskirajuću karakteristiku (signaturu) matičnog vozila i projektuje je ispred vozila, na putu da reši problem razminiranja mina sa magnetsko-indukcionim upaljačima.

Izostavivši za trenutak ručno razminiranje i pravljenje prolaza kroz minsko polje, izgleda da je efikasan način korišćenje kombinacije pružnog pu-

njenja i aerosolnog eksploziva i dovršavanje razminiranja plugom. Ako vrsta zemljišta ne dozvoljava ovakav način pravljenja prolaza kroz minsko polje, mora se pribeci ručnom razminiranju. To se posebno odnosi na mine za uznemiravanje i mine iznenađenja. Američki robotički jurišni tenk za pravljenje prolaza kroz zapreke ROBAT na modifikovanoj šasiji tenka M60 jeste pokušaj rešenja sa kombinacijom korišćenja pružnog punjenja i valjaka. Smatra se da je to sada vrlo skupa opcija i da mnogima neće biti dostupna.

Konstruktori mina ne žele da zaostanu iza dostignuća konstruktora protivminskih sredstava. U sadašnje vreme potrebno je dosta vremena da se položi minsko polje srednje gustine sa preko 1.000 mina/km fronta. Takvo minsko polje može da zaustavi manje od 10 tenkova, što i nije neki veliki odnos, mada može da bude i rentabilno. Konačni cilj: »jedna mina — jedan uništen tenk« može da bude vrlo privlačan i učinjeni su veliki naponi da se to i postigne. Termin »mina« prelazi tada u nešto manje restriktivno, kao oružje za zonsku odbranu [koje pokriva mnogo veću površinu. Američka protivoklopna municija povećanog dometa ERAM (Extended Range Anti-armour Munition) dobar je primer korišćenja tehnički unapređenih senzora i efikasnih bojnih glava za obezbeđenje sigurnog uništenja cilja. Uz pomoć danas postojeće tehnologije, kao rezultat takvih razvoja kao što su kosmički programi, broj rešenja ponuđenih konstruktorima ubojnih sredstava ograničen je samo maštom konstruktora.

Buduće tendencije razminiranja

Jedina oblast razminiranja koja izaziva zabrinutost u vojnim krugovima jeste razminiranje razbacujućih mina i mina sa daljinskim miniranjem, ne zato što se ne raspolaže tehnikom takvog razminiranja, već što se ne raspolaže u

širokim razmerama. Za razliku od minskih polja, položenih na konvencionalan način, i sa kojima jedinice u napadu mogu da izađu na kraj, svako i u svako doba može da bude cilj miniranja daljinskim putem i ubojnih sredstava bačenih iz vazduhoplovnih kanistera i raspršivača. Za neutralisanje i savlađivanje ovih opasnosti svima rodovima OS potrebna su jednostavna i relativno jeftina sredstva. Iznete su mnoge ideje, uključujući buldozerski nož jedne ili druge vrste ili različiti minočistači, priključeni na različita vozila.

Ako bi se želelo ograničiti dejstvo mina, a ne i otkloniti uzrok opasnosti koje one predstavljaju, mogu se pokriti slojem zemlje, šutom ili plastičnom penom, a zatim smestiti u kontejner, otporan na eksploziju, i ukloniti na bezbedno mesto.

Sve šta je do sada rečeno o razminiranju mina potkalibarskih ubojnih sredstava, improvizovanih eksplozivnih uređaja, mina iznenađenja i bilo kakvih drugih eksplozivnih sredstava, namenjenih za zaustavljanje ljudi i vozila, pokazuje da to nije jednostavna stvar. Čim se konstruiše protivminsko sredstvo, pojavljuje se novo minsko-eksplozivno sredstvo, prednost je u rukama minopolagača, pa je potrebno što brže reagovati na njihove metode. U slučaju izbijanja sukoba, a u uslovima postojanja najrazličitijih sredstava, nema ustaljenog načina ponašanja i treba iskoristiti svako sredstvo od kojeg zavisi opstanak.

S obzirom na asortiman ubojnih sredstava i sredstava za njihovu primenu, neizbežno je da u konfliktu uzme učešća i neborački sastav, posebno u unutrašnjoj bezbednosti i protivgerilskom ratovanju. Ta situacija se otežava povećanom urbanizacijom i poboljšanim linijama za vezu.

Zaključak

Kako se verovatnoća izbijanja većeg konflikta smanjuje, tako se smanjuje i mogućnost upotrebe taktičkih

minskih polja. Kako oružja postaju sve fleksibilnija, miniranje radi uznemiravanja, korišćenjem miniranja daljinskim putem (pomoću artiljerijskih i raketskih kasetnih ubojnih sredstava sa malim minama) ili miniranja razbacivanjem mina po površini zemlje i korišćenje improvizovanih eksplozivnih uređaja i mina iznenađenja u urbanim uslovima biće u porastu. Vrlo je opasno ne uzeti u obzir ove promene.

P. M.

Individualna sredstva zapadnih zemalja za prečišćavanje vode*

U zapadnim zemljama poslednjih godina uveliko se radi na istraživanju i razvoju individualnih sredstava za prečišćavanje vode iz svih vrsta njenih nalazišta i dobijanju pijaće vode. Takva sredstva trebalo bi da imaju male dimenzije i masu, da budu čvrsta, jednostavna za korišćenje i jednovremeno da efikasno prečišćavaju vodu sa bilo kakvim nečistoćama. Za sada se najefikasnijim smatraju ona sredstva u OS zapadnih zemalja u kojima se prečišćavanje vode obavlja kada ona pod pritiskom prolazi kroz polupropustljive membrane, tj. koja rade na principu obratne osmoze.

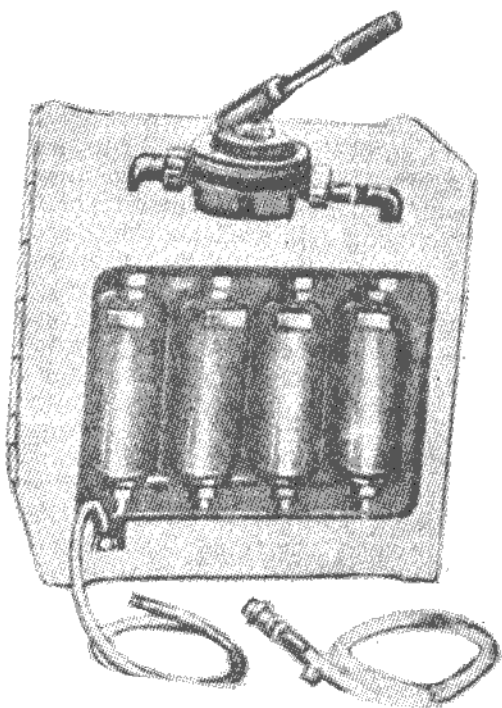
U SAD je konstruisan prenosni filter za prečišćavanje jako zaprljane vode, a sastoji se od pumpe sa cevi i dva filtera (za primarno i sekundarno prečišćavanje), koji zadržavaju sve čestice, veće od 10 μm . U radnom položaju pumpa se pričvršćuje na grlo vojničke čiturnice, a cev sa filterima spušta se u vodu. Voda koja se pumpom kroz filtere puni u čiturnicu može se dodatno dezinfikovati, pa se posle toga smatra pogodnom za piće.

U fazi trupnih ispitivanja nalazi se još jedan prenosni filter koji čisti vodu

* Prema podacima iz časopisa „Техника и вооружение“, бр. 1/1989.

od bakterija, mikroorganizama i mehaničkih primesa veličine preko $10\text{ }\mu\text{m}$. Ovaj filter je u obliku cilindra prečnika 13 mm i visine 195 mm, na jednom kraju ima »muštiklu« koja se stavlja u usta, a na drugom otvor za zahvatanje vode. U telu su smeštena tri filterska elementa koja su predviđena za prečišćavanje 750 l vode.

Takođe se ispituje i prenosni uređaj MWP-2 na prečišćavanje vode (sl. 1) koji može da prečišćava vodu od patogenih bakterija tifusa, kolere i dizenterije, ali i od soli metala i drugih nečis-

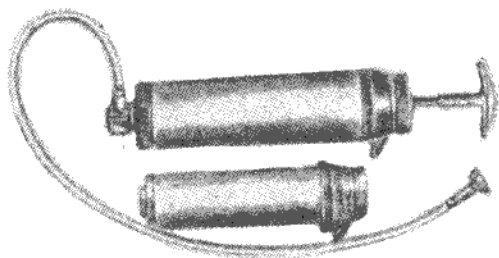


Sl. 1 Američki prenosni uređaj MWP-2 za prečišćavanje vode

toća dimenzija ispod $5\text{ }\mu\text{m}$. Princip rada ovog uređaja je obratna osmoza, pa mu nisu potrebni hemijski reagensi za dezinfekciju. Ovaj uređaj može da nosi jedan vojnik na remenu preko ramena. Masa uređaja je 10 kg, a promenljivi filterski uređaj može da prečisti 112 m^3 slane vode.

U opremi KoV SAD nalazi se, takođe, prenosni desalinizator za obradu slane vode. Produktivnost je 30 l/h. Kao filterski elementi koriste se 4 rolne acetatcelulozne opne ukupne dužine od oko 35 m. Za telo desalinizatora pričvršćuju se tri cevi: usisna, za odvod čiste vode i za izbacivanje otpadaka. Zahvatanje vode i njeno protiskivanje kroz filterski elemenat vrši se pritiskivanjem ručnih poluga. Masa ovog desalinizatora je oko 5 kg.

U opremi KoV SAD nalazi se švajcarski uređaj za prečišćavanje vode od bakterijske flore i predstavlja kombinaciju ručne pumpe i antibakterijskog filtera (sl. 2). Uređaj radi na principu mikrofiltriranja, a dimenzije pora keramičkog filtera koji sadrži srebro su $0,2\text{ }\mu\text{m}$. Srebro sprečava rast mikroorganizama na zidovima pora, pa se zbog toga tako prečišćena voda može koristiti i za medicinske svrhe. Produktivnost ovog uređaja je 0,750 l/min (20 pumpanja ručnom pumpom), masa je 650 g, dužina 25 cm, a prečnik 5 cm.



Sl. 2 Američku ručna pumpa sa antibakterijskim filterom

Naučno-istraživački centar KoV SAD radi na stvaranju individualnog filterskog uređaja za prečišćavanje vode u uslovima korišćenja RBH oružja. Voda iz kontaminiranog nalazišta se pomoću male ručne pumpe propumpava kroz filter koji je smešten u plastičnom crevu koje je spojeno sa standardnim kanisterom. Ugljena komponenta filtera zadržava patogene bakterije, organske i neorganske materije i proizvode radioaktivnog kontaminira-

nja. Prilikom propumpavanja vode u komponentama filtera indukuju se pozitivni i negativni naboji koji privlače suprotno naelektrisane čestice nečistoće. Tri adsorbenta zadržavaju i apsorbiraju otrovne materije, herbicide i različite organske nečistoće.

Filterski element predviđen je za prečišćavanje 400 l vode. Masa celog uređaja je oko 450 g, a produktivnost oko 30 l/h. Razvojem ovog uređaja nastoji se povećati snaga i čvrstoća pumpe, kao i dugovečnost i produktivnost filtera. Smatra se da je osnovni nedostatak ovog filtera u tome što ne može da desaliniše vodu.

Za prečišćavanje vode iz slanih nalazišta, u SAD je izrađen komplet za individualno korišćenje, a sastoji se od kaseta od polupropustljive membrane i nekoliko plastičnih vrećica za skupljanje vode. Za dobijanje pijaće vode jedna od kaseta se uvrne u dno vrećice i tako se obesi da se kasete nađe u vodi. Pri prolasku kroz kasetu voda se prečišćava i postaje ukusna zbog toga što se u kaseti nalazi prašak fruktoze koji se u slučaju nužde može koristiti i kao prehrambeni proizvod. Kada se vrećica napuni vodom, kasete se odvajaju. Ovaj komplet za desalinizaciju sada se nalazi u fazi trupnih ispitivanja u KoV SR Nemačke i RM SAD.

U SR Nemačkoj izrađen je prenosni desalinizacioni aparat koji predstavlja cilindar od mekog sintetičkog hermetičkog materijala. U ovom cilindru nalazi se jonoizmenjivačka materija i spiralna opruga koja obezbeđuje aparatu krutost. Sa gornje strane nalazi se grlo sa slavinom i ulazni priključak, a ispod grla je smešten filter. Da bi se aparat napunio vodom, potrebno ga je stisnuti pre zaranjanja u vodu. Pod dejstvom opruge rezervoar se vraća u prvobitno stanje, a voda se usisava u njega. Posle 25-minutne obrade voda je pogodna za piće.

Za prečišćavanje slatke i slane vode u OS Velike Britanije koristi se minijaturni uređaj na principu obratne

osmoze čije su dimenzije $15 \times 13 \times 3$ cm, a masa oko 0,5 kg. On može da obezbedi vodu za piće za dva vojnika. U opremi se, takođe, nalazi i prenosni švajcarski filter za prečišćavanje vode od patogenih bakterija, virusa, mikroorganizama, za uklanjanje neprijatnog mirisa i ukusa, za razbistravanje, a takođe i za smanjivanje količine rastvorenih organskih materija i odstranjivanje suvišnog hlora. Uređaj se sastoji od metalnog tela, filtrirajućeg elementa i pumpe sa plastičnim usisnim crevom. Masa sa futrolom je oko 500 g, a produktivnost 30 l/h. Ovaj prečištač mogu da koriste i poljske medicinske ustanove. Zamena filtrirajućeg elementa (patrona) obavlja se kada kroz njega prođe 100 l vode.

U zemljama Zapada, posebno u članicama NATO, nastavljaju se istraživanja hemijskih sredstava za prečišćavanje vode za individualno korišćenje. Namena ovih sredstava je: da brzo ubijaju mikrobe i inaktiviraju viruse, ostavljajući u vodi dovoljno dezinfekcionog sredstva za kasniju potpunu dekontaminaciju; da uklone neprijatni miris i ukus; da daju rezultate koji se lako kontrolišu; da budu jednostavni u korišćenju, ekonomični i pouzdani. Skoro sve ove zahteve ispunjavaju uređaji koji rade na principu oksidacije vode. Međutim, miris i ukus prečišćene vode mnogo zavise od tipa i količine organskih nečistoća sa kojima svi oksidatori obrazuju nepoželjne sekundarne proizvode. Kada se kao oksidator koristi hlor i njegova jedinjenja, tada će sekundarni proizvodi, na primer, hlorfenol, imati miris neprijatniji od mirisa nečistoća. Neke organske kiseline, pri sjedinjavanju sa hlorom, mogu da se pretvore u kancerogene materije.

Dokora su za individualno korišćenje u poljskim uslovima, kao sredstva za dezinfekciju vode, korišćene materije koje sadrže hlor i jod. Pored znatnog dezinfekcionog efekta oni imaju svoje nedostatke, kao što su veliko trajanje procesa dezinfekcije i nemoćnost uklanjanja rastvorenih materi-

ja iz vode, od čega ona dobija neprijatni ukus.

Stručnjaci Južnoafričke Republike stvorili su novi dezinfekcioni preparat »hlor-flok« koji je namenjen za ubrzavanje procesa dekontaminacije vode u poljskim uslovima. Tvrdi se da on nema navedene nedostatke. Specijalni aditivi, koji ulaze u sastav ovog preparata, koagulišu u pahuljice nečistoće u vodi i talože ih na dno. Ovo svojstvo preparata principijelno ga razlikuje od drugih sredstava dekontaminacije vode i poboljšava efikasnost dezinfekcione komponente preparata. Nečistoće, skupljene u talogu, filtriraju se pomoću filtera od tkanine. U preimućstvo ovog dezinfekcionog preparata spada i to što on obezbeđuje razbistravanje i dekolorizaciju vode, a da pri tome nema neprijatnog mirisa i ukusa vode. Po svojim svojstvima ovaj preparat pre-

vazilazi britanski »puritabs« i američki dezificijent »globalin«. »Hlor-flok« isporučuje se u tabletama od po 600 mg i 5 g i u vidu praška u pakovanju od po 200 g. Jedna tableta od 600 g preparata može da dezinfikuje 1 l vode u toku 4—5 min. U te svrhe tableta se spušta u bocu sa vodom koja se sistematski mućka. Dejstvo preparata traje 1 dan.

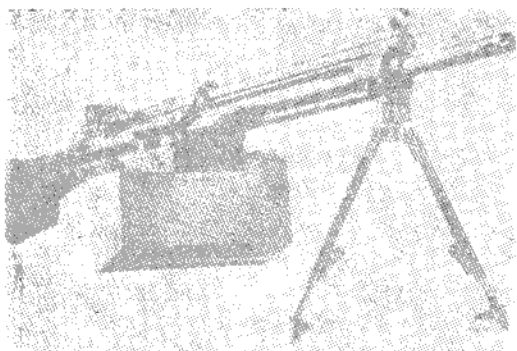
»Hlor-flok 1000« isporučuje se u vidu praška u tubama od po 200 g, zajedno sa mernom kašičicom. Jedna kašičica praška dovoljna je za dekontaminaciju 20 l vode, a cela tuba za 1.000 l u cisterni ili rezervoaru koji za mešanje imaju specijalnu mešalicu. Preparat »hlor-flok« ispitan je u poljskim uslovima i nalazi se u opremi KoV nekih zapadnih armija.

P. M.

tehničke novosti i zanimljivosti

Poboljšanja primenjena na automatskom streljačkom oružju zapadnonemačke firme »HECKLER & KOCH«¹

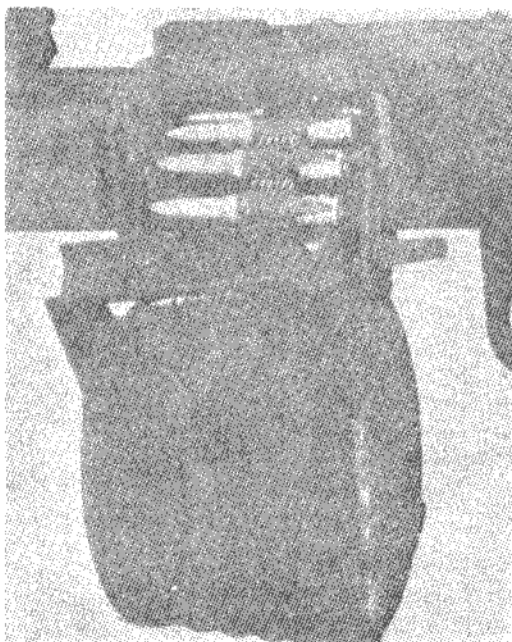
U toku 1989. godine zapadnonemačka firma HECKLER & KOCH primenila je niz poboljšanja na streljačkom oružju iz svog proizvodnog programa.



Laki mitraljez 7,62 mm HK 21E

Na lakom mitraljezu 7,62 mm HK 11E firma je ugradila kundak sličan kundacima koji se ugrađuju na snajperske puške. Na ovo oružje ugrađen je podsklop rukohvata sa mehanizmom

za zapinjanje i okidanje, koji se koristi i na ostalim oružjima ove firme. Nišani oružja su poboljšani, omogućeno je da cev bude zamenljiva, a za redenik sa municijom je urađena municijska kutija koja se postavlja ispod oružja (na mestu težišta).



Novi doboš puškomitraljeza MG-3 od 50 metaka

¹ Prema podacima iz: CIBLES 1989, septembar, str. 13.

Na puškomitraljezu HK 11E izvršena su ista poboljšanja kao kod prethodnog oružja (puškomitraljez ima kraću cev, a hrani se iz okvira od 20 metaka).

Za puškomitraljez MG-3 razvijen je doboš kapaciteta 50 metaka, izrađen od plastične mase visoke otpornosti, sa providnim otvorom koji omogućuje strelcu stalnu kontrolu broja metaka.

Sva oružja iz proizvodnog programa firme H&K urađena su u dve osnovne boje sa više nijansi. Neki modeli su opremljeni optičkim nišanom uveličanja 1,5×. Nišan može da se podešava po pravcu i visini, a omogućuje gađanje na rastojanjima od 100 do 400 m. Optički nišan ugrađen je u sledeće modele:

- automatska puška 5,56 mm GR 3A2S i GR 3A2C,

- automatska puška 5,56 mm HK 33ES A3 i HK 33 EC A3,

- automatska puška 5,56 mm GR 3 KS i GR 3 KC,

- automat HK C i HK 53 S kalibra 5,56 mm,

- automat 5,56 mm GR 2S i GR 2C,

- puškomitraljez 5,56 mm HK 13 C i HK 13 S,

- puškomitraljez 5,56 mm GR 6 C i GR 6 S,

- laki mitraljez 5,56 mm HK 23 C i HK 23 S,

- laki mitraljez 5,56 mm GR 9 S i GR 9 C.

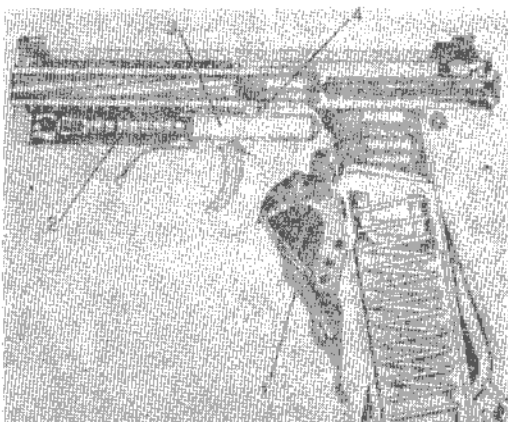
Pištolf 9 mm »P-7« zapadnonemačke firme »HECKLER & KOCH«²

Poslednji model iz familije pištolja koju je razvila zapadnonemačka firma HECKHER & KOCH nosi oznaku P-7. Razvijen je za metak 9×19 mm na osnovu prethodnih modela P-5 i P-6. U odnosu na ove modele deluje kompaktnije,

a ima i različite korice rukohvata (izrađene od plastične mase) i nešto manju masu.

Specifičnosti pištolja P-7 (primenjene i na prethodnim modelima ove firme) su zabavljanje zatvarača pomoću barutnih gasova i poluga postavljena sa prednje strane rukohvata, koja služi kao kočnica oružja.

Zabavljanje zatvarača vrši se dejstvom pritiska barutnih gasova. Gasovi se posle opaljenja metka odvođe kroz otvor na cevi (izbušen na prednjem delu ležišta metka) u gasni cilindar.



Presek pištolja 9 mm P-7

1 — poluga za blokiranje udarača; 2 — klip; 3 — gasni cilindar; 4 — otvor pozajmice barutnih gasova

dar postavljen ispod cevi. Gasovi u cilindru deluju na klip koji ne dozvoljava navlaci sa zatvaračem da se pomera u zadnji položaj dok pritisak gasova ne opadne na određenu vrednost.

Polugom rukohvata blokira se udarač (ne može se izvršiti okidanje dok se ne pritisne poluga), a navlaka sa zatvaračem se drži u zadnjem položaju. Ovim rešenjem omogućeno je jednostavnije rukovanje pištoljem (nema dugmadi za kočnicu i za zadržavanje navlake u zadnjem položaju), izbegnuta je mogućnost slučajnog opaljenja (na primer pri padu), a pištoljem mogu da rukuju i levo-ruki strelci.

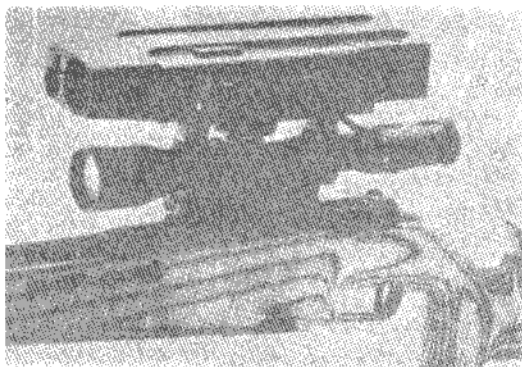
² Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1989, br. 10, str. 738.

Ostale karakteristike pištolja P-7 su:

— kalibar (mm) — — —	9
— dužina (mm) — — —	166
— dužina cevi (mm) — —	105
— masa (kg) — — — —	0,95
— kapacitet okvira (metaka)	8

Snajperska puška 7,62 mm »MODEL 86 SR« zapadnonemačke firme »MAUSER«³

Standardna snajperska puška 7,62 mm (metak 7,62×51 mm NATO) MODEL 66 SP firme MAUSER ima cilindrični zatvarač, skrivač plamena i sportski kundak od orahovog drveta. Pored ove, firma je počela da proizvodi i novu varijantu snajperske puške oznake MODEL 86 SR za isti metak. Obe puške su namenjene i za sportska takmičenja.



Optički nišan i laserski daljinomer postavljene na snajpersku pušku MODEL 86 SR

Varijanta MODEL 86 SR ima klasičan zatvarač, okvir kapaciteta devet metaka (predviđena je i verzija sa jedinačnim punjenjem ležišta), drveni ili kundak od plastične mase ojačane staklenim vlaknima i naslon za obraz, koji može da se podešava. Masa puške bez optičkog nišana je 5 kg, a dužina 1210

mm (zajedno sa skrivačem plamena, koji je sličan skrivaču sovjetske snajperske puške). Dužina cevi je 650 mm. Sila okidanja može da se podešava od 0,8 do 1,4 daN. Optički nišan ima uvećanje 6×, otvor objektiva 42° i posebnu končanicu.

Na pušku mogu da se postave nožice puške PARKER — HALE. Pri gađanju sa nožica, municijom namenjenom za sportska gađanja, prečnik rasturanja pogodaka grupe od pet metaka nije veći od 20 mm na rastojanju od 100 m.

Optički nišan vrlo brzo može da se zameni noćnim nišanom. Omogućeno je i da se iznad optičkog nišana postavi laserski daljinomer NORMA TELERANGER TYPE A. Omogućuje merenje daljina do 2000 m sa tačnošću od 5 m.

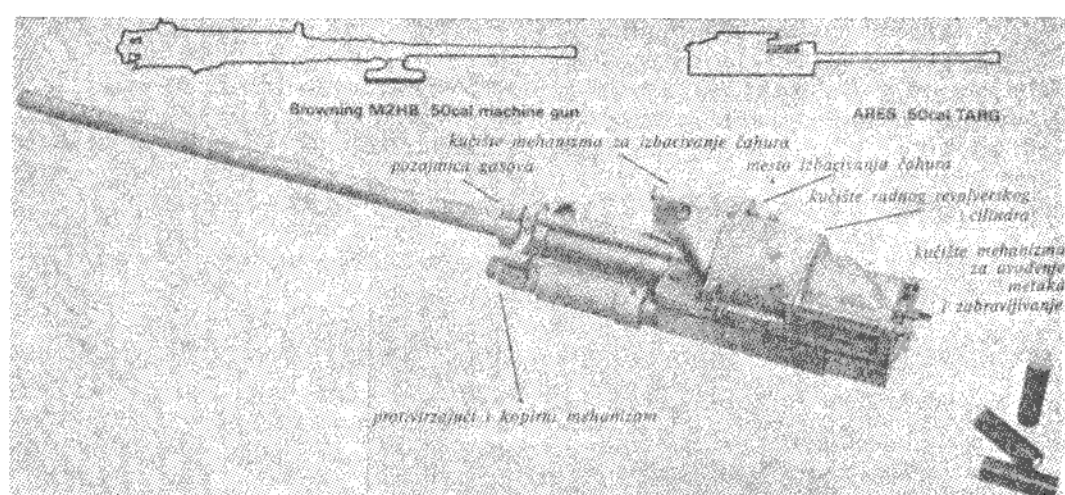
Snajperska puška MODEL 86 SR zadovoljila je određena ispitivanja na ekstremnim temperaturama, a predstoje i šira ispitivanja u jedinicama policije i specijalnim jedinicama armije.

Mitraljez sa dobošom, kalibra 12,7 mm »TARG« američke firme »ARES«⁴

Američka firma ARES projektovale je i izradila prototip mitraljeza kalibra 12,7 mm TARG, revolverskog tipa. Mitraljez radi na principu pozajmice gasova, namenjen je prvenstveno za ugradnju na helikoptere, a u odnosu na do sada najčešće primenjivani mitraljez M2HB firme BROWNING, ima niz prednosti: skoro upola manju masu, 20% manju cenu, za trećinu manju dužinu i broj delova, uz nešto veću početnu brzinu metka, i korišćenje teleskopske municije PCTA. Četvorokomorni revolverski cilindar smanjuje vreme ciklusa podižući brzinu gađanja do 2000 metaka/minut. Cilindrični oblik teleskopskog

³ Prema podacima iz: DEFENCE 1989, avgust, str. 615.

⁴ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 7, str. 945—946.



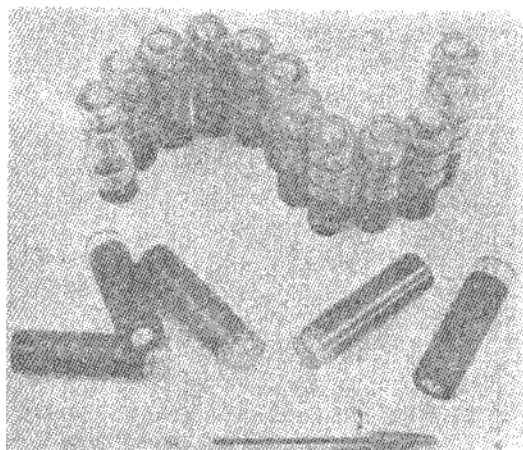
Opšti izgled mitraljeza TARG kalibra 12,7 mm firme ARES, i poređenje sa mitraljezom M2HB firme BROWNING

metka olakšava njegovo uvođenje i izbacivanje čahure, kao i transport municije bez redenika, a povećava i početnu brzinu projektila. Bez većih problema, u slučaju potrebe, moguće je relativno jednostavno povećati kalibar oruđa i municije na 20 mm.

Plastična čahura smanjuje masu metka i delovanje gasova na početni deo cevi, a teleskopski princip organizacije

metka obezbeđuje bolje zaptivanje, čime se minimiziraju mane revolverskog principa dejstvovanja oruđa. U odnosu na klasični metak, PCTA ima za 35% manju masu, a pri ispitivanju iz iste cevi početna brzina je veća za 10%.

Firma ARES sada razvija helikoptersku turelu za TARG sistem sa 1000 metaka bez redenika, sa ukupnom masom 210 kg (uključivo mitraljez, sistem za hranjenje i municiju). U odnosu na sisteme sličnih karakteristika, ovakva turela daje uštedu mase od 37% i 17% uštede u zapremini. Trenutno su najaktuelniji radovi na poboljšanju karakteristika PCTA municije za ovaj sistem.



Teleskopski metak sa plastičnom čahurom (PCTA) firme ARES razvijen za mitraljez TARG je sličan standardnom metku M33, ali je zrno obloženo barutom i uvučeno u čahuru. Može se koristiti sa plastičnim redenikom ili bez redenika

Francuska samohodna haubica 155 mm »AU-F-1«⁵

Francuska grupacija GIAT razvila je samohodnu haubicu 155 mm AU-F-1 na bazi šasijske tenke AMX-30. Ukupna masa vozila je 43,5 t (2,5 t municije), dužina 10 m, širina 3,1 m, a visina 3,2 m. Punjenje haubice se vrši automatski.

⁵ Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1989, br. 87, str. 55.

U spremištu kupole ima 36 granata i 42 sagorive čahure. Oruđe je opremljeno sistemom za upravljanje vatrom CITA 20. Brzina gađanja je šest granata za 45 s. Maksimalni domet pri gađanju ras-

Samo jedna raketa 102 mm može da stvori protivdejstvo, koje liči na dejstvo više ranijih raketa 57 mm. Glave za navođenje protivbrodskih raketa mogu da otkriju cilj i kada je ispaljeno više raketa za ometanje, pa je i veća mogućnost pogotka broda.

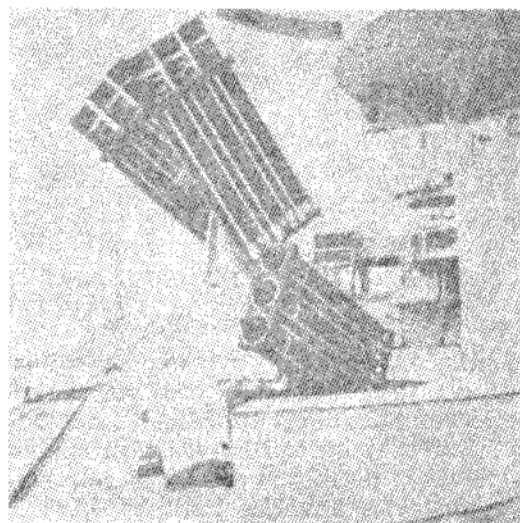


prskavajućom granatom F1 je 24 km, sa rasprskavajućom granatom sa smanjenim trenjem 28,5 km i sa granatom sa dopunskim pogonom 31,5 km. Posada se sastoji od 4 čoveka.

Britanski brodski sistem za protivraketna dejstva »SUPPER BARRICADE«⁶

Sistem SUPPER BARRICADE prikazala je firma ML WALLOP DEFENCE SYSTEMS, a namenjen je brodskim protivdejstvima pomoću »dipola« i IC-reflektora. Sistem je konstruisan za brodsku odbranu od savremenih i budućih protivbrodskih raketa, a može se ugraditi na brodove veličine fregate i veće.

Budući da su velike brzine najnovijih protivbrodskih raketa smanjile vreme reagovanja, sistem SUPPER BARRICADE koristi rakete 102 mm umesto raketa 57 mm, koje su bile u ranijim sistemu BARRICADE.



SUPPER BARRICADE koristi malo eksplozivno punjenje, koje rastura 2,5—5 kg električnih dipola u oblak, čiji je oblik više kružan nego što je bio slučaj sa ranijom verzijom klipnih lansera dipola, koji su stvarali oblak cilindričnog oblika.

Uređaj SUPPER BARRICADE sastoji se od 4 trocevna bacača, koji lansiraju dve vrste raketa sa dipolima. Prva vrsta je STOCKADE, čiji je domet 1.800 m, a nosi 2,5 kg dipola. Druga vrsta je PALISADE, čiji je domet 900 m, a nosi 5 kg dipola.

U toku je razvoj dve IC-lažne mete; jedan tip je čist IC-mamac, a drugi je kombinovani projektil sa dipolima i IC-mamcima.

Sistem SUPPER BARRICADE se trenutno ispituje u Velikoj Britaniji, SAD i Čileu (sa lanserom za obuku), a već je prodat jednoj zemlji u Evropi.

⁶ Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, 30. septembar, str. 648.

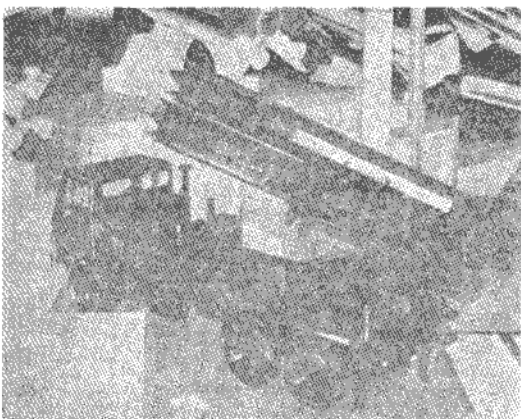
Kineski artiljerijski raketni bacači⁷

Kineska izvozno-uvozna korporacija za precizne mašine CP-MIEC i korporacija NORINCO prikazale su na pariskoj izložbi 1989. godine modele dva ju novih artiljerijskih raketnih bacača.

WS-1 je četvorocevni bacač, sl. 1, koji ispaljuje nevođene rakete 320 mm na maksimalni domet od 80 km, dok je minimalni domet 20—30 km. Masa svake rakete je 520 kg i ima bojnu glavu od 150 kg. Ugrađen na šasijsku kamiona 6×6, ovaj sistem bi trebalo da popuni prazninu između klasične artiljerije i taktičkih vodenih projektila zemlja-ze-



Sl. 1



Sl. 2

⁷ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 9, str. 1263.

mlja. Firma CPIMIEC navodi da ove rakete mogu da dostignu maksimalnu brzinu od 3,6 Ma i maksimalnu visinu od 30.000 m. Rasturanje je navodno 1 do 1,25% od daljine.

Drugi sistem, je osmocevni bacač koji ispaljuje nevođene rakete 273 mm na daljinu do 80 km. Ovi projektili su poboljšana verzija rakete 273 mm sa dometom od 40 km, koje se koriste sa četvorocevnim bacačima TYPE 83. Ovaj bacač postavljen je na poboljšanu šasijsku TYPE 60. (sl. 2).

Nova raketa dometa 80 km takođe može biti ispaljen iz bacača TYPE 83. Ima glavni raketni motor, pomoćni raketni motor i pokretljiva krila. Zadržala je osnovnu konstrukciju prethodne, ali je glavni raketni motor različit i koristi polibutadiensko kompozitno pogonsko gorivo sa središnjim kanalom i kućištem. Osmocevni bacač se takođe može postaviti na šasijsku oklopnog vozila-guseničara TYPE 321. Masa svake nevođene rakete 273 mm je 519 kg i ima razornu bojnu glavu od 150 kg. Brzina gađanja je po jedna raketa na svake 2 s.

Planirana su dva poboljšanja raketa 273 mm. Razorna bojna glava će biti zamenjena kasetnom bojnog glavom sa malim bombama, mada to neće uticati na masu i domet. Radi poboljšanja preciznosti biće ugrađen uređaj za korekciju putanje u vazduhu. Domet će biti najmanje 75 km.

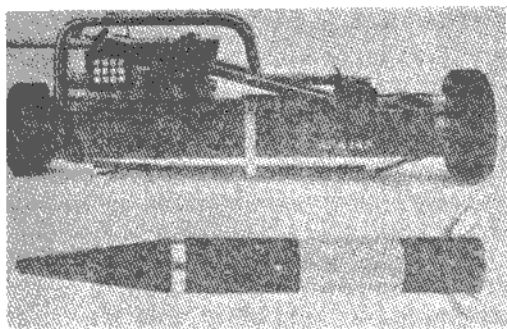
Francusko-britanski automatski protivoklopni raketni sistem »APAJAX«⁸

Francuska firma MATRA i britanska BRITISH AEROSPACE razvile su u saradnji novi protivoklopni raketni sistem sa automatskim opaljivanjem APAJAX, koji je sposoban da uništi sve tipove oklopnih vozila, naročito postojeće teške tenkove u kretanju do brzina 80 km/h, u bočnom napadu od —45° do

⁸ Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1989, br. 88, str. 18.

+45°, sa minimalnog odstojanja od 3 m i maksimalnog 150 m, u urbanoj zoni, na raskrsnicama ili na tačkama premošćavanja, kao i u prolazima kroz minska polja ili na otvorenom prostoru. U sistemu APAJAX su objedinjene snage i domet protioklopne rakete APILAS (firme MATRA i SERAT) sa preciznošću detekcije i automatskim upravljanjem sistema AJAX (firme BRITISH AEROSPACE).

Raketa APILAS kalibra 112 mm, čija kumulativna bojna glava (1,5 kg eksploziva), može da probije homogeni oklop debljine preko 720 mm, ispaljuje se iz taktičke ambalaže pri svim klimatskim uslovima u području temperatura između -40°C i +55°C.



Gore: Sistem APAJAX u transportnom položaju
Dole: Raketa APILAS

Pasivni infracrveni sistem za detekciju AJAX, koji se aktivira akustičkim ili seizmičkim impulsima, povezan je sa kompjuterom namenjenim za izdavanje komande za ispaljivanje. On ne uzima u obzir laka vozila, trupe u pokretu, životinje, itd., ali može biti programiran da izabere cilj u koloni, dijapazon daljina za napad na vozila, smer kretanja cilja (levo ili desno). Takođe može da izviđa zonu određenu optičkim poljem detektora i opsegom programiranih daljina angažovanja. Čim neki cilj prođe u tu zonu, kompjuter određuje optimalni trenutak starta rakete, kako bi se postigla najveća verovatnoća pogađanja. Vreme programiranja obuhvata periode od po 4 h do 96 h ili 4 dana. Sistem

se automatski neutrališe preko kratkog spoja baterije, po isteku vremena operativnog programa (moguća je ponovna upotreba posle zamene baterije).

APAJAX, čija je ukupna masa 12 kg, dužina 1 m i srednja visina 0,65 m, može staviti u stanje borbene gotovosti samo jedan čovek za manje od 5 min. po danu i 10 min. po noći, na terenu bilo koje konfiguracije. Predložene su dve opcije: autoonesposobljavanje sistema uništenjem električnih kola po isteku vremena programiranja ili uništenje istih kola pri prvom pokušaju rukovanja. Ovaj sistem kompletiran je vežbovnim oružjem koje ispaljuje metak sa zrnem za obeležavanje pogotka, čija je trajektorija slična kao kod rakete.

Rumunski protivavionski artiljerijski sistem⁹

Rumunija proizvodi vučni dvocevni protivavionski artiljerijski sistem kalibra 30 mm, sopstvene konstrukcije, koji ima osmatrački radar postavljen na levoj strani. Radar ima domet do 15 km.



⁹ Prema podacima iz: JAMES DEFENCE WEEKLY 1989, 5. avgust, str. 225.

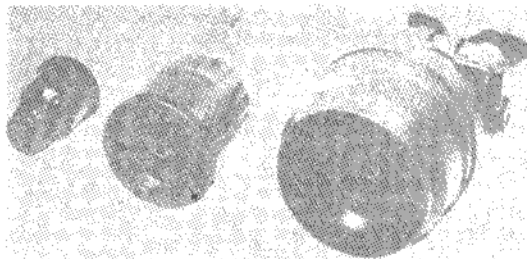
Sistem je montiran na lafetu sa četiri točka. Oslanjanje u borbenom položaju obezbeđuje se sa četiri stope koje formiraju krst između točkova u pravcima napred-nazad i levo-desno. Moguće je dejstvo protiv ciljeva na visinama od 50 do 3500 m i kod maksimalnih brzina naleta 300 m/s. Moguća su i dejstva protiv zemaljskih ciljeva.

Dvocevni top kalibra 30 mm ima skrivače bljeska i brzinu gađanja po cevi 500 metaka/minut. Posadu sačinjavaju 3 vojnika. Ukupna masa oruđa je 3000 kg. Za vuču se obično koristi kamion DAC665T sa pogonom na svih 6 točkova.

Familija dogleda za noćno osmatranje »LUNOS« holandske firme »OLDELFT«¹⁰

Familija dogleda za noćno osmatranje na kratkim i srednjim daljinama LUNOS (Lightweight Universal Obser-

vation System) holandske firme OLDELFT, modularne koncepcije, zasniva se na standardnom binokularnom telu na koje se montiraju tri tipa objektivna sa uveličanjem 1×, 4× i 6× i elektronska cev za pojačanje druge ili treće generacije.



LUNOS 1 je specijalno namenjen za ličnu opremu vozačima pri noćnoj vožnji kopnenih vozila (masa 250 g). Za LUNOS 6 predviđena je oprema sa ručkohvatom.

Objektivi dogleda LUNOS sa uveličanjem (slevo na desno): 1×, 4× i 6× (sa standardnim telom).

Tehničke karakteristike:

	LUNOS 1	LUNOS 4	LUNOS 6
— vidno polje	40°	10°	6,5°
— relativan otvor	f/1,1	f/1,2	f/1,5
— masa sa baterijama (g)	570	1000	2100
— dimenzije (mm)	160×72×131	230×104×136	300×150×136

Optoelektronski uređaj za upravljanje vatrom francuske firme »INTERTECHNIQUE« za švedski 40 mm top »TRINITY«¹¹

Švedska firma BOFORS izabrala je za svoj novi 40 mm top TRINITY centralni optoelektronski uređaj za upravljanje vatrom francuske firme INTERTECHNIQUE.

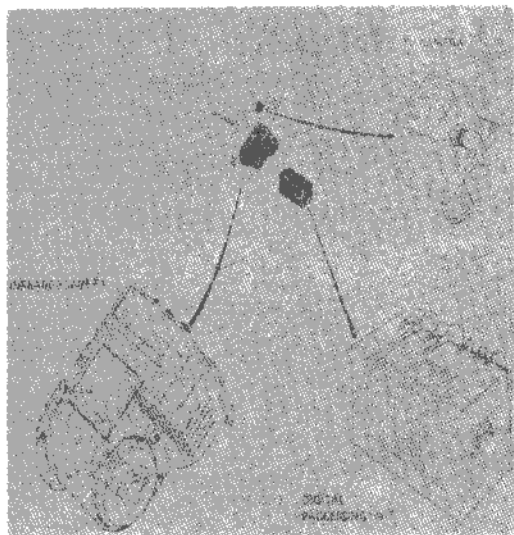
Ovaj uređaj, u kome su IC-senzori i televizijski interfejsi uključeni na digitalni blok za obradu podataka, povećava efikasnost borbe protiv niskoletelih vazduhoplova preciznim nišanjem, naročito sa protivbrodskim raketama u brišućem letu.

Infracrvena kamera radi u spektralnom području od 8 do 12 μm, paralelnim serijskim skeniranjem (video frekvencija 25 Hz), sa 60 detektora HgCdTe. Njena optika ima otvor 100 mm i žižnu daljinu 100 mm. Vidno polje slike je 2,06'×2,75' sa prostornom rezolucijom 0,3×0,3 mrad i nominalnom termičkom rezolucijom 0,05° C.

¹⁰ Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HERACLÉS INTERNATIONAL 1989, br. 88, str. 75.

¹¹ Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HERACLÉS INTERNATIONAL 1989, br. 89, str. 80.

Televizijska kamera funkcioniše u spektralnom području od 0,4 do 1 μm , sa digitalnim skaniranjem (video frekvencija 25 Hz) i detektorom tipa CCD sa silicijumom (format slike 0,6 $\times$ 8,8 mm). Ova dva vidna polja su 5' $\times$ 7' i 2,9' $\times$ 4,1' (format slike 576 linija $\times$ 384 piksela).



Digitalni blok za obradu podataka ima sledeće osnovne funkcije: izbor senzora, kontinualnu detekciju u realnom vremenu i automatsku akviziciju ciljeva (do 10), praćenje više ciljeva (3) i na više načina (vruće tačke, kontrola i korelacija), interfejs sa digitalnim sekcijama.

Sva tri bloka imaju ugrađene uređaje za proveru ispravnosti.

Italijanski brodski termovizor »VTG 120/N«¹²

Italijanska firma OFFICINE GALILEO razvila je novi termovizijski sistem VTG 120/N, koji je zasnovan na termovizijskoj kameri VTG 120. Ima dvoosno stožersko postolje, opremljeno

sinhronima za prenošenje podataka o pravcu i elevaciji cilja. Antenski detektor od 60 elemenata sa linearnim skaniranjem, koristi hlađenje CMT (cadmium mercury telluride) senzorske elemente koji rade u opsegu 8—14 μm . Ima dva uveličavanja ($\times 4$ i $\times 12$) sa vidnim poljima 60 $\times$ 120 mrad, odnosno 20 $\times$ 40 mrad. Hlađenje senzorskog niza može



da bude pomoću boca sa komprimiranim vazduhom (za 2 ili 4 časa) ili korišćenjem hladnjaka zatvorenog ciklusa STIRLING. Kroz okular termovizora može se videti minijturni katodni displej, a daljinsko prikazivanje obezbeđuje odvojeni tv-monitor.

Termovizor 120/N podesan je za različite brodske namene: za navigaciju, osmatranje kopna i mora, kao i za identifikaciju i označavanje ciljeva. Male dimenzije i mala masa olakšavaju ugradnju na brodove. Firma OFFICINE GALILEO je prikazala ovaj termovizor u Argentini i očekuje narudžbinu. Potencijalni kupci su Grčka i Indonezija.

Prenosni IC-artiljerijski daljinski nišan »TAPIR« francuske firme »TRT«¹³

Novi prenosni infracrveni artiljerijski daljinski nišan TAPIR (Télépointeur d'Artillerie Portable Infra-Rouge) francuske firme TRT (Télécommunications Radioélectriques et Téléphoniques) na-

¹² Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 7, str. 993.

¹³ Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1989, br. 88, str. 70.

menjen je za otkrivanje i precizno lokalizovanje artiljerijskih ciljeva, po danu i noći i po svakom vremenu. Ovaj daljinski nišan, zasnovan na termalnoj kameri CALOPE (koja je razvijena od termalnog nišana MIRA za protivoklopnu raketu srednjeg dometa MILAN, kao i za neke modele protivoklopne rakete



dugog dometa HOT, firme EUROMISILE) obuhvata takođe goniometar IPL NORSEMAN, telemetrijski laserski durbin SIMRAD LP.7 i tronožno postolje IPL.

TAPIR otkriva vozilo na daljinu 7 km, a identifikuje ga na 3 km. Tačnost goniometrisanja ± 3 hiljadita, a laserskog daljinomera ± 5 m od 150 do 9995 m. Verovatno kružno skretanje je ispod 20 m.

Indijski vođeni projektili »ASTRA« i »AKASH«¹⁴

U Indiji se u fazi razvoja nalazi novi vođeni projektil dugog dometa ASTRA, kojim će biti naoružani novi indijski laki borbeni avion LCA. Iz malo objavljenih podataka saznaje se da će ovaj projektil imati inercijalno vođenje sa aktivnim sistemom za samonavođenje u

završnoj fazi putanje (10 km leta do cilja). Očekuje se da će ovaj vođeni projektil pomoći da se kompenzira relativno mala brzina aviona od oko 1,6 Ma, u napadima vazduh-vazduh na velikim rastojanjima.

Razvoj novog vođenog projektila zemlja-vazduh AKASH nastavlja se, a ispitivanja u vazduhu su planirana krajem 1989. godine, dok će ulazak u naoružanje biti 1993. godine. Ovaj protivvazdušni vođeni projektil srednjeg dometa ima buster-motor sa čvrstim gorivom za ubrzanje leta projektila do 2 Ma, posle čega se pali marševski nabojno-raketni motor. Ovaj motor koristi kompozitno čvrsto pogonsko gorivo velike energije sa dvobaznom formulom, sa prahom magnezijuma kao metalnim gorivom, umesto uobičajenog aluminijuma. Oksidor će verovatno biti amonijum-perhlorat. Komponente ovog dvobaznog goriva su normalno nitroceluloza i nitroglicerol, ali drugih informacija nema.

Navodi se da nabojno-raketni motor ima specifični impuls od 600 s, što je dva puta više nego kod klasičnog čvrstog goriva. To je verovatno zbog činjenice da se samo deo potrebnog oksidatora nalazi u pogonskom gorivu, a ostatak kiseonika će se uzimati iz vazduha. Tvrdi se da će se za naredne dve godine razviti nabojno-raketni motor sa tečnim ugljovodoničkim gorivom, pa će se specifični impuls povećati na preko 1000 s.

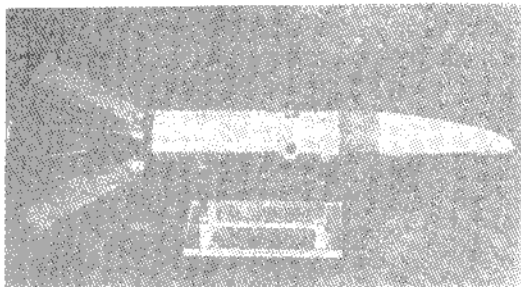
Italijanski protivraketni artiljerijski projektil 76 mm »CCS« sa korekcijom putanje leta¹⁵

Artiljerijski projektil 76 mm sa mogućnošću korekcije putanje leta CCS (Course-Corrected Shell) prikazala je firma OTO MELARA na pomorskoj iz-

¹⁴ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 11, str. 1582.

¹⁵ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 7, str. 993.

ložbi maja meseca. Projektil predstavlja zajednički privatni poduhvat ove firme u saradnji sa firmom BRITISH AEROSPACE. Namijenjen je za zaštitu brodova od protivbrodskih projektila koji manevrišu u završnoj fazi putanje.



Kada cilj manevriše, tada računar za upravljanje vatrom proračunava novu tačku udara i cilj putanje se koriguje prema tome. Ovaj sistem radi na principu neprekidnog proračunavanja položaja artiljerijskog projektila na osnovu balističkih podataka. Tada se putanja projektila koriguje pomoću pet pirotehničkih impulsnih mlaznih motora, smeštenih oko težišta. Klasični artiljerijski projektil rotira brzinom do 22.000 min^{-1} dok projektil CCS ima klizajuće vodeće prstenove koji smanjuju brzinu rotiranja na oko 200 min^{-1} radi olakšavanja korigovanja putanje. Četiri sklapanja krilca stabilizuju projektil na putanji i održavaju tempo rotiranja. Putanja može da bude modifikovana za oko 15° , a projektil se aktivira klasičnim blizinskim upaljačem.

Ostaje da se završe neki tehnički detalji, pa je planirano da prvi serijski projektil CCS bude isporučen krajem 1991. godine. Procenjuje se da će svaki ovaj projektil koštati za oko 5—10 puta više od sadašnjih tipova municije, mada proizvođač tvrdi da on predstavlja jeftinu alternativu za raketne protivraketne sisteme i omogućuje da neprijateljske vođene rakete budu napadnute na

mного većoj daljini nego što je to moguće oružjem za neposrednu odbranu.

Artiljerijski projektil CCS može se ispaljivati iz svakog broskog topa 76 mm koji je u naoružanju, bez bilo kakve izmene oružja. Postoji komplet za modifikaciju koji omogućuje da se sadašnji sistemi za upravljanje vatrom proračunavaju putanju i da te podatke prenose projektilu na putanji, sa posebnom naredbom za svaki projektil na putanji. Masa svakog projektila CCS je 6,66 kg, ima 0,5 kg eksploziva i 1,1 kg prethodno oblikovanih parčića (kocke od volframa).

Firma OTO MELARA sada nudi višenamensku OTO municiju (MOM) i PFF OTO Mod. 84, sa prethodno fragmentiranim projektilom sa oko 1,5 kg kockica od volframa. Tvrdi se da bojna glava ima ubojni radijus od preko 8 m. U kombinaciji sa blizinskim upaljačima visokih performansi, čija se osetljivost automatski podešava na okolnu buku, ovi projektili mogu da napadnu protivbrodske vođene rakete.

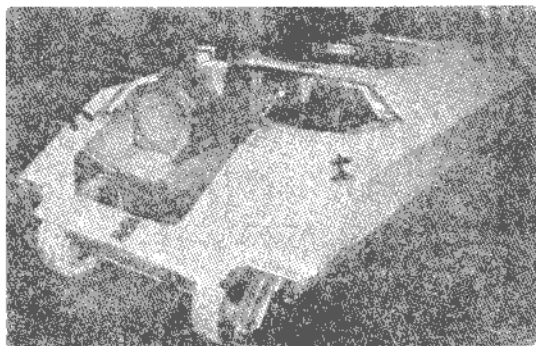
Posle ispitivanja u aprilu 1988, italijanska RM odlučila je da usvoji PFF za svoje topove 76 mm SUPER RAPIDO, koji treba da se ugrade na razarače klase AUDACE i ANIMOSO.

Oklopno vozilo američke firme »IFV« izrađeno korišćenjem kompozitnih materijala¹⁶

Konstrukcija i izrada oklopnih tela borbenih vozila pešadije od kompozitnog materijala predstavlja značajan korak napred. Kompozitni materijali su se do sada široko koristili u konstrukciji brodova i aviona, ali nije bilo značajnijih prodora u korišćenju ovih materijala na borbenim vozilima. Septembra 1986. god. firma IFV zaključila je ugovor sa američkom armijom (Laborato-

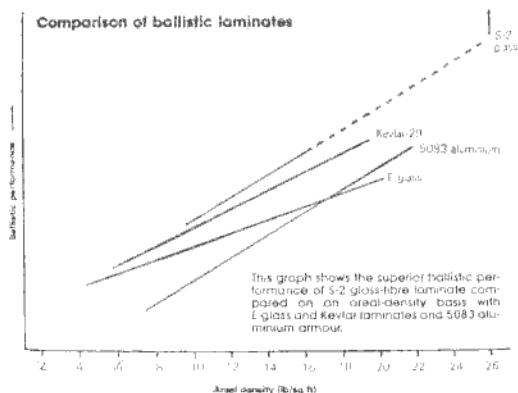
¹⁶ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 7, str. 969—970.

rijom za materijale i tehnologiju) za izradu oklopnog tela od kompozitnog materijala. Marta 1989. godine završena je izrada oklopnog tela koje je prikazano na sl. 1. Upotrebljen materijal za izradu oklopnog tela nosi oznaku S-2 i načinjen je od polimera ojačanih staklenim vlaknima.



Sl. 1

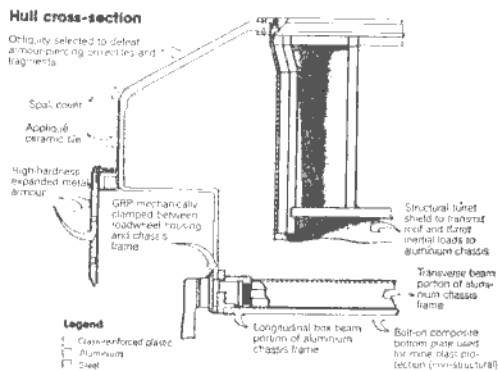
Balistička zaštita novog materijala pokazuje znatno bolje karakteristike od do sada primenjivanih. Na dijagramu datom na sl. 2. redom su date krive ba-



Sl. 2

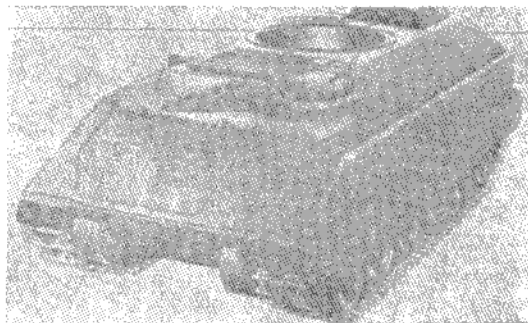
lističke zaštite (odozgo ka dole) sledećih materijala: S-2, kevler 29, aluminijum 5083 i E-materijala. Na apscisi je predstavljena površinska gustina, a na ordinati mera balističke zaštite.

U cilju daljeg povećanja oklopne zaštite postavljene su dodatne keramičke ploče sa titanboridom (TiBr) na svim vertikalnim površinama, što se vidi na sl. 3, na kojoj je prikazan poprečni presek oklopnog tela sa osnovnim konstrukcionim detaljima. Na ovaj način dobijeno je oklopno telo čija je oklopna zaštita ista kao kod vozila M2A1, ali je telo lakše za 27%. Oklopno telo vozila M2A1 je od aluminijuma.



Sl. 3

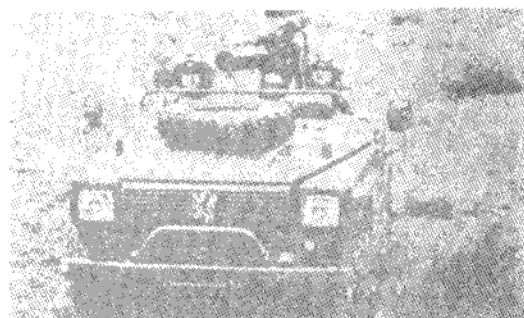
Maja 1989. počela je montaža vozila čiji izgled bi trebalo da bude kako je prikazano na sl. 4. Predviđeno je da se, nakon montaže, pristupi ispitivanju koje bi uključilo i ispitivanje vožnjom. Prilikom ispitivanja vožnjom vozilo bi trebalo da pređe oko 10000 km. Ukoliko bi ispitivanja zadovoljila, Firma IFV pristupila bi izradi drugog prototipa.



Sl. 4

Terenska vozila zapadnonemačke firme »MERCEDES BENZ«¹⁷

Proizvodnja familije terenskih vozila firme GFG (Gelaendewagenfahrzeu-ug Gesellschaft) otpočela je 1980. godine. Firma GFG je zajedničko preduzeće MERCEDES-BENZA i STEYR-DAI-MLER-PUCHA. MERCEDES-BENZ dostavlja motore, transmisije i osovine dok STEYR-DAIMLER-PUCH šasiije i nadgradnju. Proizvodnju ovih vozila po licenci (uz ugradnju i svojih agregata) preuzeli su francuska firma PEUGEOT i grčka STEYR HELLAS.



Sl. 1



Sl. 2

Na slici 1 prikazano je vozilo PEUGEOT P4 (osnova je MERCEDES-BENZ) poznato i pod imenom VLTT

¹⁷ Prema podacima iz: DEFENCE 1989, septembar, str. 733.

(Vehicule de Liaison Tout Terrain). Ovo vozilo savlađuje uspon od 73,5% i ima radijus okretanja od 10 m. Klirens vozila je 240 mm. Vozilo prikazano na sl. 1 naoružano je bestrajnim oruđem kalibra 106 mm.



Sl. 3



Sl. 4

Na sl. 2 prikazano je francusko ambulantno vozilo. Ambulantno vozilo ima tri nosiljke za povređene i mesto za medicinskog radnika. Motori koji pogone francuska vozila su proizvod firme PEUGEOT zapremine 1,971 l i 2,498 l. To su benzinski motori snage 58 kW i 51,8 kW respektivno. Sa dopunskim rezervoarom autonomija kretanja vozila se kreće do 600 km pri 90 km/h.

U vozilu MERCEDES-BENZ ugrađuju se bilo dizel-motori OM 616 ili OM 617 bilo benzinski motor M115. Motor

M115 je četvorocilindrični vodom hlađen motor i nešto veće snage od motora OM 616.

Na sl. 3 prikazano je vozilo oznake 240 GD koje proizvodi grčka firma STEYR HELLAS, a na sl. 4 ambulantno vozilo Binz iste firme. Ovo vozilo izrađeno je na fazi šasijske 2000 GK firme MERCEDES-BENZ.

Novi hidropneumatski sistem oslanjanja vozila američke firme »CADILLAC GAGE«¹⁸

Na hidropneumatskom sistemu oslanjanja namenjenom borbenim tenkovima počelo je da se radi još 1950. godine. Šira primena ovog sistema nije prihvaćena tako da do pre 6 godina imamo samo dva tenka na kojima je primenjeno hidropneumatsko oslanjanje. Međutim, situacija se radikalno od tada menja.

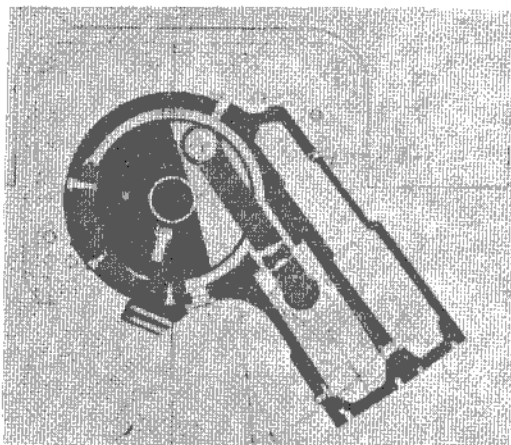
Sada se može reći da već postoje tri generacije hidropneumatskog oslanjanja.

Prva generacija je bila niskog pritiska, ali i pored toga bilo je dosta problema sa curenjem odnosno hermetizacijom. Uređaji hidropneumatskog oslanjanja smešteni su u oklopno telo i time je oduziman prostor drugoj opremi i otežavan pristup radi opravke.

U drugoj generaciji otklonjeni su nedostaci koji su se pojavili u prvoj generaciji (problemi curenja i hermetizacije) i stvorene su kompaktne jedinice hidropneumatskog oslanjanja koje se sa lakoćom montiraju sa spoljne strane oklopnog tela. Na taj način uređaji hidropneumatskog oslanjanja ne zauzimaju koristan prostor unutar oklopnog tela, a

olakšana je demontaža u slučaju kvara. Štaviše, jedinice hidropneumatskog sistema su nezavisne jedna od druge pa je znatno smanjeno učešće raznih ventila, cevovoda i pumpi.

Treća generacija u koju se ubraja i novi sistem hidropneumatskog oslanjanja firme CADILLAC GAGE predstavlja objedinjavanje hidropneumatske opreme i prigušnih elemenata sa laktastom polugom na koju se montiraju osloni točkovi. Takav sistem je još kompaktiji od onih iz druge generacije.



Sl. 1

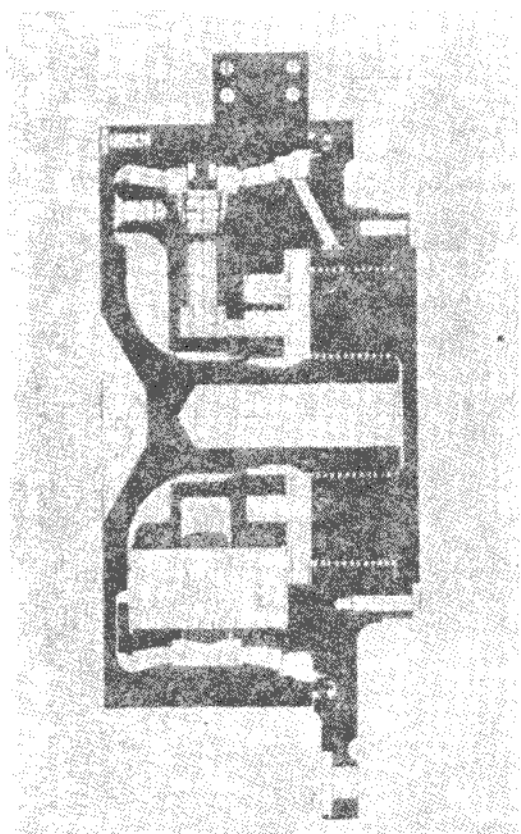
Najinteresantniji sistem hidropneumatskog oslanjanja iz treće generacije je sistem firme CADILLAC GAGE. Na sl. 1 i 2 prikazane su neke karakteristike ovog sistema. Na sl. 1 dat je poprečni presek kroz jedinicu hidropneumatskog oslanjanja ove firme. Na njoj se uočava da nedostaje klip koji razdvaja hidraulični fluid (kojim se prenosi sila između gasa i radnog klipa) od azotnog gasa.

Na sl. 2 prikazana je jedna karakteristika ovog sistema, to je višela-elasti mokri frikcionni prigušivač (amortizer).

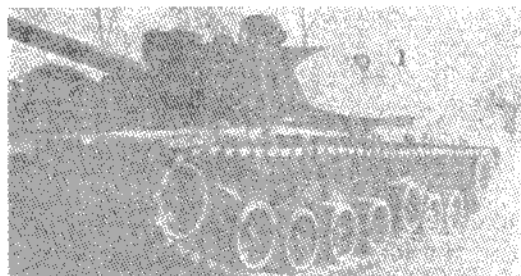
Sistem hidropneumatskog oslanjanja firme CADILLAC GAGE ugrađen

¹⁸ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 3, str. 347-348.

na tenk M1 nalazi se na terenskim ispitivanjima koja sprovodi američka armi-



Sl. 2



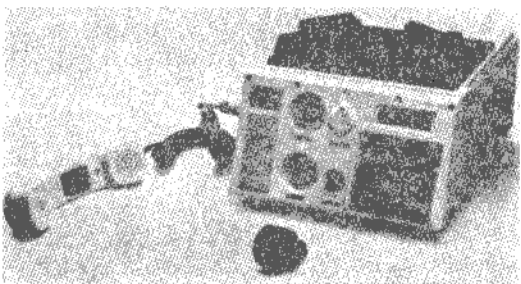
Sl. 3

ja već dve godine. Tenk na kome se vrše ova ispitivanja prešao je više od 1600 km bez ikakvog održavanja hodnog dela.

Na sl. 3 prikazan je tenk M1 opremljen hidropneumatskim sistemom oslanjanja firme CADILLAC GAGE za vreme prelaza preko betonskih pragova.

Holandski samostalni telefonski terminal sa krypto-zaštitom »SPENDEX 40«¹⁹

Holandska firma PLILIPS USFA razvila je novi telefonski terminal za potrebe prenosa signala govora ili podataka (faksimil) sa visokim stepenom tajnosti prenošenih poruka preko uskopojasnih prenosnih puteva. SPENDEX 40 se može koristiti za prenos preko postojećih vojnih ili civilnih telefonskih mreža, ili radio-linkova. Ključevi za krypto-zaštitu mogu se upisivati ručno (do 20 zapisa). Moguća je, takođe, i centrali-

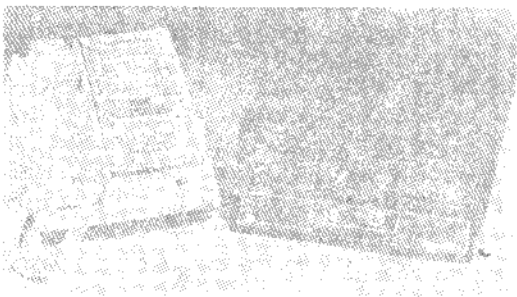


zovana distribucija ključeva (KDC — Key Distribution Centre) pomoću centralizovanog sistema koji obezbeđuje kompatibilnost sa telefonskim terminalima generacije STU-II (TSEC/KY-71). Takođe je moguća i decentralizovana distribucija ključeva (KC — Key Cube) za mreže koje ne zavise od centralizovanog upravljanja ključevima. SPENDEX 40 vrlo je jednostavan, njime se lako rukuje i ne iziskuje dodatne troškove za instaliranje, pošto se direktno priključuje na već postojeću telefonsku mrežu.

¹⁹ Prema podacima iz: MILITARY TECHNOLOGY 1989, maj, str. 9.

Digitalni telefon sa krypto-zaštitom »CSD3324A« američke firme »TECHNICAL COMMUNICATIONS CORPORATION«²⁰

CSD3324A je digitalni sistem za krypto-zaštićeni prenos govora. U sebi objedinjava digitalizovanje signala govora sa brzinom prenosa 2,4 kb/s, jedinicu za krypto-zaštitu prenošenih informacija i modem za prenos podataka,



faksimil poruka. Prenos signala ovim sistemom se vrši u punom dupleksu po uskopojasnim kanalima. CSD3324A ima veliku mogućnost upravljanja krypto-ključevima, što obezbeđuje visok stepen tajnosti prenošenih poruka. Kvalitet prenosnog govora je takođe vrlo visok.

Nove primene francuskog malog radara »RASIT E«²¹

RASIT E je mali radar razvijen u firmi LMT RADIO PROFESSIONNELLE koja pripada francuskoj grupaciji THOMSON-CSF.

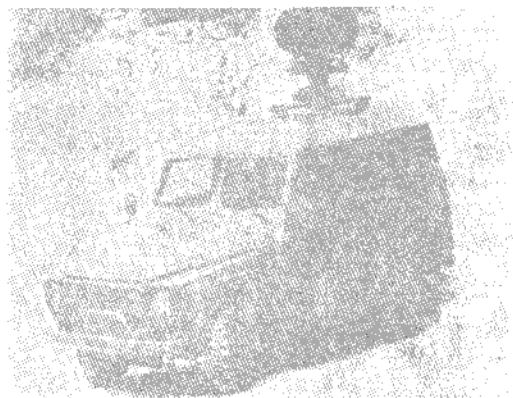
Radar je prvobitno projektovan za osmatranje granice i prve vatrene linije, služio za otkrivanje pešaka, vozila, helikoptera i lakih niskoletjećih aviona. Pored ovih primena, radar se počeo ko-

ristiti u zaštiti vojnih baza, te kao veoma prikladan senzor u C3I sistemu, do primene u sistemu za korekciju vatre.

Ovim radarom se mogu otkriti pešaci na rastojanjima do 23 km, laka vozila do 32 km, kamioni i borbena vozila na rastojanjima do 40 km, dok se helikopteri uspešno otkrivaju od 20 do 40 km.

Lagan i kompatibilan radar RASIT E je pogodan za prenošenje, za ugradnju na laka vozila poput džipa, kao i za ugradnju na borbena vozila, ali za postavljanje na visoki toranj, odnosno na teleskopski stub.

Radar se sastoji od primopredajnika, antene (koja se pri transportu obara), mehanizma za pokretanje, upravljačko-pokazivačke konzole i odgovarajućeg alarma. Neophodni podaci koji se prikazuju na TV-monitoru, odnose se na prikazivanje radarskih ciljeva, kao i podataka o daljini, azimutu, te prikazivanje test-podataka. Ovom radaru se može dodati uređaj (sa antenom) za identifikaciju svoj-tuđ (IFF sistem).



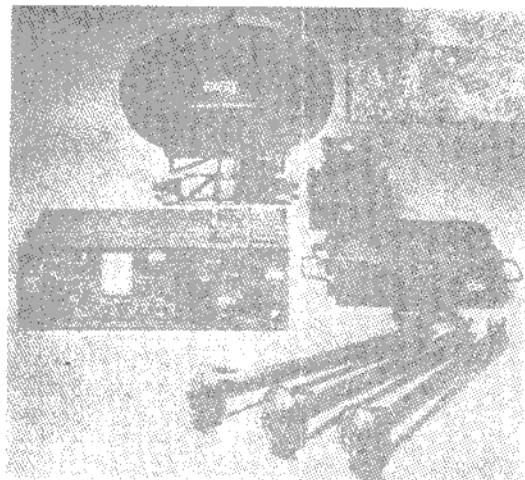
Sl. 1

RASIT E može da radi u 4 osnovna moda, i to: osmatranje, akvizicija i identifikacija, osmatranje zone i akvizicija višeg reda tačnosti. Pored toga, ovaj radar se može koristiti za korekciju vatre, kada se u standardni blok radara uba-

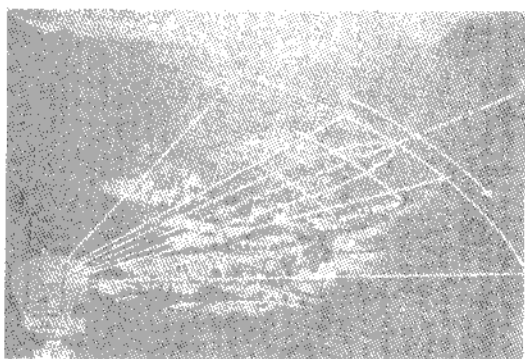
²⁰ Prema podacima iz: SIGNAL 1989, jun, str. 144.

²¹ Prema podacima iz: RASIT Ground Surveillance and Fire Director Radar prospekt firme THOMSON-CSF.

cuju tri »plug-in« kartice. Tada se za kalibre 60 mm mogu postići dometi do 12 km, a za kalibre 155 mm i do 30 km. U modu korekcije vatre tačnost određivanja azimuta je približno 2 hiljadita, a daljine oko 10 m. Posebno je interesantna automatska akvizicija. Antena radara se rotira i automatski zaustavlja na prvom detektovanom cilju kada se i alarm aktivira.



Sl. 2



Sl. 3

Radarom jednostavno rukuje jedan operator zahvaljujući, pre svega, dobro projektovanim funkcijama moćnog mikrop procesora.

Razvoj softvera personalnih računara u svetu²²

Softver personalnih računara (PC) je veoma važan elemenat koji definiše efektivnost i masovnost njihove primene. Industrija softvera na Zapadu ima značajan udeo na ukupnom tržištu sredstava računarske tehnike. Tako u SAD u periodu 1980—1985. godine obim prodaje softvera za personalne računare iznosio je 20—25% ukupnog obima prodalog hardvera i softvera ovih računara. U Japanu, u kome se industrija softvera smatra manje razvijenom nego u SAD, u 1988. godini obim prodaje softvera za PC iznosio je 1,7 milijardi dolara, pri obimu prodaje PC u iznosu od 9,8 milijardi dolara. Nomenklatura svetuskog tržišta softvera za PC u 1988. godini uključila je više od 30.000 softvera.

U SSSR-u je još uvek mali razvoj softvera za PC. Tako na softveru za PC u odnosu na softver za sve druge tipove računara dolazi samo 1,2% ukupnog obima prodaje. Za sovjetske PC tipa IBM PC u 1986—1987. godini razvijeni su sledeći operacioni sistemi: ALFA-DOS (za ES 1840/41/42), DOS-1 (za NEURON 19.66); M-86; INMOS-1841 (za ES 1841/42). Pitanjima softvera u SSSR-u bavi se Akademija nauka SSSR-a, a razvijen je i Državni sistem za programsku podršku.

Sovjetski centralizovani sistem baza podataka »CSBD-NTI«²³

Vodeći sovjetski informacioni institut VINITI projektovao je 1983. godine Centralizovani sistem baza podataka za naučno-tehničke informacije CSBD-NTI, koji realizuje funkciju on-line pristupa banci podataka VINITI-a.

²² Prema podacima iz: NAUČNO-TEHNIČESKAJA, INFORMACIJA, serija 1, 1989, br. 11, str. 39—33.

²³ Prema podacima iz: NAUČNO-TEHNIČESKAJA INFORMACIJA 1989, serija 2, br. 9, str. 5—11.

Prema podacima za 1988. godinu ukupan obim podataka u bazama bio je 8,4 miliona; broj tematskih baza podataka — 59; broj spoljnih korisnika (organizacija) — 196; broj unutrašnjih korisnika — 58; ukupno vreme on-line pretraživanja od strane korisnika — 5285 časova.

Od 59 baza podataka najveći obim ima hemija (1,483.300 podataka), zatim biologija (1,745.300 podataka), mašinstvo (502.700 podataka), fizika (385.900 podataka), itd. U bazi podataka za informatiku nalazi se 46.400 podataka.

Računski kompleks obezbeđuje istovremeni rad sa sistemom za 100—150 korisnika. Dubina retrospektivnog pretraživanja je do 10 godina.

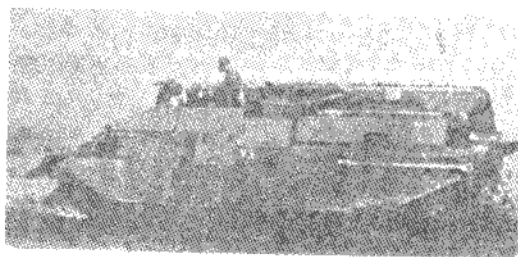
Britanski trenažni komplet za obuku tehničkog kadra u održavanju i remontu oklopnog remontnog vozila »CHALLENGER«²⁴

Britansko ministarstvo odbrane je u oktobru 1988. godine raspisalo konkurs za razvoj trenažnog kompleta namenjenog za obuku na remontnom oklopnom vozilu za tehničko održavanje i remont borbenih vozila, poznato pod oznakom CHALLENGER. Trenažni komplet bi se koristio u britanskom tehničkom školskom centru KoV elektroenergetike i mašinstva za obuku tehničkog kadra u održavanju i remontovanju električnih i hidrauličnih sistema oklopnih borbenih vozila.

Komplet u sebi treba da sadrži mesto vozača i operatora dizalice, koja je sastavni deo remontnog vozila, a sastojace se od inteligentne elektrificirane

sheme, interaktivnog računarskog trenažnog sistema i određenog broja originalnih električnih i hidrauličnih sklopova i agregata pogodnih za korišćenje u kabinetu radi očiglednosti nastavnog procesa.

Interaktivni računarski sistem treba da sadrži instruktorsku stanicu i 14 radnih mesta slušalaca. Svako radno mesto imaće kolor monitor visoke rezolucije dijagonale 35 cm sa »touch-screen« mogućnostima i video disk plejer. Na radnim mestima se predviđa ugradnja slušalica, a sva radna mesta povezana su sa »host« računarom smeštenim u instruktorskoj stanici.



Jedno od 6 oklopnih vozila za tehničko održavanje i remont tipa CHALLENGER iz »O« serije

Britanski KoV želi da trenažne komplete instalira najkasnije do februara 1991. jer je prvih 6 remontnih vozila iz »O« serije isporučeno u septembru 1989. a preostalih 24 će biti isporučeni do kraja 1989. godine, pa je materijalno obezbeđenje obuke postalo dominantno pitanje.

Borbena vozila isporučuje britanska firma VICKERS DEFENCE SYSTEM. Trenažne komplete razvijaju zajedno 6 britanskih firmi i to: ALVIS, CRISTIE DEFENCE SYSTEMS, ECC, MARCONI, PENNANT AUDIO VISUAL SYSTEM I VICKERS DEFENCE SYSTEMS.

Britanski KoV planira da u narednom periodu ugovori nabavku narednih

²⁴ Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, 2. septembar, str. 401.

47 remontnih vozila istog tipa, koji treba da budu osnova ITOb oklopnomehanizovanih jedinica pri vršenju borbenih dejstava.

Proizvodnja nuklearnih materijala u SSSR²⁵

U oblasti južnog Urala (Čelabinsk) zatvoren je treći vojni nuklearni reaktor u okviru akcije prekidanja proizvodnje plutonijuma za potrebe naoružanja.

U okolini Kyštyma nalaze se četiri reaktora, ali trenutno rade samo dva. To su postrojenja sa grafitom kao usporivačem i sa hlađenjem vodom, a snaga im je veća od 500 MW.

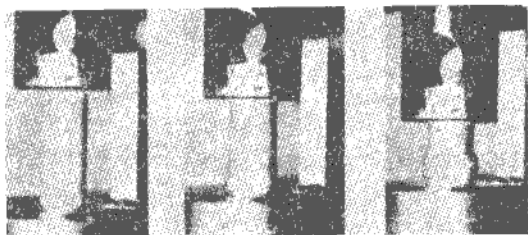
Naučnici iz AD procenjuju da je SSSR proizveo nešto malo više plutonijuma za naoružanje od SAD, koje su proizvele oko 100.000 kg. Ako se uzme u obzir da je za jednu nuklearnu bojnu glavu potrebno 3—7 kg, onda je navedena količina dovoljna za oko 30.000 bojnih glava.

Smatra se da SSSR može da smanji proizvodnju nuklearnog materijala za vojne svrhe zbog toga što raspolaže dovoljnim rezervama, a može da koristi i materijal iz uništenih nuklearnih glava za SS-20, SS-4, SS-12 i SS-22. Osim toga, potrebne su manje količine nuklearnih materijala i zbog toga, što je stratejsko naoružanje smanjeno za oko 50% u okviru programa START.

Reaktori teške vode u Tomsu ili Krasnojarsku služe za proizvodnju tritijuma. U Čeljabinsku se nalazi hemijska separacija, a nuklearni reaktori za proizvodnju fisionog materijala su u Belojarskiju 800 MW, a planirani su i Čeljabinsku 3×800 MW itd. Obogaćivanje uranijuma vrši se u Angarsku, Krasnojarsku i u Verkhnij-Nevinskiju.

Kompozitni materijali sa holandskim polietilenskim vlaknima »DYNEEMA«²⁶

Kompozitni materijal izrađen od polietilenskih vlakana DYNEEMA i ugljeničnih vlakana postigao je, prema tvrđenju zapadnonemačkog instituta za vazduhoplovno-kosmička istraživanja (DEVL), najbolju otpornost na udar za ovu vrstu materijala. Istraživači ovog instituta vršili su mehanička ispitivanja epruveta od različitih kompozitnih materijala da bi odredili njihovu izdržljivost. Pri tome je merena i količina energije koju epruveta može apsorbovati kada je izložena pritisku.



Tri faze ispitivanja jedne epruvete od kompozitnog materijala sa DYNEEMA vlaknima

Hibridni kompozit od ugljeničnih i DYNEEMA vlakana postigao je specifičnu apsorbovanu energiju od 110 kJ/kg, što je najviša vrednost koja je do sada dobijena.

Prema tvrđenju holandske hemijske grupe DSM, pronalazača DYNEEMA, ovaj materijal je pogodan za apsorbovanje udara, pa se može primeniti za izradu kutijastih elemenata izloženih udarnim opterećenjima, helikopterskih stajnih organa i pancirne zaštitne odeće. DSM ističe da je danas DYNEEMA najjače sintetičko vlakno, koje je čak 10 puta izdržljivije od čelika i 40% otporenije od aramidskih vlakana.

²⁵ Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, sept., br. 23, str. 605.

²⁶ Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, 28. oktobar, str. 931.

DYNEEMA se proizvodi u eksperimentalnoj fabrici u Japanu, ali da bi se udovoljio velikoj potražnji, planira se da fabrika u Holandiji postane operativna do 1990. godine.

Rezultati studije DFVLR pokazuju da se kod ojačavanja kompozitnih materijala samo jednim tipom vlakana, ugljenično vlakno pokazalo kao najbo-

lje, postigavši specifičnu apsorbovanu energiju 88 kJ/kg. Međutim, kada su upotrebljeni ovakvi kompoziti za testiranje konstrukcija, one su se raspadale posle udara. DSM tvrdi, da hibridni kompozitni materijal ugljenik/DYNEEMA nema karakteristike krtoeg lomljenja i da se ne raspada pri udarnom opterećenju.

Vojnotehnički glasnik je stručni, tehnički časopis rodova i službi Kopnene vojske JNA.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli, obražovanju i ideološko-političkoj izgrađenosti 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 — siže, treba izneti suštinu članka, najviše u desetak redova.

Članak treba da sadrži uvod, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinarskim proredom). Tekst članka mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama, prema »Službenom listu SFRJ« br. 13/76. 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 obrazaca 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, a brojčane i slovne oznake ispisati grafitnom olovkom. 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 pozicija 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 u JNA.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun.

Rukopise slati na adresu: Uredništvo »Vojnotehničkog glasnika«, 11000 Beograd, Svetozara Markovića 70.

REDAKCIJA

Svetozara Markovića 70, 11002 Beograd, telefoni: 645-020 i 656-122,
lokali: 32902 i 32925, žiro-račun: 60823-849-2393

Nom. br.	Naziv dela	Cena	Pri-meraka
562	Aleksandar Razingar ELEKTRONSKO IZVIĐANJE I MASKIRANJE (drugo do- punjeno izdanje) latinica, tvrd povež, f 13×21, str. 419 —	150,00	
48	Mr Dušan Banjac ELEKTRONSKA BORBA U PVO, latinica, platno, f 14×20, str. 292 — — — — — — — — — —	20,00	
2	Grupa autora LASERSKA LOKACIJA (prevod sa ruskog), latinica, f 14× ×24, str. 248 — — — — — — — — — —	30,00	
559	Nikola J. Bulajić MOTIVACIJA ZA UČENJE, latinica, tvrd povež, f 14×20, str. 237 — — — — — — — — — —	120,00	
51	Nikola Čubra PLANIRANJE RAZVOJA OPŠTENARODNE ODBRANE, la- tinica, broširano, f 17×24, str. 176 — — — — — — — —	20,00	
30	Dr Ramiz Abduli SISTEMI ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE U VOJNOJ TEHNICI, latinica, platno, f 14×20, str. 192 — — — —	10,00	
13	P. Zakonović i U. Janjetović TEHNIČKA SLUŽBA U NOR-u 1941—1945, latinica, platno, f 15×23, str. 480 — — — — — — — — — —	30,00	
52	Grupa autora UDŽBENIK ENGLESKOG JEZIKA, knjiga I, platno, str 339	70,00	
16	Dr Milan Jovanović ZAŠTITA LJUDI OD JONIZUJUĆEG ZRAČENJA HEMIJ- SKIM SREDSTVIMA, latinica, platno, f 14×20, str. 350 —	20,00	
543	Grupa autora ZAŠTITNO KODOVANJE (SA STATISTIČKIM PREPO- ZNAVANJEM OBLIKA), latinica, platno, f 17×24, str. 1045	50,00	

Potreban broj knjiga upisati u kolonu »primeraka« i prospekt-narudžbenicu poslati na adresu izdavača. Račun za naručene i primljene knjige pravna lica plaćaju u zakonskom roku, a pojedinci pouzećem ili na otplatu. Prilikom kupovine na kredit uplate se vrše preko isplatne blagajne administrativnom zabranom. Vrednost knjiga preko 200,00 dinara dajemo na otplatu. Rata ne može biti manja od 100,00 dinara, a rok otplate do 6 meseci.

NARUDŽBENICA

VOJNOIZDAVAČKI I NOVINSKI CENTAR, 11002 BEOGRAD,
Svetozara Markovića 70

Ovim neopozivo naručujem(o) izdanja iz prospekta.

Pravna lica naručene knjige plaćaju u zakonskom roku (virmanom, čekom-meni-com). Obavezno podvući način plaćanja.

Pojedinci plaćaju račun pouzećem ili na kredit u mesečnih rata po dinara. Kod kupovine na otplatu narudžbenicu overiti u organizaciji u kojoj ste zaposleni, a penzioneri prilažu odrezak čeka na kome se nalazi broj predmeta. U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

Kupac
(ime, očevo ime i prezime, čin ili zvanje)

Mesto i broj pošte

ulica
Potpis naručioca:

Dana 1990 M. P.

Ovim se potvrđuje da je naručilac knjiga u stalnom radnom odnosu u

Isplatna blagajna (VRC)

M. P.