

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
BORDE 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 KODZOPELJIC, dipl. inž.

Pukovnik
MILOSAV BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr NOVIĆA BORĐEVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr ZAHARIJE VLASKALIN, dipl. inž.

Pukovnik
JOVAN MARKOVIC, dipl. inž.

Pukovnik
mr VIDOJE PANTELIC, dipl. inž.

Pukovnik
mr MILISAV ARSIĆ, dipl. inž.

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

Pukovnik
IVAN SLAVKOV, dipl. inž.

Potpukovnik
ZIVOTA ILIĆ, dipl. inž.

Major
RADOLJUB DOSIĆ, dipl. inž.

Kapetan I klase
MESUD HADŽIALIĆ, dipl. inž.

FRANJO BRKIĆ, dipl. inž.

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Pukovnik
mr TOMISLAV STULIĆ, dipl. inž.

SEKRETAR REDAKCIJE

BRANKA STOJAKOV

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — Beograd, Svetozara Mar-
kovića 70, VE-1. Telefoni: centrala
656-122, lokali: odgovorni urednik 22-976,
sekretar 23-158, pretplate 32-937, žiro-
račun: Vojnoizdavački i novinski centar
(za Vojnotehnički glasnik) 80823-849-2393
Beograd. Godišnja pretplate: za pojedin-
ce — 150 dinara, a za ustanove, pre-
duzeća i druge organizacije — 450 di-
nara. 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 XXXIX ● SEPTEMBAR — OKTOBAR 1991.

SADRŽAJ

- Prof. dr Zoran Stojilković,** 505 Prepoznavanje objekata snimljenih TV kamerom
dipl. inž.,
Mr Predrag Pejnović,
dipl. inž.,
Mr Ljiljana Jovanović,
dipl. inž.
- Mr Darko Vasiljević,** 510 Automatizacija procesa projektovanja optičkih sistema
dipl. inž., pomoću računara
Dr Dragoljub Riđošić,
kapetan I klase, dipl. inž.
- Zoran Živković,** 521 Mogućnost primene informacionog sistema tipa videoteke
kapetan I klase, dipl. inž. u OS SFRJ sa primerom automatizacije kancelarijskog poslovanja
- Mr Slavica Ristić,** 529 Laser dopler anemometrija
dipl. inž.
- Dr Radun Jeremić,** 537 Primena principa temperaturno-vremenske analogije u
kapetan I klase, dipl. inž. recološkoj karakterizaciji raketnih goriva
- Mr Jusuf Duhović,** 553 Metoda za ispitivanje eksplozivnih sredstava električnom
dipl. inž. strujom
- Mr Luka Mišković,** 564 Primjena aditiva u tekućim naftnim gorivima
kapetan I klase, dipl. inž.
- Mr Ilija Vučković,** 576 Doprinos usavršavanju tehničkog održavanja zaštitne
major, dipl. inž. maske u eksploataciji

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

- 582 Novosti u tehnologijama raketne proizvodnje — L.B.
- 586 Vlaknasto-optički davači — M.S.
- 590 Električni pogoni za savremena borbena vozila — P.M.
- 598 Novi japanski tenk »TYPE 90« — P.M.
- 603 Problemi guma točkova oklopnih vozila — P.M.
- 610 Robotizovani sistemi za zaštitu i izviđanje — L.B.

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

- 618 Nemački automat kalibra 5,45 mm »923«
- 618 Izraelski pištolj »JERICHO 941«
- 619 Nemački automatski top »Rh503«
- 619 Sovjetski minobacač kalibra 120 mm »2B11«
- 620 Višecevni bacač raketa »FIROS 6« italijanske firme SNIA-BPD

- 621 Francuski protivoklopni raketni sistem srednjeg dometa »ATGW3«
- ~ 621 Francuski protivoklopni raketni sistem kratkog dometa »ERYX«
- ~ 622 Francusko pešadijsko protivoklopno raketno sredstvo »AB-92«
- ~ 622 Sovjetski raketni sistem za PVO »SA-10b« (»GRUMBLE Mod.1«)
- 623 Američko lako protivoklopno oružje malog dometa »SRAW«
- ~ 624 Prenosivi laserski daljinomer francuske firme SOPELEM
- ~ 624 Francuski hiperbrzi vođeni projektil »HVM« za sistem kratkog dometa zemlja-vazduh »ROLAND«
- ~ 625 Francuska artiljerijska protivoklopna municija kalibra 155 mm sa preciznim samovođenjem
- ~ 625 Britanski blizinski upaljač
- ~ 626 Britanski uređaj za prečišćavanje vode »NBC6«
- ~ 627 Francuski samohodni top »AMX13-155 TR«
- ~ 627 Francuski osmatrački radar »GRIFFON TRS 2630«
- ~ 629 Novi nemački radari C-opsega
- ~ 630 Evropski »Super-Računar«
- 630 Najveći proizvođači čipova
- 630 Staklene diskete firme PHILIPS-DUPONT
- 631 Trendovi u razvoju multipleksera
- 631 Francuski simulator za obuku vojnika u gađanju iz automatske puške »FAMAS«
- 632 Francuski interaktivni modularni trenažni sistem »IMTS«
- 632 Viljuškar »R-70« nemačke firme STILL

Prof. dr Zoran Stojiljković,
dipl. inž.,
Mr Predrag Pejnović,
dipl. inž.,
Mr Ljiljana Jovanović,
dipl. inž.

Prepoznavanje objekata snimljenih TV kamerom

Uvod

U ovom radu opisan je postupak prepoznavanja 5 tipova objekata snimljenih TV kamerom. Metod kojim se vrši karakterizacija oblika baziran je na momentnim invarijantama. Momente invarijante nastale su iz relacija između momenata i matematički razvijenih algebarskih invarijanti [1].

U teoriji prepoznavanja oblika i analize scene [2] pokazano je da skup momenata predstavlja koeficijente u rednom razvoju nekog kompletnog opisa figure, zadatog funkcijom slike $f(x, y)$. Takođe, poznato je da momenti jednoznačno određuju i da su jednoznačno određeni funkcijom slike $f(x, y)$. Momentne invarijante, kao atributi slike, izračunavaju se u funkciji centralnih momenata. One imaju osobinu da zadržavaju svoje vrednosti kada se slika translira, rotira ili skalira. Pod skaliranjem podrazumevamo promenu veličine slike.

U teoriji digitalne obrade slike [3] posebna naučna oblast bavi se analizom slike. U analizi slike i računarskoj viziji, kao zasebnoj oblasti, postoje dva pristupa analizi slike. Prvi, obrada slike, na ulazu i izlazu sistema za obradu ima sliku. Drugi pristup na ulazu ima sliku,

a na izlazu podatke koji karakterišu sliku sa ulaza. Dakle, u drugom pristupu na izlazu se nalaze podaci, a ne slika. U teoriji vizuelnog prepoznavanja oblika primenjuje se drugi pristup. Podatke na izlazu sistema za analizu slike, koji su korišćeni u ovom radu, obezbeđuju momentne invarijante. Pomoću njih se vrši karakterizacija oblika na slici.

U novijim istraživanjima [4,5] analiziraju se različiti tipovi momenata i njihove osobine pri analizi slike. Posmatrano iz ugla prepoznavanja oblika, momenti i njihove invarijante mogu se smatrati relevantnim samo ako su im vrednosti osetljive na identifikaciju oblika (diskriminacija), a neosetljive na prisustvo šuma (robustnost). Diskriminacione osobine momentnih invarijanti analizirane su u praktičnoj primeni [6, 7, 8, 9, 11], a rezultati tih analiza bili su ohrabrujući. Robustnost, kao drugi pokazatelj kvaliteta momenata u prepoznavanju, analizirana je u [5]. Iz sprovedenih analiza zaključuje se da momenti višeg reda nose finije detalje u opisu slike, ali i da su mnogo osetljiviji na uticaj šuma od momenata nižeg reda. Ove kontradikcije nameću ograničenja pri izboru optimalnog reda momenata koje treba koristiti. Zato je generalno nemoguće odrediti koji je red

momenata najbolji u opštem slučaju. To zavisi od prirode oblika, koji se njima opisuju i svrhe za koju se primenjuju.

U eksperimentu koji će biti opisan u nastavku mi smo se opredelili za primenu centralnih momenata do trećeg reda zbog njihove analitičke jednostavnosti. Pri tom, ulazna slika bila je binarna, a dobijena je iz monohromatske slike snimljene TV kamerom.

Cilj je bio da se realizuje klasifikacija nekoliko objekata snimljenih sa realne scene. Za tu svrhu, od hardvera, na raspolaganju smo imali VHS TV kameru, video (frame grabber) ploču za AT/PC računar, AT/PC-286, monitor (512×512) i VAX 11/785. Snimljeno je ukupno pet klasa objekata: tenk, oklopno vozilo, avion, helikopter i brod. Svi objekti su modeli — dečije igračke. Snimci modela prikazani su u dodatku 1. Objekti su postavljani na svetlu podlogu da bi se postupak segmentacije sveo na jednostavno filtriranje pragom nivoa osvetljenosti. Ugao snimanja, u gao između optičke ose kamere i tla na kome je objekat, bio je oko 60°, a objekat je transliran i rotiran u ravni tla za proizvoljne ugaone pomeraje. Prilikom snimanja objekta težilo se postizanju idealnih uslova, kao što su: nepokretnost kamere, konstantno rastojanje između kamere i objekta i orijentacija objekta pod svim uglovima u prostoru. Zbog ograničenja u memorijskom prostoru snimljeno je samo po 50 uzoraka iz svake klase. Svih 250 uzoraka smešteno je najpre u memoriju personalnog računara, a zatim, nakon formiranja digitalne slike, u memoriju VAX-a 11/785 na kome su izvršena izračunavanja invarijanti i klasifikacija.

Ekstrakcija atributa momentnim invarijantama

Svaka snimljena slika objekata softverski se prevodi u sivu sliku. Zatim se u programu vrši filtriranje intenziteta slike (thresholding) na osnovu

unapred odabranog praga, kako bi se kao rezultat dobila binarna slika objekata.

Izdavanje atributa zahteva analizu koja je direktna funkcija zadatih klasa uzoraka i podrazumeva određivanje invarijantnih atributa za separabilnost klase. Konačni cilj je minimizacija dimenzije mernog vektora i selekcija najpogodnijih atributa.

Algoritam koji je u ovom izveštaju primenjen zasnovan je na metodi centralnih momenata [7]. Centralni momenti binarne slike definišu se kao:

$$\mu_{pq} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})^p (v_i - \bar{v})^q \quad (1)$$

gde su $\bar{u}$ i $\bar{v}$ srednje vrednosti koordinata slike y i x , respektivno. N je broj piksela slike u kojima je vrednost 1. Kao atributi slike koriste se momentne invarijante, nastale transformacijama centralnih momenata na sledeći način:

$$M_1 = \mu_{20} + \mu_{02} \quad (2)$$

$$M_2 = (\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2 \quad (3)$$

$$M_3 = (\mu_{03} - 3\mu_{12})^2 + (3\mu_{12} - \mu_{03})^2 \quad (4)$$

$$M_4 = (\mu_{30} + \mu_{12})^2 + (\mu_{21} + \mu_{03})^2 \quad (5)$$

$$M_5 = (\mu_{30} - 3\mu_{12}) (\mu_{30} + \mu_{12}) \{ (\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2 \} + (3\mu_{21} - \mu_{03}) (\mu_{21} + \mu_{03}) \{ 3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2 \} \quad (6)$$

$$M_6 = (\mu_{20} - \mu_{02}) \{ (\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2 \} + 4\mu_{11}(\mu_{30} + \mu_{12}) (\mu_{21} + \mu_{03}) \quad (7)$$

$$M_7 = (3\mu_{21} - \mu_{03}) (\mu_{30} + \mu_{12}) \{ (\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2 \} - (\mu_{30} - 3\mu_{12}) (\mu_{21} + \mu_{03}) \{ 3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2 \} \quad (8)$$

Momente invarijante, (2)–(8), date su u nenormalizovanom obliku, dok su u programu korišćene normalizovane vrednosti dobijene deljenjem invarijanti M_2 – M_7 invarijantom M_1 . Normalizovane invarijante neosetljive su na skaliranje oblika na slici.

$$M_2' = M_2/M_1^2$$

$$M_3' = M_3/M_1^3$$

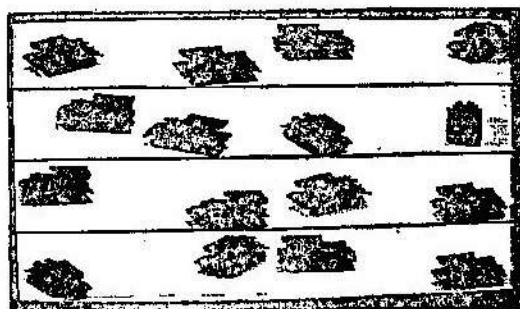
$$M_4' = M_4/M_1^4$$

$$M_5' = M_5/M_1^5$$

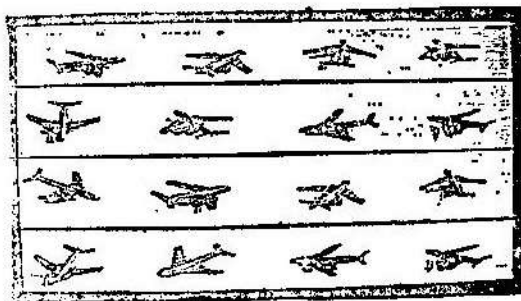
$$M_6' = M_6/M_1^6$$

$$M_7' = M_7/M_1^7$$

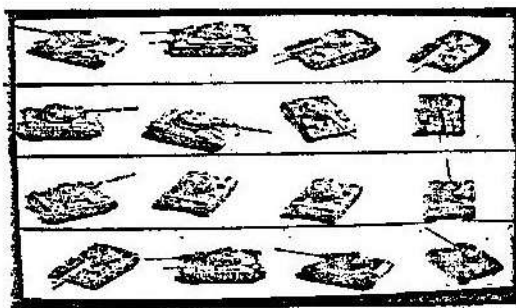
U radu je korišćeno 6 navedenih momentnih invarijanti koje su izračunate za binarne slike objekata sa prirodne scene. Rezultati u tabeli dobijeni su izračunavanjem 12 invarijanti za svaki uzorak, po šest za siluetu i konturu, respektivno. Napomenimo da je softver za ekstrakciju podataka i klasifikaciju razvijen na programskom je-



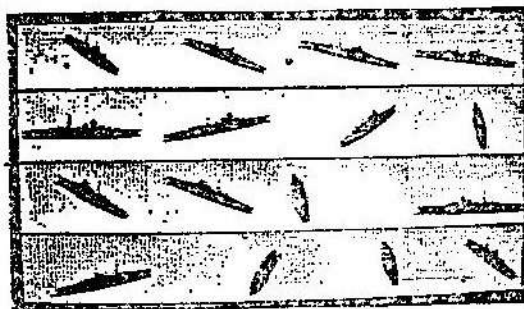
OKLOPNO VOZILO



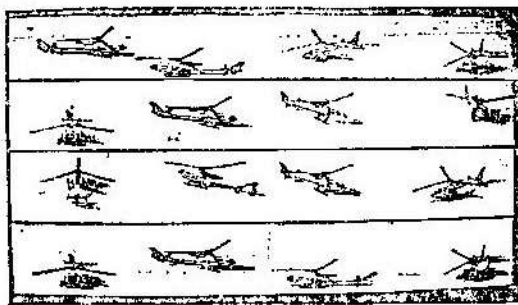
AVION



TENK



BROD



HELIKOPTER

Snimci pet tipova objekata koji su podvrgnuti klasifikaciji

ziku FORTRAN za VAX 11/785 pod operativnim sistemom VMS. I softver je, takođe, modifikovan i implementiran na računaru opšte namene, čime je znatno uprošćen postupak akvizicije slika i obrade podataka.

Prikaz rezultata klasifikacije

Da bi se proverila efikasnost momentnih invarijanti u prepoznavanju nabrojanih pet klasa, uzorci su podvrgnuti klasifikovanju. U tabeli, u drugoj koloni, dati su procenti tačnog klasifikovanja objekata. U trećoj koloni je naznačen broj nepoznatih uzoraka pri klasifikaciji. Ovaj broj sugerise da je

Tabela

Prikaz rezultata klasifikacije u prostoru obeležja

Metod za procenu invarijanti	Momentne invarijante (%)	Broj nepoznat. uzor. pri klasifikaciji
Kvadratni klasifikator	96,17	250
Linearni klasifikator	87,33	250
Zrakasti klasifikator	73,00	20
KNN najbližih suseda (KNN=2)	95,74	250
KNN najbližih suseda (KNN=3)	94,47	250
Bajesov estimator	97,64	1

klasifikacija i estimacija vršena raznim metodama [13]. Korišćeni su metodi resupstitucije (kvadratni, linearni, KNN klasifikator), rotacije (zrakasti klasifikator) i «live-one out» metod (Bajesov estimator) za procenu kvaliteta dobijenih podataka. Pri klasifikaciji i estimaciji korišćene su parametarske i nepa-

rametarske tehnike. Parametarske metode podrazumevaju normalnu raspodelu pri proceni funkcija gustina verovatnoće. Neparametarske metode ne koriste takve pretpostavke. One merni vektor nepoznatog uzorka dodeljuju onoj klasi kojoj je taj vektor najbliži. U tabeli parametarskim tehnikama pripadaju linearni i kvadratni klasifikator. Ostali klasifikatori i Bajesov estimator spadaju u neparametarske tehnike. Kvadratni, linearni, KNN suseda klasifikatori i Bajesov estimator opisani su i prezentirani u [10, 2], a zrakasti klasifikator u [12].

Zaključak

Cilj ovog rada bila je procena valjanosti momentnih invarijanti u prepoznavanju navedenih klasa objekata snimljenih TV kamerom. Može se očekivati da bi se procenat greške smanjio za veći broj referentnih uzoraka, pri čemu bi procenat greške težio grešci dobijenoj Bajesovim estimatorom. Dva rezultata iz priložene tabele treba tumačiti kao pesimističku (Zrakasti klasifikator) i optimističku prognozu (Bajesov estimator). Sa povećanjem broja uzoraka (optimalan broj u konkretnom slučaju bio bi 400 slika po klasi, 2000 ukupno) pesimistička procena težila bi optimističkoj. Kada se raspolaže većim brojem uzoraka, za istu metodu potrebno je više vremena za klasifikaciju, ako nije prethodno sprovedeno obučavanje sistema sa graničnim nagomilavanjem uzoraka [12, 14]. Tada će od veće baze slika biti odabrano najrepresntativnijih, na primer, 200 uzoraka. Teorijski gledano, odabrani uzorci, nakon obučavanja, nagomilali bi se na Bajesovim hiperpovršinama odluke. Dakle, sistem obučen na većem broju uzoraka po klasi, mogao bi da vrši klasifikaciju u realnom vremenu sa verovatnoćom tačnog klasifikovanja blizu 95%. Pri tom, podrazumevamo da je obrada slika i formiranje referentnog skupa uzoraka izvršeno off-line, a sama klasifikacija nepoznatog uzorka on-line.

Literatura:

- [1] M. K. Hu, »Visual Pattern Recognition By Moment Invariants«, IRE Trans. Inform. Theory, vol. IT-8, pp. 179—187, Feb. 1962.
- [2] R. O. Duda and P. E. Hart, »Pattern Classification And Scene Analysis«, Wiley, New York, 1973.
- [3] A. K. Jain, »Fundamentals of Digital Image Processing«, Prentice Hall, New York, 1989.
- [4] Y. S. Aby-Mostafa & D. Plattis, »Image Normalization By Complex Moments«, IEEE Trans. on P. A.M.I., vol. PAM 1—7, pp. 46—55, Jan. 1985.
- [5] C. H. Teh & R. T. Chin, »On Image Analysis By The Methods of Moments«, IEEE Trans. on P.A.M.I., vol. PAM 1—10, pp. 496—513, July 1988.
- [6] S. A. Dudani, »An Experimental Study of Moment Methods For TV Image«, Ph. D. dissertation, The Ohio State Univ. Columbus, Ohio, 1973.
- [7] A. Dudani, K. J. Breeding, & R. B. McGhee, »Aircraft Identification by Moments Invariants«, IEEE Trans. on Computers, vol. C-26, No. 1, January 1977.
- [8] F. W. Smith and M. H. Wright, »Automatic ship photo interpretation by method of moments«, IEEE Trans. of Comput., vol. C-20., pp. 1049—1094, Sept. 1971.
- [9] S. Maitra, »Moment Invariants«, Proc. of the IEEE, vol. 67, No. 4, April, 1979.
- [10] Lj. Buturović, »PARIS-In'eraktivni sistem za analizu i prepoznavanje oblika«, Magistarski rad, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu.
- [11] P. Pejnović, »Primena momentnih invarijanti u vizuelnom prepoznavanju oblika«, Magistarski rad, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, 1991.
- [12] Z. Stojiljković, »Klasifikacija i njeno poboljšanje adaptivnom promenom strukture inicijalnih klasa sa konstantnim brojem uzoraka«, Doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1977.
- [13] Devijer & Kittler, »Pattern Recognition: A Statistical Approach«, Prentice-Hall International Inc., London, 1982.
- [14] Lj. Jovanović »Neparametarski agloritmi obučavanja zasnovani na promeni strukture uzoraka«, Magistarski rad, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1991.

Mr Darko Vasiljević,
dipl. inž.,
Dr Dragoljub Ridošić,
kapetan I klase, dipl. inž.

Automatizacija procesa projektovanja optičkih sistema pomoću računara

Uvod

Razvoj modernih optičkih i optoelektronskih sistema zahteva mikrooptičke elemente, optičke modulatore povećane preciznosti, ogledala specijalnih zahteva, optičke poligone za skanirajuće sisteme, retroreflektore, delitelje svetla, fiber optičke komponente, fotoprijemnike različitih izvedbi i namena, komponente integralne optike, laserske komponente, optičke komponente IC tehnike, i sl. Ovakvim razvojem nametnuti su stroži zahtevi za optičke elemente i sisteme, što iziskuje razvoj optičkih komponenti specijalnog oblika i namene, kao što su asferici, prozori i objektivni velikih dimenzija, ogledala na bazi metala, te razni elementi sa urezanim žlebovima i rupama. Dobiti odgovarajući kvalitetan optički sistem uslovljeno je nizom uzajamno povezanih, a često i kontradiktornih faktora. Pred projektanta se, dakle, nameću ti složeni zahtevi. Tri su osnovna zadatka koja se nameću za rešavanje, a to su:

— izbor pogodnih elemenata i njihovih gabarita, čime treba da se zadovolje postavljeni tehnički uslovi (optičke karakteristike, geometrijski parametri);

— kroz aberacioni proračun neophodno je obezbediti određeni kvalitet slike, vodeći računa o tolerancijama izrade optičkih elemenata. Pri tome tole-

rancije treba da budu tako definisane da se ne ide u njihove uske granice, ako se ne želi bitno izgubiti u kvalitetu slike;

— tehnološka realizacija optičkog sistema i njegova cena.

U ovom radu daje se kraći osvrt na puteve koji su od vitalnog značaja za svaki projekat optičkog sistema uz ukazivanje na dalje perspektive i moguće pravce razvoja i usavršavanja prezentiranih varijanti.

Hronologija razvoja projektovanja optičkih sistema

Teorija optičkih sistema (optical design) jedna je od najstarijih grupa fizike sa istorijom dugom preko tri stotine godina. Da bi se mogao projektovati optički sistem, potrebno je definisati mogućnost proračuna prostiranja zraka kroz optički sistem, što zahteva poznavanje zakona prelamanja svetlosti i trigonometrije.

William Gascoigne je prvi proračunao prostiranje zraka kroz optički sistem koje se od tada naziva proračun hoda zraka kroz optički sistem. Gascoigne nije sam objavio svoju metodu, jer je poginuo 1641. kada je imao samo 24 godine, ali je sa njom upoznao Flamsteeda, prvog engleskog kraljevskog astronoma (Astronomer Royal).

Sve do XIX veka, zbog velikog broja funkcionalnih zahteva u proračunu, kao i relativno netačnih ulaznih podataka, nije se koristio egzaktni proračun hoda zraka. Umesto toga, vršeno je eksperimentisanje sa ulaznim parametrima služeći se ličnim iskustvima.

Situacija u projektovanju optičkih sistema bitno se menja sa uvođenjem teorije primarnih aberacija koja je nastala na osnovu Seidelovih radova. Rani oblici te teorije bili su prilično glomazni, i nisu bili od velike koristi projektantima optičkih sistema, ali teorija, koju su koristili mnogi projektanti, postepeno se usavršavala sve dok, pri kraju devetnaestog veka, nije postala primenljiva. Jedan od njih je H. D. Taylor, koji je, koristeći Seidelovu teoriju primarnih aberacija, projektovao Cookov triplet 1893.

Sa prvim godinama dvadesetog veka proračun hoda zraka kroz optički sistem postepeno postaje lakši kako se pojavljuju mehaničke mašine za računanje. Paralelno sa tim raste i značaj proračuna hoda zraka kroz optički sistem. Za vreme drugog svetskog rata većina optičkih proizvođača zapošljavala je veliki broj službenika, obično devojaka, da vrše proračun hoda zraka kroz optički sistem. Proračun je tekao prilično sporo, a postojao je i veliki rizik od grešaka.

Pojava EINAC računara 1946. je na spektakularan način označila ulazak računara u naučne proračune. Jedna od prvih upotreba računara bila je njihovo testiranje pomoću optičkih proračuna, jer su ih jedino optičari poznavali do detalja, pa se mogla proveravati tačnost računara.

Programi za projektovanje optičkih sistema pravljani su skoro za svaki računar koji se pojavio. Računar IBM 650 bio je prvi pouzdan računar i on je promenio način rada programera, jer oni više nisu tražili hadversku već samo softversku grešku. Na svakom nivou razvoja računara projektantima optičkih sistema bila je potrebna sve veća

brzina više memorije i niža cena proračuna. Kako se povećavala brzina rada računara, tako su se pojavljivale nove oblasti za projektovanje optičkih sistema.

Kompjuterska revolucija dovela je do povećanja u brzini proračuna hoda zraka kroz optički sistem sa jedne zrak-površine na minut na nekoliko hiljada zrak-površina na sekund. Možda je najznačajniji doprinos kompjuterske revolucije bio uklanjanje mukotrpog ručnog proračuna i rizika greške u starim metodama proračuna optičkih sistema.

U jednom od ranih radova Feder [1] je opisao jednačine za proračun hoda zraka koje su koristile samo 4 osnovne računске radnje i korenovanje za razliku od klasične metode koja je koristila trigonometrijske formule. U takvom obliku one su bile veoma pogodno za upotrebu na velikim računarima. Danas najveći broj komercijalnih programa koristi neki oblik metode prigušenih najmanjih kvadrata. Metoda najmanjih kvadrata poznata je još iz XIX veka, ali se ona u praksi mogla primeniti tek sa pojavom računara. U optici ju je prvi primenio Wynne [2]. Današnji optički i optoelektronski sistemi ispunjavaju vrlo složene funkcionalne zahteve, zahvaljujući prvenstveno dobrim mogućnostima automatskog projektovanja njihovih komponenti i sistema u celini. U našoj zemlji u razvoju i istraživanju u proračun i projektovanje takvih sistema uložena su određena sredstva u kadrove, tehnologiju i opremu, što je rezultiralo značajnim napretkom ove oblasti. Međutim, potrebno je naglasiti da se kod nas još uvek neki problemi optičkih konstrukcija mogu samo teorijski rešavati (asferične površine), a praktično traže slična rešenja koja bi, eventualno, nadomestila takve mogućnosti.

Na svetskom nivou ulaganja su znatno veća, gde prednjače Japanci, Nemci, Englezi, Francuzi i SAD, pa je i automatsko projektovanje optičkih sistema daleko ispred naših mogućnosti.

Za procenu kvaliteta optičkih sistema danas se, uglavnom, koristi metoda optičke prenosne funkcije (Optical Transfer Function — OTF). Primena ove metode počela je pre nekoliko decenija, a njene teorijske osnove i eksperimentalno istraživanje se usavršavaju i danas.

Definicija automatizacije procesa projektovanja optičkih sistema

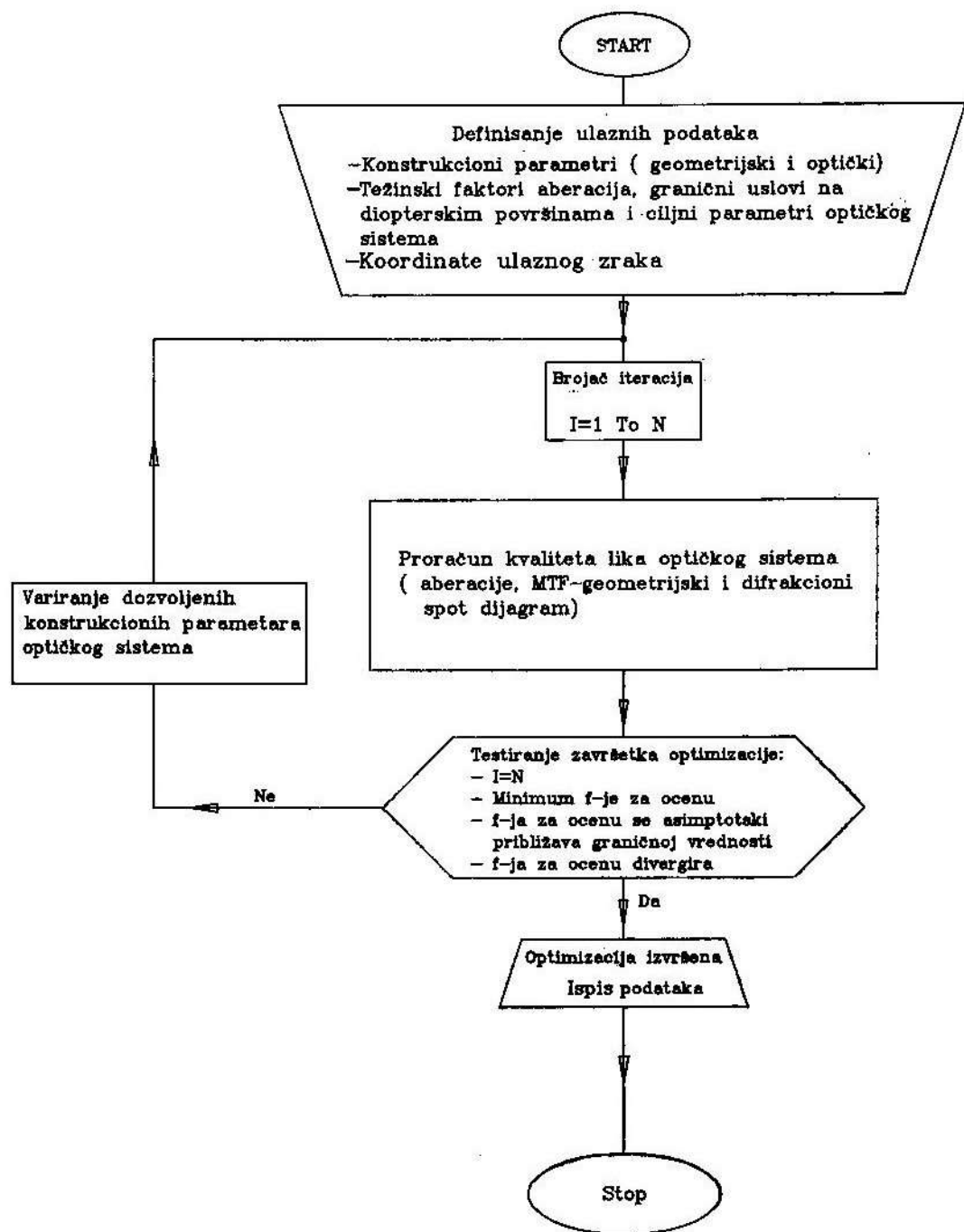
Danas se često piše o automatizaciji procesa projektovanja optičkih sistema pomoću računara. Pojedini autori idu toliko daleko da najavljuju u doglednoj budućnosti potpunu automatizaciju procesa projektovanja optičkih sistema i potpuno izbacivanje projektanta iz tog procesa [3]. Projektant bi zadavao opšte početne uslove, a program bi sam pronalazio najbolji mogući optički sistem. Najveći broj komercijalnih programa za projektovanje optičkih sistema ima prethodno definisane funkcije za ocenu koje su veoma efikasne u pronalaženju novih tipova optičkih sistema. Ipak, ako se koristi prethodno definisana funkcija za ocenu bez ikakvih izmena, tada projektant optičkih sistema nije projektant, jer proces projektovanja uključuje i proces promene svih početnih veličina i njihovih težinskih faktora. Takođe je neophodno da se postavi pitanje neophodnosti svakog optičkog elementa, korišćenog materijala, načina izrade, testiranja, montiranja, cene, i dr. Bilo bi loše kada bi projektant prihvatio prethodno definisane vrednosti funkcije za ocenu bez ikakvih izmena. One su dobre samo kao polazne osnove koje on mora da sagleda sa svih strana. Zato, sve dok projektanti donose ključne odluke o optičkom sistemu, moguće je govoriti samo o automatizaciji procesa projektovanja optičkih sistema u smislu automatskog proračuna kvaliteta optičkog sistema, a nikako o potpunoj automatizaciji procesa projektovanja optičkog sistema.

Pod automatizacijom procesa projektovanja optičkih sistema može se podrazumevati uvođenje programskih paketa koji na principima skeniranja određuju prolazak svetlosnih snopova koji upadaju pod različitim uglovima na optički sistem, pri čemu se omogućuje proračun hoda zraka kroz optički sistem i aberacija pomoću refleksije ili refrakcije zraka na proizvoljnoj optičkoj površini, bilo da je ona ravna, sferna ili asferična, centrirana ili decentrirana.

Zahtevi koji se nameću za rešavanje u tim programskim paketima određeni su namenom, funkcijom i uslovima eksploatacije željenog optičkog sistema. U skladu sa tim, projektant daje idejnu zamisao kod koje se očekuje da će biti ispunjeni takvi zahtevi, definišu se početni ulazni podaci (konstrukcioni parametri — geometrijski i optički). Na slici 1 dat je pojednostavljeni dijagram toka projektovanja optičkih sistema, odakle se jasno vidi redosled radnji i aktivnosti koje treba da sledi programski paket.

Unošenje konstrukcionih podataka podrazumeva parametre, kao što su: radijusi krivina prelomnih površina, njihova međusobna rastojanja, svetlosni i mehanički otvor optičkih komponenti, indeksi prelamanja optičkih sredina, uvećanje, numerička apertura i položaj aperturne dijafragme, ugao vidnog polja i vrednosti talasnih dužina na kojima radi optički sistem.

Pomoću težinskih faktora reguliše se proces optimizacije optičkih sistema. Za njihovu optimizaciju najčešće se koristi metoda prigušenih najmanjih kvadrata u kojoj se funkcija za ocenu koja se minimizira sastoji od zbira kvadrata pojedinih aberacija koje se usklađuju pomoću težinskih faktora. Postavljanje graničnih uslova omogućava programu realizaciju optičkog sistema koji se može fizički napraviti i koji zadovoljava sve projektantove zahteve u pogledu ciljnih parametara optičkog sistema.



Sl. 1 Dijagram toka projektovanja optičkog sistema

Kordinate ulaznih zraka definišu položaj upada snopa svetlosnih zraka na prvu prelomnu površinu optičkog sistema pomoću kojih se ulazi u proračun kvaliteta lika optičkog sistema.

Proces optimizacije vrši se u određenom broju iteracija, pri čemu se ide prvo u proračun kvaliteta lika optičkog sistema. Proračun obuhvata podužne i poprečne aberacije, geometrijsku aproksimaciju MTF (MTF — Modular Transfer Function — modularna prenosna funkcija), difrakcioni MTF i spot-dijagram. Nakon proračuna na ekranu i štampaču moguće je dobiti rezultate proračuna tabelarno i/ili grafički.

Izlazak iz procesa optimizacije vrši se kada su ispunjeni sledeći uslovi:

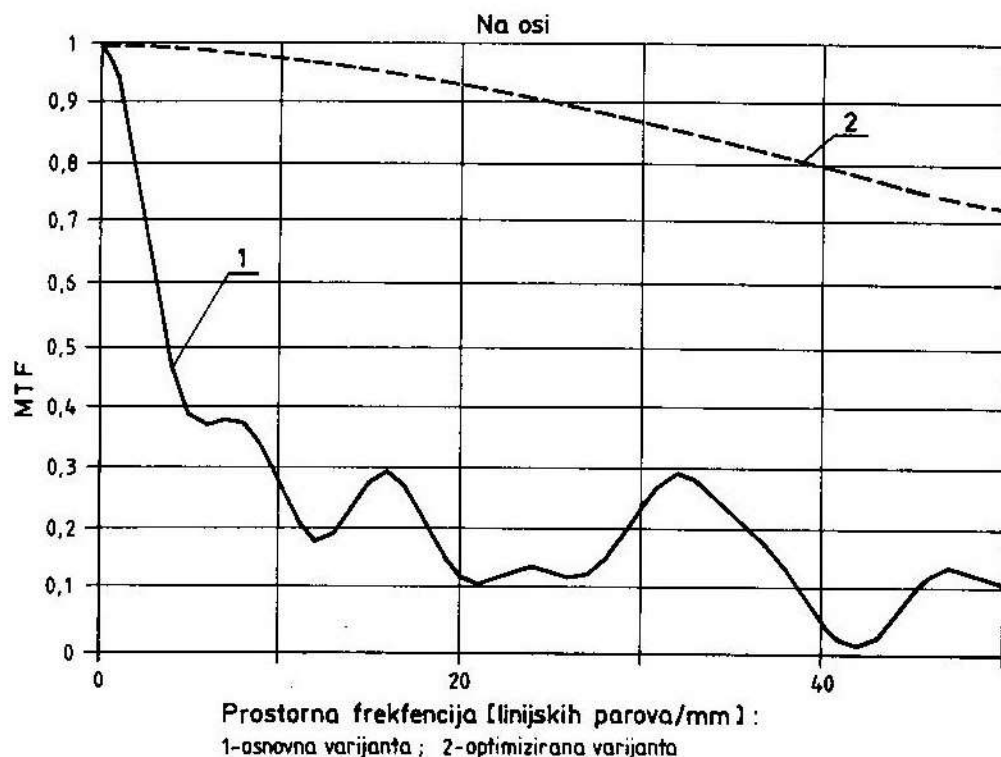
- funkcija za ocenu dostigla minimum,
- funkcija za ocenu asimptotski se približava određenoj vrednosti,

- funkcija za ocenu divergira,
- izvršen unapred određen broj iteracija.

U slučaju kada nisu ispunjeni navedeni uslovi, vrši se variranje konstrukcionih parametara dok se ne ispunje ti uslovi, tj. dok optički sistem ne dobije optimalni kvalitet lika [4].

Korelacija između MTF i realnih optičkih sistema

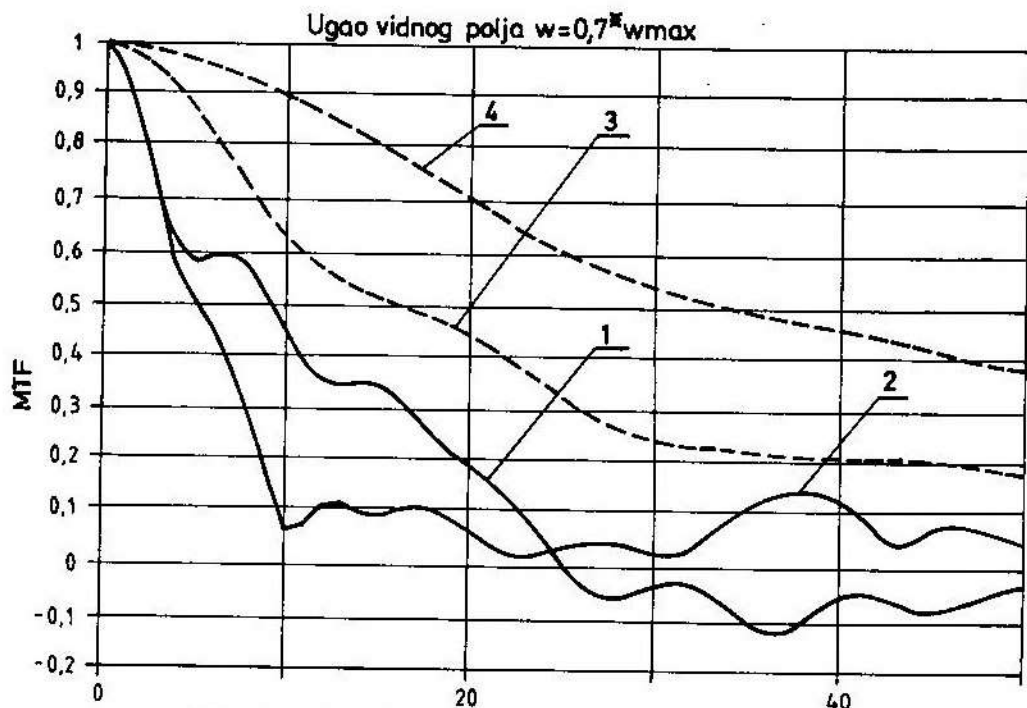
OTF predstavlja funkciju koja opisuje sposobnost optičkog sistema da preslika raspodelu svetlosnog intenziteta iz ravni predmeta na ravan slike. Na osnovu same definicije OTF proizilazi i njen značaj, a to je davanje mogućnosti rekonstrukcije lika optičkog sistema, ako je poznata raspodela svetla u ravni predmeta.



Sl. 2a — Uporedni prikaz MTF-a (sagitalna — SAG i tangencijalna — TAN) za polazni i optimizirani optički sistem (na osi optičkog sistema)

Pri analizi optičkih sistema pomoću OTF, koristeći se Fourierovim transformacijama, dobija se funkcija koja govori o sposobnosti sistema da preslika periodičnu raspodelu svetla iz ravni predmeta u ravan lika. Prisustvo abe-

MTF pokazuje kolika je relativna kontrastna osetljivost optičkog sistema, a PTF određuje pomak slike u odnosu na optičku osu za vanosne svetlosne snopove. Sa fizikalnog stanovišta veći značaj ima MTF u odnosu na PTF, jer



1-MTF-SAG osnovni; 2-MTF-TAN osnovni; 3-MTF-SAG optimiziran; 4-MTF-TAN optimiziran.

Sl. 2b Uporedni prikaz MTF-a za polazni i optimizirani optički sistem (za 0,7 od ugla vidnog polja)

racija i difrakcije svetlosti u optičkom sistemu onemogućava razlikovanje kontrasta svetlih i tamnih polja ukoliko prostorna frekvencija bude ispred neke granične vrednosti koja je uslovljena karakteristikama optičkog sistema.

U opštem slučaju OTF predstavlja kompleksan izraz koji se može prikazati u Eulerovoj formi:

$$OTF = MTF \cdot e^{i \cdot \pi \cdot PTF} \quad (1)$$

gde je:

PTF — fazna prenosna funkcija (Phase Transfer Function).

on opisuje raspodelu svetla u periodičnom testu. Zato je najprikladnije da bude neka harmonijska funkcija (sinusna funkcija), jer je Fourierova transformacija takve funkcije opet harmonijska funkcija. Za sinusni test MTF predstavlja odnos između relativnih kontrasta svetla u ravni lika (K_i) i ravni predmeta (K_o).

$$MTF = \frac{K_i}{K_o} \quad (2)$$

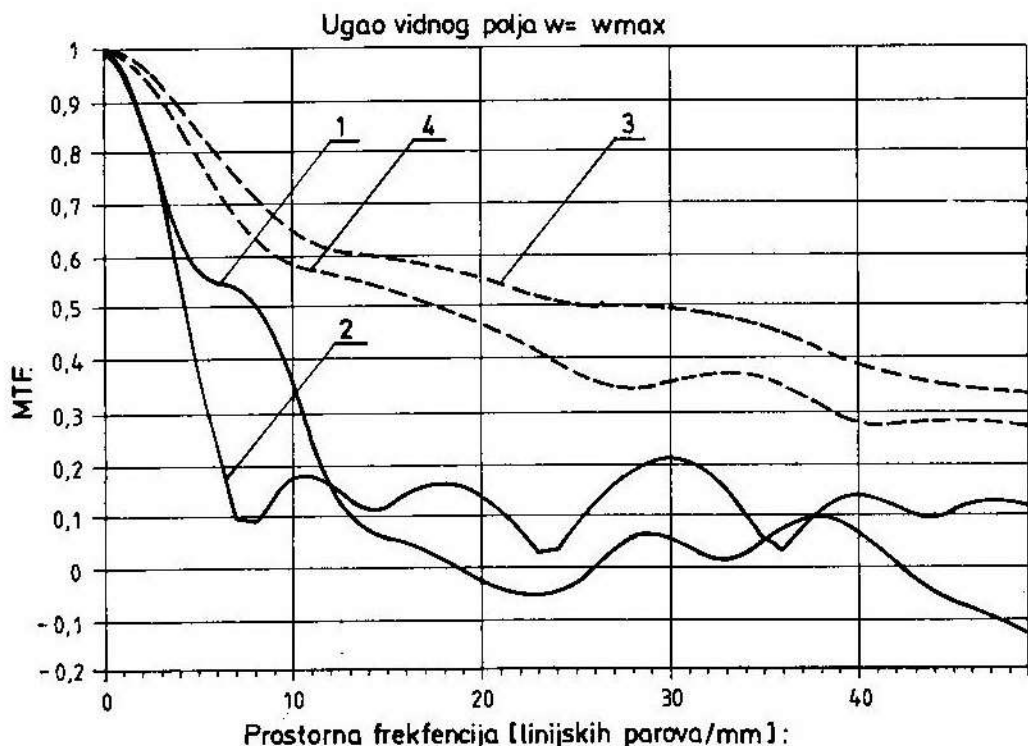
MTF je funkcionalno zavisian od prostorne frekvencije upotrebljenog pe-

riodičnog testa i od azimutnog ugla (ugao između testa i meridionalne ravni). Ukoliko je izražen porast prostorne frekvencije, onda MTF opada utoliko brže što je uticaj aberacija i difrakcije u sistemu veći. Obično se računa MTF i meri za azimutni ugao od 90° (tangencijalni MTF) i za 0° (sagitalni MTF). Razlika između sagitalne i tangencijalne komponente MTF prisutna je samo u slučaju kada se periodični test nalazi izvan ose optičkog sistema. Na slici 2a, b i c dat je prikaz MTF za osnovni i optimizirani optički sistem pomoću programa APOS. Granicu razlaganja nekog optičkog sistema definiše iznos modulacije koju sistem može detektovati, pri čemu treba imati na umu da ona ne određuje u potpunosti osobine sistema. Ukoliko bi imali dva optička sistema sa istim graničnim iznosom razlaganja,

onda bi odabrali onaj koji ima bolji kontrast za linijski par po milimetru (Lp/mm). Nešto složenija varijanta izbora bila bi za optičke sisteme od kojih jedni imaju visoku granicu razlaganja i lošiji kontrast, a drugi nižu granicu razlaganja i bolji kontrast. Za takve slučajeve treba se odlučiti za ono rešenje koje trenutno predstavlja veću važnost, a to je pitanje kontrasta ili razlaganja, što će, svakako, uticati na namenu samog sistema [5].

Opis programa APOS

Program APOS (Automatsko Projektovanje Optičkih Sistema) namenjen je onima koji se bave projektovanjem optičkih sistema. Zamišljen je kao integrisana programska celina. To znači



1-MTF-SAG osnovni; 2-MTF-TAN osnovni; 3-MTF-SAG optimiziran; 4-MTF-TAN optimiziran

Sl. 2c Upporedni prikaz MTF-a za polazni i optimizirani optički sistem (za puni ugao vidnog polja)

da bi projektant optičkih sistema mogao da obavi sve potrebne faze projektovanja optičkog sistema u okviru programa, ne izlazeći nikad na nivo operativnog sistema. Kada jednom startuje program projektant može da:

I definiše polazne podatke za novi sistem koji obuhvataju:

a) opšte optičke parametre:

— izbor talasnih dužina za proračun optičkog sistema;

— određivanje broja prelomnih površina optičkog sistema;

— definisanje broja pozicija u polju;

— određivanje položaja aperturne dijafragme i numeričke aperture;

— izbor uvećanja optičkog sistema;

b) konstruktivne parametre:

— labela optičke površine koja pokazuje na tip optičke površine (sferična ili asferična) i koji se od konstruktivnih parametara (radiusi, rastojanja ili staklo) mogu menjati prilikom optimizacije,

— radijus ili krivina prelomne površine,

— rastojanje između prelomnih površina,

— naziv stakla po Schottovom katalogu (indeksi prelamanja i disperzija se dobijaju iz odgovarajuće baze podataka),

— maksimalna visina, odnosno polovina slobodnog svetlosnog otvora;

c) koordinate ulaznih zraka (šeme zraka) koje mogu biti:

— kreirane, kod kojih se unose samo uglovi vidnog polja, a sam program na unapred utvrđen način formira mrežu ulaznih zraka relativno u odnosu na glavni zrak,

— relativne, kod kojih se ručno unose koordinate ulaznih zraka relativno u odnosu na glavni zrak,

— normalne, kod kojih se ručno unose apsolutne koordinate ulaznih zraka na prvoj prelomnoj površini;

d) težinski faktori aberacija, grafični uslovi na diopterskim površinama i ciljni parametri optičkog sistema se ne unose prilikom definicije novog optičkog sistema. Tada im se dodeljuju podrazumevane (default) vrednosti koje se prilikom optimizacije mogu i treba da promene;

II prikaže podatke i rezultate proračuna hoda zraka kroz optički sistem, bilo u numeričkom ili grafičkom obliku, kako na ekranu, tako i na štampaču;

III ispiše podatke na datoteku u formatu pogodnom za učitavanje u AutoCad koji čine osnovu za kompletno projektovanje sistema i izradu cele konstruktivne dokumentacije.

IV izvrši potpunu analizu, kako aberacionu, tako i energetsku optičkih sistema.

1. — Aberaciona analiza sadrži prikaz sledećih aberacija:

a) aberacije osnih zraka:

— sferna ili sferohromatska podužna aberacija,

— sferna ili sferohromatska poprečna aberacija,

— odstupanje od sinusnog uslova,

— izoplanetizam,

b) aberacije glavnog zraka za fokalne i afokalne sisteme:

— astigmatizam,

— krivina polja,

— distorzija,

— hromatizam povećanja;

Za afokalne sisteme još se računaju i sledeće aberacije:

— sferna i sferohromatska aberacija glavnog zraka,

— hromatizam glavnog zraka,

— sferna i sferohromatska aberacija izlazne pupile,

— hromatizam izlazne pupile,

c) aberacije kosih zraka:

— odstupanje kosih zraka (gornjeg i donjeg) u odnosu na glavni zrak,

— koma,

2. — Energetska analiza u sebi sadrži sledeće:

— proračun spot-dijagrama za različite talasne dužine,

— pronalaženje ravni najboljeg lika pomoću spot-dijagrama,

— uporedni proračun spot-dijagrama i MTF,

— proračun MTF za različite talasne dužine,

— pronalaženje ravni najboljeg lika pomoću MTF,

V izvrši optimizaciju optičkih sistema (pomoću metode prigušenih najmanjih kvadrata),

VI rad sa bazama stakala različitih optičkih proizvođača. Trenutno se radi samo sa bazom Schottovih stakala, a planira se formiranje i sledećih baza stakala: Corning France i Chance-Pilkington.

VII mogućnost izmene (editovanja) bilo kojeg potrebnog podatka,

VIII mogućnost skaliranja optičkih sistema za zadati faktor ili na zadatu žižnu dužinu.

Slično mnogim komercijalnim programima i program APOS je korisnički orijentisan (user friendly). To znači:

— da se sve mogućnosti programa mogu dobiti iz raznih menija,

— da greška u unosu podataka ne izaziva prekid rada programa već samo poruku o grešci i omogućava ponovni unos podataka,

— da se iz svakog menija može izaći sa pritiskom na Esc ,

— da je ekran podeljen na nekoliko preklapajućih prozora u kojima su prikazani odgovarajući podaci koji se ne mogu međusobno mešati,

— da je pomoć (help) uvek dostupna korisniku.

Ove osobine programa APOS su veoma bitne i njima je pri programiranju bila posvećena velika pažnja, jer prosečni korisnik programa, projektant optičkih sistema, najviše vremena provodi baš u unošenju i uređivanju (editovanju) unetih podataka.

Neka poređenja programa APOS sa drugim programima: SIGMA PC i SOLORD

Program APOS, pisan na Turbo, Pascalu, nastao je kao rezultat višegodišnjeg istraživanja kod nas. Njegov razvoj počeo je 1988, a njegovo usavršavanje još uvek traje.

Program SIGMA PC verzija 1.5 od jula 1987, firme Kidger Optics, pisan je na Quick BASIC-u. Program vodi poreklo sa grupe za optical design sa Imperial Collegea koja je počela sa istraživanjem 1959. Program SIGMA radi na više računara (Hewlett Packard Series 200 — SIGMA200, Hewlett Packard Series 300 — SIGMA300, IBM PC od 1983. godine i Apple Macintosh — MacSIGMA).

Program SOLORD, verzija 2.02 iz 1989. (demo verzija), firme Lord Ingenierie pisan je na Turbo C-u. Firma Lord osnovana je 1985. i od tada se, između ostalog, bavi i razvojem optičkih programa.

Osnovni razlog zašto se krenulo u razvoj sopstvenog programskog rešenja za automatsko projektovanje optičkih sistema je mogućnost da se programska rešenja neprekidno prilagođavaju čestim nestandardnim zahtevima projektanata složenih optičkih i optoelektronskih sistema.

U deset godina kako se razvijaju programi za IBM PC računare iskristalisao se jedan način razvijanja programa koji su potpuno korisnički orijentisani. Programi APOS i SOLORD potpuno zadovoljavaju te kriterijume, jer su nastali na IBM PC računarima, a za razvoj su korišćeni najmoćniji dostupni programski jezici. Program SIGMA PC samo delimično zadovoljava te kriterijume (ima podršku funkcijskih tastera, ali zato nema podršku menija, preklapajućih prozora i uvek prisutne podrške korisniku) zato što je izabran BASIC programski jezik da bi se obezbedila laka prenosivost sa jednog računarskog sistema na drugi.

Sva tri programa koriste slične veličine kao ulazne podatke i zapisuju ih u tekstualnu datoteku za kasnije korišćenje. Na osnovu te sličnosti bilo je moguće razviti proceduru koja vrši konverziju iz ulaznih podataka za APOS u ulazne podatke za SIGMA PC, i obrnuto.

Program SIGMA PC je najmoćniji od tri poređena optička programa, jer omogućava neke stvari koje ne nude druga dva programa, kao što su difrakcioni MTF, veliki izbor optičkih površina, projektovanje i optimizaciju zoom-sistema.

Tri stvari posebno izdvajaju program APOS u odnosu na ostale programe, a to su:

- direktna veza sa AutoCAD-om. Program APOS formira script-datoteku (datoteka posebnog formata koja sadrži naredbe samog AutoCAD-a) koja služi kao polazna osnova za kompletno projektovanje optičkih i optoelektronskih uređaja na Auto-Cad-u i kasniju izradu celokupne tehničke dokumentacije;

- kompletan sistem za rad sa bazama podataka o staklima koji je zasnovan na modifikovanom algoritmu binarnog stabla (btree+);

- veoma detaljan aberacioni proračun optičkih sistema.

Perspektive razvoja projektovanja optičkih sistema

Danas u svetu postoji nekoliko odličnih komercijalnih programa za projektovanje svih vrsta optičkih sistema koji su potrebni. Budući korisnici ovih programa treba da shvate da će projektovanje optičkih sistema pomoću ovih programa samo prvi korak u pravljenju optičkih sistema koji su deo nekog uređaja ili instrumenta. Cena projektovanja optičkog sistema je mali deo cene ukupnog razvoja instrumenta, ali on bi bio beskoristan ako optički sistem ne bi imao predviđene karakteristike. Sagledavajući sve ove potrebe, moguće je predvideti pravce daljeg razvoja programa za projektovanje optičkih sistema:

— Korišćenje postojeće optike

Novi optimizirani optički sistemi nisu potrebni u svim prilikama. Ako postojeći optički sistem zadovoljava postavljene zahteve, on se može kupiti i na taj način skratiti vreme razvoja optičkog sistema i cenu njegovog koštanja, jer se preskače faza prototipa. Danas postoje efikasne metode za proveru kvaliteta lika optičkog sistema, kako numeričkim putem, tako i eksperimentalno. Da bi se ova mogućnost mogla iskoristiti, potrebno je napraviti bazu podataka o svim komercijalno dostupnim optičkim sistemima koja bi se stalno ažurirala.

— Mehaničko projektovanje optičkih sistema

Programi za optičko projektovanje treba da se povežu sa sadašnjim i budućim CAD programima (CAD Computer Aided Design — Projektovanje pomoću računara). Mehaničko projektovanje optičkih sistema je zajednički zadatak projektanta optičkih sistema i mašinskih inženjera. U procesu projektovanja mora se obezbediti stalna komunikacija između projektanta optičkih sistema i mašinskih inženjera i povratna veza između programa za pro-

jektovanje optičkih sistema i CAD programa.

— Testiranje u toku proizvodnje

Da bi se napravili komplikovani optički sistemi, potrebno je da se testiraju i mere mnogi koraci koji se preduzimaju za vreme sklapanja optičkih sistema. Moderni računari kontrolisani laserski interferometri su neophodni za proveru individualnih prelomnih površina. Svaki optički element treba detaljno testirati pre nego što se ugradi u optički sistem. Ovakav postupak je dugotrajniji i skuplji, ali se brzo isplati, jer ako se ugradi neki defektni deo, može potpuno da onemogućava optički sistem, a zadatak da se on pronađe još je dugotrajniji i skuplji.

Zaključak

Proces automatizacije projektovanja optičkih sistema nezamisliv je bez kompjuterske tehnike. Razvoj hardve-

ra omogućio je i softversku podršku koja, uz odgovarajući algoritam, dosta uspešno rešava probleme dizajna optičkih konstrukcija. Na taj način se dosta brzo i vrlo precizno određuju odgovarajući konstrukcioni parametri koji omogućavaju optimalni kvalitet slike. Specifikacija, testiranje optičkih sistema uz kompleksne informacije o uticaju aberacija, difrakcije na proces preslikavanja znatno je poboljšano korišćenjem odgovarajućih programskih paketa. Program APOS, koji je razvijen kod nas, omogućava:

— projektovanje optičkih sistema uz optimizaciju kvaliteta lika;

— uticaj projektanta preko težinskih faktora aberacija i drugih parametara koji se definišu preko ulaznih podataka, na dalji tok procesa optimizacije.

Radi poboljšanja prezentiranog modela neophodna su dalja proširenja koja bi obuhvatala probleme dizajna tankoslojne strukture.

Literatura:

- [1] Feder D. P.: »Optical calculations with automatic computing machinery«, JOSA vol. 41 no. 9, 1951.
- [2] Wynne C. G.: »Lens designing by electronic digital computers«, Proceedings of Physics society vol. 73 no. 5, 1959.
- [3] Feder D. P.: »Automatic optical design«, Applied optics vol. 2 no. 12, 1963.
- [4] Vasiljević D. M.: »Prilog optimizaciji projektovanja optičkih sistema pomoću mikroracunara«, Magistarska teza, Mašinski fakultet, 1981.
- [5] J. McDonald: »The calculation of the optical transfer functions«, Optica Acta no. 18, 1971.

Mogućnost primene informacionog sistema tipa videoteks u OS SFRJ sa primerom automatizacije kancelarijskog poslovanja

Uvod

Računarska tehnika i sve njene povoljnosti i mogućnosti koje sa sobom nosi, dovela je do velikih promena u životu u svim oblastima ljudske delatnosti.

U okviru telekomunikacija, korišćenjem računarske tehnike i informatike, dolazi do novih tipova usluga, koje se sve više primenjuju i ostvaruju nekadašnji san čoveka da može i da vidi i da čuje i da pretražuje informacije u različitom zapisu, koje su locirane daleko od njega.

Sa stanovišta stalne potrebe osavremenjavanja i racionalizacije OS SFRJ, kako pojedinih njenih delova, tako i u celini, neophodno je pratiti zbivanja u nauci i tehnici u svetu i armijama razvijenih zemalja, te na bazi sopstvenog razvoja i iskustava pronalaziti mogućnosti i načine osavremenjavanja oružanih snaga.

Kompjuterizacija je veoma prisutna u svakodnevnom radu razvijenih armija sveta, ali iskustva i konkretne primene u neposrednom i masovnom komuniciranju između pojedinih nosilaca rukovođenja i komandovanja, ostaju dobrim delom nepoznanica za druge. Naravno, iz razumljivih razloga.

Zbog toga je i informacioni sistem sam za sebe od izuzetnog značaja, a novi, tipa videoteks, predstavlja izazov i za potrebe oružanih snaga.

Prethodna objašnjenja vezana za pojam i definiciju videoteksa

Poslednjih godina u svetu se razvija nova oblast nauke i tehnike — telematika, koja objedinjava telekomunikacije i informatiku. Teži se da se u svakodnevним poslovima racionalnijim poslovanjem i u administraciji uvedu ažurne i lako dostupne informacije.

Telematiku, pored ostalih, čine teleteks i videoteks. Osnovna osobina ovih usluga je:

— sličnost u repertoaru korišćenja znakova (alfa-numeričkih, grafičkih, specijalnih i upravljačkih);

— sličnost u kodnim rečima pri kodovanju pojedinih znakova radi prenosa;

— sličnost u protokolu koji postoji pri komuniciranju između računara i terminala.

Osnovna namena je prenos informacija u formi teksta — slike.

Videoteks predstavlja uslugu javnih (ili posebnih) telekomunikacija, koja pruža mogućnost dvosmernog komuniciranja sa računarskom bazom poda-

taka, putem korišćenja komutirane mreže radi potraživanja informacija. Dakle, ona je interaktivna.

Putem terminalnog uređaja ili radne stranice (u osnovnoj ideji putem telefona) stupa se u vezu sa mrežom računara, na čijim će se perifernim uređajima nalaziti veliki broj uskladištenih informacija. Korisnik će putem pretrage vrlo brzo moći da dobije željenu informaciju sa bilo kog računara u mreži, bilo u obliku prikaza na ekranu, odštampano na štampaču ili, pak, izgovoreno putem sintetizatora govora.

S obzirom na to da su računari raspoloživi 24 časa, efekat dobijanja i razmene željene informacije je veoma značajan, jer ne zavisi od čoveka davaoca informacija, naravno ukoliko je ta informacija ažurirana.

Kratak pregled razvoja videoteksa u svetu i Jugoslaviji

Razvoj i tehničku primenu videoteksa omogućio je prethodno već korišćeni teleteks. Na osnovama njegovog nedostatka (ograničenja u vertikalnom povratnom intervalu slike dok traje emisija TV slike i tona) razvila se ideja da se korisniku omogući da biranjem određenog telefonskog broja stupi u vezu sa stalno raspoloživim računarom i pretražuje informacije ili da se putem tako ostvarene veze vrše razne transakcije, razmene poruka, potraživanja programa, i sl.

Takav tehnički sistem, zbog svoje visoke cene prilagođenja na postojeći telekomunikacioni sistem, nije ušao u širu primenu.

Zbog toga se izvršila promena koncepta i prešlo na umrežavanje računara. Put razvoja išao je sa velikih računara sa centralizovanim bazama podataka na veći broj malih računara sa decentralizovanim bazama podataka.

S obzirom na to da je tendencija bila da se najpre obezbede poslovni korisnici, pa onda ostali, prisutna je bila

i potreba da se izvrši određena standardizacija hardvera i softvera, kako bi se kao konačan rezultat obezbedila masovna upotreba.

U Jugoslaviji se, u okviru ZJPTT, razmatraju određeni aspekti, vrste, standardi i mogućnosti primene videoteksa, ali još ne u obimu i nameni koja je prisutna u razvijenim zemljama, jer je neophodno definisati i profil korisnika. Među njima su zainteresovani i rade na uvođenju videoteksa TANJUG, turistička privreda, poštanska štedionica i ostali.

Brze promene i primene različitih tehnologija u telekomunikacijama i informatički utiče na to da se videoteksu obezbedi sve prisutnije mesto u svakodnevnom radu i životu, kako u okviru javnih telekomunikacija, tako i u »privatnim« ili »granskim« mrežama (DEK-NET, EURONET, i dr.).

Profil videoteks-usluga u OS SFRJ

Profil usluga videoteksa u OS mogao bi da bude:

- pretraživanja bibliotečkih informacija,
- u osavremenjavanju kancelarijskog poslovanja,
- razmena poruka,
- potraživanja gotovih dokumenata,
- potraživanja obrazaca, raznih tabela, spiskova i evidencija,
- razmena računarskih programa, i dr.

U okviru funkcije rukovođenja i komandovanja, mogućnosti su sledeće:

- potražnja gotovih geografskih i topografskih mapa u različitim razmerama, njihovo manipulisanje i unos teme novih elemenata borbenog poretka jedinica u operacijama;
- izrada dokumenata veze, kao najvažnijeg elementa uspešnog rukovođenja jedinicama i njihova distribucija putem videoteksa;

— informaciona podrška ratnih igara;

— informaciona podrška izradi raznih naređenja, regulativa i ostalih dokumenata o načinu upotrebe i transporta jedinica OS ili njenih pojedinih delova, ili

— informaciona podrška izradi dokumenata korišćenja materijalno-tehničkih sredstava, korišćenja tehničke dokumentacije za potrebe tehničke, intendantske, sanitetske, i dr. službe u OS, kao i smeštaja, konzervacije i čuvanja sredstava u miru i ratu;

— u finansijskoj dokumentaciji — pretraživanje ugovora, načina plaćanja, i dr.

Određenim delom takvog informacionog sistema moguće je vezati se i za videoteks u sistemu Jugoslovenskih PTT i korišćenja javnih informacija koje budu dostupne u PTT sistemu, koji je u fazi istraživanja.

Realna mogućnost primene je i u Jedinstvenom automatizovanom sistemu naučnih informacija (JASNI) u OS SFRJ i u okviru Bibliotečkog informacionog sistema (BIS), kao i u drugim oblastima, npr. obrazovno-vaspitnim aktivnostima.

Osnovne pretpostavke uvođenja videoteksa u OS SFRJ

Da bi se moglo razmotriti uvođenje videoteksa u OS, osnovne pretpostavke su:

— dobre i kvalitetne telekomunikacije,

— automatizacija poslovanja, korišćenjem računarske tehnike.

Izražena je potreba, kako u društvu, tako i u OS, da se osavremenjavaju telekomunikacioni sistemi. To znači da je potpuna digitalizacija komunikacija neophodna, jer je to veoma pouzdan, efikasan i jeftin sistem, dostupan daleko većem broju i raznovrsnijim korisnicima nego što je to do sada bilo sa analognim sistemima.

Sa stanovišta korisnika, značajne prednosti su: veći kapaciteti (optički sistemi), lakši prenos podataka, govora i slika, mogućnost računarski vođenih i biranih puteva veza, razni računarski protokoli za uspostavu i održavanje kvalitetnih veza (na bazi ekspertnih sistema), kao i mogućnost komunikacije glasom u sistemu čovek — računar. Sve to su značajne pogodnosti i pretpostavke novog sistema telekomunikacija, koji bi u OS mogao obezbediti uvođenje informacionog sistema tipa videoteks.

Kao rezultat druge pretpostavke, u OS se masovno uvode računari opšte namene, od PC do velikih i snažnih računara, pre svega u naučne svrhe razvoja tehnike za potrebe oružanih snaga, ali i za razvoj vojne industrije radi oslonca na sopstvene snage. Faktor masovne kompjuterizacije i korišćenje ove tehnike u svakodnevnom životu, kao već nezamenljivih pomagala, sigurno je važna i neophodna komponenta za uspostavljanje videoteksa.

S obzirom na to da su OS veliki sistem u kojem je veoma izražena izrada i protok velikog broja informacija, da je veliki broj zahteva za ažurnim informacijama na svim nivoima komandovanja i rukovođenja, i da kancelarijsko poslovanje stvara veliki broj dokumenata, nužno je izvršiti automatizaciju, i sa tog stanovišta selekciju i postepeno uvođenje novog tipa usluga, kao što je videoteks.

Iz svega navedenog, neophodno je da nosioci sistema veza i informatike u OS, u svom budućem razvoju, unesu polazne elemente za istraživanje i podsticaj uvođenja telematike, pa tako i videoteksa.

Kriterijumi koje treba ispuniti kako bi imalo smisla uvoditi videoteks

Postoje različiti pristupi i razmatranja za navođenje kriterijuma. Ovde se navode samo neki:

— kada su korisnici za koje se informacije spremaju uvezani sa davaocem informacija putem PTT ili posebnih mreža. Bitno opredeljenje je udaljenost od baze podataka;

— u slučaju kada se traži u kratkom vremenu veoma čest pristup željenim informacijama;

— kada su u pitanju velike baze podataka sa čestim ažuriranjem i kad je važno da su ažurirane informacije uvek raspoložive, što sa stanovišta korisnika znači mogućnost sopstvenih kreiranja svojih baza podataka i donošenja odluka;

— jednostavnost upotrebe videoteks-terminala (radne stanice) za pristup bazama podataka svih računara u mreži, korišćenje informacija u svim spregnutim sistemima (npr. mikrofiš).

U tom smislu važna je i mogućnost »ručnog« slanja poruka, kao i ekonomičnost usluga i cena sistema.

Postoje i drugi kriterijumi vezani za samog korisnika, hardver i softver, ali se ovde neće posebno razmatrati.

Videoteks u automatizovanoj kancelariji

Pokušaćemo prikazati mogućnost primene videoteks usluge u slučaju automatizacije kancelarijskog poslovanja. Primer nije tipičan za videoteks usluge, ali je moguće prikazati osnovne principe i veze.

U dobrom delu, kancelarijsko poslovanje u sadašnjem sistemu je klasičnog tipa obrade dokumenata. To podrazumeva sledeće modele i relacije:

— čovek — obrađivač, tražilac i nosilac informacija;

— okruženje, druge kancelarije i organizacijske jedinice sa kojima je u vezi;

— tehnička obrada (daktilobiro, crtački biro i kopirnica).

— služba protokola za evidenciju, prijem i slanje dokumenata.

Detaljniji opis i analizu ovog sistema nećemo praviti, ali je izražena i naglašena fizička opterećenost i nekomfornost čoveka pri obradi i finalizaciji dokumenata, pretraživanju željenih informacija, i sl.

Osavremenjavanje je počelo uvođenjem računarske tehnike, odnosno nabavkom programskog paketa za obradu teksta, koji je imao za cilj da zameni klasičnu pisaću mašinu.

S obzirom na to da dokumenti sadrže tekstualne podatke, dijagrame, crteže i slike, dalji korak u automatizaciji je bio da se nabave grafički programi koji mogu da vrše obradu svih ovih vrsta dokumenata.

Tada se i otpočelo sa prenosom slike — faksimilom.

Radi potrebe čuvanja, indeksiranja i pretraživanja različitih dokumenata, potrebno je bilo i uvezivanje te opreme.

Stvorile su se računarske mreže, lokalne mreže, koje omogućavaju, uz pomoć savremenih komunikacija, razmenu svih vrsta dokumenata između učesnika, u lokalnu, u susednoj zgradi, itd.

Sa stanovišta videoteksa potrebno je da se računarska oprema u JNA unificira.

Ono što je veoma važno u kancelarijskom poslovanju, jeste problem komunikacije i pravilne interpretacije dokumenata, izraženo kroz:

— potrebu utvrđivanja i oblikovanja zahteva korisnika za pronalaženje, čuvanje, oblikovanje, pripremanje i komuniciranje tekstualnih podataka i poruka;

— povezivanje različitih mreža i usluga, u ovom slučaju videoteksa,

— komandni jezici za pripremu i razmenu tekstualnih podataka,

— protokoli za komunikaciju teksta i poruka,

— jezički problemi.

Što se tiče dokumenata, sa stano-
višta određenog sistema koji tekst pri-
ma i obrađuje i koji utvrđuje format
dokumenata, prisutni su:

— formati dokumenata kao slike.
Oni omogućavaju samo prikazivanje
dokumenata na izlaznim uređajima;

— format dokumenta koji omogu-
ćava obradu. Ovi dokumenti dozvolja-
vaju izmenu sadržaja, strukture, doku-
menata i logičke strukture teksta na iz-
laznim uređajima.

I jednu i drugu formu dokumen-
ta, uz neophodnu opremu, moguće je
obrađivati i prenositi putem videoteksa.

*Koncept rešenja moguće primene
videoteksa u kancelarijskom
poslovanju*

Mini i mikroračunari sa svojim ba-
zama podataka i sve bogatijim i moć-
nijim softverom, uz neophodnu imple-
mentaciju softvera za podršku video-
teksta, i uz činjenicu da se kod takvih
računara sami korisnici mogu brinuti
o ažuriranju informacija (dokumenata),
predstavljali bi dobro rešenje za uvo-
đenje videoteksa, jer se ne bi nabavljala
nova računarska oprema. Neophodni
bi bili adapteri za priključak na tele-
fonsku mrežu.

U okviru telefonske centrale izvr-
šilo bi se umrežavanje ovih računara
putem mreže za prenos podataka sa
paketskom komutacijom za pronalaže-
nje tačaka u mreži na koje su računari
priključeni.

U postojećoj računarskoj mreži po-
stojali bi i računari namenjeni isklju-
čivo za rad u videoteksu. Njihova fun-
kcija bila bi da korisnike snabdevaju
ažurnim informacijama, svim formama
i klasama dokumenata potrebnih za sva-
kodnevni rad, i pohranjuju gotove do-
kumente.

Ono što je najvažnije, postojeći
mini i mikroračunari koji nisu isklju-
čivo namenjeni za rad u videoteks sis-

temu, imali bi ulogu radnih stanica ko-
je bi mogle koristiti i videoteks usluge.

Njihova uloga u sistemu videotek-
sa je:

— da služe kao računari davaoci
informacija. Oni raspolažu širim izbo-
rom znakova i funkcija potrebnih za
kreiranje stranica videoteksa. Oni bi,
eventualno, mogli biti spregnuti i sa
sistemom mikrofija, te da koriste mi-
krofilmovane dokumente za pripremu
informacija za videoteks;

— ovakvi računari bi, istovreme-
no, mogli da služe i kao veza za više
korisničkih terminala;

— njihova mogućnost je i uspos-
tava veze i pretraživanje baza podata-
ka na drugom Host računaru, a preko
centrale i pristup bazama podataka i
ostalim računarima u mreži (opciono).

Svako radno mesto moglo bi biti
opremljeno sa korisničkim terminalom
u sklopu postojeće terminalske mreže i
štampačem — opciono.

Njihova funkcija je:

— da uspostavljaju vezu sa video-
teks-centralom preko komutirane tele-
fonske mreže,

— primaju, skladište i prikazuju
primljene informacije,

— posreduju između korisnika i
baza podataka.

Ostali potreban hardver je modem,
koji ima ulogu prenosa podataka po a-
nalognoj (digitalnoj) mreži, automatsko
pozivanje videoteks-centrale i identifi-
kaciju pozivajućeg korisnika.

Tastatura je standardnog izgleda,
uz uvođenje dodatnih funkcija za rad
u videoteks-sistemu.

Centrala za potrebe videoteksa mo-
rala bi da obezbedi:

— funkciju »prolaza« između mre-
že videoteksa, u kojoj se nalazi više
host-računara, i komutirane mreže,

— funkciju »komutacije« korisnika na odgovarajuće host-računare, zavisno od tražene informacije.

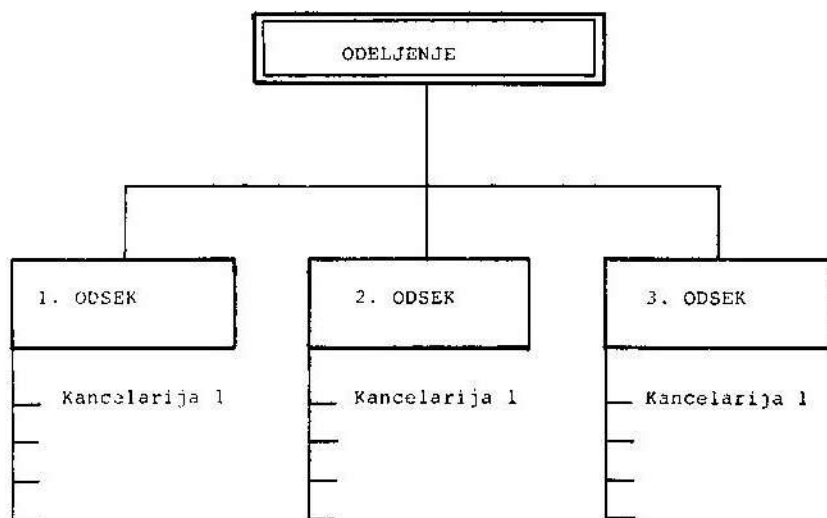
Tako bi se korišćenjem informacija, ili dokumenata iz računara u mreži (u okviru druge organizacijske jedinice — odeljenja), mogla vršiti obrada dokumenata na svojoj radnoj stanici i ići nadležnom starešini na uvid, overu, mišljenje, i sl., i automatski biti pripremljeni za upotrebu (obaveštenja, naređenja, zahtevi, izveštaji, i sl.) korisnicima u mreži.

Sve to je već danas moguće pošto postoje štampane kartice za proširenje rada PC i mogućnosti uvođenja videoteksa.

narima namenjenim za rad samo u videoteksu), opciono. Blok-shema mreže videoteksa prikazana je na slici 2.

Ukupno 3 host-računara (PC radne stanice). Svako radno mesto bi bilo opremljeno korisničkim terminalima, vezanim, preko centrale, u videoteks-mrežu. Njihova mogućnost rada nije ažuriranje i davanje informacija, ali svakako jeste brzo i efikasno pretraživanje svih baza podataka host-računara po odsecima i, na taj način, mogućnost brzog odziva na zahtev od pretpostavljene strukture komandovanja ili okruženja.

Svi učesnici — korisnici videoteks-usluga bili bi dužni da se brinu da u



Sl. 1 Organizacijska struktura za koju se uvodi videoteks-usluga

Mreža videoteksa u kancelarijskom poslovanju

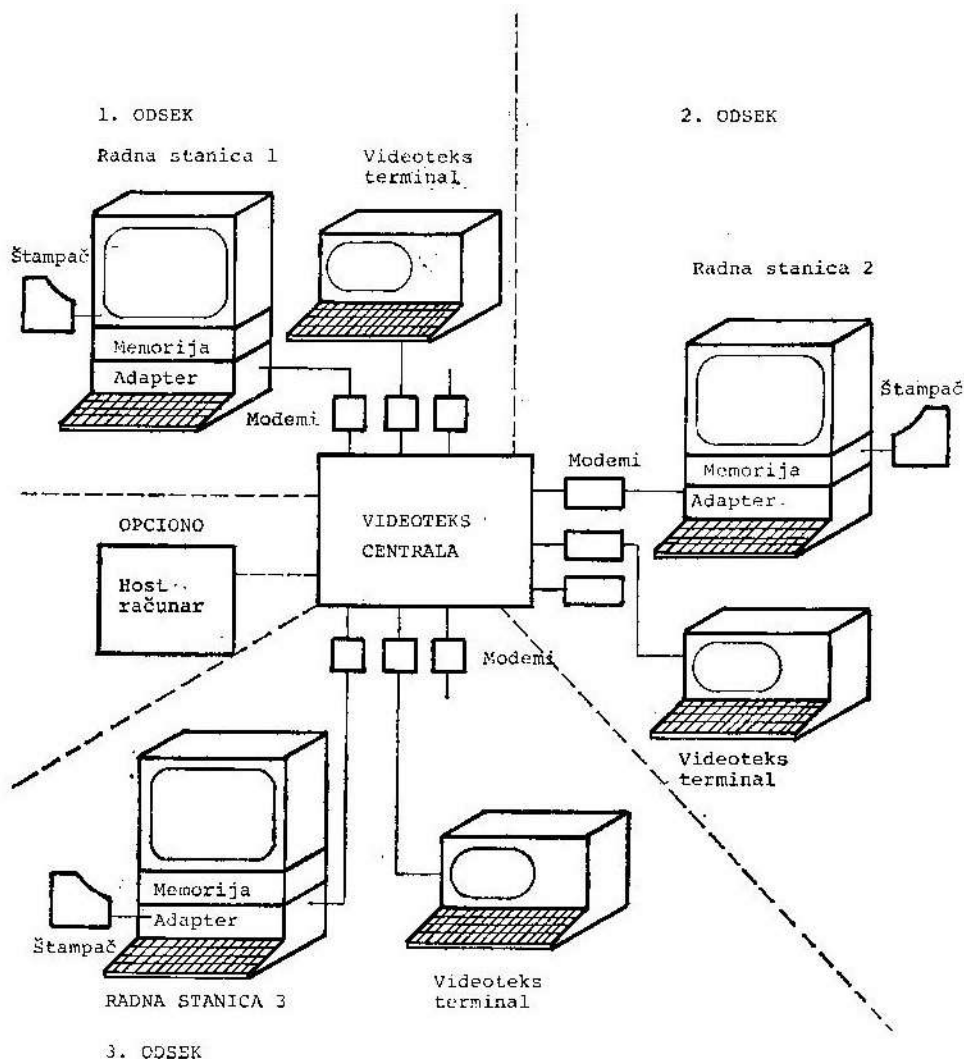
Pretpostavka je da imamo tri organizacijske celine — odseka za koje se uvodi služba videoteksa u kancelarijskom poslovanju, prikazana na slici 1.

Svaki odsek imao je po jednu hardverski opremljenu radnu stanicu (PC računara sa adapterom za vezu sa videoteks-centralom i drugim host-raču-

okviru svojih poslova pružaju ažurne informacije koje bi bile pohranjene u host-računaru svog odseka.

Efekti uvođenja videoteksa u okviru automatizacije kancelarijskog poslovanja

Svakako da je ova telematska mogućnost novina koja još nije dovoljno ispitana niti standardizovana, pre svega u svetskim okvirima.



Sl. 2 Blok-shema mreže videoteksa

Zbog toga se o značajnim efektima unapređenja poslovanja može govoriti samo hipotetički.

Uz pretpostavku da će se sigurno izvršiti standardizacija opreme, softvera dokumenata, itd. možemo sa sigurnošću tvrditi da informacionom sistemu tipa videoteks predstoji budućnost.

Ukoliko zamislimo da se poslovanje veoma pojednostavljuje, skraćuje vreme pretraživanja željene informacije, ubrzava obrada i ažuriranje i pra-

tički omogućuje momentalan pristup informaciji svih zainteresovanih korisnika u sistemu, može se reći da će, ukoliko hardverska i softverska oprema bude po ceni pristupačna velikom broju korisnika, videoteks sistemi ući u naš svakodnevni život.

Što se tiče OS, bilo bi poželjno da se i preko odgovornih institucija i armija uključi u razmatranje prihvata i uvođenja videoteksa, koji, kako smo u početnim razmatranjima rekli, može imati udela u svim domenima života i

rada armije, tim pre što su i strane razvijene armije ušle u delimičnu primenu videoteksa.

Zaključak

Primena informacionog sistema tipa videoteks u svetu predstavlja nov izazov inženjerima i naučnicima iz oblasti telekomunikacija, računarske tehnike i informatike.

Razvile su se i u razvijenim zemljama već primenjuju određeni telematski sistemi koji tek treba da se standardizuju i još šire, u skoroj budućnosti, primenjuju.

Najpovoljnije rešenje koje je JZPTT prihvatila i OS SFRJ trebalo bi da usvoje.

Prezentirana mogućnost primene videoteksa u OS predstavlja samo podsticaj nadležnim institucijama da se tematici u OS da širi značaj.

Konkretni primer (iako ne reprezentativni) samo objašnjava način postavljanja i upotrebe videoteksa u jednom obliku.

U svakom slučaju, videoteks će imati značajniju ulogu u pretraživanju određenih informacija iz različitih izvora (naučne, bibliotečke, itd.), kako bi se proces ukupne organizacije rada, rukovođenja i komandovanja u OS potpuno racionalizovao i postao daleko efikasniji. Zbog toga je način upotrebe videoteksa svakako predmet izučavanja specijalizovanih timova stručnjaka.

Konkretni problemi prisutni u ovoj oblasti ovde nisu pomenuti, jer su svaki za sebe deo posebnih izučavanja. To su, na primer, kodiranje, kreiranje stranica, klasifikacija dokumenata, definicije kod računara i ostale opreme, protokoli, kvalitet komunikacija, programiranja, zaštita poverljivih podataka, kao i ostali tehnički problemi i potreba osposobljavanja i edukacije kadra.

Literatura:

- [1] Martin Dž.: »Videoteks i informacionoe obsluživanje obščestva«, Moskva, 1987.
- [2] »VIDEOTEX: INTO THE CRUEL WORLD«, Datamotion, 1984.
- [3] Stojanović M.: »Videoteks-nova tematska usluga«, Telekomunikacije I/1984.
- [4] Colin P.: »Booking package holidays«, Data Processing, 1982.
- [5] Russell J.: Where now for videotex«, Data Processing, 1984.
- [6] Harveu J.: »Videotex looks brigter as developments mount«, Elektronics, 1982.
- [7] Bayman M., Hills T.: »FRANCE — The big puch in communications«, Communications international, special report, 1983.
- [8] Muckersie J. B., Young R. P.: »Application of videotex in manufacturing company«, Data Processing, 1984.
- [9] Jovanović dr V.: »Informaciono-dokumentacioni sistemi i servisi«, Skripta, FON, Beograd, 1988.

Uvod

Laser-dopler anemometrija (LDA) optička je metoda za beskontaktno merenje brzine kretanja. U osnovi ove metode je Doplerov efekat koji opisuje pojavu vezanu za promenu frekvencije rasejane svetlosti na pokretnim centrima, u odnosu na frekvenciju svetlosti koja osvetljava te centre. Ovaj efekat opisao je Ch. Doppler još 1842. Njegova praktična primena postala je moguća nakon pronalaska lasera. Laseri predstavljaju moćan izvor strogo monohromatske i koherentne svetlosti, sa strogo definisanom frekvencijom i talasnom dužinom.

Laser-dopler anemometar počeo je da se razvija pre dvadesetak godina. Danas postoje različiti sistemi koji mogu da mere brzine kretanja od nekoliko mm/s, pa do nekoliko km/s, [1, 2, 4].

Primenu nalaze u različitim oblastima nauke i tehnike. Pomoću njih se mogu, na primer, ispitati pojave vezane za: kretanje različitih laboratorijskih modela, strujanje u aerotunelima u svim područjima brzine (od podzvučnih do hiperzvučnih), ispitivanja mlaznica, vodenih tunela i plovni objekata u prirodnim veličinama, strujanje u kapi-larima, hidrauliku i avio inženjering, strujno polje oko propelera, strujanje oko izmenjivača toplote, hlađenje, ispitivanje kavitacije i vibracija, testiranje

turbomašine, kao i drugih industrijskih postrojenja. Pomoću LDA mogu da se vrše ispitivanja u različitim eksplozivnim uređajima, i uređajima za stvaranje plazme. Ova metoda nalazi primenu i za ispitivanje različitih bioloških strujanja (npr. protok krvi u krvnim sudovima, brzina kretanja mikroorganizama, brzina događaja određenih promena u tkivu, i drugo). Isto tako, ova metoda se koristi za različita astronomska i meteorološka merenja, a nalazi primenu i u ekološkim istraživanjima [8].

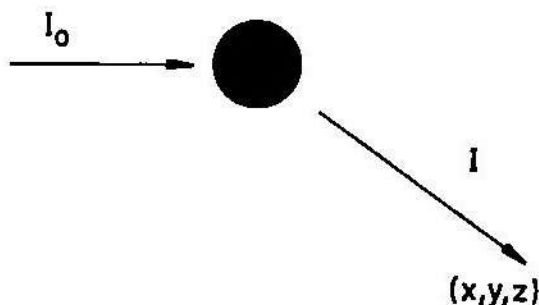
Laser-dopler anemometri su sofisticirani sistemi, koji obuhvataju nekoliko podсистема: izvor svetlosti (laser), optički modul za vođenje laserske svetlosti, predaja i prijem signala, sistem za akviziciju podataka, sistem za obradu i prikazivanje podataka, traverzirajući sistem i generator čestica.

Pored razmatranja fizikalnih principa koji se nalaze u osnovi ove metode, biće napravljen pregled različitih sistema koji mogu da se kupe i koriste za ispitivanje u različitim područjima, kako bi čitalac stekao što širi uvid u ovu metodu.

Kratak pregled osnovnih pojmova i definicija

Ako svetlost sa strogo definisanom frekvencijom (fu) osvetljava pokretni

predmet (to može biti deo uređaja ili samo jedna čestica u fluidu), onda se ta svetlost rasejava u prostoru (sl. 1). Intenzitet upadne svetlosti je I_0 , a rasejane $I(x, y, z)$. Intenzitet rasejane svetlosti zavisi od pravca u prostoru. Na čvrstim česticama rasejavanje se vrši u celom prostoru. Raspodela intenziteta zavisi od osobine upadne svetlosti (I_0), pravca prostiranja, polarizacije, talasne dužine i od karakteristike centra za rasejavanje (dimenzije, oblik, indeks prelamanja).



Sl. 1 Rasejavanje svetlosti na sfernoj čestici

Ako se monohromatska svetlost rasejava na sfernoj čestici (sl. 1) sa dijametrom d i relativnim indeksom prelamanja n , onda je:

$$I = I_0 \cdot \frac{\lambda}{x^2 + y^2 + z^2} \cdot k(n, \alpha, x, y, z) \quad (1)$$

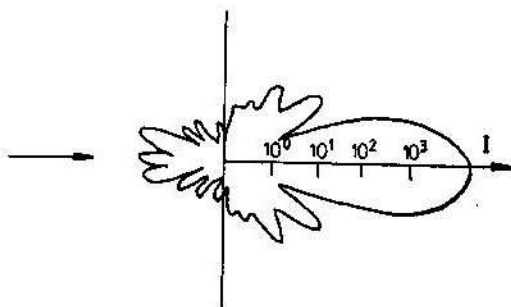
gde je:

- I_0 — upadni intenzitet;
- λ — talasna dužina upadne svetlosti;
- n — indeks prelamanja čestice u odnosu na okolinu,
- $k(n, \alpha, x, y, z)$ — funkcija rasejavanja svetlosti.

Na slici 2 prikazan je polarni dijagram intenziteta rasejane svetlosti. Njegov izgled varira u zavisnosti od λ , d , n [3].

Opšta karakteristika je da je intenzitet (I) veći u pravcu prostiranja laserske svetlosti, a manji unazad.

Pored promene u intenzitetu rasejane svetlosti, ako se centar rasejavanja kreće, dolazi i do promene frekvencije, odnosno talasne dužine rasejane svetlosti u odnosu na upadnu.



Sl. 2 Dijagram intenziteta rasejane svetlosti

Razlika između frekvencije rasejane i upadne svetlosti predstavlja Doplerovu frekvenciju.

Ako na česticu koja se kreće brzinom V padne svetlosni talas sa frekvencijom f_i i jediničnim vektorom $\vec{K}_i$, onda rasejana svetlost ima (sl. 3a) frekvenciju f_s i vektor $\vec{K}_s$. Doplerova frekvencija biće:

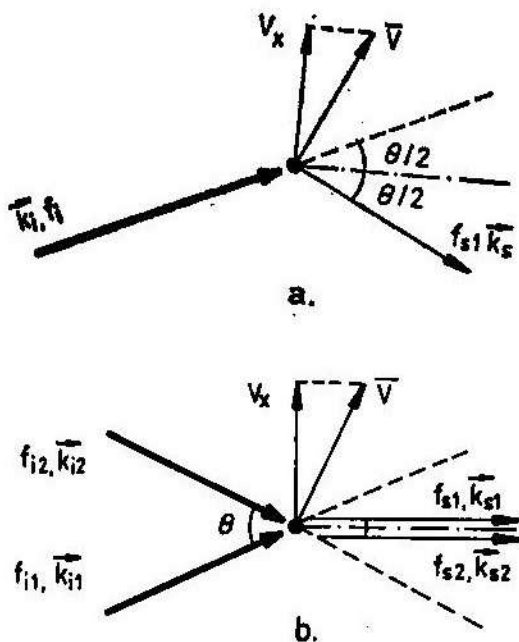
$$f_D = |f_s - f_i| = \frac{2V_x}{\lambda} \cdot \sin \frac{\vartheta}{2} \quad (2)$$

gde je ϑ ugao rasejavanja svetlosti, λ talasna dužina, a V_x je projekcija vektora V na X-osu u ravni upadne i rasejane svetlosti i normalna na bisektisu ugla između upadne i rasejane svetlosti.

U praksi se često koriste dva laserska snopa koja pod uglom ϑ padaju na centar rasejavanja. Detektira se svetlost koja je rasejana na čestici, a potiče od oba snopa (sl. 3b). U ovom slučaju je:

$$f_{s1} - f_{i1} = \frac{\vec{V}(\vec{k}_{s1} - \vec{k}_{i1})}{\lambda}$$

$$f_{s2} - f_{i2} = \frac{\vec{V}(\vec{k}_{s2} - \vec{k}_{i2})}{\lambda}$$



Sl. 3 Geometrija rasejavanja svetlosti kada česticu osvetljava:

a) jedan laserski snop; b) dva laserska snopa koja se ukrštaju

A Doplerova frekvencija biće:

$$f_D = f_{s2} - f_{s1} \quad (3)$$

Za $f_{i1} = f_{i2}$ i $\vec{k}_{s1} = \vec{k}_{s2}$ dobija se:

$$f_D = \frac{\vec{V}(\vec{k}_{i1} - \vec{k}_{i2})}{\lambda}$$

$$f_D = \frac{2V_x}{\lambda} \cdot \sin \frac{\vartheta}{2} \quad (4)$$

U praksi postoji više načina kako da se laserski snop podeli na dva dela i kako da se rekombinira sa rasejanom svetlošću.

Najčešće se koriste dva načina:

1. mod sa referentnim snopom;
2. interferencioni mod.

U referentnom modu rasejana svetlost kombinuje se sa referentnim snopom, koji se uzima direktno iz upadne

svetlosti. Oba signala se mešaju na površini fotodetektora. Razlika u frekvencijama se odražava direktno na struju detektora i može da se izračuna pomoću jednačine (2).

Mod sa interferencionim linijama detektira i kombinira rasejanu svetlost koja potiče od dva upadna snopa svetlosti. Doplerova frekvencija f_D može da se izračuna pomoću izraza (3 i 4). Na slici 4 prikazana je uprošćena šema LDA sistema koji meri jednu komponentu brzine. Naziv ovog LDA sistema polazi od činjenice da u tački preseka (M) laserski snopovi formiraju interferencionu sliku koja predstavlja sistem od svetlih i tamnih linija orijentisanih po pravcu simetrale ugla između oba zraka. Čestice fluida (ili modela) koje prolaze kroz tu tačku (nazivaju je merna tačka) preleću preko ovog sistema linija. U trenutku kada prolaze kroz svetlo područje one rasejavaju svetlost u prostoru oko sebe. Broj i dimenzije interferencionih linija zavise od parametara sistema (λ , ϑ , f). Fotomultiplikator koji prima rasejanu svetlost, prolaz čestice kroz mernu zapreminu detektuje kao BURST.

Doplerova frekvencija, izmerena pomoću detektora, vidi se kao modulacija intenziteta rasejane svetlosti. Signal sa fotodetektora dalje se vodi u sistem za skupljanje i obradu podataka.

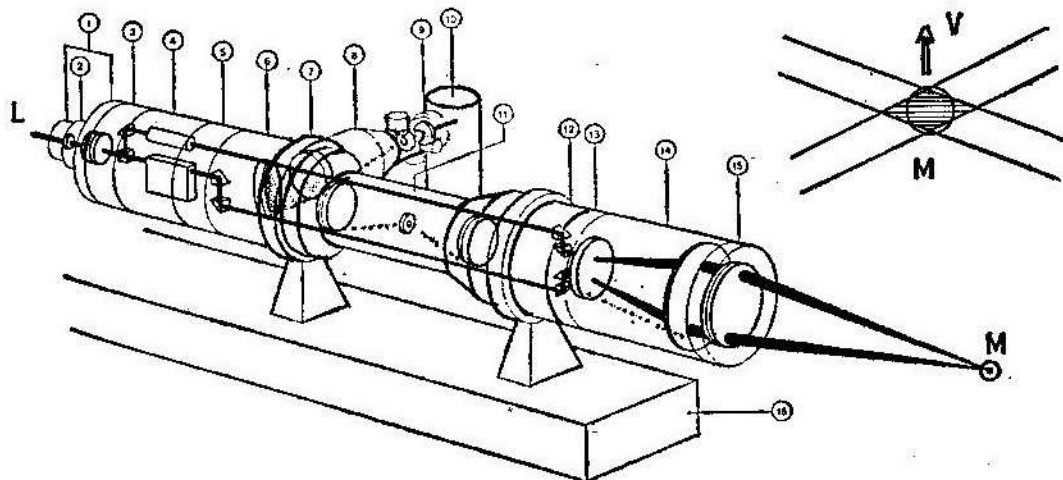
Klasifikacija LDA sistema

Danas u svetu postoji više proizvođača, a još više korisnika LDA sistema. Najosnovnija podela ovih sistema je prema broju komponenata koje oni mere. Prema toj klasifikaciji LDA sistemi mogu da budu jedno, dvo i trokomponentni sistemi, odnosno da mere jednu, dve ili sve tri komponente brzine.

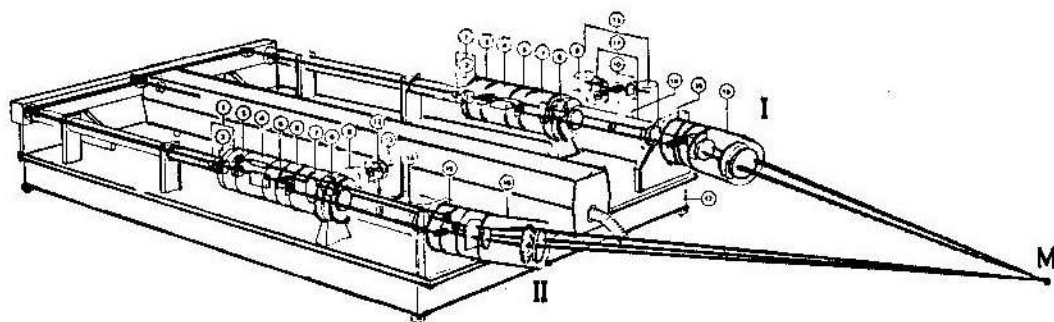
Sistemi mogu da se podele i prema položaju detektora. Ako se detektor nalazi na mestu gde prima rasejanu svetlost u pravcu upadne svetlosti, onda se govori o sistemu koji radi u modu

prema napred (FORWARD SCATTERED), a ako registruje rasejanu svetlost unazad, radi se o BACK SCATTER modu. Prema izvoru svetlosti, sistemi se dele na LDA He-Ne laserom za merenje manjih brzina (primer, sa He-Ne laserom snage 15 mW može da se meri brzina do 300 m/s) i Ar-jon laserom za merenje brzine strujanja koje

LDA sistemi mogu da se dele još i na: sisteme sa mogućnostima automatskog pomeranja merne tačke (traverziranje) ili bez toga, a prema elektronskom podsistemu za prikupljanje podataka, na sisteme koji koriste trejkere, kauntare ili analizatore bursta. Isto tako, mogu da se dele na klasične sisteme i sa FIBER optikom, itd.



Sl. 4 Jednokomponentni LDA sistem



Sl. 5 Trokomponentni LDA sistem

su veće od 300 m/s, u tački koja se nalazi na većem rastojanju od primopredajne optike LDA sistema.

Kod nekih LDA sistema koristi se polarizaciono diferenciranje između snopova, a kod drugih više boja koje potiču iz jednog lasera (za 2D i 3D merenja).

Opis 1D i 3D LDA sistema

Optički modul

Najjednostavniji sistem pomoću kojeg se meri samo jedna komponenta brzine ima optički modul koji je prikazan na slici 4, a sistem za merenje sve tri komponente na slici 5.

Osnovni delovi sistema su:

L — laser (He-Ne ili Ar-jon);

1. zaštitni poklopac sa $\lambda/4$ pločicom;
2. optika za podešavanje širine snopa;
3. delitelj snopova;
4. bragova ćelija;
5. optički sistem za pomeranje snopa;
6. prijemna optika;
7. mehanički nosač;
8. optika fotomultiplikatora;
9. interferencioni filtri;
10. fotomultiplikatorska cev;
11. prostorni filter;
12. prizme za transliranje snopa;
13. mehanički prsteni za montiranje optike;
14. proširivač snopa;
15. ahromatska — primopredajna sočiva;
16. Postolje za montažu sistema.

U mernoj zapremini sistema (sl. 4) postoje interferencione linije i preko njih prolaze čestice fluida (ili tačka na modelu koji se ispituje).

Ovaj sistem može da meri samo komponentu brzine koja je normalna na interferencione linije u mernoj zapremini (v). Sistem detektuje svetlost rasejanu u prostornom uglu frontalne optike. Pre obrade signala vrši se njegova filtracija pomoću interferencionih filtera i modula za prostornu filtraciju (11), kao i pomoću prostornog filtera ispred fotodetektora. Na taj način se obezbeđuje da u fotomultiplikatoru stigne prava informacija o rasejanoj svetlosti i obezbedi signal sa povoljnim odnosom signal/šum (S/N).

Optički moduli LDA sistema izrađuju se od posebno kvalitetne optike, korigovane na aberacije i sa antirefleksnim naparavanjem.

Kod trokomponentnog sistema postoji više načina kako da se obezbedi istovremeno merenje sve tri komponente. Obično se pravi kombinacija jedno-

komponentnog i dvokomponentnog LDA sistema. (Prikazani kao grana I i II, sl. 5). Za ove sisteme koristi se Ar-JON laser sa snagom od 1—5 W. Na izlazu iz lasera svetlost se deli pomoću prizme na dva dela. U grani I upućuje se deo svetlosti sa $\lambda_1 = 476$ nm, a u grani II deo svetlosti sa $\lambda_2 = 514$ nm, $\lambda_3 = 488$ nm. U I grani formiraju se dva snopa, a u II tri snopa svetlosti.

Svi snopovi se fokusiraju u jednu tačku, gde se formiraju tri sistema nezavisnih interferencionih linija, različito orijentisanih u prostoru i sa različitom karakterističnom konstantom.

Čestice koje prolaze kroz ovu mernu zapreminu (M) istovremeno presecaju sva tri sistema interferencionih linija i rasejavaju svetlost sa tri talasne dužine. Grana I predaje svetlost sa talasnom dužinom λ_1 , a detektuje svetlost sa λ_2 i λ_3 , a grana II prima signale svetlosti sa λ_1 , a u mernu tačku šalje svetlost sa λ_2 i λ_3 .

Performanse LDA sistema zavise od parametara optičkog modula i karakteristika elektronskog sistema za skupljanje podataka.

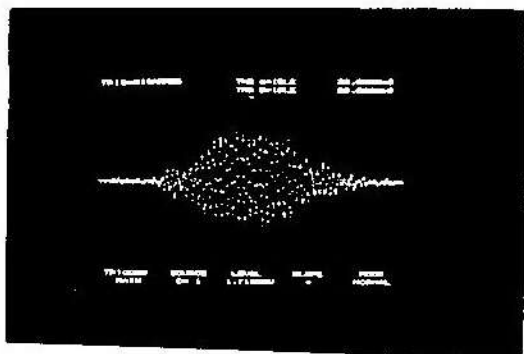
Parametri optičkog modula povezuju kalibracionu konstantu sistema sa dimenzijama merne zapremine, brojem interferencionih linija, njihovom šírinom, talasnom dužinom lasera, šírinom laserskog snopa, rastojanjem između laserskih snopova, uglom pod kojim se sreće u mernoj tački, koeficijentom ekspanzije laserskih snopova i fokusnim rastojanjem predajne optike [3].

Od ovih parametara zavisi, kako merni opseg sistema, tako i kvalitet samih merenja. Konvencionalni LDA sistemi najčešće koriste interferencioni mod, a referentni mod se koristi kod laser-dopler vibrometra (LDV).

Sistem za akviziciju, obradu podataka

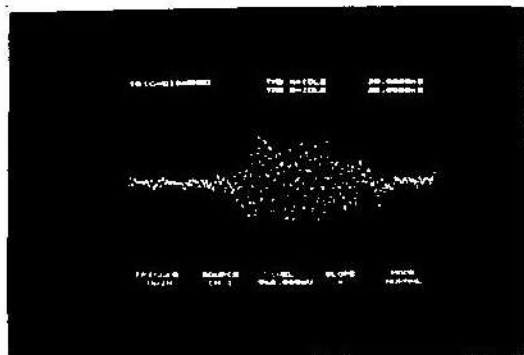
Prvi deo akvizicionog sistema je fotomultiplikatorska cev koja svetlosne signale pretvara u strujne. Njena efi-

kasnost je oko 14% za crvenu svetlost i oko 20% za zelenoplavu svetlost. Maksimalna jačina anodne struje oko 100 μ A, a frekventni domen DC — 120 MHz [3].



Sl. 6 Doplerov signal (burst) od jedne čestice

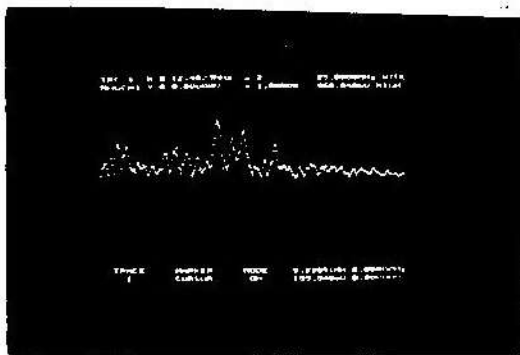
Anodna struja sadrži informaciju o Doplerovoj frekvenciji. Osim nje sadrži i šum. Osnovni izvori šuma su: tamne struje, parazitske refleksije svetlosti, sekundarni elektronski šum i termalni šum prepojačivača u signal-procesoru.



Sl. 7 Doplerov burst formira prolaskom više čestica kroz mernu zapreminu

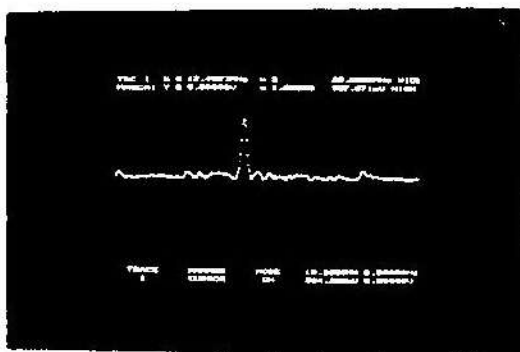
Prisustvo šuma umnogome pogoršava merne karakteristike LDA sistema. Može da bude minimiziran pravilnim izborom propusnog područja (nisko frekventnim i visokofrekventnim filtrom) na ulazu procesora signala.

Veoma važan element za kvalitet signala i performanse signal-procesora je broj centara za rasejavanje svetlosti koji, istovremeno, proleću kroz mernu zapreminu. Idealan slučaj je kada postoji samo jedna čestica, no veoma često se radi, u praksi, sa signalima koji dolaze istovremeno od većeg broja čestica. U takvom slučaju struja detektora je suma strujnih burstova, generisanih od pojedinih čestica u mernoj zapremini.



Sl. 8 Furijev spekter bursta, prikazan na sl. 6.

Pošto su čestice proizvoljno raspoređene u mernoj zapremini, strujni burstovi biće generisani sa slučajnom fazom, tako da će anvelopa i faza Doplerovog efekta fluktuirati. Ova pojava uzrokuje fazni šum koji je veoma teško ukloniti.



Sl. 9 Furijev spekter bursta sa prisutnim šumom, prikazan na slici 7

Na slikama 6 i 7 prikazani su burstovi Doplerovog signala koji potiču od jedne i od više čestica, a na slici 8 i 9 su njihovi Furijevi spektri [6, 7].

Instrumenti za obradu signala moraju da poseduju mehanizam za prepoznavanje i obradu pojedinačnih signala, isto kao i kvazikontinuiranih. Uloga ovih instrumenata kratko može da se definiše kao frekventni demodulatori.

Danas se u svetu, uglavnom, koriste tri sistema za obradu podataka: trejker, kaunter i analizator burstova. Trejkeri se koriste kada postoji kontinuirani signal (kada ima veliki broj signala, odnosno čestica u gasu i vodi, koji rasejavaju svetlost, ili kada se prati kretanje određene tačke na modelima).

Kaunteri su dizajnirani da mere Doplerove signale sa relativno dugim vremenom između pojedinih burstova. U principu, kaunteri su merači vremena, odnosno programirani su da mere vreme između određenih događaja. LDA kaunteri su digitalni instrumenti. Mogu biti podešeni da mere vreme potrebno za osam prolaza kroz nulu (odnosno osam interferencionih linija) ili vreme potrebno za prolaz kroz sve svetle pruge u mernoj zapremini.

Izmereno vreme ili broj prelaza lako mogu da se konvertuju u frekvenciju. Za pravilan rad kauntera potrebno je obezbediti dobar odnos signal/šum. Kaunteri se najčešće koriste za LDA merenja u sredinama gde nema veliki broj centara za rasejavanje svetlosti i gde taj broj ne može da se kontroliše (aerotuneli, turbine, eksplozije, i dr.).

Analizatori bursta ujedinjuju u sebi pozitivne osobine trejkera i kauntera i predstavljaju najsavršeniji instrument LDA sistema. Mogu da rade veoma precizno i pri uslovima lošeg odnosa S/N. Imaju frekventnu širinu do 80 MHz. Za obradu signala koriste Furi-

jeove transformacije, pomoću kojih se izdvaja Doplerova frekvencija. Potpuno su kompjuterizirani [9].

Dalja obrada signala vrši se na računarima, gde se preko bafer interfejsa prebacuju podaci.

U toj fazi uzima se u obzir kalibraciona konstanta LDA sistema i izračunava brzina. Rezultati mogu biti prikazani posebno po komponentama ili u obliku vektorskog dijagrama.

Sistemi za traverziranje

Savremeni LDA sistemi uglavnom poseduju sisteme za automatsko pomeranje merne tačke po trajektoriji koja se unapred programira. Mogu da se postignu veoma velike brzine traverziranja 100 mm/s sa preciznošću pozicioniranja oko 0,1 mm.

U zavisnosti od toga da li se traverzija samo predajna optika ili ceo sistem, brzina varira. Područje traverziranja je različito i može da se kreće do više metara po sve tri ose u prostoru.

Generatori čestica

U laser-dopler anemometriji veoma važno pitanje predstavlja izbor centara za rasejavanje svetlosti, ili kvalitet površine gde se nalazi merna tačka. Ni najbolji LDA sistem ne može da da dobre rezultate ako ne postoje adekvatni centri za rasejavanje svetlosti¹⁾ U LDA tehnici izbor ovih čestica mora da zadovolji dva oprečna zahteva: čestice treba da budu dovoljno male da tačno prate strujanje, a u isto vreme dovolj-

¹⁾ Ako se putem LDA meri brzina strujanja fluida koji imaju bezbojne, homogene čestice (voda ili vazduh), onda se fluidu moraju dodati čestice koje će služiti kao obeleživači i na kojima će se vršiti rasejavanje svetlosti.

no velike da rasejavaju potrebnu količinu svetlosti za pravilan rad fotodetektora [1, 3, 4, 5, 8].

Dimenzije čestica treba da budu uporedive sa talasnom dužinom svetlosti. Ako je taj uslov ispunjen, za njih važi Lorenz-Mieova teorija rasejavanja i može unapred tačno da se predvidi intenzitet i polarizacija rasejane svetlosti u svim pravcima.

U najvećem broju slučajeva nije dovoljna prirodna koncentracija stranih čestica u fluidima (prljavštine), pa je zbog toga potrebno kontrolirano doziranje čestica u mernoj zapremini. Postoje specijalni generatori čestica koji mogu da proizvode aerosole i čvrste čestice. Od aerosola najčešće se koriste: voda, dioptilpropilen DOP, silikonsko ulje, latex i različite boje, teflon, freon, suspenzije, i dr. Kao čvrste čestice u upotrebi su prahovi od: TiO_2 , MgO , Al , Al_2O_3 , dim silikonskog ulja, duvanski dim, polystyrene latex, mleko u prahu, plastične boje, i drugo. Njihove dimenzije se kreću od 0,1 do 50 μm . Poželjno je da njihova forma bude sferna. Čestice treba da se ubacuju u fluid dovoljno daleko da ne remete strujno polje i da dostignu brzinu fluida.

Zaključak

Kratak pregled osnovnih teorijskih principa i mogućnosti primene savremenih LDA sistema pokazuju prednosti koje poseduje ova metoda u odnosu na klasične metode merenja brzine strujanja.

LDA ima etalonsku tačnost i može da služi kao kalibraciona metoda za različite sisteme [5, 6, 7].

LDA je metoda koja uspešno pokriva veoma široki interval brzina. Osim za merenje brzina, uz male modifikacije, metoda može da se koristi za merenje koncentracije čestica u fluidu ili za određivanje njihovih dimenzija. Laser-dopler vibrometar predstavlja merač vibracija koji je, u stvari, baziran na LDA.

Metoda je beskontaktna, tako da ne narušava strujna polja u mernoj tački. Posebno je primenjiva za merenje složenih i nedostupnih strujnih polja [4, 10, 11].

Primena LDA metode svakim danom je sve veća, a u isto vreme se radi i na poboljšanju performansi LDA sistema.

Literatura:

- [1] Watrazievicz B. M., Rudd J. J.: »Laser Dopler Measurements«, London, 1976.
- [2] Yang W. J.: »Flow Visualization III«, Ann Arbor, Michigan, 1983.
- [3] LDA katalog firme DANTEC.
- [4] Hunter W. W., Jerome Jr., Foughner Jr.: »Flow Visualization and Laser Velocimetry for Wind Tunnels«, Nasa Conference Publication 2243, 1982.
- [5] Ristić S., Vitić A., Grozdanovski D.: »Baždanjenje aerodinamičnog tunela pomoću 1D LDA sistema«, NTP vol. 39, 5/1989.
- [6] Ristić S., Vitić A., Grozdanovski D.: »Ispitivanje strujnog polja oko konusa pomoću LDA i Širen metode«, NTP, vol 39, 10/1989.
- [7] Ristić S., Vitić A., Grozdanovski D.: »Ispitivanje strujnog polja oko kugle pomoću LDA i Širen metode«, NTP, vol. 40, 5/1990.
- [8] Larsen P. S., Buchave P.: »Flow Measurement, What and How«, Dantec Information, 10. 2 jan 1985.
- [9] L. Lading: »Spectrum Analysis of LDA Signals«, Dantec Information, No 05 sept. 1987.
- [10] Chriss R. M., And All: »Étude par velocimétrie Doppler-laser de l'interaction onde de choc normale/couche limitée«, La Rech. Aeros, 1990, No 2. p. 1-15.
- [11] Jones G. S., And All: »The Development of a 3-D Laser Velocimeter for the Nassa Langley Low Turbulence Pressure Wind Tunnel AIAA — 90 — 1385«.

Primena principa temperaturno-vremenske analogije u reološkoj karakterizaciji raketnih goriva

Uvod

Čvrsta goriva za raketni pogon, pored fizičko-hemijskih i balističkih karakteristika, moraju da poseduju i odgovarajuće reološke*) (mehaničke) karakteristike, koje presudno utiču na pouzdanost raketnih motora.

Od trenutka proizvodnje, pa do eksploatacije (aktiviranja), raketni motor je izložen dejstvu mnogobrojnih opterećenja koja prouzrokuju različita naprezanja u pogonskom punjenju, utiču na promene reoloških karakteristika raketnih goriva, što ima za posledicu smanjenje pouzdanosti sistema u celini.

Naravno, pogonsko punjenje mora izdržati sva ova naprezanja bez oštećenja, ili narušavanja strukturnog integriteta. U protivnom, pri aktiviranju i letu rakete može doći do eksplozije raketnog motora usled narušenog režima sagorevanja i porasta pritiska u komori iznad dozvoljene vrednosti.

U inženjerskoj praksi, za utvrđivanje strukturnog integriteta, pouzdanosti i veka upotrebljivosti raketnih mo-

tora sa čvrstim gorivom, uobičajen je pojam strukturna analiza.

Cilj strukturne analize je da se, na osnovu geometrije pogonskog punjenja, uslova okoline i opterećenja, izvrši proračun naponskog stanja raketnog motora i, uz korišćenje odgovarajućeg kriterijuma čvrstoće, predvidi njegovo ponašanje u različitim uslovima skladištenja i eksploatacije.

Po svom sastavu raketna goriva spadaju u grupu polimernih materijala, pa njihova fizičko-mehanička svojstva u osnovi imaju viskoelastični karakter.

Razlika između viskoelastičnih i elastičnih materijala jeste u relaciji između naprezanja i deformacije. Dok se elastična analiza zasniva na postojanju konstanti proporcionalnosti (Youngov modul elastičnosti) između naprezanja i deformacije, kod viskoelastičnih materijala ova relacija je daleko složenija, jer mora, istovremeno, uzeti u obzir faktore vreme, temperaturu i brzinu deformacije, koji izrazito utiču na njihova reološka svojstva [1—3].

Na osnovu nekih literaturnih izvora iz problematike reološke karakterizacije, kao i na osnovu rezultata sopstvenih istraživanja [1—5], može se zaključiti da je za eksplicitno izražavanje uticaja vremena, temperature i brzine deformacije na reološka svojstva

*) Samo ime reologija doslovce označava nauku o tečenju. Međutim, danas pojam reologija obuhvata i gotovo sve aspekte deformacije polimernih materijala pod dejstvom bilo kakvih sila.

raketnih goriva nemoguće postaviti odgovarajući matematički model, koji bi davao zadovoljavajuće rezultate za praktičnu upotrebu. Razlog tome jeste u nemogućnosti postavljanja pouzdane teorijske osnove za razvoj takvih modela, što je posledica složene strukture raketnih goriva na mikroskopskom nivou i njihovog kompleksnog ponašanja na makroskopskom nivou.

U tu svrhu još uvek je nezamenljiv princip temperaturno-vremenske analogije (TVA) koji se zasniva na ekvivalentnosti između temperature i vremena. Po ovom principu, na ponašanje materijala smanjenje temperature ima isti efekat kao i skraćivanje vremena, odnosno povećanje brzine deformacije, i obratno. Na taj način, princip omogućava da se na osnovu kratkovremenih laboratorijskih eksperimenata vrši prognoziranje vrednosti reoloških parametara za različite temperature i vremena, odnosno brzine deformacije.

U radu su, na osnovu rezultata ispitivanja temperaturno-vremenske zavisnosti relaksacije naprezanja i testova jednoosnog zatezanja za različite temperature i brzine deformacije, primenom principa TVA, dobijene kompleksne krive relaksacionog modula, modula elastičnosti, maksimalnog naprezanja i maksimalne deformacije za kompozitno raketno gorivo na bazi poliuretana (PU).

Osnove principa temperaturno-vremenske analogije (TVA)

Interesantno je da je princip TVA empirijski definisan pre nego što su utvrđene njegove teoretske osnove, koje leže u Rouseovoj teoriji molekulskih relaksacionih procesa [6]. U zoni prelaza iz staklastog u viskoelastično stanje, gde su odgovarajuća viskoelastična svojstva posledica koordiniranog kretanja strukturnih jedinica koje je definisano jednim prosečnim koeficijentom trenja ξ_0 , Rouse je dao izraz za

predviđanje distribucije relaksacionog spektra:

$$H = \frac{\rho R T}{M} \sum_{i=1}^n \tau_i \delta(\tau - \tau_i) \quad (1)$$

$$\tau_i = a^2 z^2 \xi_0 / 6\pi^2 i^2 k T \quad (2)$$

gde je:

- ρ — gustoća,
- M — molekulska masa,
- δ — Dirakovo delta,
- a — karakteristična dimenzija,
- z — stepen polimerizacije,
- k — Boltzmanova konstanta.

Na osnovu izraza (1) i (2) vidi se da temperatura utiče preko nekoliko faktora. Izraz (1) sadrži faktor temperaturu, ali će se i gustoća, u izvesnoj meri, sa povećanjem temperature, smanjivati zbog termičke dilatacije. U izrazu (2), takođe, postoji faktor T , ali se i karakteristična dimenzija može malo menjati, naročito ako postoje jake prepreke slobodnoj rotaciji u polimernom lancu. Međutim, efekat temperature najizraženiji je kod koeficijenta trenja, koji se jako smanjuje sa temperaturom. Ova tri efekta mogu se objediniti u faktor a_T , koji je jednak odnosu između vremena relaksacije τ_i na temperaturi T i nekoj referentnoj temperaturi T_0 :

$$\frac{(\tau_i)_T}{(\tau_i)_{T_0}} = a_T = \frac{(a^2 \xi_0)_T \cdot T_0}{(a^2 \xi_0)_{T_0} \cdot T} \quad (3)$$

Budući da je ovaj odnos isti za sve τ_i , efekat povećanja temperature T_0 do T na logaritamsku zavisnost spektra H ispoljava se u vertikalnom pomaku krive za $\log \rho T / \rho_0 T_0$ i horizontalnom pomaku za $\log a_T$, dok će oblik krive ostati isti (sl. 1).

U primeni ovih pomaka na eksperimentalne krive podrazumeva se da je svaka distribucija na spektru proporcionalna iznosu $\rho R T$, a da je svako relaksaciono vreme proporcionalno iznosu $a^2 \xi_0 / T$, bez obzira na to što drugi elementi Rouseove teorije mogu biti predmet modifikacije zbog faktora dis-

tribucije molekulskih masa, hidrodinamske interakcije i drugih uticaja [1].

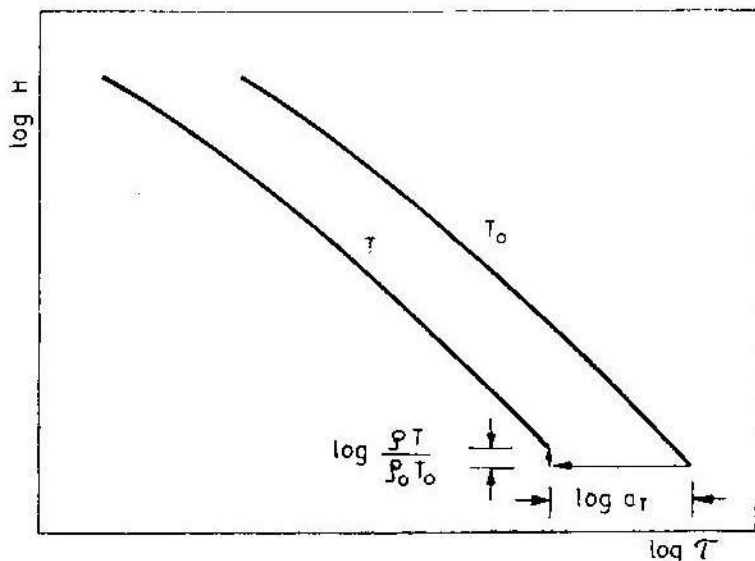
Na taj način, eksperimentalna kriva, dobijena na temperaturi T , može se »redukovati« na poziciju koju bi imala na temperaturi T_0 prikazivanjem zavisnosti $H_p = HT_0 \rho_0 / T_p$ u funkciji τ/a_T , pod uslovom da su koeficijent termičkog širenja $\alpha = -(1/\rho)(\partial\rho/\partial T)$ i faktor a_T poznati. Ako se rezultati eksperimentalnih merenja na nekoliko različitih temperatura redukuju na T_0 za odgovarajuću vrednost a_T , trebalo bi da se dobije jedna zajednička, kompleksna kriva, koja predstavlja relaksacioni spektar H na temperaturi T_0 .

na, poznat kao WLF izraz, koji se i danas široko primenjuje u praksi [8]:

$$\log a_T = \frac{-C_1(T-T_0)}{C_2+T-T_0} \quad (4)$$

Na osnovu mnogih literaturnih podataka o eksperimentalnim merenjima viskoziteta, autori WLF izraza utvrdili su da za mnoge linearne amorfne polimere, nezavisno od hemijske strukture, konstante C_1 i C_2 imaju univerzalne vrednosti:

$$\log \left(\frac{n}{n_g} \right) = \frac{-17,44 (T-T_g)}{51,6+T-T_g} \quad (5)$$

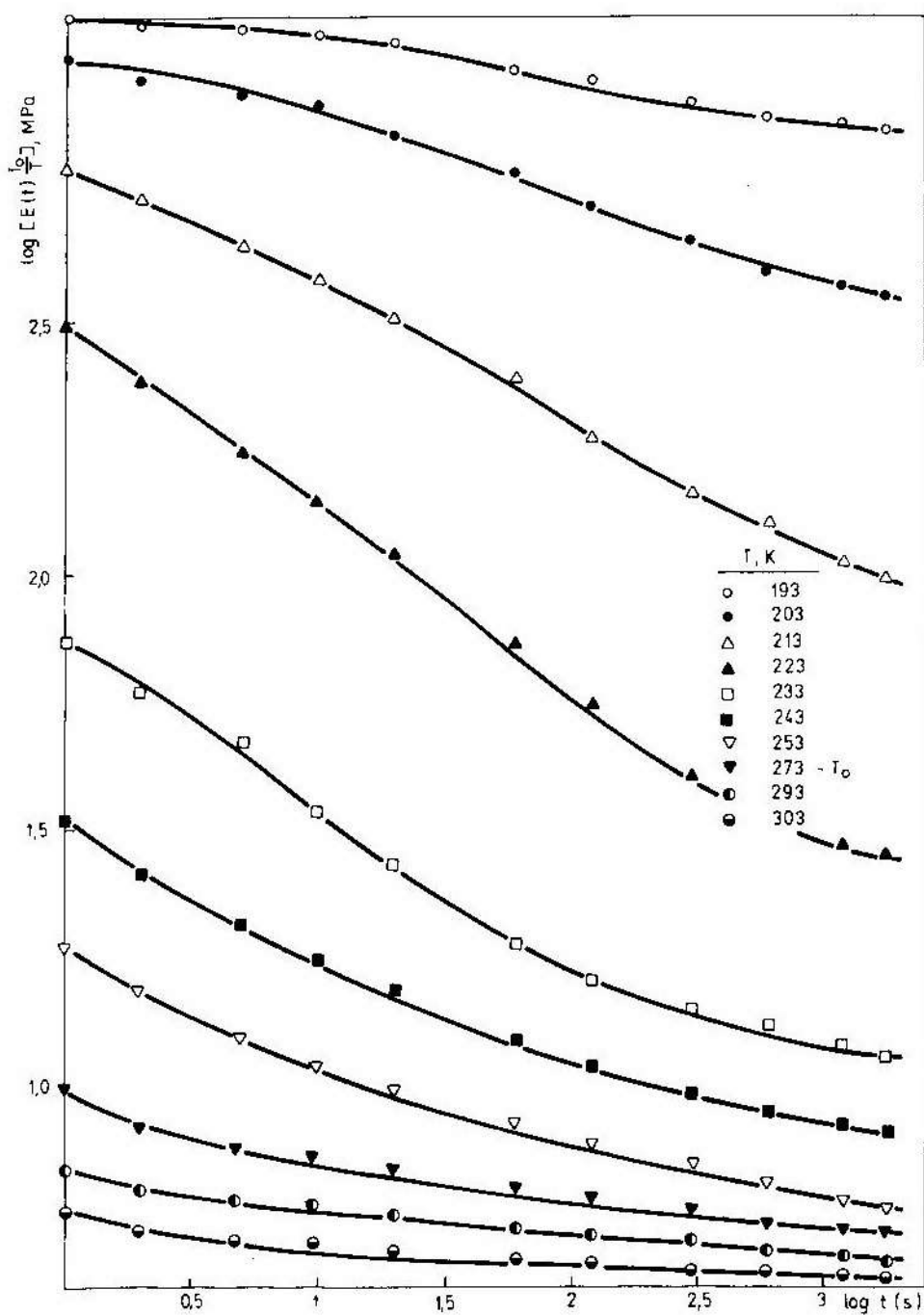


Sl. 1 Efekat povećanja temperature od T_0 do T na relaksacioni spektar

U daljem razvoju principa TVA bilo je pokušaja da se eksplicitno izrazi zavisnost $\log a_T$ od temperature. U početku se mislilo da je zavisnost $\log a_T \rightarrow f(1/T)$ linearna [7] (po analogiji sa temperaturnom zavisnošću brzina reakcije), što je, međutim, demantovano mnogobrojnim eksperimentalnim rezultatima. Godine 1953. Williams, Landell i Ferry za ovu zavisnost dali su analitički izraz, zasnovan na teoriji slobodnog volume-

Autori su, takođe, utvrdili da njihov izraz vredi u intervalu temperatura između T_g i $T_g + 100^\circ\text{K}$. U tom smislu predložili su da se, umesto T_g u izrazu 4, koristi neka referentna temperatura T_0 , koja je približno 50°K iznad T_g . U tom slučaju, konstante poprimaju nove vrednosti:

$$\log a_T = \frac{-8,86 (T-T_0)}{101,6+T-T_0} \quad (6)$$



Sl. 2 Rezultati merenja relaksacionog modula PU goriva

Značaj WLF jednačine jeste u nje-
noj generalnosti. Ona je, sve do danas,
ostala osnova mnogih teorijskih i prak-
tičnih istraživanja iz područja polime-
ra i reologije.

Ekperimentalni rad i diskusija

Merenje relaksacije naprezanja i
testovi jednoosnog zatezanja ispitivanog
kompozitnog goriva na bazi poliureta-
na realizovani su na uređaju za ispi-
tivanje materijala »MTS — 810«.

Za razliku od klasičnih kidalica,
koje omogućavaju brzine deformisanja
do 1 m/min, uređaj »MTS — 810« mo-
že postići konstantnu brzinu deformi-
sanja od 120 m/min. Snabdeven je tem-
peraturnom komorom za rad u tempe-
raturnom intervalu od -130 do 300°C.

Rezultati merenja relaksacionog modula

Relaksaciona merenja realizovana
su na uzorcima PU goriva u obliku
»JANNAF« epruveta [5] u tempera-
turnom intervalu od 193 do 313°K u
trajanju od 30 min. Vreme temperira-
nja uzoraka na radnu temperaturu iz-
nosilo je 2 sata.

Ekperimenti su izvođeni tako što
je epruveta deformisana na početnu
deformaciju, ϵ_0 , a zatim je na ploteru
beležena promena naprezanja sa vre-
menom.

Proračun relaksacionog modula vr-
šen je prema Farrisovoj jednačini [9]:

$$E(t) = \frac{\sigma(t_0) (1 + \epsilon_0)}{\epsilon_0} \quad \text{za } t_0 > \epsilon_0/\dot{\epsilon} \quad (7)$$

gde je:

$E(t)$ — relaksacioni modul u funkciji
vremena,

t_0 — vreme od početka opterećiva-
nja uzorka,

$\sigma(t_0)$ — izmereno relaksaciono napre-
zanje,

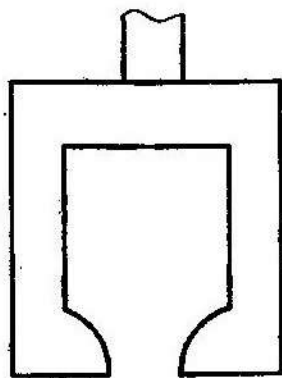
ϵ_0 — početna deformacija,
 $\dot{\epsilon}$ — brzina postizanja početne de-
formacije,
 t — relaksaciono vreme koje je je-
dnako:

$$t = t_0 - \epsilon_0/2\dot{\epsilon} \quad (8)$$

Postizanje početne deformacije vr-
šeno je konstantnom brzinom deforma-
cije od 2%/s. Ekperimenti su izvođeni
sa po pet ponavljanja pri istim uslovi-
ma. Koeficijent varijacije nije prelazio
12%. Rezultati merenja relaksacionog
modula PU goriva grafički su prikazani
na slici 2.

Rezultati ispitivanja jednoosnim zatezanjem

Ispitni uzorci raketnih goriva u ob-
liku »JANNAF« epruveta ispitivani su
jednoosnim zatezanjem. Na osnovu li-
teraturnih podataka [3] za ova ispi-
tivanja specijalno su izrađene »JANNAF«
hvataljke za ovaj tip epruveta (sl. 3).



Sl. 3 »JANNAF« hvataljke

Prednost »JANNAF« hvataljki nad
hidrauličkim ili klasičnim hvataljkama
je u jednostavnosti postavljanja epru-
veta, kao i eliminaciji negativnih efe-
kata, kao što su proklizavanje, nepode-
šenost uzorka sa osom deformisanja,
uticaj sile stezanja, i dr. Kao rezultat

Tabela 1

Rezultati jednoosnog zatezanja kompozitnog goriva tipa PU

Temperat. [°K]	Mereni parametri	Brzina deformacije, [mm/mm/min]							
		0,1		1		10		100	
		$\bar{X}$	V, [%]	$\bar{X}$	V, [%]	$\bar{X}$	V, [%]	$\bar{X}$	V, [%]
193	$\alpha\sigma_m$, [MPa]	15,2	6,9	15,4	12,3	17,9	21,6	16,0	22,2
	ϵ_m , [%]	1,27	4,3	1,54	22,8	1,30	17,5	1,23	16,2
	E, [MPa]	1337	10,2	1405	7,7	1439	9,5	1450	15,9
203	$\alpha\sigma_m$, [MPa]	18,7	9,8	20,0	1,4	21,0	7,5	17,0	9,3
	ϵ_m , [%]	2,18	16,5	2,01	3,3	2,23	8,8	1,42	11,2
	E, [MPa]	1181	8,5	1281	8,3	1420	6,1	1430	7,9
213	$\alpha\sigma_m$, [MPa]	9,49	4,4	10,6	2,3	13,6	4,1	16,2	12,4
	ϵ_m , [%]	8,10	13,3	6,10	5,3	3,22	4,9	2,03	16,9
	E, [MPa]	304	10,2	462	7,9	781	4,4	1179	7,3
223	$\alpha\sigma_m$, [MPa]	7,17	2,3	8,22	1,9	9,66	2,8	10,3	8,4
	ϵ_m , [%]	25,2	11,9	17,0	5,8	9,22	2,6	3,25	10,5
	E, [MPa]	101	6,6	203	0,3	359	3,9	500	6,6
233	$\alpha\sigma_m$, [MPa]	4,48	2,2	6,43	2,4	6,65	3,9	9,04	5,2
	ϵ_m , [%]	35,2	11,7	40,0	6,1	12,5	5,1	7,30	6,5
	E, [MPa]	43,8	6,5	74,4	8,8	159	3,6	310	4,8
243	$\alpha\sigma_m$, [MPa]	3,10	3,1	3,82	3,6	5,46	1,7	32,1	1,5
	ϵ_m , [%]	40,6	6,2	41,5	9,7	37,5	5,2	7,73	0,4
	E, [MPa]	19,3	4,9	26,4	7,9	57,8	7,6	150	7,1
253	$\alpha\sigma_m$, [MPa]	2,21	0,8	2,72	3,7	3,91	3,1	5,55	0,9
	ϵ_m , [%]	40,9	5,1	43,4	4,1	50,3	5,5	47,3	3,7
	E, [MPa]	11,5	3,2	17,1	3,3	27,5	8,2	40,3	3,1
273	$\alpha\sigma_m$, [MPa]	1,66	2,9	2,10	1,3	2,56	1,1	3,21	3,2
	ϵ_m , [%]	35,2	2,3	42,9	5,7	48,8	5,5	55,1	10,6
	E, [MPa]	7,97	4,3	9,60	2,9	12,5	2,9	16,4	0,5
293	$\alpha\sigma_m$, [MPa]	1,30	2,9	1,50	3,3	1,85	4,9	2,22	0,4
	ϵ_m , [%]	28,6	2,2	34,8	5,7	40,1	7,0	49,4	3,6
	E, [MPa]	6,79	4,3	7,60	0,8	9,30	2,0	10,5	1,1
313	$\alpha\sigma_m$, [MPa]	0,93	7,8	1,09	3,2	1,39	3,2	1,93	1,3
	ϵ_m , [%]	19,6	2,9	24,8	5,8	30,7	4,1	43,1	1,8
	E, [MPa]	6,35	6,0	6,95	1,1	8,02	1,8	9,40	0,9

ispitivanja na zatezanje dobija se zavisnost naprezanja σ od deformacije ε , na osnovu koje se određuju ostali parametri, kao što su: tangenti modul elastičnosti E , maksimalna deformacija ε_m , maksimalno naprezanje σ_m , prekida deformacija ε_{pr} , tačka popuštanja, i drugo.

Ispitivanje epruveta na zatezanje izvođeno je u temperaturnom intervalu od 193 do 313°K sa brzinama deformacije 0,01; 0,1; 1; 10; 100 i 1800 mm/mm/min, što odgovara brzini istezanja 0,7; 7; 70; 700; 7000 i 126000 mm/min.

Pre testiranja ispitni uzorci su temperirani na radnu temperaturu u trajanju od dva sata.

Potrebno je istaći da se maksimalna brzina deformisanja, sa kojom je rađeno, nalazi u granicama realnih brzina deformisanja koje se ostvaruju prilikom pripaljivanja raketnog motora, a koje se, prema nekim podacima [10], kreću u granicama od 1 do 6 m/s.

Eksperimenti su izvođeni sa po pet ponavljanja pri istim uslovima. Svi rezultati sadržani su u tabeli 1.

Određivanje faktora pomaka

Korišćenje principa TVA u praktične svrhe zahteva određivanje faktora pomaka (faktor temperaturno-vremenske redukcije), $\log a_T$, i konstrukciju odgovarajuće kompleksne krive.

Faktor pomaka može se odrediti na osnovu promene različitih reoloških parametara sa temperaturom i vremenom, odnosno brzinom deformacije, kao što su viskozitet, relaksacioni modul, podatljivost, modul elastičnosti, maksimalno naprezanje, maksimalna deformacija, zatim zavisnosti dinamičkog modula elastičnosti od frekvence, itd. Sa teorijskog stanovišta vrednosti faktora pomaka ne bi trebalo da zavise od načina određivanja.

U radu su faktori pomaka određivani na osnovu sledećih zavisnosti:

1. relaksacionog modula, $E(t)$, od temperature i vremena,
2. modula elastičnosti, E , od temperature i brzine deformacije,
3. maksimalnog naprezanja, σ_m , od temperature i brzine deformacije,
4. maksimalne deformacije, ε_m , od temperature i brzine deformacije.

U skladu sa WLF jednačinom, u radu je, kao referentna usvojena temperatura za 50°K iznad temperature staklastog prelaza.

Pri izboru uslova ispitivanja vodećno je računa da se izabere dovoljno mali interval između različitih temperatura koji obezbeđuje preklapanje eksperimentalnih krivih, tako da je moguće praktično merenje horizontalnih rastojanja među njima, tj. određivanje vrednosti faktora pomaka.

Radi određivanja faktora pomaka, izvršena je odgovarajuća obrada i grafičko predstavljanje eksperimentalnih rezultata u polulogaritamskim koordinatama, analogno relaksacionom modulu (sl. 2).

Modul elastičnosti, maksimalno naprezanje, maksimalna deformacija i relaksacioni modul množeni su faktorom T_0/T , u skladu sa kinetičkom teorijom gumolike elastičnosti [1]. Maksimalno naprezanje množeno je i sa faktorom $\alpha = 1 + \varepsilon_m$, kojim se uzima u obzir promena poprečnog preseka za vreme istezanja uzorka [9].

Kao referentne uzete su temperature za 50°K iznad temperature staklastog prelaza, u skladu sa WLF izrazom.

Faktori pomaka određivani su kao srednje rastojanje između određene krive na nekoj temperaturi T , i referentne krive na temperaturi T_0 . Predznak je utvrđen na osnovu položaja u odnosu na referentnu krivu.

Iznosi faktora pomaka za ispitivana raketna goriva, mereni na osnovu temperaturno-vremenske zavisnosti različitih reoloških parametara, sadržani su u tabeli 2.

Faktori pomaka PU goriva ($T_0=273$ K, $T_g=223$ K)

Temp. [°K]	Parametri na osnovu kojih su određivani $\log a_T$							
	E		σ_m		ϵ_m		E (t)	
	$\Delta \log a_T$	$\log a_T$	$\Delta \log a_T$	$\log a_T$	$\Delta \log a_T$	$\log a_T$	$\Delta \log a_T$	$\log a_T$
193	2,68	14,00	2,02	13,62	2,60	12,76	2,08	11,06
203	3,16	11,32	3,06	11,60	2,32	10,16	2,10	8,98
213	1,82	8,16	2,32	8,54	1,76	7,84	1,70	6,88
223	1,32	6,34	2,10	6,22	0,90	6,08	1,86	5,18
233	1,28	5,02	1,32	4,12	1,88	5,18	1,06	3,32
243	1,60	3,74	1,22	2,80	2,70	3,30	0,98	2,26
253	2,14	2,14	1,58	1,58	0,60	0,60	1,28	1 28
273	0	0	0	0	0	0	0	0
293	-1,86	-1,86	-1,82	-1,82			-1,22	-1,22
313	-1,94	-3,80	-1,52	-3,34			-1,68	-2,90

Zavisnosti faktora pomaka od temperature ispitivanog goriva, dobijene na osnovu gornjih parametara, zbirno na prikazane na slici 4.

Tabela 3

Vrednosti empirijskih konstanti u WLF izrazu za različite načine određivanja

Regresionom analizom zavisnosti:

$$\log a_T = -C_1 - C_2 \frac{\log a_T}{\Delta T} \quad (9)$$

koji se dobija preuređenjem WLF izraza, određene su srednje i pojedinačne vrednosti empirijskih konstanti C_1 i C_2 za svaki način određivanja faktora pomaka (tabela 2).

Na slici 4 prikazane su i odgovarajuće teorijske zavisnosti faktora pomaka od temperature izračunate na osnovu srednjih vrednosti konstanti C_1 i C_2 .

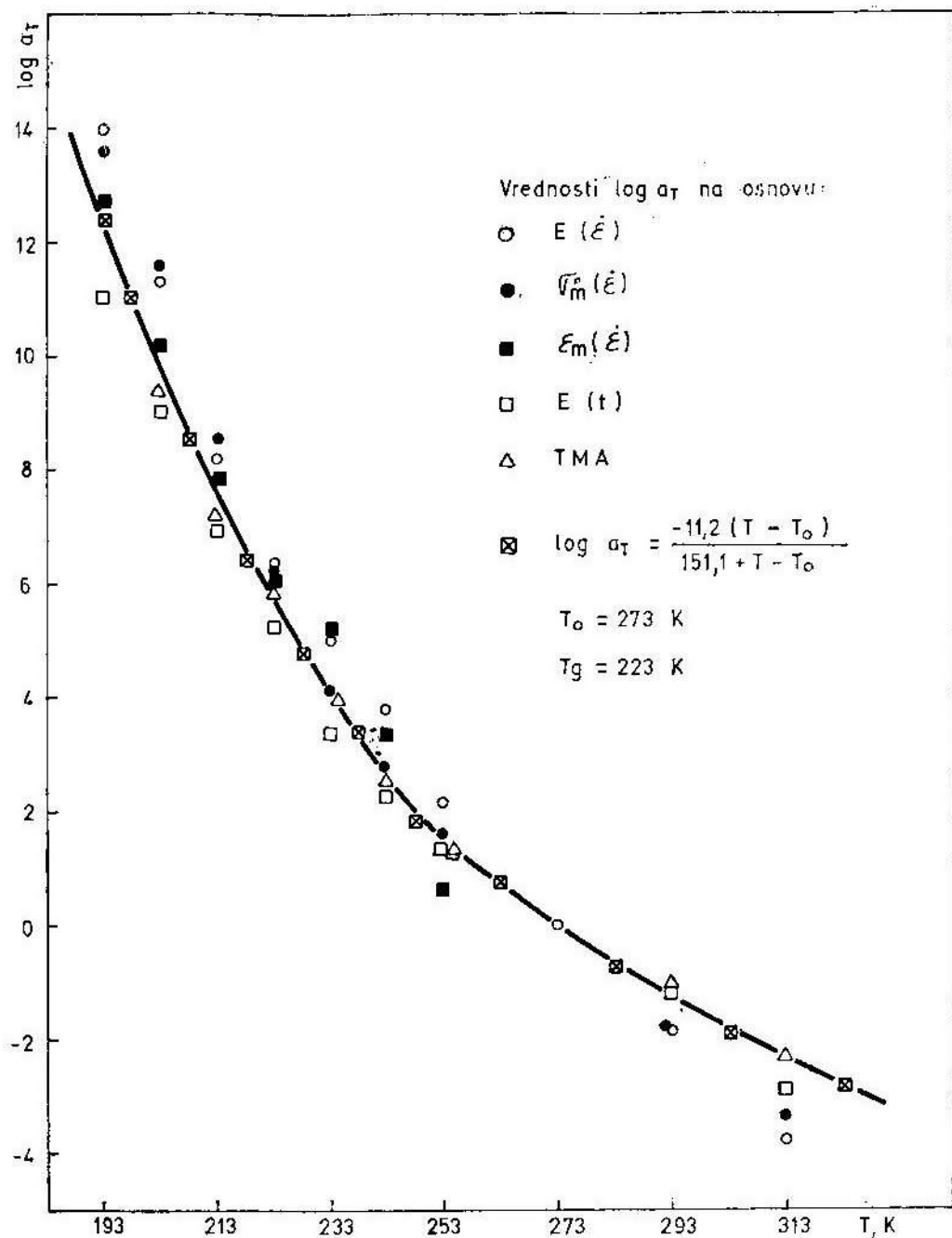
Očigledno je da su odstupanja u granicama eksperimentalne greške, pa se može zaključiti da iznosi faktora pomaka ne bi trebalo da zavise od načina određivanja.

Međutim, postoji jedan izuzetak. Naime, zavisnost maksimalne deformacije od temperature i brzine deformacije nije u celom području u skladu sa principom TVA, po kojem bi povećanje brzine deformacije (skraćanje vremena) trebalo imati isti efekat, kao i smanje-

Zavisnost	C_1	C_2	$\bar{C}_1$	$\bar{C}_2$
E (t)	10,28	151,5	11,20	151,1
E (ε)	20,8	202,8		
σ_m (ε)	13,21	154,4		

nje temperature. Radi ilustracije na slici 5 dat je grafički prikaz zavisnosti maksimalne deformacije od brzine deformacije pri različitim temperaturama za poliuretansko gorivo. Vidi se da pri višim temperaturama i manjim brzinama deformacije, povećanje brzine deformacije ima suprotan efekat smanjenja temperature, pa u ovom području princip TVA ne važi i ne mogu se odrediti iznosi faktora pomaka.

Za niže temperature i veće brzine deformacije princip važi, pa su faktori pomaka određeni samo za ovo područje.

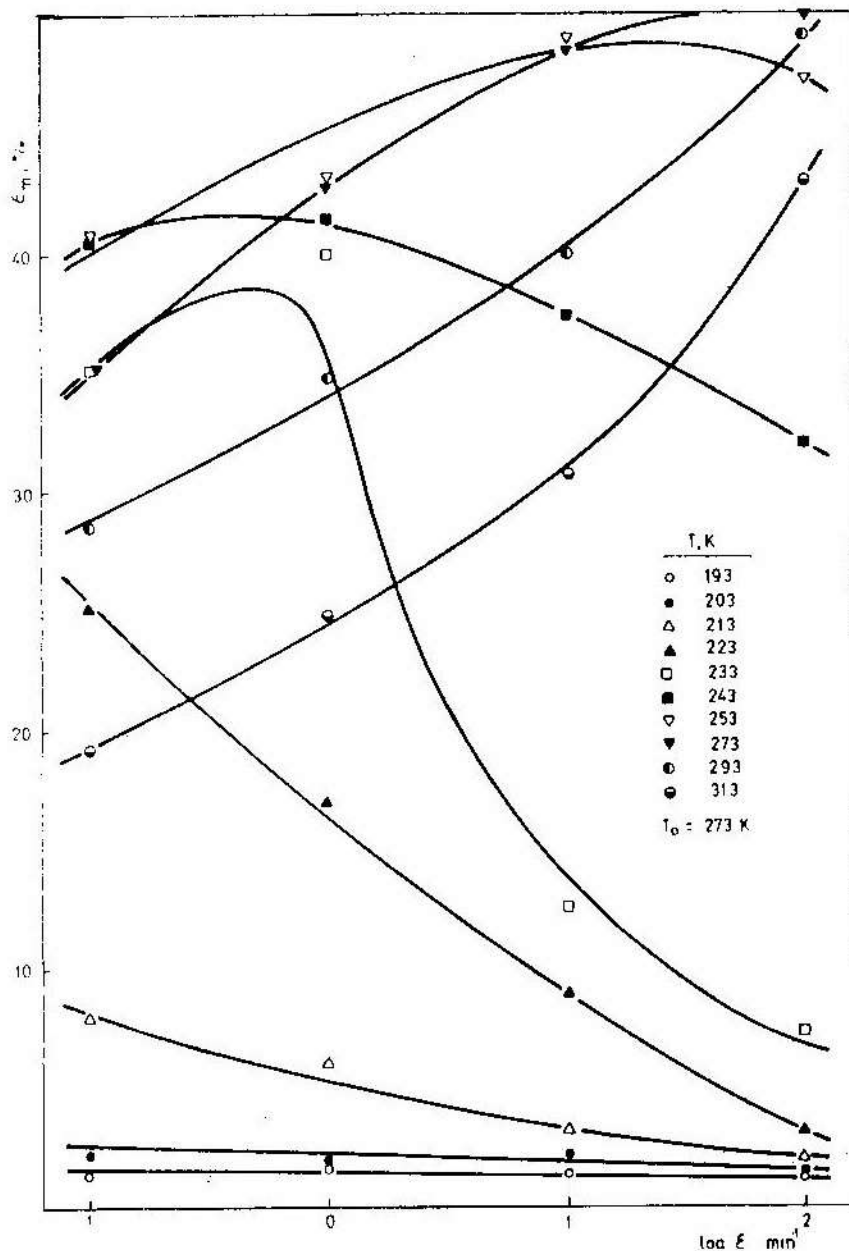


Sl. 4 Zavisnost faktora pomaka PU goriva od temperature za različite načine određivanja

Pored toga, treba naglasiti da je rasturanje rezultata maksimalne deformacije dosta veće od ostalih parametara, pa je i sa tog aspekta nepouzđano određivanje faktora pomaka na ovaj način.

Konstrukcija kompleksnih krivih

Horizontalnim pomakom eksperimentalnih krivih zavisnosti ispitivanih reoloških parametara od vremena, od-



Sl. 5 Zavisnost maksimalne deformacije PU goriva od brzine deformacije za različite temperature

nosno brzine deformacije, prema referentnoj krivoj za određene vrednosti faktora pomaka, konstruisane su odgovarajuće kompleksne krive za ispitivano raketno gorivo koje su, sa svim neophodnim podacima, prikazane na slikama 6 do 9.

Radi provere primenljivosti principa temperaturno-vremenske analogije na uređaju »MTS — 810«, napravljen je veći broj kontrolnih eksperimenata.

Kontrolna ispitivanja relaksacionog modula realizovana su na po dve temperature u trajanju od 10 sati. Rezultati merenja ucrtani su na odgovarajućem mestu na kompleksnoj krivoj relaksacionog modula ovih goriva (sl. 6).

Kontrolna ispitivanja jednoosnim zatezanjem provedena su na nekoliko temperatura, pri brzini deformacije od 0,01 mm/mm/min i maksimalnoj brzini od 1800 min⁻¹ (što odgovara brzini zatezanja od 2 m/s), koju je moguće postići ovim uređajem. Srednje vrednosti rezultata eksperimenata od po pet ponavljanja, pri istim uslovima, ucrtani su na odgovarajućim mestima na kompleksnim krivama (sl. 7 do 9).

Očigledno je da je slaganje rezultata kontrolnih eksperimenata sa kompleksnim krivama odlično za sve ispitivane reološke parametre, sa izuzetkom prekidne deformacije u području manjih brzina deformacije i viših temperatura.

U dostupnoj literaturi [1, 2, 5, 11—13] nije primećeno da je posebno analizirano, pa čak ni isticano, da u jednom području zavisnosti maksimalne deformacije od temperature i brzine deformacije ne vredi princip TVA.

To se može objasniti činjenicom da su u tim eksperimentima korišćene male brzine deformacije, odnosno, primenjene su brzine koje omogućuju klasične kidalice, do 500 mm/min, što je, u poređenju sa mogućnostima sistema »MTS — 810« (2 m/s), manje za 240 puta.

Tako dobijene kompleksne krive pokrivaju samo područje levo od maksimuma kompleksnih krivih koje su dobijene u ovom radu (sl. 7 do 9), odnosno baš ono područje u kojem princip ne vredi. Time se može i objasniti veliko rasturanje rezultata u ovom području. Tako, u predelu maksimuma, pojedini rezultati kontrolnih eksperimenata za ϵ_m odstupaju i do 50% od srednje vrednosti na kompleksnoj krivoj.

Kontrolnim eksperimentima potvrđeno je slaganje samo desno od maksimuma (područje većih brzina i nižih temperatura), kako je to prikazano na slikama 7 do 9.

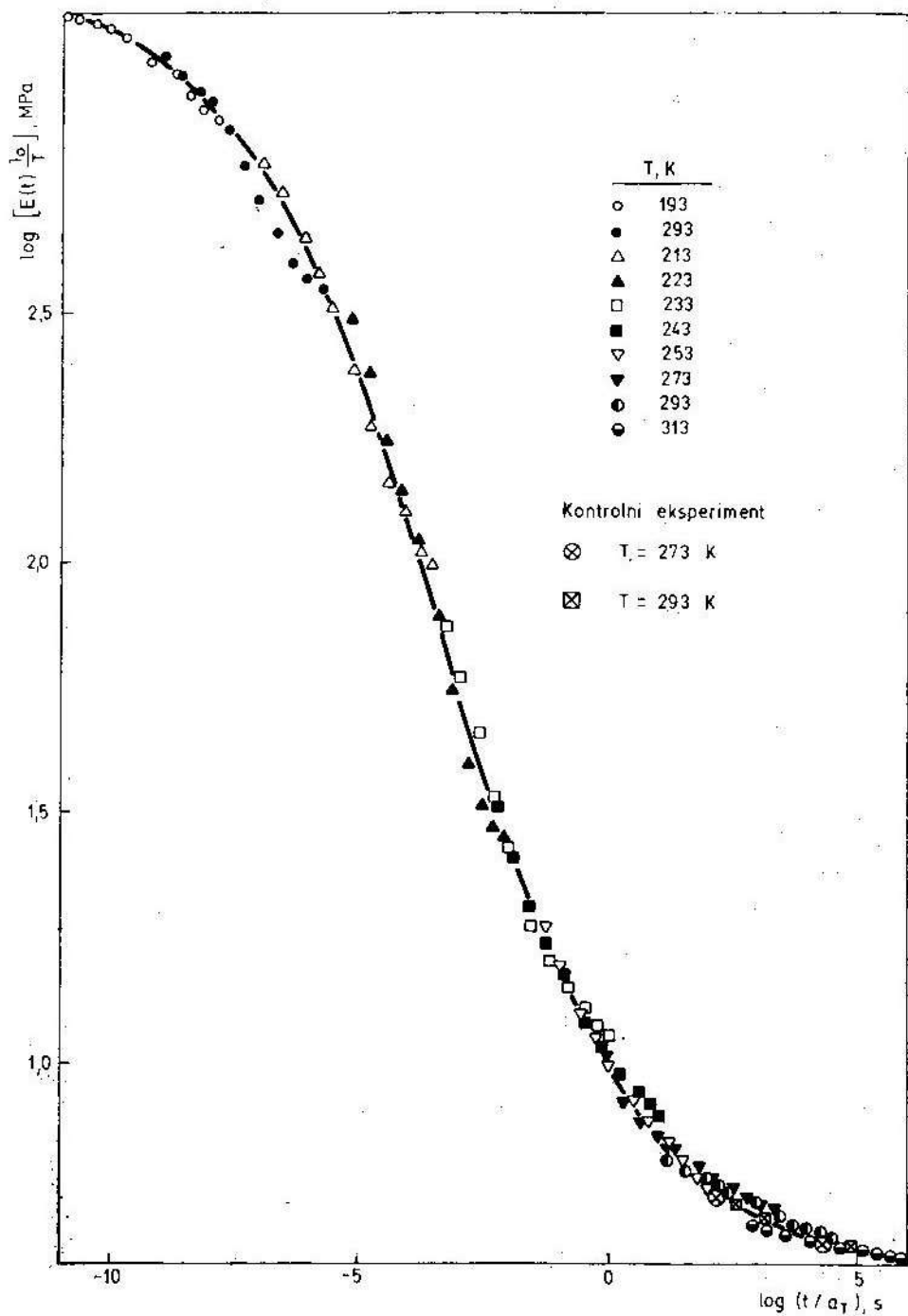
Analizom vremenske baze može se zaključiti koliki je efekat primene principa TVA, odnosno, kolika je mogućnost prognožiranja promene reoloških parametara sa temperaturom i vremenom, odnosno brzinom deformacije.

Na osnovu kompleksnih krivih, prikazanih na slikama 6 do 9, očigledno je da je vremenska baza za nekoliko redova veličina veća od vremena trajanja eksperimenta, odnosno eksperimentalnih brzina deformacija. Tako, na primer, na sobnoj temperaturi, kompleksne krive pokrivaju područje brzina deformacija od približno 10¹⁰ min⁻¹, dok najveća brzina primenjena u eksperimentima, iznosi 10² min⁻¹.

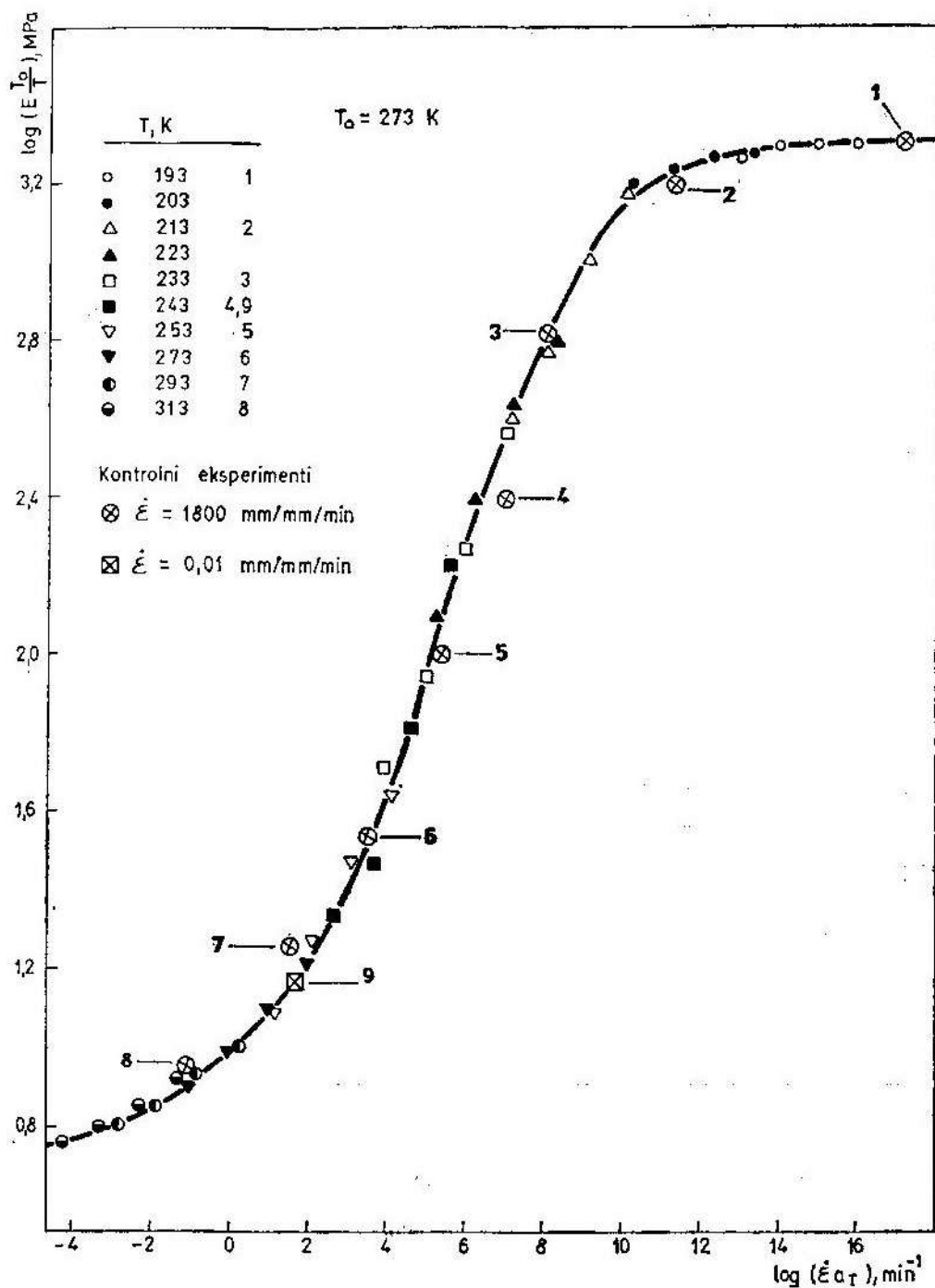
Zaključak

Rezultati istraživanja pokazali su da se, uz određena ograničenja, princip temperaturno-vremenske analogije može uspešno primeniti za prognožiranje reoloških svojstava čvrstih raketnih goriva u širokom intervalu temperatura i vremena, odnosno brzina deformacije.

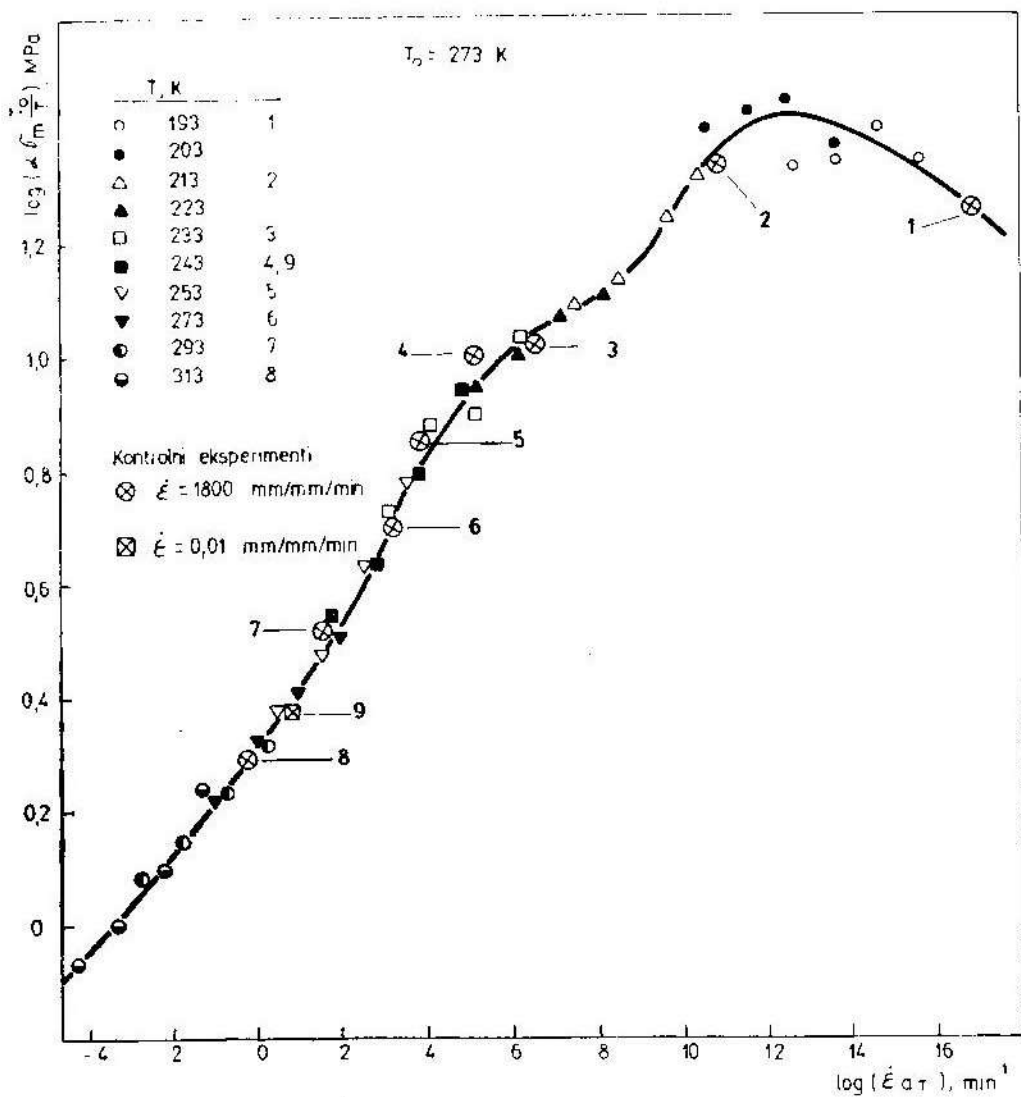
Rezultati merenja faktora pomaka različitim metodama pokazuju da njegova vrednost ne bi trebalo da zavisi od načina određivanja.



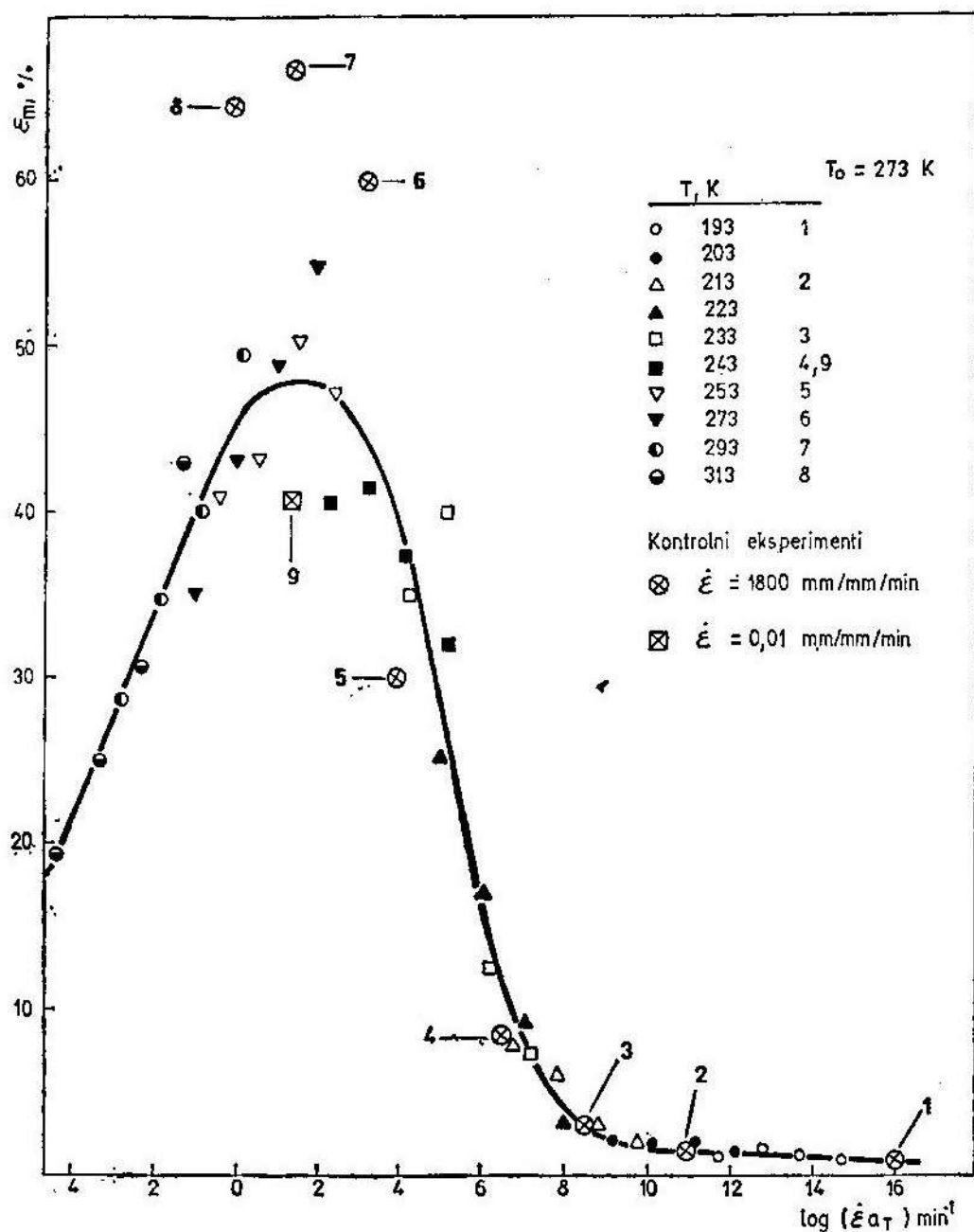
Sl. 6 Kompleksna kriva relaksacionog modula PU goriva



Sl. 7 Kompleksna kriva modula elastičnosti PU goriva



Sl. 8 Kompleksna kriva maksimalnog naprezanja PU goriva



Sl. 9 Kompleksna kriva maksimalne deformacije PU goriva

Literatura:

- [1] Ferry J. D.: »Viscoelastic Properties of Polymers«, J. Wiley and Sons, Inc., New York-London, 1961.
- [2] Nielsen L. E.: »Mechanical Properties of Polymers and Composites«, Marcel Dekker, Inc., New York, 1974.
- [3] Tobolsky A. V.: »Properties and Structure of Polymers«, J. Wiley, New York, 1960.
- [4] Jeremić R.: »Temperaturno-vremenska analogija u reološkoj karakterizaciji raketnih goriva«, doktorska disertacija, VVTS, Zagreb, 1991.
- [5] Fitzgerald J. E., Huferd W. L.: »Handbook for The Engineering Structural Analysis of Solid Propellants«, CPIA pub. 214, 1971.
- [6] Rouse P. E., J. Chem. Phys., vol. 21, 1272 1953.
- [7] Harper R. C., Markovitz H., Wizz T. W., J. Polym. Sci., Vol. 8, 435 1952.
- [8] Williams M. L., Landel R. F., Ferry J. D., J. Am. Chem. Soc., vol. 77, 3701 1955.
- [9] Bills K. W., Bischel K. H.: »Time-Temperature Superposition does not hold for Solid Propellant Stress Relaxations«, CPIA Publication 283, The Johns Hopkins University, Laurel, 1977.
- [10] Barrere M., Haug N. C., Williams F. A.: »Fundamental Aspects of Solid Propellant Rockets«, The Advisory Group for Aerospace Research and Development, NATO, 1966.
- [11] Svob G. J., Mc Conel J. D.: »Structural Integrity of Solid Propellant Grains«, (simp. 82, Svedska).
- [12] Williams M. L., Blatz P. J., Shapery R. A.: »Fundamental Studies Relating to Systems Analysis of Solid Propellants«, Final Report GALCIT101, Guddenheim Aeronautical Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, 1961.
- [13] NASA: »Solid Propellant Grain Structural Integrity Analysis«, Space Vehicle Design Criteria (Chemical Propulsion), NASA-SP-83, 1973.

Uvod

Mnoga privredna i vojna eksplozivna sredstva pri kontroli tokom proizvodnje i kontroli prigodom prijema podvrgavaju se provjeri ispravnosti, propuštanjem električne istosmjerne struje određene jakosti, pojedinačno ili vezana u seriju (lanac). To su redovito eksplozivna sredstva koja u sebi sadrže električnu zapaljivu glavicu sa metalnim mostićem ili strujno vodljivu glavicu. Jugoslovenski standardi i vojnotehnički uslovi nedvosmisleno propisuju jakosti električne istosmjerne struje, vrijeme njenog protjecanja, broj eksplozivnih sredstava spojenih u seriju (kada se ona ispituju vezana u seriju), te ostale električne karakteristike [1, 2]. Takva provjera ima za cilj da se u određenoj seriji ustanovi eventualno postojanje sredstava koja ne bi u konačnoj primjeni izvršila svoju funkciju iniciranja eksplozivnih punjenja, a time izazvala određene posljedice po sredstva u koja se ugrađuju, na dinamiku i ekonomičnost poslova za koja se koriste i na sigurnost osoblja koje njima rukuje. Ta sredstva su u literaturi i u običnom žargonu, u proizvodnji, poznata pod nazivom lagači. Za razliku od istovrsnog sredstva koje po istim kriterijima nema neku drugu ispravnu karakteristiku (ali je i uništeno) lagač je po svom izgledu i obliku istovjetan prije i poslije provjere, odnosno pro-

puštanja električne istosmjerne struje određene jakosti. Međutim, činjenice da sredstvo nije zadovoljilo »pravila ponašanja« kao ostala ispitivana sredstva, te da je bilo podvrgnuto određenom maltretiranju, potvrđuju da sa njegovom strukturom to nije slučaj. Analizom takvog sredstva ustanovit će se određene promjene, kao što su prekinut otporni mostić električne zapaljive glavice, nagorjeli sloj eksplozivne zapaljive smjese uz otporni mostić, nagorjela usporačka smjesa, nagorjelo inicirajuće punjenje, te niz drugih koje se nisu, uopće, očekivale. Pod uzrocima pojave lagača podrazumjevamo subjektivne uzroke (loša struktura otpornog mostića, loš spoj otpornog mostića sa lamelama električne zapaljive glavice, nekvalitetna neka od smjesa, itd.), dok objektivni uzroci, barem kada je riječ o provjeri kvalitete eksplozivnih sredstava, svoj nastanak nalaze u metodi kojom se sredstva ispituju.

Kad pominjemo metodu, suvišno je pominjati ispravnost uređaja koji se u njoj upotrebljavaju, jer oni moraju biti periodično baždareni i kalibrirani. Pri tome je važnija tzv. slučajna pogreška koja, iako je u drugim oblastima primjene mjernih postupaka »ozakonjena«, u postupku mjerenja eksplozivnih sredstava nije dopuštena. Dokaz za to je da neki propisi ne dopuštaju ponov-

no propuštanje električne istosmjerne struje određene jakosti kroz ispitivano sredstvo.

Opis postojećih metoda

Prije nego što se razmotre uzroci pojave lagača u metodama i postupcima, uz čiju pomoć se kroz eksplozivno sredstvo propušta električna istosmjerna struja određene jakosti, treba nešto reći o tim strujama i metodama.

Kada je riječ o jakostima električnih istosmjernih struja, koje se propuštaju kroz eksplozivna sredstva pojedinačno ili povezana u seriji, JUS (npr. za električne detonatore) kao i vojno-tehnički uslovi precizno definiraju struju nedjelovanja I_0 [A], struju djelovanja I_1 [A] i struju za serijsko paljenje I_{100} [A]. Iz JUS H.D3.100 proizilazi:

— struja nedjelovanja I_0 [A] najviša je vrijednost jakosti električne istosmjerne struje koja ih protjecanjem kroz električnu zapaljivu glavicu, odnosno detonator za vrijeme od 5 minuta, neće aktivirati.

— struja djelovanja I_1 [A] najniža je vrijednost jakosti električne istosmjerne struje koja je dovoljna da aktivira električnu zapaljivu glavicu, odnosno detonator, i

— struja za serijsko paljenje I_{100} [A] jeste ona jakost električne istosmjerne struje koja je dovoljna da aktivira svaku električnu zapaljivu glavicu, odnosno detonator vezan u seriju od 100 komada.

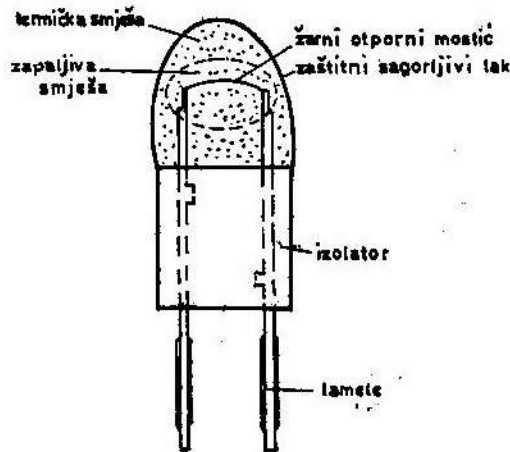
Potrebno je naglasiti da su ove jakosti električne istosmjerne struje tačno propisane za svaku vrstu i tip električne zapaljive glavice. Međutim, vrijeme protjecanja struje kroz otporni mostić, izuzev za struju nedjelovanja I_0 [A], nije niti pomenuto, mada nije teško zaključiti, imajući na umu proces aktiviranja eksplozivne zapaljive smjese po kome se protjecanjem struje kroz otporni mostić on zagrijava i odaje to-

plinu koja pripaljuje zapaljivu smjesu, da je vrijeme njenog protjecanja podjednako važno kao i vrijednost jakosti električne istosmjerne struje. To se najbolje vidi iz općeg izraza za količinu topline potrebne da se pripali eksplozivna zapaljiva smjesa, a koja nastaje protjecanjem električne struje kroz otporni mostić:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} R \cdot i^2 dt$$

U ovom izrazu $R[\Omega]$ je omska otpornost mostića, $t_2 - t_1$ [ms] vrijeme protjecanja, a i [A] jakost električne istosmjerne struje [3].

Nije na odmet spomenuti da se samo jedan dio, doduše znatno veći, izravno utroši na zagrijavanje otpornog mostića, a drugi dio na zagrijavanje elektroda električne zapaljive glavice (lamela), električnih vodiča, te na zagrijavanje okoline preko eksplozivne zapaljive smjese. Na slici 1 prikazana je električna zapaljiva glavicica električnog detonatora [4].



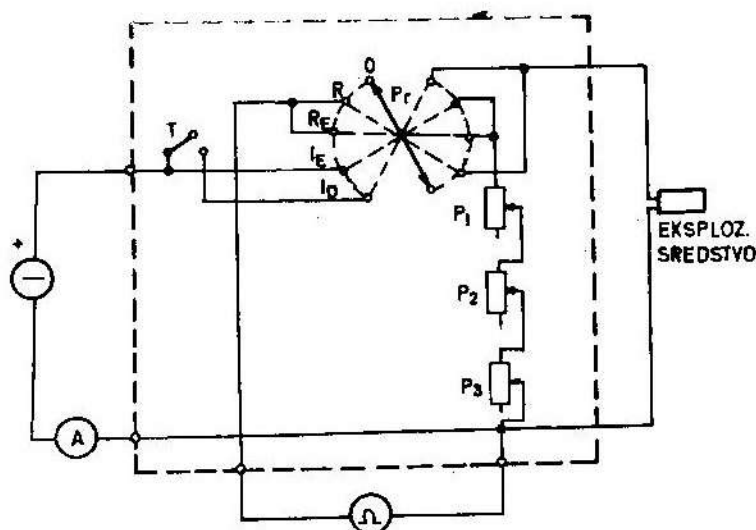
Sl. 1 Električna zapaljiva glavicica električnog detonatora

Postojeće metode, kojima se ispituju eksplozivna sredstva, vrlo su jednostavne, a svima je zajedničko da se eksplozivna sredstva vezana pojedinačno ili u seriji, priključuju na stezaljke elek-

tričnog izvora. Pri tome je električni izvor najčešće izvor električnog istosmjernog napona, a najviše upotrebljavani su galvanski elementi, akumulatori i mrežni ispravljači. U novije vrijeme sve više se upotrebljavaju strujni generatori istosmjerne struje. Izvori istosmjernog električnog napona daju na svojim stezaljkama konstantan istosmjerni napon određenog iznosa, pri čemu strujnom krugu, koji je na njega priključen, daju jakost električne istosmjerne struje ovisan o otpornosti strujnog kruga. Tačnija razmatranja izraza za jakost električne istosmjerne struje u ovakvom strujnom krugu obuhvataju i unutarnju otpornost naponskog izvora, mada se pri samoj izvedbi ovakvog izvora nastoji da ona bude što manja.

R — ukupna otpornost priključenog strujnog kruga [Ω], [5].

Pošto se na stezaljke električnog izvora istosmjernog napona priključuju destruktivna i opasna sredstva, prethodno se mora podesiti jakost električne struje da se, kojim slučajem, ne bi izazvalo aktiviranje u neželjenom trenutku. Metoda čija je električna shema prikazana na slici 2 izuzela je takvu mogućnost korištenjem tzv. ekvivalentne otpornosti izvedene sa jednim ili više reostata, uz čiju pomoć se podešava tzv. jakost električne struje koja je po svom iznosu jednaka jakosti struje djelovanja, tj. struje koja će se propustiti kroz eksplozivna sredstva.



Sl. 2 Metoda sa električnim izvorom istosmjernog napona

Jednostavno računanje iznosa jakosti električne istosmjerne struje vrši se po Ohmovom zakonu:

$$I = \frac{U}{R} \text{ [A]}, \text{ gdje je:}$$

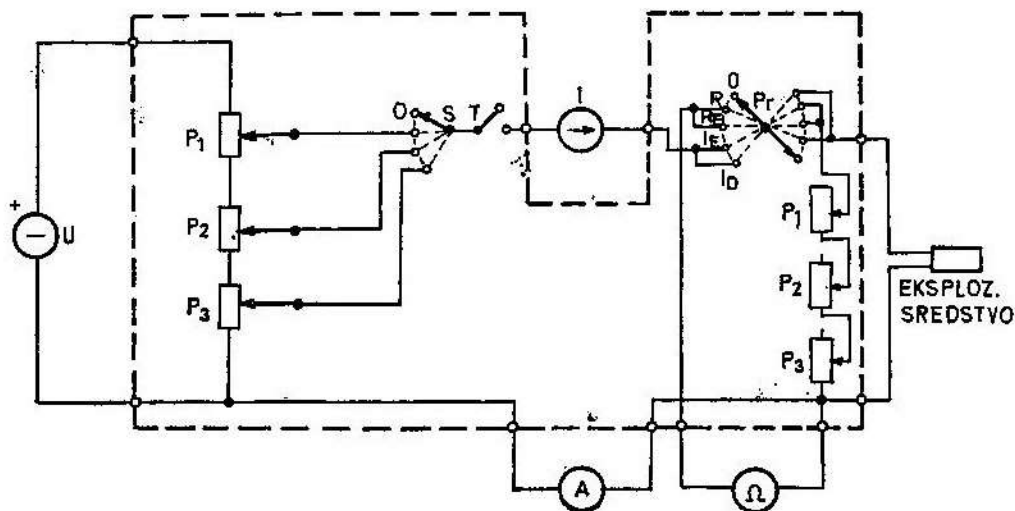
I — jakost električne istosmjerne struje [A],

U — napon električnog izvora [V], i

Strujni generator u strujni krug, koji je priključen na njegove stezaljke, daje istosmjernu električnu struju konstantnog iznosa, bez obzira na njegovu otpornost. Dakle, prethodnim podešavanjem iznosa jakosti istosmjerne struje za očekivanu maksimalnu vrijednost otpornosti strujnog kruga, taj iznos se neće mijenjati za sve niže vrijednosti ukupne otpornosti. U ovom slučaju, vrši se podešavanje napona sa jednim ili

više potencijometara. Uloga strujnog generatora u ovoj metodi prikazana je na slici 3.

detonatore, na primer, impuls paljenja je najniža i najviša vrijednost električne energije u jedinici vremena po jedi-



SL. 3 Metoda sa struinim generatorom

Napomenuli smo da su ove metode vrlo jednostavne. Pod tom jednostavnošću nije se mislilo na količinu i vrstu uređaja i pribora angažiranih u njima, već na osnovne fizikalne, odnosno elektrotehničke zakonitosti koje su u njima primjenjene. Sve one, naime, koriste dobro poznati osnovni zakon elektrotehnike, tzv. Ohmov zakon. Dijelovi strujnih krugova pomenutih metoda su, pored električnih izvora i prekidača i eksplozivna sredstva u seriji (kada se ispituje više eksplozivnih sredstava).

Razmatrane metode, kao definiranje realizacije strujnog kruga, imaju za cilj da se ustanovi postojanje lagača. Da li neaktivirano eksplozivno sredstvo uistinu predstavlja lagač ako je električna istosmjerna struja propisane jakosti u propisanom vremenu protjecala kroz njega? Odgovor je potvrđan ako su obje vrijednosti veličina (i jakosti električne istosmjerne struje i vremena protjecanja) u potpunosti postignute. Međutim, u seriji (lancu) eksplozivnih sredstava za svaki od njih potreban je određeni impuls paljenja. Prema JUS H.D3.100 i JUS H.D8.105 za električne

nici otpornosti koju je potrebno dovesti na mostić električne zapaljive glavice da bi se izvršilo njeno aktiviranje. Ove vrijednosti određuju se prema izrazu:

$$K = I^2 \cdot t \text{ [mJ/}\Omega\text{]}$$

i određene su za svaki tip električne zapaljive glavice [6]. U ovom izrazu I je jakost električne istosmjerne struje koja protječe kroz glavicu, a t vrijeme njenog protjecanja. Osim jakosti istosmjerne struje i vremena protjecanja, ove veličine indirektno ovise od prečnika mostića, duljine mostića, osjetljivosti zapaljive smjese, kao i od fizičkih svojstava i strukture električne zapaljive glavice.

Odgovarajućim metodama potrebno je omogućiti da izabrani strujni impuls nagomilanom toplinom na mostiću aktivira i najneosjetljivije sredstvo. Međutim, ako se ne omogući akumuliranje energije o mostiću najosjetljivijeg sredstva, doći će do prekida strujnog kruga na tom dijelu, što će spriječiti daljnje pobuđivanje ostalih manje osjetljivih i njihovo, eventualno, akti-

viranje. Iz naprijed izloženog proizilazi da postojeće metode ne ispunjavaju osnovni zahtjev u pogledu strujnog impulsa, pa prema tome i impulsa paljenja, što onoga tko vrši ispitivanje stavlja u dilemu da li je neaktivirano sredstvo uistinu lagač, a tamo gdje je dopušteno, postupak ponavlja, statistički obrađuje, vrši reviziju prijema, pa čak proglašava seriju neispravnom. I jedno i drugo, naravno, poskupljuje proizvodnju ili, pak, predstavlja gubitak, kako vremena, tako i novčanih sredstava.

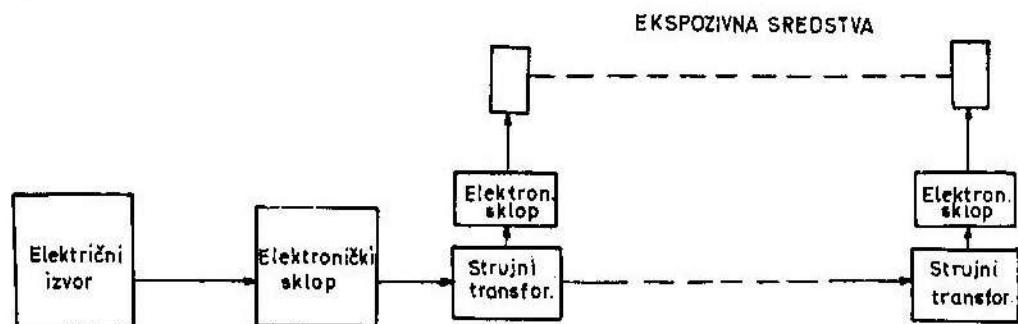
Opis nove metode

Osnovna značajka prethodnih metoda je serijsko spajanje eksplozivnih sredstava na stezaljke električnog izvora, a nezaobilazni problem, preko kojeg se prećutno prelazi, jeste da aktiviranjem bilo kojeg sredstva struja prestaje teći i kroz ostala.

pojave metoda obezbjeđuje protjecanje električne istosmjerne struje propisane jakosti kroz eksplozivna sredstva, a primjenom elektroničkog sklopa tačno se definira vrijeme njenog protjecanja. Principijelna blok-shema metode prikazana je na slici 4. Osnovni elementi metode su induktivni strujni transformatori. To su uređaji koji velike struje reduciraju na vrijednosti koje su prikladne za napajanje mjernih instrumenata, zaštitnih i regulacijskih uređaja u jednom praktički stalnom omjeru i gotovo bez faznog pomaka [7]. Taj omjer definiran je omjerom njegove nazivne primarne struje I_{1n} i nazivne sekundarne struje I_{2n} , tj.:

$$K_n = \frac{I_{1n}}{I_{2n}}$$

Uređaj se sastoji od magnetske jezgre oko koje su, blisko jedan drugom, namotani primarni i sekundarni namoti.



Sli. 4 Blok shema metode sa induktivnim strujnim transformatorima

Mnogi autori su odmah odustajali i od zamisli da se eksplozivna sredstva na stezaljke električnog izvora vežu paralelno, jer bi se našli pred nerješivim problemom, kako kroz sva obezbijediti potpuno jednak iznos jakosti istosmjerne struje, zbog činjenice da svako od njih ima različitu vrijednost električne otpornosti mostića. Taj problem, uistinu, nije moguće riješiti samo uz pomoć zakona i hipoteza koji su korišteni.

Međutim, nova metoda, osim Ohmova zakona, koristi i pojavu elektromagnetske indukcije. Korištenjem ove

taji. Time se postiže galvansko odvajanje jednog električnog kruga od drugog, uz istovremeno obezbjeđenje prolaza električne energije iz jednog u drugi krug. Da bi se pojačala transformacija struje, za magnetske jezgre se izabiraju materijali sa najvećom magnetskom propusljivošću, a to su feromagnetski materijali. Maksimalan broj ispitivanih eksplozivnih sredstava jednak je broju induktivnih strujnih transformatora, jer je metoda zamišljena sa stalnim brojem uređaja i fiksnom instalacijom od električnog izvora i mjer-

nih instrumenata (npr. osciloskop, brojilo, itd.) do opitnog stola na kome se nalaze stezaljke za spajanje eksplozivnih sredstava. U konkretnom slučaju, metoda je zamišljena sa deset induktivnih strujnih transformatora, dakle sa mogućnošću spajanja, isto tako, maksimalno deset eksplozivnih sredstava.

Primjer dimenzioniranja jednog induktivnog strujnog transformatora, primjenjenog u metodi koja omogućava podešavanje jakosti električne istosmjerne struje od 0,05 do 5 A i podešavanje vremena protjecanja skokovitog iznosa 1 ms, 10 ms, 100 ms, 1 s, 5 min i 10 min naveden je u produžetku.

Dimenzioniranje se sastoji od izbora jezgre i proračuna transformatora. S obzirom na izvjesne prednosti strujnih transformatora za mjerenje u odnosu na strujne transformatore za zaštitu, transformatori primjenjeni u ovoj metodi su strujni transformatori za mjerenje nazivne sekundarne struje od 0,05 do 5 A.

Prema opisu primjene metode i njenoj konfiguraciji, za dimenzioniranje se uzimaju ovi podaci:

$$U_{1n} = 220 \text{ V}, f = 50 \text{ Hz}$$

Ukupno opterećenje primara iznosi:

$R = R_1 + P$, gdje je P reostat opsega 0 do 2 k Ω koji je fiksiran kod minimalne vrijednosti 12 Ω , a R_1 otpornik iznosa 10 Ω .

$$R_{\min} = R_1 + P_{\min} = 10 + 12 = 22 \Omega$$

$$R_{\max} = R_1 + P_{\max} = 10 + 2000 = 2010 \Omega$$

Za $R_{\min}$ maksimalna nazivna primarna struja iznosi:

$$I_{1\max} = \frac{U_{1n}}{R_{\min}} = \frac{220}{220} = 10 \text{ A}$$

Za $R_{\max}$ minimalna nazivna primarna struja iznosi:

$$I_{1\min} = \frac{R_{\max}}{U_{1n}} = \frac{220}{2010} = 0,1 \text{ A}$$

Nazivna sekundarna snaga iznosi:

$$P_n = I_{2n}^2 \cdot Z_n = I_{2n}^2 \cdot R = 5^2 \cdot 1,2 = 30 \text{ VA}$$

Z_n i R predstavljaju impendancu, odnosno otpornost priključenog eksplozivnog sredstva (JUS H.D3.100). Oda brani iznos otpornosti sa maksimalnom jakosti struje daje rezultat, prema gornjem izrazu, koji odgovara tabelarnim podacima u [7].

Za ovu metodu dovoljni su strujni transformatori za mjerenje klase tačnosti 0,5, za koji je potrebno da maksimalna razlika strujnih pogrešaka $\Delta p_{\max}$ bude manje od 1,5%. Tom uvjetu udovoljava prerezana motana jezgra tip SM veličine 102, tj. SM102b prikazana na slici 5.

Ona kod nazivnog tereta, snage 30 VA, postiže $\Delta p_{\max} = 1,49\%$. Pri 120% nazivne struje i pri nazivnom teretu indukcija u jezgru bit će 0,39 T.

Provjera odabranog rješenja vrši se tako da se u vezi faktora sigurnosti F_s odredi indukcija pri kojoj nastaje pogreška od 10%.

Permeabilnost μ_B iznosi:

$$\mu_B = 10 \cdot Y_{01} \cdot Z_{s1/l}$$

Za odabranu jezgru je:

$$Y_{01} = 0,640 \Omega^{-1}, S_{cv} = 3,3 \text{ cm}^2, A_R = 13,4 \mu\Omega \text{ i } A_B = 21,7 \text{ mH}$$

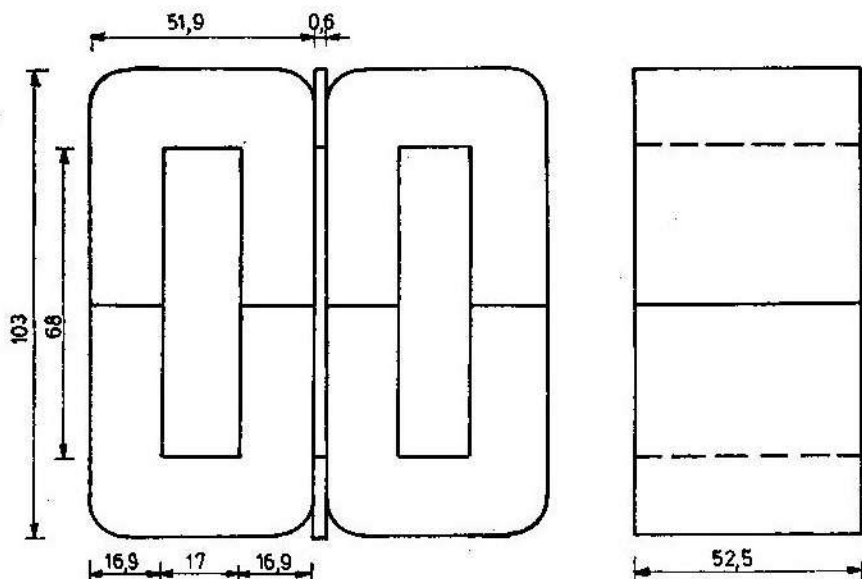
$$Z_n = \frac{400 \cdot P_n}{S_{cv}^2 \cdot \Gamma_n^2} = 340,1 \mu\Omega$$

$$Z_{s1/l} = \sqrt{(2A_R + 0,8 Z_n)^2 + (0,157 A_B + 0,6 Z_n)^2} = 363,8 \mu\Omega$$

$$\mu_B = 10 \cdot 0,640 \cdot 363,8 \cdot 10^{-6} = 0,0023 \Omega$$

Ovoj vrijednosti permeabilnosti odgovara indukcija od približno 1,9 T. Ovu indukciju dobit ćemo u jezgri kod primarne struje:

$$I_1 = \frac{1,9}{0,39} \cdot \frac{1,2}{0,9} \cdot I_{1n} = 6,49 I_{1n}$$



Sl. 5 Prerezana motana jezgra SM 102b (CM 102b)

Time je zadovoljen faktor sigurnosti $F_s = 10$, čija vrijednost treba da bude što manja.

Fazna pogreška za odabranu jezgru pri nazivnom teretu i 120% nazivne struje iznosi 8,4 min, a uz 10% nazivne struje 38 min, što je u propisanim granicama faznih pogrešaka koje iznose 30, odnosno 60 min.

Proračunom transformatora nakon izbora jezgre određen je broj zavoja i presjek žice primarnog i sekundarnog namota:

Broj zavoja primarnog namota:

$$N_1 = \frac{100 \cdot S_{cv} \cdot \Gamma_n}{2 \cdot I_{1n}} = 29,7 \approx 30 \text{ zavoja};$$

Presjek žice primarnog namota:

$$q_1 = \frac{100 \cdot S_{cv}}{2 \cdot N_1} = 5,5 \text{ mm}^2;$$

Broj zavoja sekundarnog namota:

$$N_2 = N_1 \cdot \frac{I_{1n}}{I_{2n}} \approx 60 \text{ zavoja};$$

Presjek žice sekundarnog namota:

$$q_2 = \frac{100 \cdot S_{cv}}{2 \cdot N_2} = 2,75 \text{ mm}^2.$$

Ovim presjecima odgovaraju promjeri $d_1 = 2,65 \text{ mm}$ i $d_2 = 1,9 \text{ mm}$. Odbrane su lakirane žice L_1 promjera $d_1 = 2,75 \text{ mm}$ i $d_2 = 1,99 \text{ mm}$.

Za okvir namota odabran je onaj okvir koji omogućuje da namot bude širok 60,5 mm i visok 13 mm.

Za pojedini sloj ostaje duljina:

$$60,5 - 2 \cdot 2 = 56,5 \text{ mm}$$

Broj zavoja po sloju:

$$56,5 : 2,75 = 20,54 \approx 21 \text{ zavoja}$$

$$56,5 : 1,99 = 28,39 \approx 29 \text{ zavoja}$$

I za primarni i za sekundarni namot bit će potrebno 2 sloja. Ukupna visina namota:

$$\text{Osnovna izolacija} \quad 3 \times 0,10 = 0,30 \text{ mm}$$

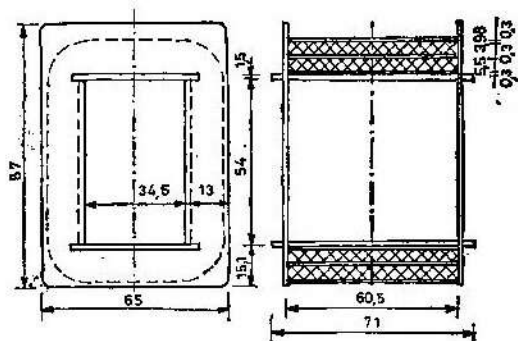
$$\text{Sekundarni namot} \quad 3 \times 1,99 = 5,97 \text{ mm}$$

$$\text{Izolacija između slojeva} \quad 3 \times 0,10 = 0,30 \text{ mm}$$

Izolacija između namota	$3 \times 0,10 = 0,30 \text{ mm}$
Primarni namot	$2 \times 2,75 = 5,50 \text{ mm}$
Izolacija između slojeva	$2 \times 0,10 = 0,20 \text{ mm}$
Vanjska izolacija	$3 \times 0,10 = 0,30 \text{ mm}$

Ukupna visina = 12,87 mm

Za visinu namota imamo 12,87 mm, pa je neiskorišćeno: $13 - 12,87 = 0,13 \text{ mm}$. Raspored namota i njegove dimenzije prikazani su na slici 6.



Sl. 6 Okvir i namot strujnog transformatora za mjerenje 10/5A, 30 VA, kl0,5

Provjera proračuna otpora, reaktancije i pogrešaka:

Prema tabelama za jezgru SM 102b su:

$$a_{\min} = 65 \text{ mm}, b_{\min} = 34,6 \text{ mm}, f_{\max} = 15,1 \text{ mm}, h_{\min} = 54 \text{ mm}, l_{1\max} = 64 \text{ mm}, l_{2\max} = 71 \text{ mm}, h_{\min} = 52,4 \text{ mm}.$$

Srednja duljina sekundarnog namota:

$$O_2 = 2 \cdot (a + h) + r\pi = 2 \cdot (38,6 + 58) + 2,75 = 201,83 \text{ mm}.$$

Srednja duljina primarnog namota:

$$O_1 = 2 \cdot (38,6 + 58) + 2\pi(5,5 + 0,3 + 5,97/2) = 248,36 \text{ mm}$$

$$\text{Otpor primarnog namota uz } \rho = 0,019 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$R_1 = \rho \cdot \frac{l \cdot n}{s} = 0,019 \cdot \frac{0,248 \cdot 30}{0,55} = 0,257 \Omega$$

Njegova vrijednost reducirana na jedan zavoj:

$$r_1 = \frac{R_1}{n^2} = \frac{0,257}{30^2} = 285 \mu\Omega$$

Otpor sekundarnog namota:

$$R_2 = 0,019 \cdot \frac{0,201 \cdot 60}{0,28} = 0,818 \Omega$$

Njegova vrijednost reducirana na jedan zavoj:

$$r_2 = \frac{0,818}{60^2} = 227 \mu\Omega$$

Smanjeni djelatni otpor transformatora u kratkom spoju:

$$r_k = 0,1(r_1 + r_2) = 28,5 + 22,7 = 51,2 \mu\Omega$$

Prema tabelama on iznosi:

$$r_1 + r_2 = 4A_R = 4 \cdot 13,4 = 53,6 \mu\Omega$$

Prema tome r_k je za 4,6% veće od vrijednosti $r_1 + r_2$.

Iznos reaktancije:

$$X_{li} = 7,9 \cdot f \cdot N_2^2 \cdot O \cdot \frac{\delta_L}{b} = 7,9 \cdot 50 \cdot 60^2 \cdot 0,225 \cdot \frac{4,12}{56,5} \cdot 10^{-6} = 0,2338 \Omega$$

gdje je:

srednji opseg na kojem djeluje rasipno magnetno polje:

$$O = \frac{o_1 + o_2}{2} = \frac{20,83 + 248,36}{2} = 225,09 \text{ mm}$$

srednja širina rasipnog magnetnog toka:

$$\delta_r = \delta + \frac{a_1 + a_2}{3} = 0,3 + \frac{5,5 + 5,97}{3} = 4,12 \text{ mm}$$

$$k_r = 1 - \frac{5,5 + 5,97 + 0,3}{56,5} = 0,792$$

srednja duljina magnetnog silnica:

$$b'' = \frac{k_r}{b} = \frac{56,5}{0,792} = 71,33 \text{ mm}$$

$$X_B = \frac{X_G}{N_2^2} = \frac{0,2338}{60^2} = 6,5 \mu\Omega$$

$$X_1 = \frac{X_B}{2} = \frac{6,5}{2} = 3,25 \mu\Omega$$

Ova vrijednost ne razlikuje se bitno od vrijednosti $6,8 \mu\Omega$, izračunate prema tabelama.

Reducirana vrijednost impedancije nazivnog tereta:

$$Z_n = 400 P_n / S_{cv}^2 \Gamma_n = 489,75 \mu\Omega$$

Otpor sekundarnog kruga kod jedne četvrtine nazivnog tereta:

$$r_{s1/4} \approx 2A_R + 0,2 Z_n = 124,75 \mu\Omega$$

Reaktancija sekundarnog kruga kod jedne četvrtine nazivnog tereta:

$$X_{s1/4} \approx 0,157 A_B + 0,15 Z_n = 76,86 \mu\Omega$$

Impedancija sekundarnog kruga kod jedne četvrtine nazivnog tereta:

$$Z_{s1/4} = \sqrt{r_{s1/4}^2 + X_{s1/4}^2} = 146,52 \mu\Omega$$

Fazni pomak sekundarnog kruga kod jedne četvrtine nazivnog tereta:

$$\beta_{s1/4} \arctg \frac{X_{s1/4}}{r_{s1/4}} = 31^\circ 36'$$

Otpor sekundarnog kruga kod pune vrijednosti nazivnog tereta:

$$r_{s1/1} \approx 2A_R + 0,8 Z_n = 418,6 \mu\Omega$$

Reaktancija sekundarnog kruga kod pune vrijednosti tereta:

$$X_{s1/1} \approx 0,157 A_B + 0,6 Z_n = 297,25 \mu\Omega$$

Impedancija sekundarnog kruga kod pune vrijednosti nazivnog tereta:

$$Z_{s1/1} = \sqrt{r_{s1/1}^2 + X_{s1/1}^2} = 513,4 \mu\Omega$$

Fazni pomak sekundarnog kruga kod pune vrijednosti nazivnog tereta:

$$\beta_{s1/1} = \arctg \frac{X_{s1/1}}{r_{s1/1}} = 35^\circ 23'$$

Indukcija pri 10% nazivne struje i nazivnog tereta:

$$B_{0,1-1/1} = \frac{0,1 \cdot Z_{s1/1} \cdot S_{cv} \cdot \Gamma_n}{2\sqrt{2} \cdot \pi \cdot f \cdot S_{Fe}} = 0,0367 \text{ T}$$

Indukcija pri 120% nazivne struje i četvrtine nazivnog tereta:

$$B_{1,2-1/4} = \frac{1,2 \cdot Z_{s1/4} \cdot S_{cv} \cdot \Gamma_n}{2\sqrt{2} \cdot \pi \cdot f \cdot S_{Fe}} = 0,126 \text{ T}$$

Ovim vrijednostima indukcija odgovaraju permeabilnosti:

$$\mu_B (0,1-1/1) = 0,0118 \text{ i } \mu_B (1,2-1/4) = 0,018$$

kao i fazni pomaci:

$$\beta_{0,1-1/1} = 52^\circ \text{ i } \beta_{0,1,2-1/4} = 58^\circ$$

Prema tome, odgovarajuće strujne pogreške iznose:

$$p_{i(1,2-1/4)} = -100 Y_{01} \cdot Z_{s1/1} \cdot \cos [\beta_{0(1,2-1/4)} - \beta_{s1/1}] / \mu_B (1,2-1/4) = -1,679\%$$

$$p_{i(0,1-1/1)} = -100 Y_{01} \cdot Z_{s1/4} \cdot \cos [\beta_{0(0,1-1/1)} - \beta_{s1/4}] / \mu_B (0,1-1/1) = -0,740\%$$

Maksimalna razlika strujnih pogrešaka:

$$\Delta p_{\max} = -1,679 + 0,740 = -0,939\%$$

Zahtjevi o granicama pogreški su ispunjeni, jer je $\Delta p_{\max}$ manji od trosrukog indeksa za klasu tačnosti 0,5, tj.:

$$0,939\% < 3 \cdot 0,5 = 1,5$$

Proizilazi da dimenzionirani induktivni strujni transformator, omjera transformacije $K_n = 2$, u potpunosti udovoljava zahtjevima koji se postavljaju prilikom ispitivanja eksplozivnih sredstava.

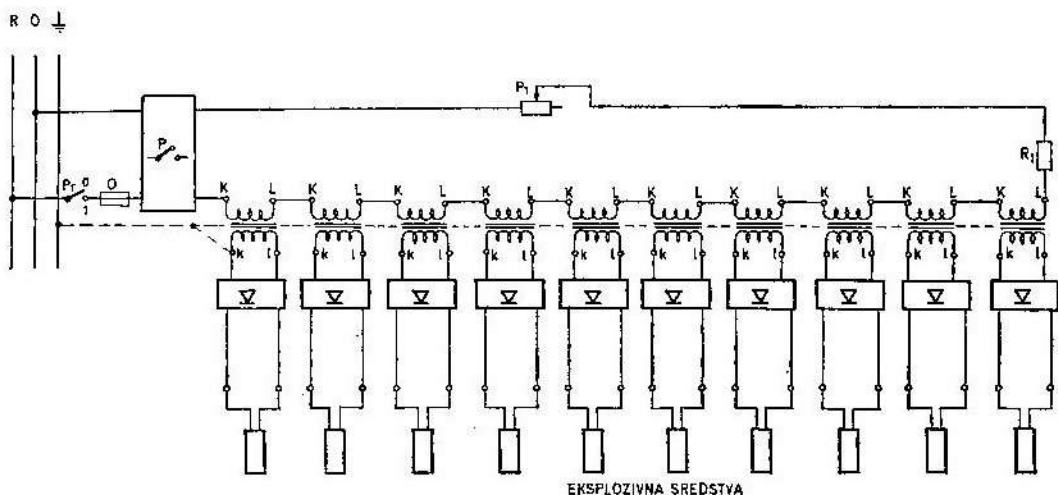
Induktivni strujni transformatori priključuju se u strujni krug trošila, koje je priključeno na mrežni napon od 220 V, tako što mu se primar priključuje u seriju sa trošilom. U ovoj metodi trošila su reostat, kojim se vrši podešavanje jakosti električne izmjenične struje i otpornik R_1 .

Eksplzivna sredstva priključuju se u sekundarni namotaj, ali pošto se kroz otporni mostić sredstva propušta električna istosmjerna struja, potrebno je prethodno ispraviti izmjeničnu struju koja se inducira u sekundarnom namotaju. Također je preporučljivo da se izvrši filtriranje i stabiliziranje napona na sekundarnim stezaljkama elektroničkim sklopom koji se priključuje na sekundarne stezaljke. Iako kroz transformatore struja protječe za vrijeme podešenog vremena poslije kojeg se primar odspaja od električnog izvora, ipak se može desiti da u podešenom vremenu od 5 i 10 min osoblje, nekim slučajem, dotakne stezaljke upravo aktiviranog sredstva, što nije preporučljivo iz bezbjednosnih razloga. Pored toga, stanje otvorenih stezaljki stvara velike gubitke u željezu i veliko zagrijavanje, što utječe na ispravnost rada induktivnog strujnog transformatora i njegovu sigurnost protiv oštećenja. Za takve slu-

čajeve potrebno je sekundarne stezaljke kratko spojiti neposredno poslije aktiviranja eksplozivnog sredstva, što u ovoj metodi omogućuje, također, elektronički sklop. U konkretnom slučaju stezaljku k obavezno treba spojiti sa magnetskom jezgrom, a sve zajedno uzemljiti.

Električna shema sa induktivnim strujnim transformatorima prikazana je na slici 7. U njoj su elektronički skloпови za podešavanje vremena propuštanja električne struje, ispravljanje, filtriranje, stabiliziranje i kratko spajanje prikazani kao blokovi jer se mogu izvesti u raznim varijantama i raznim tehnikama (tranzistorizirani, integrirani i hibridni skloпови).

Kako se iz električne sheme vidi, prekidačem P , spaja se elektronički sklop za podešavanje jakosti izmjenične struje na napon od 220 V. Pritiskom na tipkalo P izmjenična struja podešene jakosti propušta se kroz serijski vezane primarne namotaje strujnih transformatora tačno određeno vrijeme. Za isto vrijeme u sekundarima strujnih transformatora u određenom omjeru inducira se izmjenična struja koja se elektroničkim sklopovima ispravlja, filtrira i stabilizira na tačno propisanu vrijednost. Eksplozivna sred-



Sl. 7 Metoda sa induktivnim strujnim transformatorima

stva su priključena u strujne krugove sekundarnih namotaja i kroz njih protječe tako određena struja. Kroz svako eksplozivno sredstvo istosmjerna struja će protjecati za podešeno vrijeme, osim, naravno, u slučaju ako se ono prije isteka vremena aktivira. Desi li se da bilo koje eksplozivno sredstvo bude aktivirano prije isteka podešenog vremena, kroz ostala eksplozivna sredstva struja će i dalje protjecati, jer su njihovi strujni krugovi zatvoreni i neovisni od ostalih. Po isteku podešenog vremena pripadni elektronički sklop odspaja primare strujnih transformatora sa mrežnog napona. Poslije uvida u stanje eksplozivnih sredstava, metoda je spremna za nova ispitivanja.

Zaključak

U uvodnom dijelu ovog rada istaknuta je jednostavnost upotrebljavanja metoda sa aspekta kvalitativne provjere serije eksplozivnih sredstava na postojanje lagača. Lako se moglo zaključiti da one nisu obezbjeđivale protjecanje istosmjerne električne struje propisane jakosti tačno određeno vrijeme,

upravo, pri pojavi lagača. Jedan broj eksplozivnih sredstava bi u slučaju aktiviranja jednog ili više komada, u nekom momentu propisanog vremena, ostao bez pobuđivanja koje bi ih, u suprotnom, možda aktiviralo. Drugim riječima, oni ne bi primili potrebnu energiju za njihovo aktiviranje.

Metoda sa induktivnim strujnim transformatorima je, po svojoj opremljenosti, složenija. Primjenjenim elektroničkim sklopom strujni impuls se definiše, a induktivni strujni transformatori svojim sekundarima obezbjeđuju zasebne strujne krugove za pojedinačno priključenje eksplozivnih sredstava. Po isteku podešenog vremena sa sigurnošću se može konstatirati postojanje lagača, te nije potrebno dodatno ispitivanje. Ova metoda može se koristiti, također, i za ispitivanje eksplozivnih sredstava na struju djelovanja i na struju nedjelovanja. Zbog svoje složenosti, elemente primjenjene u metodi potrebno je fiksirati na određenom mjestu.

Duljina instalacije od strujnih transformatora do stezaljki za spajanje eksplozivnih sredstava iznosi maksimalno 15 m.

Literatura:

- [1] DP »Pobjeda« — Goražde: »Tehnička dokumentacija«,
- [2] JUS H.D3.100 »Električni detonatori — karakteristike i tehnički uslovi«, 1987.
- [3] Đenić Lj.: »Električni inicijatori«, Naučno-tehnički pregled, Beograd, 1981.
- [4] Božović M.: »Teorijske i praktične osnove električne osjetljivosti komercijalnih detonatora i koncipiranje optimalnih izvora struje za otpu-

cavanje«, Eksplozivi i miniranje UNIS — Sarajevo, 1982.

- [5] Pinter V.: »Osnovi elektrotehnike«, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1970.
- [6] Vuksanović Z.: »Paljenje minskih punjenja«, Tehnička knjiga, Beograd, 1986.
- [7] Bego V.: »Mjerni transformatori«, Školska knjiga, Zagreb, 1977.

Uvod

Uloga aditiva u tekućim naftnim gorivima znatno je porasla posljednjih desetak godina. Razlog tome jesu značajne promjene u sastavu i benzina i dizelskog goriva, koje se ispoljavaju kroz sve veće učešće kreking-komponentata u gorivima, odnosno sve veći postotak nezasićenih, olefinskih ugljikovodika. Olefini su oksidativno nestabilniji i skloniji tvorbi taloga u odnosu na parafine i arome.

Također, izražena je upotreba tzv. oksigenata (uglavnom niži alkoholi, te eteri) u benzinima, kao zamjenitelja olivnih alkila, a koji mogu biti uzrok većem broju poteškoća u radu motora [1]. Dodavanje aditiva u goriva vrši se, uglavnom, zbog tri razloga, [2, 3]: prvo, da se zadovolje određeni, po pravilu vrlo visoki zahtjevi motora; drugo, da se obezbijedi protok goriva do komore za izgaranje bez kontaminacije i treće, da se postigne takva kvaliteta goriva koja će zadovoljavati zahtjeve standarda i specifikacija.

Aditivi za goriva su tvari koje dodane u relativno malim količinama poboljšavaju već postojeća ili unose neka nova svojstva. Djelotvorni su već u vrlo maloj količini, ponekad u koncentraciji od nekoliko ppm (parts per million — djelova na milion). Neki aditivi mogu poboljšati istovremeno više svojstava

goriva, pa se nazivaju višefunkcionalni. Često su vrlo složene strukture (naročito višefunkcionalni). Sadrže, uglavnom, ugljik, vodik kisik, sumpor i/ili dušik, kao i neki metal.

Aditivi se uobičajeno dijele u četiri glavne grupe, i to:

1. za poboljšanje motornih svojstava goriva;
2. za poboljšanje kemijske stabilnosti goriva;
3. za smanjenje štetnog utjecaja goriva na uređaje i mehanizme, i
4. za osiguravanje primjene goriva na niskim temperaturama.

Od navedenih, najveću primjenu doživjeli su aditivi prve dvije grupe, a naročito antidetonatori (iz prve grupe), te antioksidanti (iz druge grupe). Najznačajniji aditiv treće grupe jest inhibitor korozije, a depresant stiništa i inhibitor kristalizacije leda u gorivu su predstavnici četvrte grupe.

Aditivi za poboljšanje motornih svojstava goriva

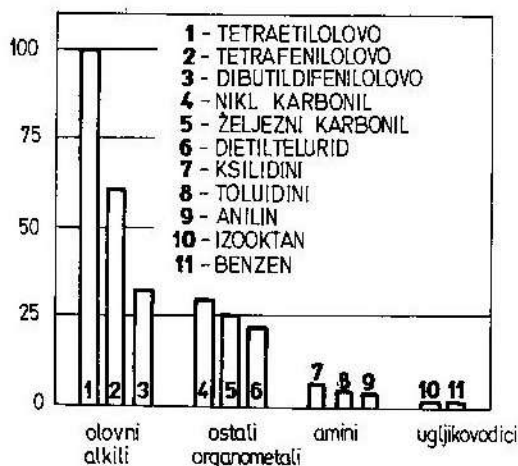
Antidetonatori

Antidetonatori se dodaju u motorne benzine, jer se time na najjeftiniji način povećava njihov oktanski broj. Općenito, postoje tri vrste spojeva ko-

Sastav tetraetilolovnog fluida [9]

	% mas.
Tetraetilolovo	61,49
1,2 — dibrometan	17,86
1,2 — diklorektan	18,81
boja	1,84

je se mogu koristiti kao antidetonatori: 1 — ugljikovodici, sa prirodno visokim oktanskim brojem, 2 — aromatski amini i 3 — organometalni spojevi [4, 5, 6]. Efikasnost nekih spojeva iz navedenih grupa prikazana je na slici 1.



Sli. 1 Relativna efikasnost različitih antidetonatora [6]

Upotreba amina kao antidetonatora ograničena je samo na neke vrste benzina, npr. avionske benzine. Što se tiče ugljikovodika kao aditiva oni su sastavni dio goriva, tako da nemaju svojstva aditiva. Olovni alkili (tetraetilolovo, terametilolovo), željezni karbonili, te karbonili mangana najznačajniji su aditivi iz grupe organometalnih spojeva [1, 7, 8].

Tetraetilolovo (TEO) (C_2H_5)₄ Pb dodaje se u motorni benzin još od 1921, dok je upotreba terametilolova (TMO) (CH_3)₄Pb otpočela znatno kasnije, od 1962. [4]. Vrlo često se olovni alkili dodaju u smjese, budući da takve smjese TEO i TMO pokazuju bolja svojstva od pojedinačnih.

Međutim, olovni alkili se dodaju u benzin u obliku tekućine za etiliziranje, koja sadrži dibrometan, diklorektan i boju u približnom sastavu prikazanom u tabeli 1.

Halogeni ugljikovodici (diklorektan, dibrometan) dodani su u TEO da tokom izgaranja goriva tvore hlapive spojeve s olovom i tako ga eliminiraju iz motora sa ispušnim plinovima. U suprotnom, olovo bi se taložilo u komori motora i sprječavalo normalan rad. Tako, na primjer, neka ispitivanja i proračuni su pokazali [4] da bi se cjelokupni kompresioni prostor napunio olovnim spojevima već nakon 40 sati rada motora. Uz upotrebu halogenih ugljikovodika, tzv. iznosioca, najveći dio olova (oko 95%) izbacuje se iz komore, mada preostalo olovo taloženjem (u obliku oksida) može izazvati prijevremeno zapaljenje smjese (olovni oksidi su toplinski izolatori, te se mogu pregrijati ili čak užariti i izazvati površinsko paljenje smjese). U oštrim uvjetima rada prisutna je pojava prljanja svječiće olovnim spojevima. U takvim uvjetima preporučuje se stavljanje organskih fosfata, na primjer trikrezilfosfata, te nekih spojeva bora, iz grupe glikolborata [1, 9]. Djelovanje tih spojeva objašnjava se time, što nastali kompleksi Pb-P i Pb-B imaju niže temperature početka žarenja od taloga na bazi oksida. Takvi dodaci često se nazivaju modifikatori taloga.

I pored vrlo dobrih antidetonatorskih svojstava, olovni alkili imaju jedan veliki nedostatak — toksični su i štetni za okolinu. Zbog toga se količina olova u benzinima u svim zemljama ograničava i standardima strogo propisuje. Zbog izrazite otrovnosti hlapivih olovnih spojeva u ispušnim plinovima, po-

stoje zahtjevi da se upotreba olova u benzinima zabrani ili smanji na minimum. Današnje stanje sa olovom u benzinima u evropskim zemljama prikazano je u tabeli 2.

Tabela 2

Zemlja	MU sa dodatkom olova [g/l]		Bezolovni MB	
	prem.	reg.	prem.	reg.
SAD	Z	Z	R	R
<i>Članice EEZ</i>				
Belgija	0,15	0,15	RO	RO
Danska	0,15	0,15	R	RO
Grčka	0,15	0,15	RO	—
Irska	0,15	0,40	RO	—
Francuska	0,40	0,40	RO	—
SR Njemačka	0,15	Z	R	R
Italija	0,40	0,40	RO	—
Luksemburg	0,15	0,15	R/RO	—
Nizozemska	0,15	0,15	RO	R
Portugal	0,40	0,40	RO	—
Španjolska	0,40	0,40	RO	—
Engleska	0,15	0,15	RO	—
<i>Ostale evropske zemlje</i>				
Austrija	0,15	Z	RO	R
Finska	0,15	0,15	RO	—
Norveška	0,15	Z	RO	—
Švedska	0,15	Z	R	—
Švicarska	0,15	Z	R	—
Jugoslavija	0,60	0,60	R	—

- R — raspoloživ
 RO — raspoloživost ograničena
 Z — zabranjen
 — — nije raspoloživ

Iz podataka u tabeli 2 uočava se da su mnoge zemlje smanjile količinu olova u motornim benzinima na 0,15 g Pb/l,

te da su neke zemlje zabranile upotrebu regular-benzina. Za razliku od Evrope, u SAD je upotreba olova u benzinima zabranjena [11, 12, 13].

Ostali organometalni antide-tonatori

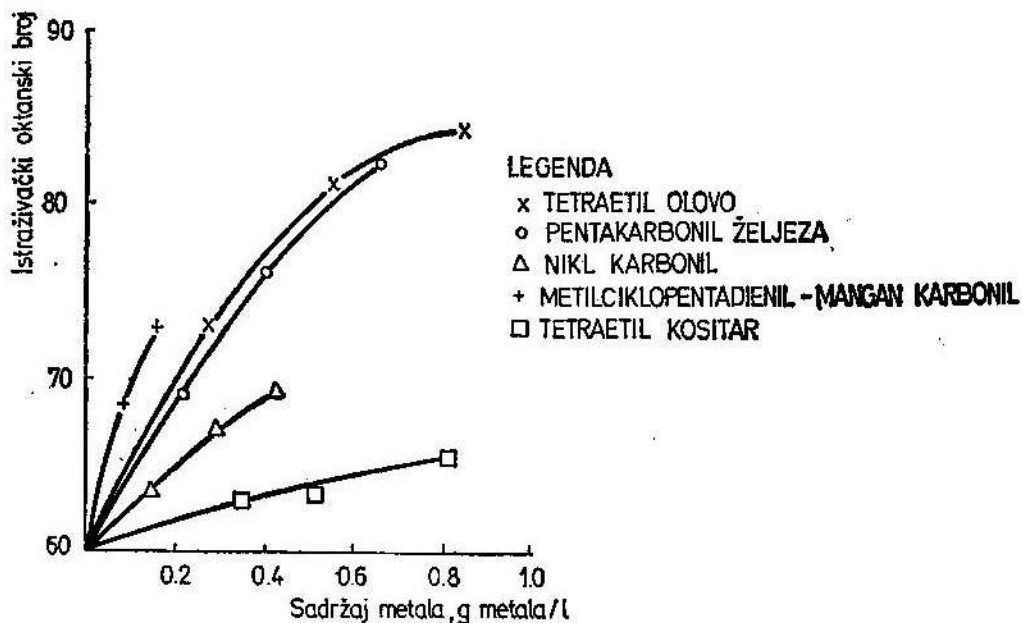
Uporedo sa korištenjem TEO i TMO kao antide-tonatora vršeni su mnogi pokušaji otkrivanja spojeva koji će imati ista ili bolja svojstva. Eksperimentiralo se sa mnogim spojevima mangana, željeza, bakra, talija, cerija, nikla, selena, kositra, kobalta, molibdena, vanadija i titana [1, 14].

Međutim, i pored dobrih antide-tonatorskih svojstava, većina tih spojeva nema komercijalnu upotrebu, neki zbog visokih cijena (kobalt, molibden, vanadij, titan, ...), a drugi zbog štetnog utjecaja tokom rada motora (željezo, nikal, kositar). Na slici 2 prikazani su neki od navedenih spojeva, odnosno njihov utjecaj na povećanje oktanskog broja.

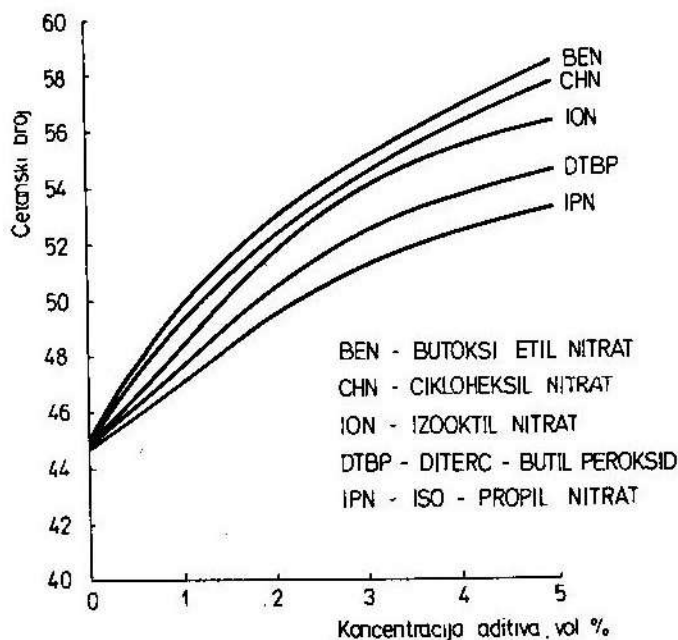
Aditivi za poboljšanje cetanskog broja

Cetanski broj označava lakoću samozapaljivosti goriva, odnosno lakoću stvaranja slobodnih radikala u gorivu. Da li će se gorivo lakše ili teže paliti ovisi, uglavnom, o kemijskom sastavu goriva (uz uvjet da nisu temperature okoline suviše niske). Tako na primer, više aromatskih ugljikovodika u gorivu uzrokovat će teže samopaljenje takvog goriva (zbog visoke stabilnosti aromata).

Najjednostavniji način povećanja zapaljivosti dizelskog goriva jeste dodavanje kemijskih tvari koje su poznate kao poboljšavači cetanskog broja. Ispitivan je veći broj različitih spojeva (alkil nitrati, eter nitrati, dinitrati polietilen glikola, te neki peroksidi). Međutim, alkil-nitrati ispoljili su najbolja



Sl. 2 Efikasnost organometalnih antidetonatora [1]



Sl. 3 Utjecaj koncentracije različitih aditiva na povećanje cetanskog broja [1]

svojstva [1, 15]. Utjecaj nekih aditiva iz grupe alkil-nitrata na porast cetanskog broja prikazan je na slici 3.

Osnovno svojstvo alkil-nitratnih aditiva jest njihova termička nestabilnost koja se manifestira laganim kidanjem RO—NO₂ veze, već iznad 115°C, te nastankom velikog broja slobodnih radikala — centara samozapaljenja goriva.

Aditivi za povećanje stabilnosti goriva pri skladištenju, transportu i primjeni

U ovu grupu uvrštavaju se oni spojevi koji mogu direktno ili posredno kočiti, odnosno usporavati reakcije oksidacije u gorivima. Najznačajniji aditiv iz grupe neposrednog djelovanja jest antioksidant, a iz grupe indirektnog djelovanja deaktivator metala. Napokon, ovdje pripadaju i aditivi stabilizatori — disperzanti.

Antioksidanti

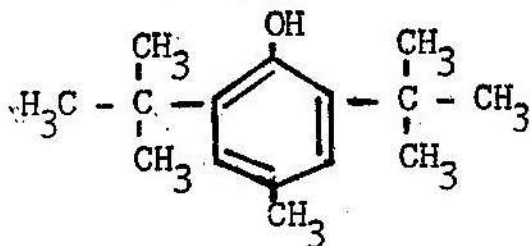
Proizvodnjom visokokvalitetnih komponenata goriva postupcima sekundarne prerade nafte, naročito katalitičkim krekningom i pirolizom, javlja se sve više olefinskih ugljikovodika, sumpora, kisika i dušika sklonih bržim reakcijama oksidacije i procesima polimerizacije, esterifikacije i kondenzacije. Kao konačni produkti takvih lančanih reakcija nastaju talozi (smole, gume) različite konzistencije.

Takve pojave su intenzivnije tokom dužeg skladištenja goriva, što je izrazito prisutno u JNA. Nastale gume u gorivu ispoljavaju negativan utjecaj na rad motora. Talože se na dnu rezervoara za gorivo, dovodnim sistemima, u rasplinjaču, te na tijelu usisnih ventila. Antioksidanti su tvari koje neposredno koče reakcije oksidacije, na način da blokiraju autokatalitičko djelovanje pe-

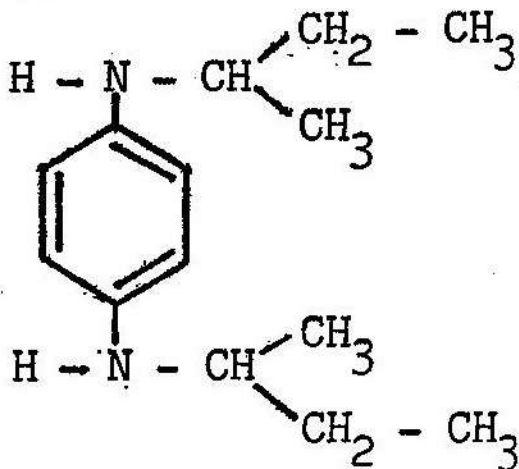
roksida i hidroperoksida [1, 16]. Najčešće su građeni na bazi fenola i aromatskih amina [1, 5, 16]. Dodaju se gorivima u malim količinama, 0,2 do 0,8 mas^oo.

Najpoznatiji antioksidanti su:

— N,N' — disec — butil — p — fenilendiamin

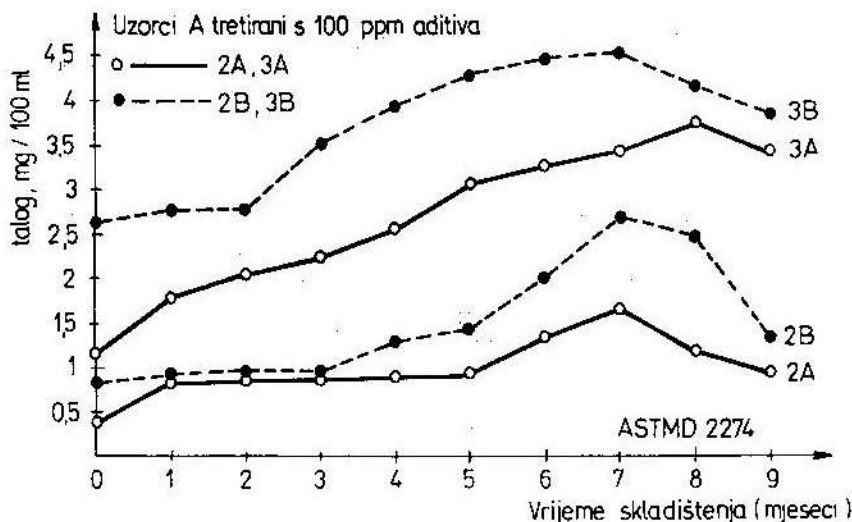


— 2.6 — diterc — butil — 4 — metilfenol



Značajno je da antioksidanti nemaju utjecaja na već nastalu, tzv. postojeću gumu. Efekti dodavanja aditiva na stabilnost različitih uzoraka goriva prikazani su na slici 4.

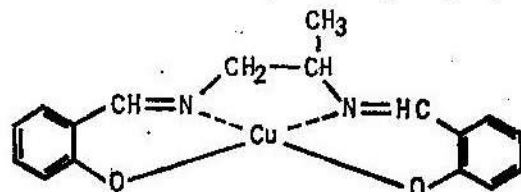
Sa slike 4 se vidi da su manje stabilna ona goriva koja imaju veću količinu sekundarnih komponenata (3A i 3B) i/ili koja nisu tretirana aditivima (3B).



Sl. 4 Usporedba efikasnosti aditiva B na dva tipa uzoraka (2A, 2B, 3A, 3B) [17]
 uzorak 2: D2 gorivo s 10% sekundarne komponente (koking lako plinsko ulje)
 uzorak 3: D2 gorivo s 20% sekundarne komponente (koking LPU i katalitičko LPU)

Deaktivatori metala

Deaktivatori metala dodaju se gorivima (naročito benzinima, i to u količini od 5—12 ppm [1]), uvijek u smjesi sa antioksidantima radi sprječavanja katalitičkog djelovanja iona teških metala, prvenstveno bakra, koji već u malim koncentracijama — u tragovima, pospješuju oksidacijske promjene i nastajanje taloga i smola. Bakar ulazi u goriva na različite načine, najčešće kontaminacijom iz rafinerijskih postrojenja, odnosno u transportu, skladištenju i primjeni. Ako se u benzinu nalazi i neki alkohol, koncentracija tragova metala bit će veća usljed većeg otapanja



Sl. 5 Bakarni helatni kompleks [1]

metala u takvoj smjesi. Najviše korišteni aditiv deaktivator metala jest:

— N,N' — disaliciliden — 1,2 — propandiamin,

koji metale odstranjuje u obliku čvrsto vezanih kompleksa, tzv. helatnih spojeva [1, 3]. Jedan takav bakarni helatni kompleks prikazan je na slici 5.

Stabilizatori — disperzanti

Ovi aditivi dodaju se prema potrebi gorivima za koja se predviđa duže skladištenje, a sklona su tvorbi netopivih produkata. Prvenstveno se odnosi na teža goriva, dizelska i kotlovska, ako je u njima povećan sadržaj sumpornih i nezasićenih spojeva.

Po pravilu, disperzanti pripadaju grupi površinsko aktivnih tvari. Djelovanje im se zasniva na sprječavanju koagulacije i sljepljivanja netopivih čestica taloga. Po svom kemijskom sastavu mogu biti:

- soli sulfonskih kiselina,
- alifatski alkilamini, i
- polarni polimeri.

Spojevi prve grupe su barijevi i kalcijevi sulfonati, a treće grupe polimeri dietilaminoetilmetakrilat, te kopolimer dodecilmetakrilat.

Aditivi za smanjenje štetnog utjecaja goriva na uređaje i mehanizme

Aditivima ove grupe pripadaju tvari koje mogu smanjiti negativan utjecaj goriva na uređaje i mehanizme s kojima oni dolaze u dodir tokom skladištenja, transporta, manipulacije i primjene

Najvažniji su:

- inhibitori korozije,
- aditivi za sprečavanje nastanka taloga — detergents.

Aditivi protiv korozije

Korozija je nepoželjna pojava koja se često javlja u skladišnim rezervoarima, naftovodima, cisternama, kao i automobilskim rezervoarima. Izazivaju je produkti oksidacije goriva, te različiti sumporni spojevi, prvenstveno merkaptani. Agresivno djelovanje goriva pospješuje mala količina vode, koja dospjeva u gorivo kondenzacijom i/ili kontaminacijom. Mala količina vode i otopljeni zrak ubrzavaju procese elektrokemijske korozije metalnih površina. Inhibitori korozije se dodaju u goriva da spriječe takve procese, a djeluju na jedan od slijedećih načina:

- kao površinsko aktivne tvari uz tvorbu zaštitnih slojeva na površini metala;
- kao tvari koje kemijski neutraliziraju štetno djelovanje kiselih produkata;
- kao tvari koje kemijskom reakcijom sa metalnom površinom tvore na njoj stabilni zaštitni sloj.

U prvom i trećem slučaju aditivi djeluju kao barijera koja spriječava direktni dodir metala i agresivnih čestica.

Svojstvo inhibicije korozije ispoljava čitav niz različitih spojeva, no najviše korišteni su kalcijevi ili amonijevi sulfonati, amini, esteri i soli aminskih kiselina. Dodaju se u količini 5—50 ppm [1].

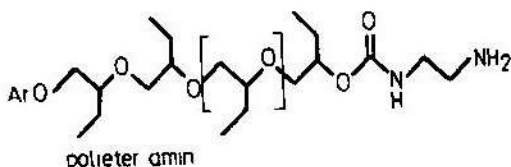
Aditivi detergenti

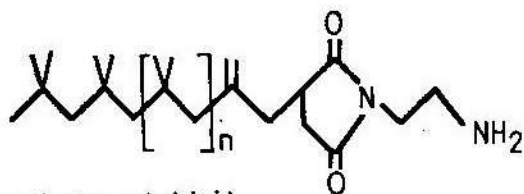
Aditivi za spriječavanje nastanka taloga uglavnom se dodaju dizelskim gorivima sa povišenim sadržajem sumpora, ali i motornim benzinima. Kod benzinskih motora talozi se najčešće nakupljaju na pojedinim dijelovima rasplinjača, na primer, na stjenkama u suženom dijelu rasplinjača, kao i na površinama leptirića za snagu. Kod dizelovih motora, kritično mjesto sakupljanja taloga jest područje oko brizgaljki. Rezultat pojave taloga kod jednih i drugih motora jest lošije izgaranje, pad snage, povećanje potrošnje goriva, povećanje trošenja dijelova motora, te lošija slika ispuha.

Uloga aditiva detergenata jest u tome da kritične dijelove motora zaštiti, odnosno smanji izdvajanje taloga u sistemu.

Mehanizam njihovog djelovanja nije u potpunosti razjašnjen, no smatra se da se polarne grupe iz aditiva vežu na metalnu površinu, gradeći jedan tanki sloj, koji ne dozvoljava nakupljanje čestica taloga na tim površinama. Djelotvorni su u količinama od 20 do 60 ppm.

Po svom kemijskom svojstvu pripadaju aminima, amidima, amidozolima, a vrlo često jesu polimerne strukture. Na primjer:





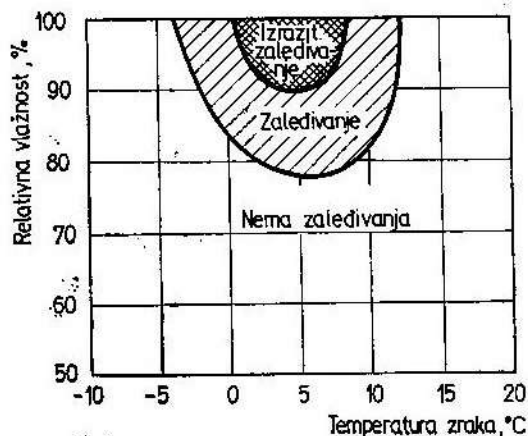
polibuten sukcinimid

Aditivi koji obezbeđuju primjenu goriva na niskim temperaturama

Ovoj grupi pripadaju aditivi koji smanjuju teškoće primjene goriva na niskim temperaturama. To su protiv zaleđivanja rasplinjača, depresanti stiništa, te aditivi protiv stvaranja kristalića leda u gorivu.

Aditivi protiv zaleđivanja rasplinjača

Zaleđivanje rasplinjača je neugodna pojava koja je vezana uz određene klimatske uvjete (javlja se u jesen i proljeće — visoka relativna vlažnost zraka i određene temperature okoline), slika 6, te nezagrijani motor.



Sl. 6 Klimatski uvjeti za pojavu zaleđivanja rasplinjača [1]

Očituje se u nepravilnom radu ili, čak, prekidu rada motora u periodu zagrijavanja. Nastaje uslijed pothlađivanja tokom isparavanja najlakše hlapi-

vih komponenata benzina. Na pothlađenim dijelovima motora iz usisanog zraka kondenzuje se vodena para i izdvajaju kristalići leda koji se u obliku inja nakupljaju, naročito na površini difuzora i oko zaklopke za snagu. Rezultat je poremećeno strujanje zraka, nepotpuno sagorijevanje i nemiran rad motora, uz veliku vjerojatnost prekida rada, te povećanu potrošnju goriva i povećanu emisiju ugljičnog monoksida i djelomično ili potpuno nesagorjelih ugljikovodika [18, 19].

Postoje dva tipa aditiva protiv zaleđivanja: oni koji snižavaju temperaturu smrzavanja i površinsko aktivni aditivi. Sojevi prve grupe su različiti alkoholi topivi u vodi (najefikasniji izopropil alkohol i dipropilenglikol), a aditivi druge grupe su po mehanizmu djelovanja vrlo slični inhibitorima korozije. Od ostalih treba izdvojiti imidazoline, te soli karboksilnih kiselina.

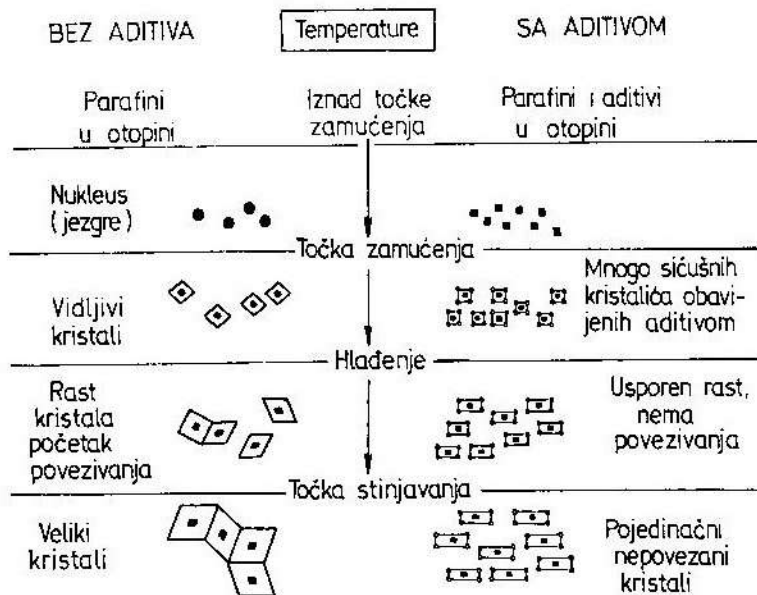
Dodaju se u količini 0,1 do 1,0 vol %.

Depresanti stiništa

Dizelska goriva s visokim sadržajem parafinskih ugljikovodika (30% i više) sklona su, pri niskim temperaturama, izdvajanju tih ugljikovodika, prvenstveno sa višim molekularnim masama, na filtrima i vodovima za gorivo u obliku kristala, koji ometaju ili prekidaju protok goriva i remete normalan rad motora. Opsežnija ispitivanja ponašanja dizelskih goriva na niskim temperaturama vršena su posljednjih dvadesetak godina. Razrađena je posebna laboratorijska metoda ispitivanja tzv. filtrabilnosti ili tačke začepljenja hladnog filtra (engleski Cold Filter Plugging Point — CFPP).

Radi poboljšanja svojstava tečenja dizelskih goriva u uvjetima niskih temperatura upotrebljavaju se aditivi, koji se dodaju gorivima u vrlo maloj količini, približno 0,01 do 0,1 mas% [20].

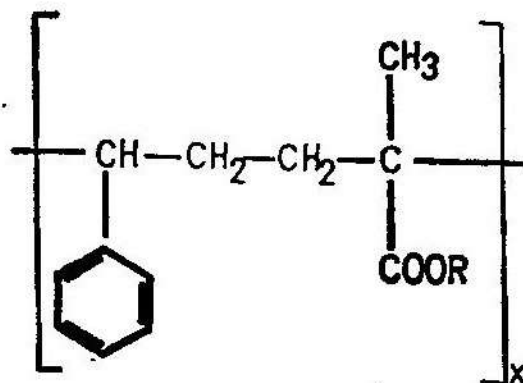
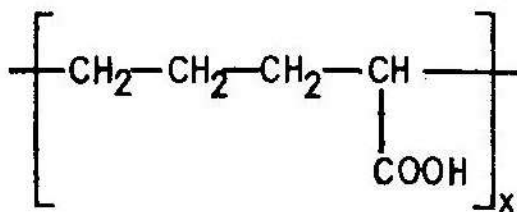
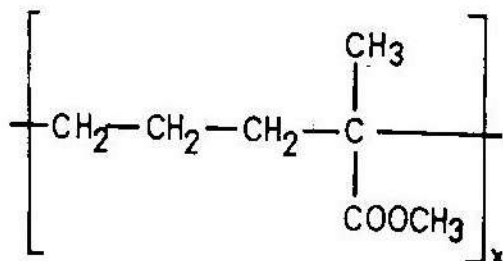
Mehanizam djelovanja tih aditiva prikazan je na slici 7.



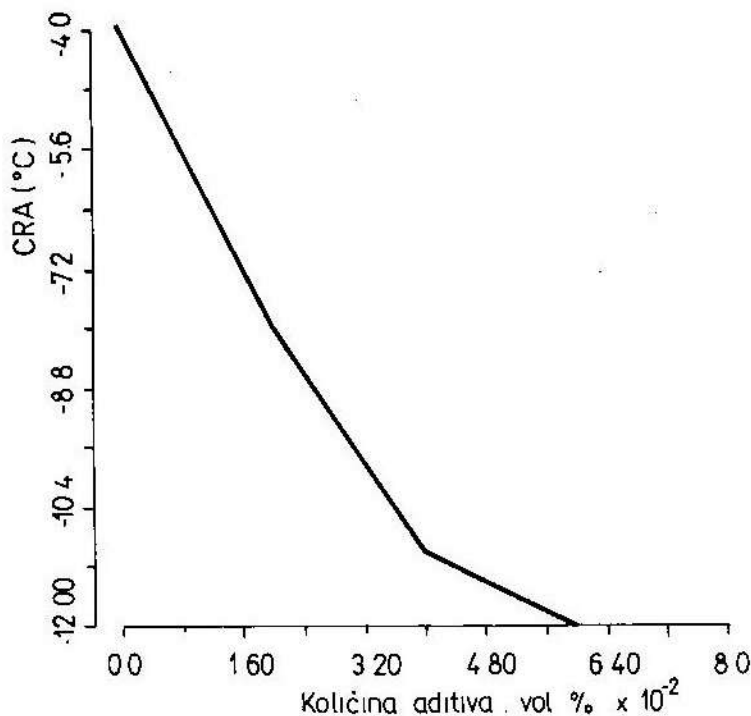
Sl. 7 Mehanizam djelovanja aditiva depresanta stinjšta [1]

U osnovi, njihovo djelovanje se svodi na spriječavanje nakupljanja kristala parafina oko početnih kristala, tzv. nukleusa, a to postižu adsorpcijom na površinu kristala, uslijed čega se stvara električki dvosloj, te se čestice ne mogu združivati i dalje rasti. Iz toga slijedi da aditivi nemaju nikakvog utjecaja na ukupnu količinu izdvojenih parafina i na formiranje nukleusa kristalizacije; oni jedino sprečavaju njihov rast.

Aditivi ove grupe su, uglavnom, sintetski proizvodi, među kojima prevladavaju polimeri i kopolimeri. Na primjer:



Efekti djelovanja eten-vinilacetata na filtrabilnost D2 goriva prikazani su na slici 8.



Sl. 8 Utjecaj koncentracije aditiva na tačku filtrabilnosti D2 goriva [20]

Aditivi protiv nastajanja kristala leda u gorivu

Ovi aditivi dodaju se isključivo u goriva za pogon motora u vazduhoplovima. Naime, u gorivima za mlazne motore, kod neke dovoljno niske temperature dolazi do izdvajanja kristala leda iz kondenzovane vlage iz goriva. Posljedica takvog stanja jest otežano strujanje goriva, te začepljenje kanala i filtera. Prekoračenjem neke kritične temperature može doći i do potpunog prekida dobave goriva, prestanka rada motora i havarije vazduhoplova.

Djelovanje aditiva protiv stvaranja leda osniva se na miješanju aditiva i vode iz goriva, pri čemu novonastala smjesa ima izrazito nisku temperaturu kristalizacije. Kao aditivi koriste se različiti alkoholi: izopropil-alkohol, tetra, penta, i hekso -etilenglikol, te metil i etil ester etilenglikola.

Jedan od najčešće korišteni je tzv. celosolv-monoetil ester etilenglikola.

U koncentraciji od 0,1 do 0,3 mas% taj se aditiv pokazao uspješnim za različite uvjete primjene goriva za zračno-reaktivne motore.

Ostali aditivi za goriva

Osim navedenih aditiva gorivima se dodaju i drugi: boje i markeri, protiv nakupljanja statičkog elektriciteta, za neutralizaciju nepogodnih mirisa, i drugi.

Boje i markeri

Bojenje naftnih proizvoda radi identifikacije provodi se već dugi niz godina. Tako, na primer, praškaste boje prve generacije, poznate kao »sudan

orange R« otkrivene su još 1877. Najpoznatiji primjer upotrebe boja jest lako loživo ulje koje se boji u crveno, da bi se razlikovalo od dizelskog goriva. Međutim, dodavanje samo boje nije dovoljna mjera zaštite. Zato se dodaju posebni spojevi, nazvani markeri, čije prisustvo nedvojbeno dokazuje da je u dizelsko gorivo protupropisno dodano jeftinije lako loživo ulje. Boje i markeri moraju se odlikovati dobrom topivošću u gorivu, a vrlo slabom topivošću u vodi, te neutralnošću prema ostalim svojstvima goriva. Po svojoj kemijskoj građi spadaju u grupu azo-boja. Tako, na primer, kao crvena boja najčešće se koriste metilderivati azobenzena, kao »sudan red 380« [21], plava — alkilderivati antrakinona, kao »sudan blue«, te zelena — dimetilaminoazo benzen.

Kao markeri najpoznatiji su furfural, kinizarin — derivat antrakinova, difenilamin, te kumarin. Djelotvorni su u koncentraciji 2—10 ppm [1, 21].

Aditivi antistatici

Tekuća naftna goriva, ukoliko u njima nema vode, električki su izrazito nevodljivi medij. Ako se takav medij miješa i pokreće, što se događa pri pretakanju i transportu, odnosno upotrebi goriva, doći će do nakupljanja statičkog elektriciteta. Ukoliko količina elektriciteta prijeđe neku kritičnu granicu lagano dolazi do elektrostatičkog izbijanja, odnosno do požara ili eksplozije.

Ta pojava naročito je moguća, kod mlaznih motora i goriva. Postoje dvije mogućnosti spriječavanja tih neugodnosti: obavezno uzemljenje, te primjena aditiva. Antistatici su tvari koje povećavaju električnu vodljivost goriva. U pravilu su to organometalni spojevi, a najčešće se koriste oleat mangana, kalcijev alkilsalicilat, te neki salicilati kroma, [1]. Dodaju se u vrlo maloj ko-

ličini, obično od 1—3 ppm. Važno je napomenuti da antistatici nikako ne isključuju potrebu ispravnog uzemljenja uređaja.

Aditivi za neutralizaciju neugodnih mirisa

Neke komponente za namješavanje goriva imaju vrlo neugodan miris koji potječe, uglavnom, od merkaptana. Pojava je vrlo neprijatna, naročito ako dođe do prolijevanja većih količina goriva sa takvim komponentama. Stoga se u rafinerijama već dugo dodaju aditivi za neutralizaciju neprijatnih mirisa.

Najčešće korišteni aditiv jest vanilin (4-hidroksi -3- metoksi-benzaldehid). Obično se dodaje u količini 10—100 ppm [1], što je dovoljno da se potpuno neutralizira neugodni miris goriva.

Zaključak

Sve oštiri radni uvjeti motora, zahtijevaju i goriva određenog, po pravilu, vrlo visokog kvaliteta, koji se postiže, uglavnom, primjenom aditiva, kojih ima u gorivima toliko da neki već ispoljavaju i antagonistička svojstva, tj. jedan aditiv nepovoljno utiče na druge, odnosno poništava učinke drugog aditiva.

Radi racionalizacije upotrebe aditiva, u posljednje vrijeme vrše se značajna ispitivanja u pravcu iznalaženja multifunkcionalnih aditiva za goriva. Osim što mora poboljšati istovremeno više motornih svojstava goriva, takav aditiv neminovno mora uključivati još dva, danas, izrazito važna svojstva: osiguranje zaštite čovjekove okoline, te produženje vijeka rada motora.

- [1] Owen K.: »Gasoline and Diesel Fuel Additives«, John Wiley and Sons, Chichester, 1969, ix, 53, 56, 128, 127, 10, 128, 19, 12, 14, 131.
- [2] Fuel Additives: »Keys to Quality, Distribution and Performance«, Automotive Engineering, 1985, 93 (10), 88—94, prema:
Tupa, R. C., Dorer, C. J.: »Gasoline and Diesel Fuel Additives for Performance (Distribution) Quality«, SAE Paper 841211 (SP-803), 1985.
- [3] Guthrie V. B.: »Petroleum Products Handbook«, Mc Grow-Hill Book Company, New York, 1960, 2—1, 2—7, 2—9.
- [4] Radovanović M. R.: »Pogonske materije, I dio — Goriva«, Mašinski fakultet Univerziteta Beograd, 1978, 210, 211.
- [5] Killev A. M.: »Himijska i tehnologija prisadok k maslam i toplivama«, Himija, Moskva, 1972, 309, 312.
- [6] Bland W. F., Davidson, R. L.: »Petroleum Processing Handbook«, Mc Grow-Hill Book Company, New York, 1967, 11—18.
- [7] Gruse W. A.: »Motor Fuels, Performance and Testings«, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1967, 31.
- [8] Maček I.: »Primjena pogonskih sredstava, I dio«, TSC KoV JNA, Zagreb, 1978, 83.
- [9] Prohaska B.: »Tehnologija prerade nafte«, CVTS KoV JNA »General armije Ivan Gošnjak«, Zagreb, 1987, 149, 150.
- [10] Prohaska G., Cuculić B., Grubješić D., Vrbanić Z.: »Kvaliteta proizvoda naftno-petrokemijske industrije u svijetlu propisa o zaštiti okoline«, u: Zborniku radova sa Savjetovanja o zaštiti okoliša u INI, INA Zagreb, 1989, 18—39.
- [11] Prpić — Majić D.: »Motorni benzin s olovom i apsorpcija olova u stanovnika urbanog područja«, Goriva i maziva, 1986, 25 (1—2), 13—20.
- [12] Larbey R. J.: »Kretanje direktiva o »olovu« i »emisijama« u evropskoj zajednici«, Rad prezentiran na simpoziju JUGOMA, Poreč, 1985, (I C/3), JUGOMA, Zagreb, 1985, br. 133.
- [13] Gething R. J.: »Olovo u okolišu i njegovo djelovanje na zdravlje«, Rad prezentiran na simpoziju JUGOMA, Pula, 1989., (1/9), JUGOMA, Zagreb, 1989., br. 176.
- [14] Gureev A. A.: »Primenjene automobilnih benzinova«, Himija, Moskva, 1972., 130.
- [15] »Diesel Fuel Quality and its Relationship with Emissions from Diesel Engines«, CONCAWE Report, No. 10/87, The Hague, 1987., 14.
- [16] Čertkov J. B.: »Motornije topliva«, Nauka, Novosibirsk, 1987, 128, 131.
- [17] Milnović I., Krizmanić A.: »Ubrzati test stabilnosti srednje desilatnih goriva uz primjenu aditiva«, Goriva i maziva, 1988, 27 (1—2), 49—61.
- [18] Sturgis B. M.: »Additives in Petroleum Fuels — A Decade of Progress«, Simpozij »A Decade of Progress in Petroleum Chemistry« Chicago, 1961., A-59.
- [19] Schwartz E.: »Multifunkcionalni aditivi za motorne benzine«, Rad iznesen na simpoziju JUGOMA, Dubrovnik, 1981., JUGOMA, Zagreb, 1981., br. 55.
- [20] Živković D.: »Utjecaj aditiva na sniženje temperature filtrabilnosti dizelskog goriva D2«, diplomski rad, VVTS KoV JNA, Zagreb, 1987., 18.
- [21] Senninger R.: »Boje i markeri u naftnoj industriji«, Rad prezentiran na simpoziju JUGOMA »Pula«, 1989., (II/10), JUGOMA, Zagreb, 1989., br. 187.

Uvod

Tehničko održavanje tehničko-materijalnih sredstava (TMS) jeste vid održavanja koji ima cilj da se planski i organizovano primene preventivni postupci i radovi, utvrde i otklone neispravnosti na TMS [1].

Pod tehničkim održavanjem zaštitne maske u eksploataciji podrazumeva se vršenje tehničkog pregleda koji obavljaju organi stručno osposobljeni i opremljeni odgovarajućim instrumentima za taj posao. Propisane aktivnosti tehničkog pregleda su [2]:

- vizuelni pregled kompletnosti i ispravnosti zaštitne maske;
- provera hermetičnosti obrazine zaštitne maske;
- merenje otpora cedila zaštitne maske.

Predviđenom metodologijom i uređajima za obavljanje tehničkog pregleda zaštitne maske nije moguće u potpunosti dati odgovor na pitanje tehničke ispravnosti zaštitne maske u eksploataciji. Zbog nepostojanja kriterijuma za ocenu tehničke ispravnosti zaštitne maske vizuelnim pregledom, u eksploataciji se zadržavaju tehnički neispravne maske ili se za rashod izdvajaju maske koje se aktivnostima tehničkog održavanja mogu dovesti u ispravno stanje.

Cilj ovog rada je pokušaj da se definišu aktivnosti, kriterijumi i uslovi za obavljanje tehničkog pregleda zaštitne maske u eksploataciji.

Definisanje aktivnosti tehničkog pregleda zaštitne maske

Pored propisanih aktivnosti tehničkog pregleda zaštitne maske u eksploataciji, neophodno je dopuniti aktivnosti tehničkog pregleda instrumentalnim proverama ispravnosti kritičnih elemenata zaštitne maske.

S obzirom na to da pri realnim uslovima eksploatacije zaštitne maske dolazi do povreda velikog broja cedila, potrebno je proveriti i hermetičnost cedila u okviru tehničkog pregleda zaštitne maske.

Mnoga dosadašnja istraživanja ukazuju na značajnu propustljivost ventila izdisanja, te je u aktivnosti tehničkog pregleda zaštitne maske potrebno uvrstiti i proveru hermetičnosti i merenje otpora ventila izdisanja.

Prema tome, neophodne aktivnosti tehničkog pregleda zaštitne maske u eksploataciji su:

- a) vizuelni pregled kompletnosti i ispravnosti zaštitne maske;
- b) provera hermetičnosti obrazine zaštitne maske;

c) merenje otpora cedila zaštitne maske;

d) provera hermetičnosti cedila zaštitne maske;

e) provera hermetičnosti ventila izdisanja;

f) merenje otpora ventila izdisanja.

Kriterijumi za vizuelni pregled zaštitne maske

Na osnovu višegodišnjih istraživanja predlažu se kriterijumi za ocenu ispravnosti zaštitne maske vizuelnim pregledom, odnosno kriterijumi na osnovu kojih se elementi zaštitne maske odvajaju za rashod kao tehnički neispravni.

Mane zbog kojih se delovi zaštitnih maski M-1 i M-2 (ZM M-1 i ZM M-2), odvajaju za rashod:

a) telo obrazine i nosni umetak:

- probušena ili zasečena guma,
- naprsila ili ispucala guma,
- lepljiva guma;

b) delovi nosača ventila izdisanja:

- lepljiva ili pokidana zaštitna kapa (za ZM M-1),
- pokidana žica za utvrđivanje (za ZM M-1),
- lepljiva traka ne lepi (za ZM M-1),
- deformisana zaštitna kapa (za ZM M-2),
- plastična obujmica pukla ili se ne može učvrstiti (za ZM M-2);

c) delovi nosača cedila i ventila udisanja:

- oštećen navoj,
- oštećen ili dotrajao gumeni zaptivač,
- oštećen ili dotrajao ventil udisanja,
- pokidana žica za utvrđivanje (za ZM M-1),

— lepljiva traka ne lepi (za ZM M-1),

— plastična obujmica pukla ili se ne može učvrstiti (za ZM M-2);

d) naočare:

- razbijeno staklo,
- deformisani okviri,
- oštećena boja okvira više od 50% površine (za ZM M-1),
- okviri se ne mogu učvrstiti (za ZM M-2);

e) elastične trake:

- pokidane ili iskrzane trake;

f) cedilo:

- izbušeno cedilo,
- ulubljeno na više od 10% površine u predelu poklopca cedila,
- ulubljeno na više od 200 mm² površine i dubine 2 mm u delu tela cedila,
- oštećen navoj na grlu cedila,
- deformisana unutrašnjost cedila,
- oštećena boja više od 50% površine;

g) poklopac cedila:

- deformisan ili oštećen navoj,
- nedostaje, oštećen ili dotrajao gumeni zaptivač;

h) gumeni zapušač:

- oštećen ili dotrajao zaptivni deo zapušača,
- pokidan ispust za vezivanje kapa;

i) torbica:

- oštećeno telo torbice površine veće od 1000 mm²,
- nemogućnost zakopčavanja poklopca torbice, uprtača ili pojasne trake,
- pokidan uprtač ili pojasna traka;

j) pribor:

- dotrajale krpice.

Sve navedene mane, sa stanovišta funkcionalnosti zaštitne maske u celini, ne pripadaju grupi kritičnih mana, ali, posmatrano parcijalno, po elementima zaštitne maske, uočene mane predstavljaju kritične mane za funkcionalnost pojedinog elementa zaštitne maske.

Definisanje uslova za ispitivanje tehničke ispravnosti zaštitne maske u eksploataciji uređajima za proveru elemenata zaštitne maske

U zvaničnim dokumentima, dostupnim izvršiocima tehničkog pregleda zaštitne maske u eksploataciji, nisu dati jedinstveni uslovi pod kojima se vrši tehnički pregled zaštitne maske.

Na osnovu višegodišnjih istraživanja realnih mogućnosti uređaja kojima se vrši tehnički pregled zaštitne maske, a kojima JNA raspolaže, s tim da su pogodni za široku upotrebu, predlažu se uslovi i uređaji kojima se ispituje tehnička ispravnost elemenata zaštitne maske u eksploataciji:

a) provere hermetičnosti obrazine zaštitne maske vrši se uređajem U-

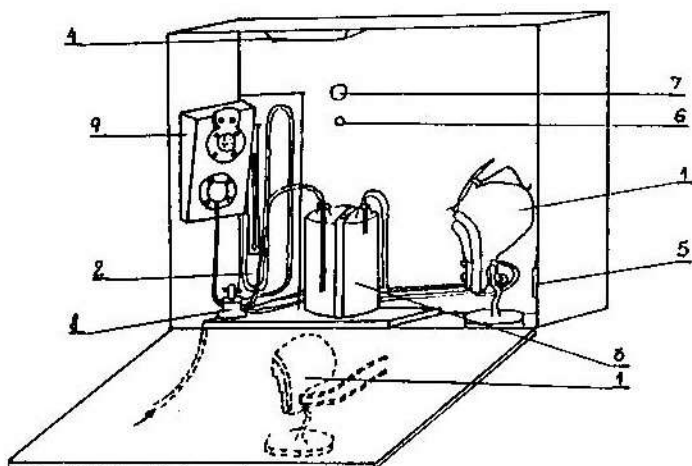
-HOM (slika 1), tako da pri natpritisku smeše vazduha i amonijaka u obrazini od 1200 Pa ne sme biti propuštanja u vremenu od 60 sekundi;

b) otpor cedila zaštitne maske meri se kontrolnim aparatom AWP-75 (slika 2), pri protoku vazduha od $0,5 \text{ dm}^3/\text{s}$. Otpor cedila ne sme biti veći od 220 Pa;

c) provera hermetičnosti cedila zaštitne maske vrši se uređajem za ispitivanje hermetičnosti cedila (slika 3), tako da pod pritiskom vazduha u cedilu od 3000 Pa ne sme biti propuštanja u vremenu od 15 sekundi;

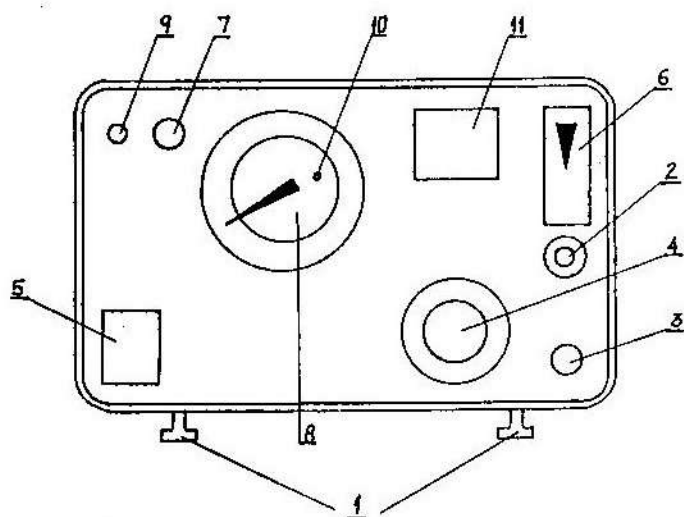
d) provera hermetičnosti ventila izdisanja vrši se uređajem za ispitivanje statičke propustljivosti ventila izdisanja (slika 4). Pri razlici nivoa tečnosti u spojenim posudama od 10 mm statička propustljivost ventila izdisanja ne sme biti veća od 20 Pa u vremenu od 120 sekundi;

e) otpor ventila izdisanja meri se adaptiranim kontrolnim aparatom AWP-75 (slika 5), pri protoku vazduha od $0,5 \text{ dm}^3/\text{s}$. Otpor ventila izdisanja ne sme biti veći od 100 Pa.



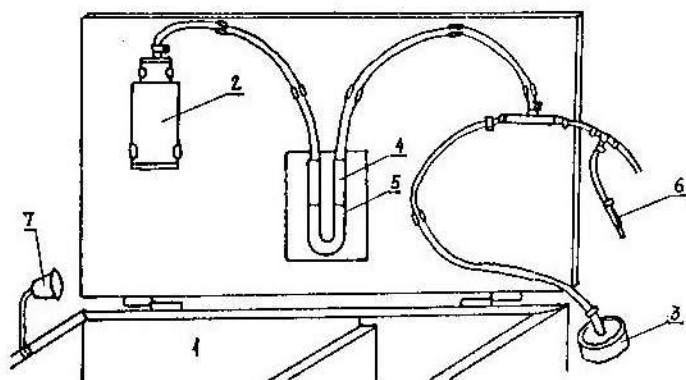
Sl. 1 Uređaj U-HOM za proveru hermetičnosti zaštitne maske:

1 — ispitna glava; 2 — manometar; 3 — boca za bartoriranje; 4 — tacna; 5 — boca sa fenolftaleinom; 6 — gumeni čep; 7 — metalni čep; 8 — razvodni ventil; 9 — ručni meh.



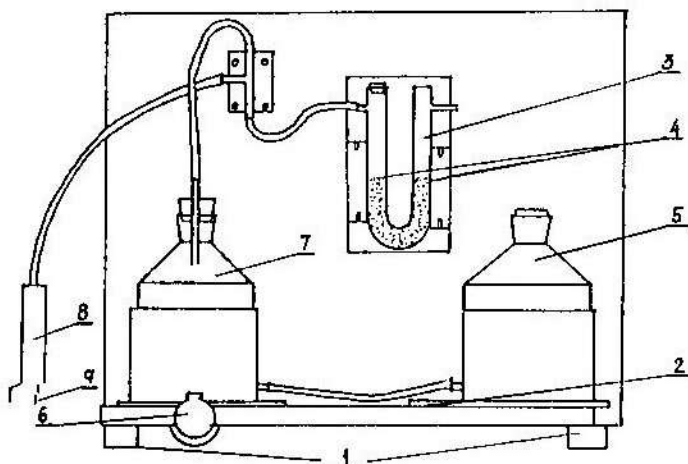
Sl. 2 Kontrolni aparat AWP-75:

1 — zavrtnaj za podešavanje; 2 — libela; 3 — dizna sa standardnim otporom; 4 — priključak za cedilo; 5 — prekidač; 6 — merač protoka vazduha; 7 — regler; 8 — manometar; 9 — kontrolna lampa za motor; 10 — zavrtnaj za korekturu; 11 — rezervni delovi.



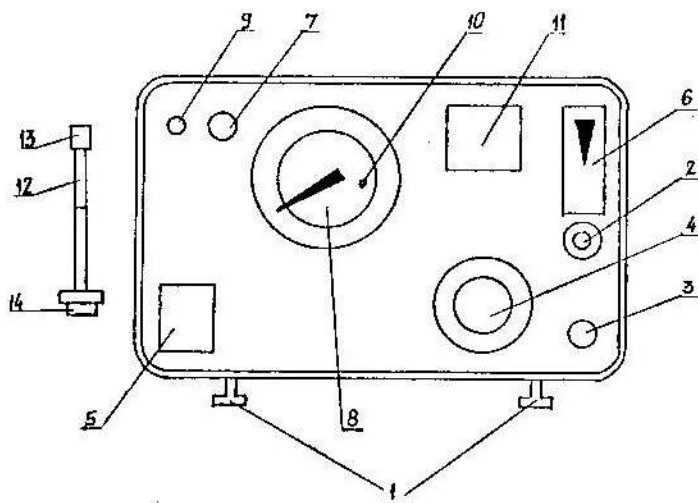
Sl. 3 Uređaj za proveru hermetičnosti cedila:

1 — rezervoar sa vodom; 2 — rezervoar za živu; 3 — nosač cedila; 4 — manometar; 5 — multi položaj u manometru; 6 — ventil za regulisanje natpritisaka u cedilu; 7 — sijalica za osvetljavanje rezervoara sa vodom.



Sl. 4 Uređaj za ispitivanje statičke propustljivosti ventila za izdisanje:

1 — zavrtanj za nivelisanje uređaja; 2 — libela; 3 — manometar; 4 — multi položaj u manometru; 5 — boca s vodom; 6 — mehanizam za podizanje i spuštanje boce; 7 — pokretna boca; 8 — nosač gumenog čepa; 9 — gumeni čep.



Sl. 5 Uređaj za ispitivanje otpora ventila za izdisanje:

1 — zavrtanj za podešavanje; 2 — libela; 3 — dizna sa standardnim otporom; 4 — priključak za cedilo; 5 — prekidač; 6 — merač protoka vazduha; 7 — regler; 8 — manometar; 9 — kontrolna lampa za motor; 10 — zavrtanj za korekturu; 11 — rezervni delovi; 12 — nosač gumenog čepa; 13 — gumeni čep; 14 — dizna.

Zaključak

Na osnovu eksperimentalnih rezultata i analitičke promene, može se zaključiti sledeće:

— s obzirom na to da aktivnosti tehničkog pregleda zaštitne maske u eksploataciji, propisane važećim uputstvima, nisu dovoljne za potrebnu i potpunu ocenu tehničke ispravnosti za-

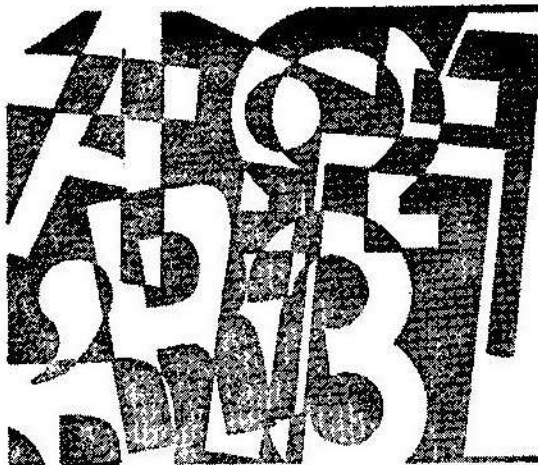
štitne maske, ovim radom predložene su dopune aktivnosti, a postojeće su potpuniye definisane;

— predloženi kriterijumi za vizuelni pregled i uslovi pod kojima se vrši instrumentalni pregled zaštitne maske doprinose podizanju kvaliteta tehničkog održavanja zaštitne maske u eksploataciji na viši nivo.

Literatura:

[1] TU-V, 1 Pravilo tehničke službe, 1979.

[2] TS-V, 3463 Uputstvo za čuvanje i skladištenje tehničkih materijalnih sredstava ABHO, 1971.



prikazi iz inostranih časopisa

Novosti u tehnologijama raketne proizvodnje*)

Raketno naoružanje ostaje osnova stratezijskih napadnih snaga SAD. To je uslovljeno, s jedne strane, dovoljno visokom efikasnošću, a s druge strane — relativno niskom cenom u poređenju sa ostalim komponentama trijade (stratezijski bombarderi i nuklearne raketne podmornice).

Rezultat takve pažnje administracije SAD prema raketnoj tehnici jeste uvođenje u naoružanje u 1986. međukontinentalnih raketa MX u stacionarnoj varijanti baziranja, sprovođenje pripremnih radova za razvijanje 50 raketa tog tipa na vagonskim platformama, a i dalji razvoj programa razvoja mobilnih međukontinentalnih raketa MINITMEN malog gabarita.

Vojni budžet SAD, koji je prema ranije datim podacima iznosio u 1990—1991. oko 300 milijardi dolara, predviđa porast finansiranja razvojnih programa raketnog naoružanja.

Stanje stratezijskog raketnog naoružanja poslednjih godina karakteristično je ne samo po kvantitativnom povećanju, nego i po povećanju kvalitativnih parametara, kao što su borbeni

gotovost, pouzdanost, žilavost, tačnost pogađanja i snaga nuklearnih bojnih punjenja.

Poznato je da je u oblasti stratezijskih napadnih sredstava postignut paritet SAD s SSSR-om.

U tim uslovima veliku ulogu imaju pokazatelji efikasnosti i kvaliteta raketnog naoružavanja, te nivo njegovih borbenih mogućnosti. Njihovo povećanje uslovljeno je napretkom fundamentalne nauke i perspektivnih tehnologija.

Administracija SAD, stabilizirajući čak i delimično smanjujući svoje vojne rashode, ne smanjuje svoje angažovanje u odnosu prema fundamentalnim naučnim istraživanjima i perspektivnim tehnologijama. Nivo finansiranja odgovarajućeg programa može u potpunosti poslužiti kao objektivni pokazatelj njegovog značaja. Sudeći po tome, u bliskoj budućnosti administracija i ministarstvo odbrane SAD usmeravaju glavne snage na postizanje kvalitativnih izmena raketnog naoružanja — istraživanje njegovih novih funkcionalnih mogućnosti.

Usavršavanje raketnog naoružanja usmereno je, pre svega, na povećanje

*) Prema podacima iz časopisa »Tehnika i vooruženje«, 10/1990.

njegove efikasnosti. Borbena efikasnost strategijskih raketa određuje se, pre svega, snagom nuklearnog punjenja i tačnošću pogađanja cilja bojnim blokom.

Neophodno je primetiti da se u američkoj štampi ne pojavljuju saopštenja o razvoju bilo kakvih novih nuklearnih punjenja. Smatra se potpuno verovatnim suštinsko smanjenje nuklearnih ispitivanja, a najposle i njihov potpuni prekid. Takođe, među osnovnim tehnološkim projektima nuklearni nisu prisutni.

U sadašnjim uslovima, perspektive daljeg razvoja nuklearnih bojnih punjenja su veoma problematične. Povećanje efikasnosti na račun povećanja broja bojnih blokova u uslovima ograničenja strategijskog naoružanja praktično je nemoguće. Zbog toga se njeno povećanje povezuje sa povećanjem tačnosti pogađanja i mase bojnog bloka, što, u principu, ekvivalentno povećava njegovu snagu.

Strani stručnjaci smatraju da je sada postignuta tačnost gađanja balističkim bojnim blokovima blizu granica mogućnosti. Ona se određuje veličinom verovatnog kružnog otklona, koji je reda veličine nekoliko desetina metara za savremene rakete MX s inercijalnim sistemom vođenja. Bolja tačnost postignuta je samo blokovima na samonavedenim krilatom raketama, koje, međutim, imaju malu brzinu leta u poređenju sa blokovima na međukontinentalnim balističkim raketama (MBR).

Verovatno je to do nedavno bila jedna od osnovnih prepreka za razvoj samonavedenih blokova za ove rakete.

U inostranoj štampi se govori o razvoju u SAD krilate rakete morskog baziranja, dometa do 5000 km i sa očekivanom tačnošću pogađanja od 1 m. Obezbeđuje je laserski sistem samonavedenja, koji je razvijen u toku dve godine i već je prošao ispitivanja.

U završnoj fazi razvoja tog sistema korišćen je ugljenokiselinski laser. On

se može smatrati dosta usavršenim, s obzirom na to da je istraživao u okviru programa strateške odbrambene inicijative (SOI), što svedoči o udelu koji je imao u razvoju sistema vođenja.

Stabilnost i visoka tačnost laserskog snopa pružaju specijalistima osnovu za tvrdnju da takvi sistemi vođenja mogu biti iskorišćeni i za perspektivne MBR sredinom devedesetih godina. Međutim, i dalje ostaje problem prolaza laserskog snopa kroz plazmu stvorenu oko superbrzog bloka prilikom njegovog kretanja u atmosferi.

Visoka tačnost čini mogućim uništenje stacionarnih ciljeva s visokom inženjerskom zaštitom, blokovima s punjenjima trenutno poznatih snaga.

Pri smanjenju broja blokova na MBR moguća je i zamena nuklearnih bojnih punjenja sa običnim, radi nanošenja udara po nekim grupnim ciljevima.

Nova naučna i konstruktorska dostignuća u oblasti bojnog opremanja MBR u stanju su da utiču na suštinsko povećanje efikasnosti gađanja, koje se karakteriše, na primer, verovatnoćom uništenja jako zaštićenog cilja pri nuklearnoj varijanti opremanja. S druge strane, po mišljenju inostranih stručnjaka, zamena nuklearnog opremanja klasičnim, praktično ne utiče na sniženje efikasnosti zbog kompenzacije sniženja snage punjenja povećanjem tačnosti i mase bloka. Takav prilaz može postati veoma aktuelan u slučaju prekida ispitivanja ili zabrane nuklearnog oružja uopšte.

Deo korisne mase bloka sa samonavedenjem odnosi se na elemente tog sistema vođenja i pogonski motor, koji vrši korekciju kretanja.

Zbog toga, pred zahteve vezane za njihovu masu, gabarite i sigurnosne karakteristike, postavljaju se povećani zahtevi, za čije zadovoljenje se može primeniti niz rezultata postignutih u poslednje vreme. Tako su firme SAD razvile superminijaturni inercijalni me-

rni blok sa tri žiroskopa. Očekuje se da će on imati masu svega oko 200 grama i izdržavati preopterećenje do 35000 g. Ovaj blok može biti iskorišćen u sistemima samonavođenja, kako za blokove krilatih i balističkih raketa, tako i za samonavođene projekte u zaštitnim ešelonima perspektivnog sistema protivrakete odbrane (PRO).

Određeni uspesi postignuti su i u izradi minijaturnih izvora napajanja za potrošače u raketi. Već postoje opitni uzorci baterija s gorivom mase oko 6 kg, koje su po svojim izlaznim parametrima ekvivalentni nikl-kadmijumskom akumulatoru mase do 30 kg. Kao gorivo koriste vodonik i kiseonik u tečnom stanju. Očekivana izlazna snaga ovih izvora iznosi 200—400 W. Mala masa i gabariti, dobro poznate komponente goriva i njihova jeftinoća čine takve izvore napajanja perspektivnim za primenu u raketnoj tehnici.

Potpuno je verovatno da se zahtevi za minijaturizacijom i neće tako oštro ispoljiti, pošto se u SAD, prema saopštenjima inostrane štampe, ozbiljno razmatraju mogućnosti primene antimaterije za razvoj snažnih izvora energije. Uz njenu primenu u raketnoj tehnici očekuje se suštinsko povećanje mase korisnog tereta MBR.

Osnovnu problematiku u ovim istraživanjima čini spori tempo dobijanja antimaterije (oko 10^{-7} mg za godinu) i teškoće s njenim dugotrajnim čuvanjem. Konstatuje se da je moguće da ovi problemi u skorije vreme i ne budu tehnički rešeni, pošto i dobijanje i čuvanje antimaterije zahteva izradu snažnih elektromagnetnih hvatača antiprotona.

Smatra se da je za primenu u vojne svrhe dovoljna količina oko 10 mg godišnje, što je povezano sa suštinskim povećanjem troškova programa, a po najskromnijim procenama iznosi i do 1,5 milijarde dolara godišnje. Realizacija će otvoriti veće perspektive, ukoliko se pri anigilaciji antimaterije izdvoji energija jednaka energiji 44 t tro-

tila za 1 g materije, što je znatno više nego pri termonuklearnoj reakciji. Prema ocenama američkih stručnjaka, energija antimaterije može naći primenu u raketnim motorima, oružju s zracima, rentgenskim laserima. Isto tako, u narednim godinama ne može se očekivati tehnička realizacija raketnih motora sa antimaterijom.

Punim tempom napreduju radovi u bliskom smeru, koji predviđa dobijanje hemijskih materija s visokom energetskom gustinom.

Njihov dodatak u klasična raketna goriva uticao bi na povećanje jediničnog impulsa ovih goriva za 2—4 puta. Ove materije prelaze u pobuđeno stanje prelazom elektrona njihovih atoma pomoću laserskog snopa. Za dugotrajno čuvanje materija s visokom gustinom energije, neophodno ih je držati u ohlađenom stanju, pošto su na normalnoj temperaturi veoma nestabilne.

U svojstvu radnih tela predviđaju se tetravodonik, azid fluora i neka jedinjenja azota.

Stručnjaci smatraju mogućim stvaranje raketnih motora, koji koriste takve materije za MBR i nosače teških platformi perspektivnih sistema PVO. Sigurno je da će šira primena i dosta dublja prethodna istraživanja, očigledno, u bliskoj budućnosti izazvati dopunsko finansiranje i širenje razvojnih zadataka po ovoj tematici.

Savršenstvo MBR SAD po pitanju energije i mase, a koje se karakteriše odnosom mase korisnog tereta prema startnoj masi, u sadašnje vreme iznosi 3—4%. Korišćenje antimaterije ili materije s visokom gustinom energije može ga povećati za red veličine. Pri zadoj startnoj masi, masa bojnog punjenja u tom slučaju može se, takođe, povećati skoro za red veličine, a masa jednog bojnog bloka za 6—8 puta.

Navedeni podaci moraju se razmatrati kao realne mogućnosti za realizaciju tek u sledećem veku. U ovom trenutku prisutna su istraživanja sa znatno bližom perspektivom. U ta istraži-

vanja spada i takozvana koncepcija integrisanih stepena rakete s raketnim motorima na čvrsto gorivo (RMČG).

Tehnička suština ove koncepcije sastoji se u tome da oblik superzvucnog dela mlaznice motora mora odgovarati obliku gornjeg danceta prvog stepena, koji ima klasičnu konstrukciju, a posle utroška goriva se odvija i u rad se uključuje RMČG drugog stepena.

Najveće suštinsko preimućstvo integrisanih stepena, u poređenju sa stepenima klasične konstrukcije, smatraju strani stručnjaci, jeste u mogućnosti skraćivanja dužine mlaznice i nekorišćenja prelaznih odseka između stepena, što dozvoljava da se povećava zapremina za popunu gorivom.

Kao rezultat, raketa s integrisanim stepenima imaće pri istom obimu i daljini gađanja dobitak u startnoj masi za 20%, a u masi korisnog tereta za 25—30%. S druge strane, pri istoj startnoj masi i masi korisnog tereta moguće je povećanje daljine gađanja za 5% ili skraćivanje dužine rakete za 20%, što utiče na sniženje troškova njene izrade.

Pored toga, integrisani stepen je konstruktivno prostiji od stepena klasične konstrukcije, jer obuhvata manji broj delova, posebno pokretnih sklopova.

Upravljanje vektorom potiska može se ostvariti na račun uduvavanja produkata sagorevanja goriva RMČG u deo mlaznice iza kritičnog preseka.

Pretpostavlja se da će na bazi navedenih okolnosti biti povećana i pouzdanost rakete.

Praktično korišćenje perspektivnih tehnologija za MBR iziskuje od Pentagona znatno veće troškove. Tako, za program »Minitmen« planiran je u 1990. utrošak od oko 100 miliona dolara. Na primer, primena antimaterije ili materije s visokom gustinom energije utiče na povećanje ovog broja za red veličine.

Ništa manji problem sagledava se i kod povećanja pouzdanosti, žilavosti, borbene gotovosti MBR, a povezan je s poslednjim dostignućima u oblasti mikroelektronike, laserske tehnike i superprovodnika.

Mogućnosti primene laserske tehnike radi razvoja MBR su višestruke. Već smo pomenuli korišćenje ugljenokiselinskih lasera u sistemima vođenja. U inostranim izvorima postoje saopštenja o razvoju sistema sa optičkim kablovima, za puštanje i regulaciju procesa RMČG različite namene. Signal će se od lasera preko linija sa optičkim kablovima prenositi na uređaje za palu goriva, upravljanje vektorom potiska, odvajanje stepena i upravljanje letom stepena za razdvajanje. Prvi opitni uzorci uspešno su prošli funkcionalna ispitivanja i ispitivanja izdržljivosti na dejstvo visokih temperatura, pritiska i poražavajućih efekata nuklearne eksplozije.

Uz primenu takvog sistema u formacijskim uzorcima povećaće se pouzdanost raketnog motora, zatim korisna masa goriva u opštoj masi, a u konačnom rezultatu poboljšaće se karakteristike rakete vezane za energiju i masu.

Smatra se da su dosta dobro razrađena pitanja vezana za izradu laserskih žiroskopa. Njihove prednosti sastoje se u tome što su minijturni, raspolažu veoma tačnim karakteristikama, pouzdani su pri dugotrajnoj upotrebi, a, pored toga, skraćuju vreme pripreme rakete za lansiranje za nekoliko sekundi.

Savremene američke tehnologije pružaju suštinski uticaj na karakteristike elektronske računarske tehnike. Za MBR najvažniji su masa, dimenzije, brzina reakcije, pouzdanost i otpornost raketnih računara (RR) na uticaje poražavajućih efekata nuklearne eksplozije.

Čak i pri malim gabaritima savremeni elektronski računari već imaju brzinu rada reda od nekoliko miliona operacija u sekundi, a primena galijum-

-arsenidnih kristala, omogućila bi, po ocenama stručnjaka, povećanje brzine do 500 miliona operacija u sekundi. Sadašnji proizvedeni superkristali, s količinom radnih elemenata i do 5 miliona jedinica, omogućavaju izradu u okviru jednog kristala nekoliko rezervnih šema, koje će dejstvovati u slučaju otkaza osnovnih šema. Ova mogućnost mikrozreživanja omogućava povećanje pouzdanosti RR sa superkristalima. Očekuje se da će oni moći raditi bez otkaza i do 50 godina.

Elektronska-računarska tehnika s visokim brzinama rada obezbediće ne samo visoku tačnost gađanja i operativnost pri izboru cilja, nego se, u principu, mogu realizovati i nove šeme upravljanja letom rakete. Na njenoj osnovi moći će se razviti sistemi upravljanja tipa »veštački intelekt«, čije su mogućnosti veoma velike. Stručnjaci smatraju izradu takvih sistema upravljanja MBR potpuno realnom mogućnošću i to u bliskoj budućnosti.

Istraživači mnogih zemalja sveta pristupili su rešavanju pitanja osvajanja tehnologija koje koriste efekat superprovodnosti i njihovom što bržem uvođenju u praktičnu upotrebu.

Kao što je poznato, prednost superprovodnika sastoji se, praktično, u potpunom odsustvu gubitaka pri proticanju električne struje po njima, kao i njihovoj osobini da se otklanjaju u magnetnom polju. U 1987, zahvaljujući seriji istraživanja, postignuta je vrednost praga temperature superprovodnog materijala, koja je premašila temperaturu tečnog azota — tog relativno jeftinog i lako pribavljivog rashladnog sredstva. U sadašnje vreme osvojena su jedinjenja na keramičkoj osnovi, koja raspolazu superprovodnošću, čak i na temperaturama bliskim sobnim.

Za raketno naoružanje superprovodnici mogu naći primenu u uređajima za povećanje brzine rada elektronskih računara, njihovoj zaštiti od poražavajućih efekata nuklearne eksplozije, skraćanju vremena pripreme za lansi-

ranje, a, takođe, pri razvoju žiroskopskih uređaja i pokretnih sredstava MBR. U poslednje tri godine utrošeno je oko 150 miliona dolara. U novoj finansijskoj godini ne predviđa se smanjenje finansiranja razvoja tehnologija superprovodnika.

L.B.

Vlaknasto-optički davači*)

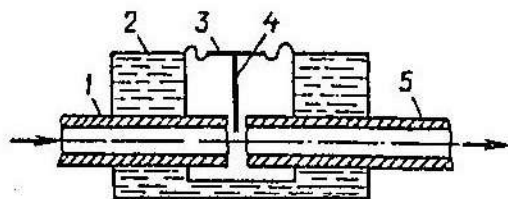
Dostignuća u oblasti razvoja i proizvodnje vlaknasto-optičkih telekomunikacionih elemenata dovela su do pojave sasvim novih, brzo prihvaćenih uređaja — *vlaknasto-optičkih davača*, koji se, pre svega, odlikuju visokom osetljivošću i veoma povoljnim dinamičkim mernim karakteristikama. Mogućnost merenja ovakvim davačima, različitih fizičkih veličina (pritiska, temperature, pomaka, ugaone brzine, parametara električnog i magnetnog polja), po mišljenju nekih inostranih stručnjaka, omogućuje im primenu u kvalitetno novoj koncepciji kontrolnomernih sistema vojne tehnike. Na primer, u sistemu kontrole pogonske grupe kosmičke letilice »spejs šatl« primenjena su tri vlaknasto-optička davača.

Princip rada vlaknasto-optičkih davača zasniva se, po pravilu, na modulaciji jednog ili nekoliko parametara svetlosnog talasa (amplitudi, fazi, polarizaciji, talasnoj dužini). U zavisnosti od izabranog tipa modulacije, davače delimo na amplitudne, fazne, polarizacione i frekventne. Najčešća izvedba je sa amplitudnom modulacijom ili, kako se češće zovu, davači sa modulacijom intenziteta svetlosnog toka. Zapaženo je da je navedeni tip modulacije najpraktičniji za daljnju obradu izlaznog signala. Takvim davačima nije potreban sopstveni izvor svetlosti niti poseban prijemnik svetlosnih zraka, kao ni poseban interfejs za obradu izlaznog

*) Prema podacima iz časopisa »Tehnika i vooruženje«, 2/91.

signala, jer je intenzitet zračenja dovoljan za neposrednu pobudu običnog fotoprijemnika sa dovoljno visokom linearnošću. Davači ove klase dalje se dele na: *davače sa zaslonom, rešetkaste, sa pokretnim ogledalom, sa promenljivom unutrašnjom refleksijom, sa spregnutim neprekidnim svetlovodom, davače čiji je princip zasnovan na frenelovom efektu ili na principu pojačanja apsorpcije zračenja u svetlovodu pri njegovom progibu.*

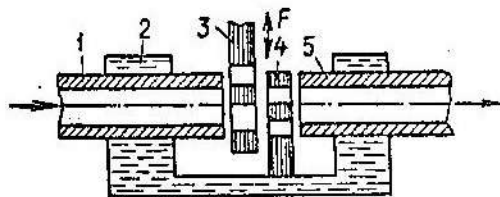
Princip rada zaslonskog davača pritiska (sl. 1) sastoji se u tome što se svetlosni tok koji prolazi između poprečnih preseka vlakana 1 i 5, delom prekiđa pokretnim zastorom 4 koji je čvrsto spregnut sa membranom 3. Promena pritiska neposredno izaziva pomak membrane i zastora koji tako moduliše intenzitet svetlosnog talasa koji pogađa izlazno vlakno 5.



Sl. 1 Zaslonski davač pritiska:

1 — ulazno vlakno; 2 — telo; 3 — membrana; 4 — zaston; 5 — izlazno vlakno.

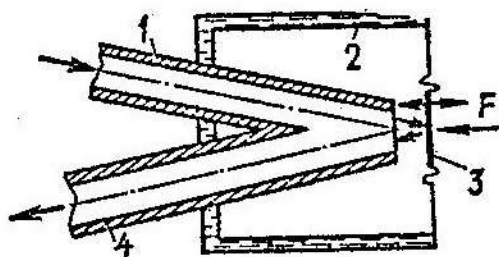
Rešetkasti davač pomaka (sl. 2) konstruktivno se razlikuje od prethodno opisanog po tome što se među vlaknima 1 i 5 nalaze dve difrakcione rešetke 3 i 4, koje čine par uzajamno dopunjujućih optičkih maski. Pri njihovoj



Sl. 2 Rešetkasti davač pomaka:

1 — ulazno vlakno; 2 — telo davača; 3, 4 — difrakcione rešetke; — izlazno vlakno.

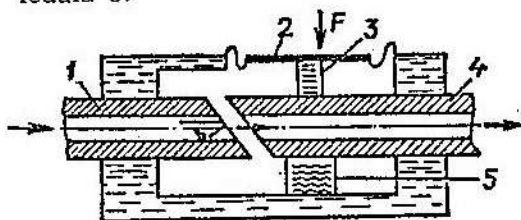
faznoj podudarnosti optički sistem je najpropusniji, dok se pri njihovom pomaku za 1/2 perioda svetlost praktično ne prenosi. Očigledno, što je manji period rešetki, tim je veća osetljivost davača. Prema mišljenjima inostranih stručnjaka, minimalni pomak koji se registruje ovim davačem može biti i manji od 10^{-11} m.



Sl. 3 Davač sa pokretnim ogledalom:

1 — ulazno vlakno; 2 — telo; 3 — pokretno ogledalo; 4 — izlazno vlakno.

Kod davača sa pokretnim ogledalom (sl. 3) intenzitet svetlosnog toka moduliše se promenom rastojanja ogledala od poprečnih preseka izlaznog i ulaznog vlakna. Intenzitet izlaznog signala je obrnuto proporcionalan rastojanju od preseka sparenih vlakana od ogledala 3.



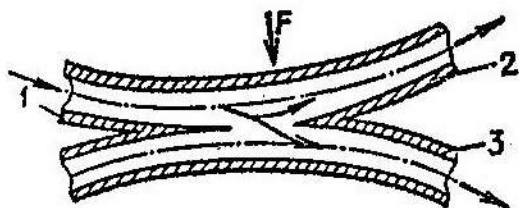
Sl. 4 Davač na principu narušavanja unutrašnje refleksije:

1 — ulazno vlakno; 2 — membrana; 3 — spreznik; 4 — izlazno vlakno; 5 — opruga.

Davač sa promenljivom unutrašnjom refleksijom (sl. 4) ima principijelno sasvim drugi fizički mehanizam upravljanja modulacijom svetlosnog toka između ulaznog 1 i izlaznog 4 vlakna. Njihovi preseki su izvedeni pod takvim uglom da signal koji ide simetralom svetlovoda 1 zbog unutrašnje re-

fleksije ne prolazi do izlaznog vlakna 4. Međutim, pri delovanju sile F na membranu davača, zazor među prese-cima vlakana se smanjuje i u odgovara-jućem momentu postaje blizak talasnoj dužini svetlosti (približno $1\ \mu\text{m}$). U tom slučaju dolazi do pojave efekta narušavanja unutrašnje refleksije, koji ka-rakteriše nagli porast toka svetlosne energije koja se prenosi na izlazno vla-kno 4. Modulaciona karakteristika ovih davača je nelinearna.

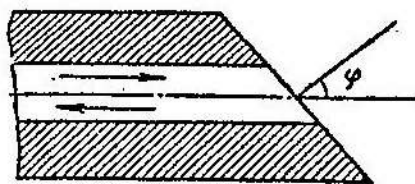
Analogan je princip rada *davača sa spregnutim vlaknima* (sl. 5). Ovakva vlakna imaju takvu izvedbu da osnosimetrično rastojanje ne prelazi nekoliko mikrona. U takvom sistemu, a on se može analizirati kao valovod složene konfiguracije, dolazi do preraspodele energije ulaznog svetlosnog talasa na dve izlazne komponente. Intenzitet iz-laznog signala zavisi od tipa svetlovoda, osnosimetričnog rastojanja, dužine za-jedničkog (spregnutog) dela i, takođe, sile F koja menja konfiguraciju ovako složenog valovoda.



Sl. 5 Davač sa spregnutim vlaknima:
1 — ulazno vlakno; 2, 3 — izlazna vlakna.

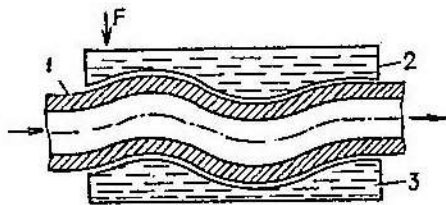
Uzimajući u obzir da se kao oba-vezna komponenta ovih vlaknasto-op-tičkih davača javlja par optičkih vla-kana među kojima se vrši razmena e-nergije, inostrani stručnjaci skreću pa-žnju na složenost tačne analize takvih izvedbi. Zato, kako se saopštava, teh-nološki pouzdanijim se smatraju kon-tinualni vlaknasto-optički davači. Toj skupini pripada *davač zasnovan na fre-kventnoj refleksiji*, a on se sastoji iz jednog vlakna sa zakošenim popreč-nim presekom (sl. 6). Ugao zakošenja

preseka određuje se tako da se reflek-sija talasa pri prelasku iz vlakna u sre-dinu koja ga okružuje vrši po principu Frenelovog efekta, te se svetlosni talas vraća kao reflektovani signal. Menjaju-ći indeks loma sredine (na primer, a-kustičkim titranjem vazduha) može se uticati na intenzitet reflektovane svetlosti. Primetno je da je ovaj davač kon-strukciono jednostavan, tako da se sas-toji samo od jednog elementa. Kao os-novni nedostatak navodi se neophodnost preciznog izbora ugla zakošenja (do ta-čnosti reda dela minuta) za konkretnu talasnu dužinu svetlosti i određeni in-deks loma sredine.



Sl. 6 Kontinualni davač.

Kao najperspektivnijim, strani stručnjaci ocenjuju *davače sa mikro-progibom* (sl. 7), čiji se princip rada za-sniva na promeni intenziteta izlaznog talasa putem promene radijusa progiba vlakana. U ovom slučaju vlakno se nalazi između pokretnog i nepokretnog deformatora koji su tako oblikovani da su im izraženi bregovi i udubljenja. Pri delovanju sile F (na primer masa ne-kog opterećenja) na pokretni defor-mator 3, intenzitet izlazne emisije se sma-njuje, što registruje fotoprijemnik.



Sl. 7 Davač sa mikroprogibom:
1 — optičko vlakno; 2, 3 — pokretni delovi tela davača.

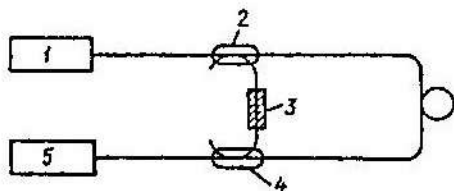
Zanemarimo li jednostavnost izvedbe i povoljne karakteristike amplitudnih davača, kako se navodi u stranoj literaturi, oni imaju opšti nedostatak — intenzitet izlaznog signala bitno zavisi od stabilnosti i snage izvora zračenja, a i od propusnosti elemenata optičke šeme. Da bi umanjili mernu grešku, pri konstrukciji ovih davača primenjuju se različita tehnička rešenja: stabilizacija emisionog lasera uvođenjem optičke povratne veze, uvođenje amplitudne modulacije na nekoliko frekvencija, kao i dopunskog otpornog kanala. Sve to usložava konstrukciju amplitudnih vlaknasto-optičkih davača i ograničava oblast njihove primene. Po pravilu, amplitudni davači se primenjuju u sistemima kontrole brodskih pogonskih postrojenja, pogonskih agregata aviona i drugih pokretnih vojnih platformi, a i u sistemima sigurnosne i protivpožarne signalizacije gde nije potrebna vrlo visoka tačnost i osetljivost.

Najosetljiviji, po mišljenju stranih inženjera, jesu *fazni davači*, čiji je princip rada zasnovan na interferometrijskim metodama. Ukoliko svetlosni signal ima talasnu dužinu reda nekoliko mikrona, moguće je registrovati izuzetno male promene dužine optičkog kanala. U osnovi faznih davača primenjuje se efekat kumulativne promene faze u produženom odresku vlakna. Prag osetljivosti upravo zavisi od njeve dužine. Dakle, menjajući dužinu odsečka, utičemo na osetljivost davača. Ovakvi davači mogu se primenjivati u navigacionim sistemima aviona, raketa, kosmičkih letelica (davači ugaone brzine, akcelometri), a i u hidroakustičkim sistemima podvodnih objekata.

Po mišljenju stranih stručnjaka, vlaknasto-optički žiroskopi preuzimaju primat u poređenju sa mehaničkim: dostižu radni režim praktično trenutno, nemaju rotirajućih elemenata. Predviđa se da će u dogledno vreme biti osvojeni uređaji sa vrlo malim nul-pomakom (reda nekoliko sekundi). Kako su već promovisali strani proizvođači, optički žiroskop može raditi u znatno ši-

rem dijapazonu ugaone brzine nego rotirajući, što dopušta njihovu primenu u navigacionim sistemima pokretnih objekata bez platformi (avioni, brodovi, kosmički aparati). Takav žiroskop nije osetljiv na ubrzanja i sposoban je da funkcioniše pri enormnim mehaničkim preopterećenjima (na primer, u avijaciji, raketno-kosmičkoj tehnici, itd), jer njegova masa ne utiče na tačnost merenja ugaone brzine.

Drugu grupu faznih vlaknasto-optičkih davača čine *davači magnetskog polja* čija visoka osetljivost nadmašuje osetljivost magnetometra zasnovanog na poluprovodnoj tehnologiji. Optički signal generisan u izvoru 1 (sl. 8) deli se u skretnici 2 na dve grane: mernu, sa osetljivim elementom 3, koji predstavlja svetlovod na čiju je površinu nanet magnetostrikcioni materijal, i pomoćnu, koju čini obični svetlovod. Pod dejstvom magnetskog polja osetljivi merni elementat se deformiše, što dovodi do promene faze u mernoj grani. Pro-lazeći mešač 4, obe komponente se detektuju na fotoprijemniku 5 kao izlazni signal proporcionalan razlici faza mernе i pomoćne grane. Tvrdi se da osetljivost savremenih davača, zasnovanih na ovom principu, dostiže $8 \cdot 10^{-10}$ A/m.



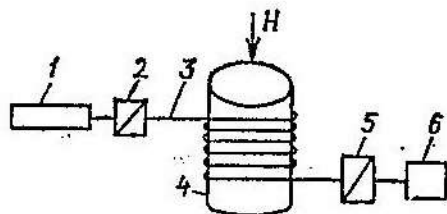
Sl. 8 Davač magnetnog polja:

1 — fotosignal generator; 2 — skretnica; 3 — merni elementat; 4 — mešač; 5 — fotoprijemnik.

Prema navodima stranih eksperata, široka primena faznih davača se, i-pak, ne očekuje zbog određenih nedostataka. Naime, pojedini segmenti modulacione karakteristike takvih uređaja imaju ograničenu linearnost, što sužava dinamički dijapazon merenja. Zbog toga je za njihovo funkcionisanje potreb-

no imati laser visokog stepena monohromatičnosti. Zapaža se, dakle, da daljnje usavršavanje faznih davača u znatnom stepenu zavisi od razvoja baznih elemenata.

Uporedo sa amplitudnim i faznim, prema navodima inostrane literature, sve češće se primenjuju *polarizacioni* vlaknasto-optički davači. Prema principu delovanja dele se u dve grupe. Kod davača prve grupe primaran je magnetostrikcioni efekat (sl. 9). Emisija izvora 1 kroz polarizator 2 uvodi se u svetlovod 3. Svetlovod je namotan na jezgru od magnetostrikcionog materijala koja se pod delovanjem magnetnog polja deformiše. Pojava nejednorodnih napona u svetlovodu dovodi do promene orijentacije zračenja kroz analizator 5, što se registruje fotoprijemnikom 6. Prema navodima inostrane literature, davači ovog tipa dostižu osetljivost



Sl. 9 Polarizacioni davač:

- 1 — fototsignal generator; 2 — polarizator;
3 — svetlovod; 4 — jezgra; 5 — analizator;
6 — fotoprijemnik.

$1,8 \cdot 10^{-6}$ A/m. Zahvaljujući toj osobini, oni se mogu koristiti, kako saopštavaju inostrani inženjeri, u navigacionoj tehnici podmornica, brodova i aviona za određivanje položaja na osnovu geofizičkog polja (na primer, po magnetnom polu Zemlje).

Davači magnetnog polja druge grupe, zasnovani su na Faradejevom efektu. Oni imaju nisku osetljivost i koriste se za merenja snažnih magnetskih polja, na primer, za kontrolu struje u dalekovodnim prenosnim linijama (mere struju do 1000 A).

Električni pogoni za savremena borbena vozila*)

Zahvaljujući, u poslednje vreme, nekim pozitivnim okolnostima, kao što su nove mogućnosti upravljanja snagom i brzi poluprovodnički uređaji velike snage, električni pogon za oklopna vozila na gusenicama postao je konkurentan mehaničkim sistemima, čak sa nekih aspekata i bolji od njih. Pronađena su rešenja za mnoge probleme električnih pogona prve generacije za pogon borbenih vozila, a sama oprema postala je efikasnija i pouzdanija.

Kako se električna energija provodi preko gipkih kablova, elemente električne instalacije (generatore, komande, pogonske motore) moguće je pojedinačno ugraditi tamo gde to omogućuje postojeći prostor u vozilu. Ovakva sloboda u konstruisanju vozila sa električnim pogonom omogućuje da se reše mnogi uzajamno suprotni taktičko-tehnički zahtevi koji se utvrđuju pre projektovanja borbenog vozila.

Štaviše, usvajanje koncepcije električnog pogona borbenih vozila je osnovno, ukoliko se želi korišćenje novih tehnologija. Kod budućih borbenih vozila gorivne ćelije će neposredno pretvarati gorivo u električnu energiju, čime se efikasno udvostručava ekonomisanje gorivom. Upotreba superprovodnika smanjiće dimenzije i povećati efektivnost električnih uređaja i njihovog povezivanja kablovima. Pored tog oružja koja dejstvuju usmerenom energijom, elektromagnetski topovi i elektromagnetski oklopi napajace se iz istih izvora električne energije koji pokreću i gusenice vozila.

Energija koja se generiše u toku usporavanja kretanja vozila i prilikom manevrisanja pri vožnji nizbrdo akumuliraće se u električnim akumulatorima koji imaju veliku gustinu energije i ona bi se koristila prilikom ubrzavanja kretanja, prilikom savlađivanja

S.M.

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 3/1990.

uspona, oštiri manevarisanja i bešumnog dejstvovanja vozila. Međutim, jedan sistem za upravljanje električnom energijom kontroliše neprekidno komande posade i raspoređuje generisanu i akumuliranu energiju trenutno tamo gde se ona može najbolje upotrebiti.

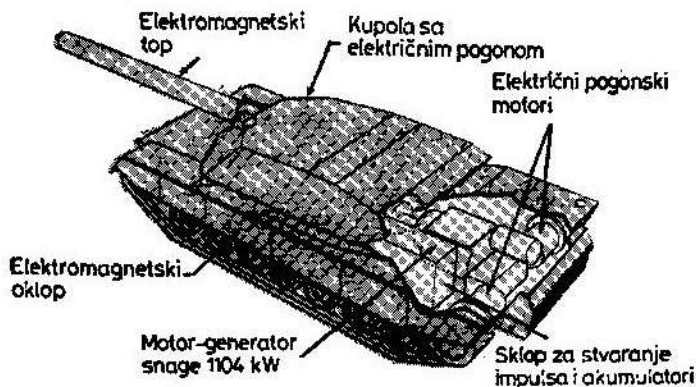
Senzori za proklizavanje gusenica optimiziraju pokretljivost vozila kada se ono kreće preko teškog zemljišta i obezbeđuje kontrolisano ubrzanje, kočenje i upravljanje smerom kretanja, po potrebi. Pomoću ručica za komandovanje vozilom posada u kupoli može da upravlja kretanjem vozila u uslovima ograničene vidljivosti, a ugradiće se i prilagodni uređaj (interface) za upravljanje daljinskim putem.

Jasno je da će električni pogoni dominirati u rešavanju problema pogona i razvođenja snage kod borbenih vozila. Zbog toga je u toku trka za uvođenje u proizvodnju prvog borbenog vozila sa gusenica na električni po-

Napredak tehnologije

Preimućstva električnog pogona shvatili su početkom ovog veka konstruktori tramvaja. Električni pogon tramvaja usvojen je zbog toga što se električna energija može distribuirati efektivno preko gornjeg voda ili treće šine. Međutim, nije bilo lako primeniti sisteme električnog pogona za borbeno vozila na gusenica koja su veoma pokretljiva i sa velikim manevarskim sposobnostima, mada je činjenica da je električni pogon korišćen kod nekih prvih tenkova (vidi VTG br. 5/1990., str. 578—581).

Kod vozila sa malom brzinom manevarisanja, kao što su tramvaji, električne lokomotive i rudarska vozila, gde nisu važni ukupna efektivnost i dimenzije i masa električnih motora, brzina obrtanja i obrtni moment električnih motora može se kontrolisati relativno lako pomoću jednostavnih komandi. Međutim, korišćenje jednostavnih ure-



Sl. 1 Prema postojećoj tehnologiji prikazani koncept potpuno elektrificiranog tenka ima električni pogon gusenica i izvor impulsne energije za elektromagnetsko naoružanje i oklop.

gon, koje bi trebalo da ima veoma visoke performanse. Na slici 1 prikazana je koncepcija »potpuno elektrificiranog« tenka, zasnovana na korišćenju postojećih tehnologija, uključujući i električni pogon.

da za upravljanje električnom energijom kod vozila na gusenica odrazilo bi se u pogonskim sistemima, koji se ne bi mogli meriti mehaničkim sistemima po ukupnoj efektivnosti i performansama.

U prošlosti najbolji elektronski uređaji za upravljanje električnom energijom nisu mogli da odgovore potrebama brzih izmena električne snage na pogonskim točkovima vozila na gusenicama. Zbog toga su se raniji elektronski uređaji naizmenične struje za upravljanje električnom energijom sastojali od velikog broja tiristora sa kompleksnim električnim kolima za uključivanje-isključivanje. Veliki broj sastavnih delova ovih uređaja, kao i generisanje toplote, dovodio je do čestih otказа kod ranih probnih električnih pogona za borbena vozila na gusenicama. Ovakva negativna iskustva dovela su do zaključka da električni pogoni nisu još spremni da se takmiče sa pouzdanijim i efikasnijim mehaničkim suparnicima.

Dalji razvoj koncepcije upravljanja brzinom obrtanja i obrtnim momentom električnih motora, zajedno sa poboljšanjima performansi poluprovodnika, izmenio je situaciju u znatnoj mери u toku poslednjih pet godina. Robustni uređaji za upravljanje AC električnim motorom, specijalno konstruisani za korišćenje u borbenim vozilima, sada su toliko mali i efikasni da dovode električne pogonske sisteme u stanje da mogu da se mere po masi, dimenzijama i performansama sa mehaničkim pogonima. Novi uređaji za upravljanje na bazi mikroprocesora povećavaju fleksibilnost i obezbeđuju nove važne osobine.

Jedna od ranih verzija električnog pogonskog sistema firme FMC bila je ugrađena radi dokazivanja da borbeno vozilo na električni pogon može da bude pouzdanije, efikasnije i sa boljim manevarskim osobinama od vozila na mehanički pogon. Posebni električni motori pokreću svaki pogonski točak, a alternator kojeg pokreće motor, smešten je iza panela desne strane vozila. Mada to sve izgleda jednostavno, bilo je potrebno mnogo godina razvoja radi dovođenja električnog pogona do sadašnjeg visokog nivoa performansi i pouzdanosti.

Fleksibilnost konstrukcije

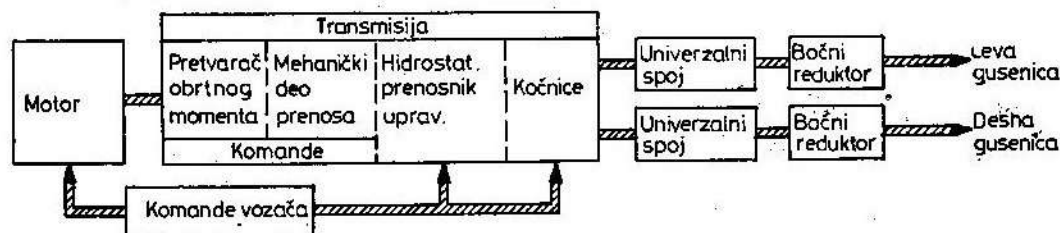
Kod mehaničkih pogona potreba za preciznim poravnavanjem delova, spojenih krutim osovinaama, zahteva neposredno spajanje osnovnih delova. Zbog ovakvog neposrednog spajanja, sklopovi motora i transmisije su glomazni i moraju da budu smešteni neposredno uz razvodnike pogona.

Kod sistema sa električnim pogonom, spajanje elemenata pomoću fleksibilnih kablova omogućuje konstruktorima više opcija za raspoređivanje osnovnih delova pogona. To može da bude jedini način da se obezbede snažni pogonski sistemi za vozila sa niskim profilom i teškim oklopom i velikom verovatnoćom opstanka na bojištu. Na slici 2 date su uporedne skice osnovnih komponenata pogonskog sistema koje mogu da budu povezane gipkim kablovima kod električnih pogona i krutim osovinaama kod mehaničkih pogona.

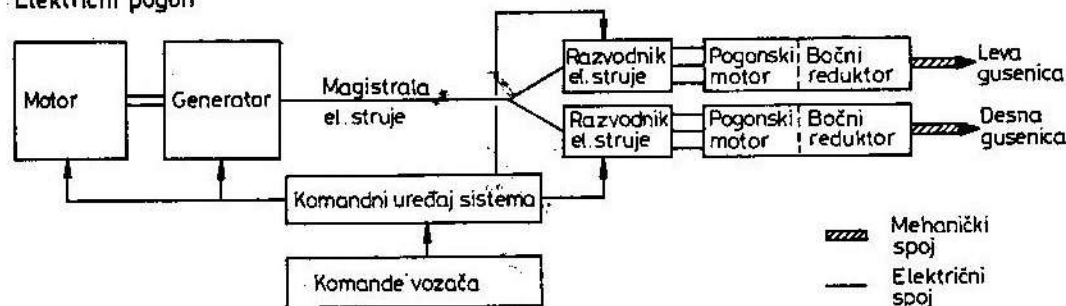
Električni pogoni borbenih vozila omogućuju konstruisanje unіverzalnijih šasiја za različite smeštaje članova posade i za obavljanje različitih zadataka. U datoj klasi mase vozila pogonski motor, elektronika, generatori i komande mogu da budu identični za različite varijante vozila, dok se za druge klase vozila nivoi potrebnih snaga mogu podesiti brзом izmenom veličine motora i broја modula za upravljanje snagom.

Zajednička šasiја za više varijanti vozila sa električnim pogonom može se adaptirati za promene mase i balansiranja, zbog promena korisnog tereta ili modula za obavljanje borbenog zadatka promenom mesta osnovnih elemenata električnog pogonskog sistema. Moguće su različite konfiguracije sklopa motora i generatora zahvaljujući lakoći kombinovanja više izvora električnog napajanja, pa sve to još više poboljšava fleksibilnost konstruisanja i verovatnoću opstanka na bojištu, omogućujući i dubliranje.

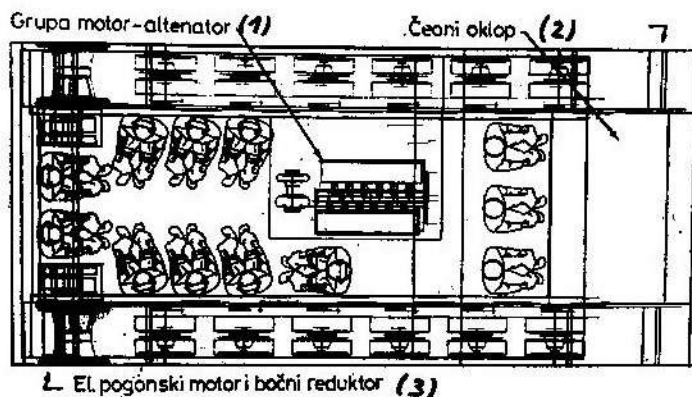
A Mehanički pogon



B Električni pogon



Sl. 2 Uporedne šeme mehaničkog i električnog pogona. Mehanički pogon zahteva strože tolerancije i krute spojeve. Eliminacija ovih zahteva kod električnih pogona omogućuje fleksibilniju konstrukciju.



Sl. 3 Konceptija borbenog vozila pešadije na električni pogon u koji vojnici ulaze kroz zadnji deo, sa pogonskim točkovima pozadi radi postavljanja teškog oklopa na prednji deo vozila:

1 — grupa motor-alternator; 2 — čeoní oklop; 3 — električni pogonski motor i bočni reduktor.

Takođe su poboljšane mogućnosti konstruisanja borbenog vozila sa pogonskim točkovima nazad i ulaza kroz zadnju stranu. Za što veću verovatnoću opstanka na bojištu buduća borbeno vozila pešadije moraju imati pogonske točkove na zadnjem delu vozila, kako bi se ugradio debeli oklop u prednjem delu. Američka firma FMC, za konstruisanje vozila sa zadnjim pogonom i ulaskom vojnika kroz zadnja vrata, koristila je motor sa velikom gustinom energije i fleksibilno postavljanje delova u svome električnom pogonskom sistemu. Na slici 3 prikazan je jedan potencijalni oblik borbenog vozila pešadije u budućnosti.

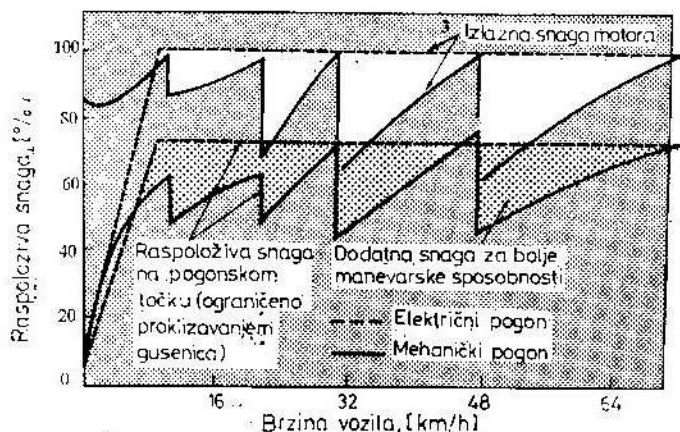
Mogućnost da vozač ima više sedišta za upravljanje vozilom predstavlja preimućstvo za one borbene uloge

Kod probnog vozila na električni pogon firme FMC upravljački uređaj omogućuje komandovanje ubrzanjem, promenu smera vožnje i kočenje.

Performanse električnog pogona borbenih vozila na gusenicama

Jedan od osnovnih razloga za bolje performanse električnog pogona borbenih vozila na gusenicama je »neprekidno promenljiva transmisija« gde nema isključivanja spojnice (kvačila) i promena stepena prenosa (brzine) već samo blago i neprekidno dejstvo snage motora na tlo.

U toku ispitivanja pomenutog probnog vozila na električni pogon, firme FMC, uporedno sa oklopnim transpor-



Sl. 4 Uporedni grafikon snage za puno opterećenje iz hidrokinetičkih i električnih pogonskih sistema pokazuju da se veće snage na tlu postižu pomoću električnih pogona.

za koje je potrebno precizno manevrisanje, ili gde je vidljivost ograničena. To se kod električnih pogonskih sistema može lako ostvariti pomoću električnog priključivanja komandne palice za magistralu podataka i upravljanje.

terom M113A3 sa mehaničkim pogonom, prvo vozilo je imalo bolje ubrzanje i bolje manevarske osobine, mada su oba vozila imala približne snage pogonskih uređaja, masu i mogućnosti brzine. Na grafikonu na slici vidi se uz-

rok tome. Električni pogon ima znatno veću snagu za brzinu manevrisanja u opsegu brzina od 0 do 32 km/h, u kome se ubrzanje i brzina manevrisanja stvarno uzimaju u obzir.

Pošto motor i pogon pogonskih točkova hodnog dela vozila na gusenica-ma nisu povezani vratilima i zupčanicima, brzina obrtanja motora ne zavisi od brzine kretanja samog vozila, pa zbog toga sistem ima punu kontrolu pomoću pedale gasa. To znači da motor nikad ne »trza« ili »prozuj«. Sistem za upravljanje snagom motora će takođe imati »kartu efektivnosti motora«, koja će obezbediti rad motora u najefektivnijem radnom režimu.

Dok kod klasičnih mehaničkih pogona pomoćni uređaji dobijaju pogon od glavnog motora preko vratila i remenika, kod električkih pogona svaki pomoćni uređaj ima sopstveni električni motor za pogon. Eliminisanje ovih mehaničkih pogona pojednostavljuje konstrukciju i poboljšava pouzdanost, a napajanje motora sve vreme je pod punom kontrolom sistema. Na primer, ventilatori za hlađenje kod borbenih vozila obično troše 15% ukupne snage motora pri visokim spoljašnjim temperaturama. Kod električnog pogona vozila komandni sistemi lako mogu da moduliraju snagu motora ventilatora na potrebni minimum, smanjujući potrošnju energije i buku, a povećavajući snagu za manevrisanje vozila.

Nominalne efektivnosti komponenta i pogonskih sistema mogu da pokažu da su efektivnosti mehaničkih i električnih pogonskih sistema uporedive u uskom smislu. Međutim, kod obično korišćenih mehaničkih transmisija raspoloživa pogonska snaga je ograničena radnim brojem obrtaja motora, koji su znatno niži kada se vrši promena stepena prenosa, kako se to vidi sa slike 4. Za vreme eksploatacije, vozila sa mehaničkim pogonom i vozila sa električnim pogonom trebalo bi da imaju slične efektivnosti pogonskih sistema pri dugim marševima na putevi-

ma, kada su brzine vozila umerene, a pretvarač obrtnog momenta je uključen veći deo vremena. Međutim, električni pogonski sistemi biće efektivniji kada se vozi sa ostrim manevrisanjima i kada je potrebna veća vučna snaga, kao što je brdovito i blatnjavo zemljište. Dalja poboljšanja performansi mogu se postići kada se ukupno upravljanje snagom prilagodi »kartu efektivnosti motora«.

Sledeće preimućstvo električnih pogona borbenih vozila je njihova sposobnost da akumuliraju i ponovo koriste energiju koja se stvara u fazi kočenja. Ovakva mogućnost može se posebno primeniti kod vozila kao što je potpuno elektrificirani tenk sa slike 1, u kojem je već ugrađen akumulator električne energije.

Potpuna kontrola obrtnog momenta i broja obrtaja svakog motora koji pokreće gusenice znači da je pri svim brzinama kretanja vozila moguće oštro manevrisanje. Kod električnog pogonskog sistema gusenice sa unutrašnje strane zaokreta koči gusenicu i pri tome generiše električnu energiju koju koristi motor spoljašnje gusenice za ubrzavanje iste. Diferencijalni obrtni moment gusenice za upravljanje smerom kretanja vozila je stalno promenljiv i, za razliku kod konvencionalnih rešenja, nezavisan je od brzine vozila. Kod borbenih vozila sa električnim pogonom pri bilo kojem položaju točka upravljača vozilo se okreće po krugu konstantnog poluprečnika pri svim brzinama kretanja vozila, a vozač pri tome ima osećaj sličan kao pri upravljanju automobilom, kako pri vožnji napred, tako i nazad. Kod vozila sa mehaničkim pogonom to se ne može postići.

Ostale jedinstvene osobine

U električne pogonske sisteme borbenih vozila biće uključeni protivklizni algoritmi u software za kontrolu pogona radi poboljšanja performansi ubr-

zavanja, kočenja i upravljanja u uslovima klizavog zemljišta.

Akumulirana energija u kondenzatorima ili akumulatorima omogućuje ograničenu vožnju za »povratak kući« u slučaju kvara motora i bešumni rad vozila kada to posebne prilike zahtevaju. U većinu slučajeva neće biti potreban nikakav pomoćni motor.

Električna energija za napajanje pomoćnih uređaja u posebnim slučajevima će se usmeravati na napajanje motora za kratko vreme, doprinoseći, na taj način, oštrom manevrisanju na bojištu.

Vozila na električni pogon imaju čitav niz operativnih režima dejstvovanja. Tako će komandir vozila moći da odabere optimalnu uštedu goriva, manevrisanje vozilom, skokovitu vožnju iz zaklona u zaklon, stabilnost tela vozila, kvalitet vožnje, toplotne odraze vozila i ostale performanse i atribute. Sve što se da meriti može se koristiti za poboljšanje sistema upravljanja.

Električna i toplotna merenja oblažće se neprekidno, tako da radni opsezi delova neće biti prevaziđeni. Dijagnostički i prognostički algoritmi omogućuju smanjivanje mogućnosti mnogih otkaza i ohrabriti preventivno održavanje mnogih delova električnog pogona borbenih vozila.

Kao jedna od mogućnosti u konstruisanju borbenog vozila na električni pogon (potpuno elektrificirani tenk) biće mogućnost da vozač upravlja vozilom ne sa jednog mesta (kao kod klasičnog borbenog vozila sa mehaničkim pogonom) već sa više mesta u vozilu, jednostavnim uključivanjem uređaja za upravljanje u magistralu, s obzirom na to da u takvim vozilima nema mehaničkih (krutih) komandnih spojeva. Zamenom mesta vozača prijemnikom signala omogućuje se potpuno daljinsko upravljanje vozilom sa jednog ili više daljinskih mesta.

Električni sistem ugrađen u vozilo može da radi kao električna centrala sa konstantnom frekvencijom za generisa-

nje velike količine električne energije za rad radara. Električna energija iz više vozila može se čak kombinovati za napajanje veoma velikom električnom energijom budućih oruđa koja dejstvuju neposrednom energijom (elektromagnetskih topova).

Bezbednost borbenih vozila na električni pogon

Kada se povede diskusija o električnom pogonu borbenih vozila, često se postavlja pitanje »da li će se u slučaju kiše članovi posade naći kao na električnoj stolici«? Međutim, sa mnogih aspekata, električni sistemi borbenih vozila su manje opasni od električnih instalacija u domaćinstvu ili industriji.

Razlog tome je što se uzemljenje u zemlju koristi kao spojno mesto za distribuciju električne struje u domaćinstvu i industriji. Kako je stajaća voda skoro uvek uzemljena, bilo dodirom sa cevovodima koji su uzemljeni ili neposredno sa zemljom, ona predstavlja efikasniji smer kretanja električne struje pri slučajnom dodiru voda pod naponom, a da se pri tome stoji u vodi.

U elektrificiranom borbenom vozilu provodnici pod naponom neće biti u dodiru sa telom vozila ili biti uzemljeni u zemlju. Jedan razlog za to je što će telo u slučaju da bude podvrgnuto dejstvu električne struje zračiti električnu interferenciju. U slučaju kratkog spoja između bilo kojeg provodnika električne struje i tela vozila, u tome strujnom kolu trenutno će nestati električne struje.

Iz bezbednosnih razloga postoji praktična potreba zaštite svih delova od slučajnog dodira sa vodom. Kod borbenih vozila potrebno je obratiti posebnu pažnju da se izbegne električna provodljivost kroz stajaću vodu ili bluzgavicu. Provodnici električne struje u borbenom vozilu sa električnim pogonom treba da budu postavljeni visoko

u telu vozila i svi električni spojevi treba da budu hermetički obloženi.

Treba da budu obezbeđeni mehanički blokatori i drugi uređaji za održavanje bezbednosti članova posade. Za vreme višegodišnje eksploatacije brodova na električni pogon, dizalektričnih lokomotiva, vozila na električni pogon i rudničke opreme, bezbednost po ljudstvo bila je izvanredna.

Osetljivost na elektromagnetske interferencije

Velike struje, kao i brza i česta isključivanja-uključivanja podsistema električnog pogona borbenih vozila, mogu da budu potencijalni izvori elektromagnetske interferencije. Brižljivo uzemljenje i ekranizovanje sprečiće zračenje šumnih smetnji. Prigušenje elektromagnetske interferencije predstavlja kritički deo svakog programa razvoja sistema za električni pogon vozila.

Za sprečavanje nesretnih slučajeva od udara struje svi provodnici pod naponom treba da budu zaštićeni od dejstva krhotina, a ugrađuju se u vozilo tamo gde postoji manja mogućnost njihovog oštećenja.

Električna oprema sistema za električni pogon borbenih vozila

Za razliku od motora, od električnih generatora za borbeno vozilo se ne zahteva da generišu struju u ekstremnom opsegu obrtaja i obrtnog momenta. Zbog toga se postojeći generatori mogu adaptirati za primenu u borbenim vozilima sa električnim pogonom.

Odabiranje motora za pokretanje gusenica u borbenom vozilu sa električnim pogonom je kompleksniji problem od određivanja obrtnog momenta, broja obrtaja i dimenzija. Motori za pokretanje gusenica treba da budu u stanju da rade sa dovoljno velikim o-

brtnim momentom za pokretanje gusenica pri malim brzinama. Ovi motori treba da se obrću dovoljno brzo da obezbede dovoljni obrtni moment za pokretanje vozila maksimalnom brzinom i da, uz to, imaju još dovoljno rezervne snage za oštre promene smera kretanja.

Motori, takođe, treba da generišu električnu struju isto toliko efikasno kao što je isporučuju. Da bi se postigla maksimalna fleksibilnost pri konstruisanju električnog pogona borbenih vozila, treba izbegavati ugradnju vratila i zupčanika.

Tipovi električnih motora se razlikuju u performansama i mogućnostima upravljanja. Na primer, homopolarni motori rade na malim naponima, čime je povećana bezopasnost sistema. Sinhroni motori i motori sa stalnim magnetima ne generišu električnu struju koja bi se mogla koristiti za upravljanje i kočenje ispod određenih opsega brzina i obično su skupi. Drugi motori ne mogu da obezbede velike obrtne momente na malim obrtajima bez dopunskih reduktora.

Jedan od novih tipova motora koji će zadovoljiti taktičko-tehničke zahteve za pogon borbenih vozila je indukcioni motor sa velikim brojem obrtaja. Indukcioni motori su rezultat zrele tehnologije i njihova mehanička jednostavnost doprinosi da su pouzdani i jeftini. Američka tenkovsko-automobilska komanda koristila je indukcijske motore od 1965. za svoje prvo probno vozilo na električni pogon. Nominalne vrednosti snage i gustine ovih motora su dovoljno velike za praktično korišćenje za električni pogon borbenih vozila na gusenicama.

Elektronika za upravljanje snagom motora

Usvajanje indukcionih motora i pogona na svaki pogonski točak znači da sva neprekidna električna struja i stru-

ja za upravljanje smerom kretanja vozila mora da teče kroz komandnu elektroniku. Kod teških borbenih vozila maksimalna električna snaga je reda od 1 MW i mora da bude precizno i efektivno prilagođena potrebama vozača za trenutno dejstvovanje pri upravljanju kretanjem vozila i kočenju. Koncept potpuno elektrificiranog tenka takođe traži mogućnost upravljanja i distribuisanja električne energije i ostalim potrošačima u vozilu.

Tehnologija poluprovodničkih uređaja je dostignuće koje omogućuje praktičnu primenu električne energije u borbenim vozilima. Dok za sada, još nema poluprovodničkih uređaja u opsegu od 1 MW, već su uspešno ispitivani pribori komandne elektronike od 1/3 MW za ugradnju u borbeno vozilo.

Poluprovodnički uređaji velike snage imaju perspektivnu budućnost. Poboljšanje performansi i smanjeni troškovi izrade uporedno se kreću sa poboljšanjima kompjuterskih čipova. Kod poluprovodnika električne struje, isto kao i u industriji računara, trend je da se bar udvostruče performanse svake godine. Dok se ne pojave uređaji snage 1 MW, sve potrebe se mogu zadovoljiti paralelnim povezivanjem manjih poluprovodničkih uređaja.

Zaključak

Nabrojana su sva preimućstva postojeće tehnologije za razvoj potpuno elektrificiranog tenka. Sa sticanjem više iskustava sa materijalnim delom (hardware) ovog problema i karakteristike će biti očiglednije. Prikazana preimućstva u pouzdanosti, performansama i univerzalnosti podstiču uverenje da će električni pogoni dominirati u oblasti borbenih vozila, kao što je to danas slučaj u rudarstvu, masovnom prevozu i u željezničkom saobraćaju.

P.M.

Novi japanski tenk »TYPE 90«*)

Novi japanski tenk, ranije poznat kao TK-X, znatno je napredovao u svom razvoju i dobio je novu oznaku — TYPE 90. To je znatno dostignuće Japana, ne samo zbog toga što je potpuno japanske konstrukcije, već i zbog toga što je svaki deo i podsistem konstruisan i razvijen u Japanu, izuzev poznatog topa 120 mm, firme RHEINMETALL i njegove municije. Proizvodnja novog tenka počela je u budžetskoj 1990, a naručeno je 30 tenkova. Očekuje se da će se u toku devedesetih godina nabaviti 300—500 tenkova. Tenk TYPE 90 sa tri člana posade i automatskim punjačem municije će naslediti tenk TYPE 74 koji je u proizvodnji od 1974. U razvoju ovog novog tenka učestvovalo je nekoliko japanskih firmi.

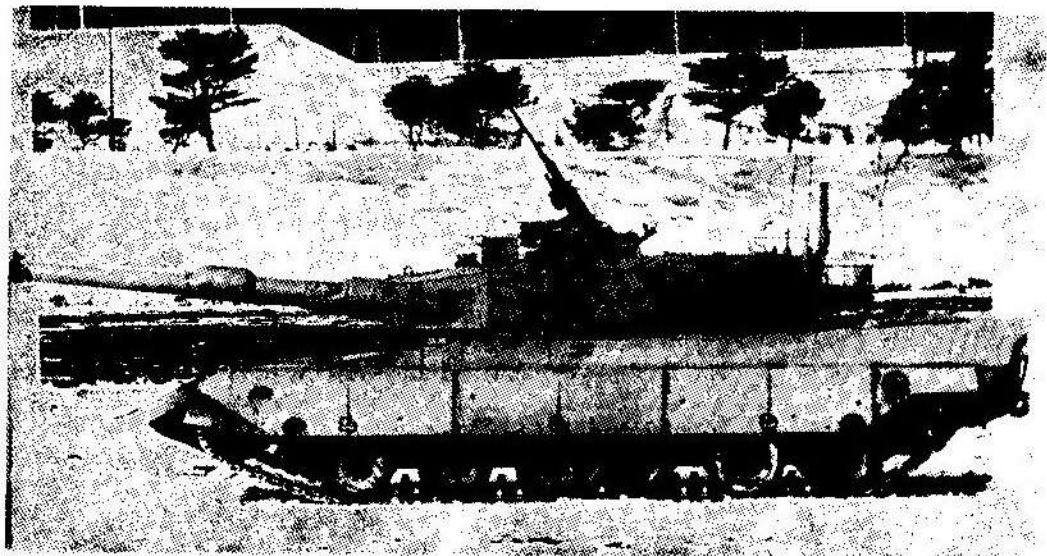
Razvoj novog tenka

Prethodne studije tenka TYPE 90 počele su 1977, a bavile su se osnovnim naoružanjem, sistemom za upravljanje vatrom, specijalnim oklopom, motorom i transmisijom. Treba napomenuti da ovaj desetogodišnji period za razvoj i predserijsku proizvodnju nije neobičan za delove kao što su motor i transmisija.

Taktičko-tehnički zahtevi za razvoj tenka TYPE 90 doneti su 1980, a u periodu 1982—1984. izrađena su dva prototipa koja su bila jedina vozila sa ugrađenim japanskim topom 120 mm i municijom. Kasnije, ovi topovi zamenjeni su nemačkim 120 mm, firme RHEINMETALL, uglavnom zbog razvojnih problema. Ova dva prototipa krenula su u fazu ispitivanja 1984, koja su završena 1986.

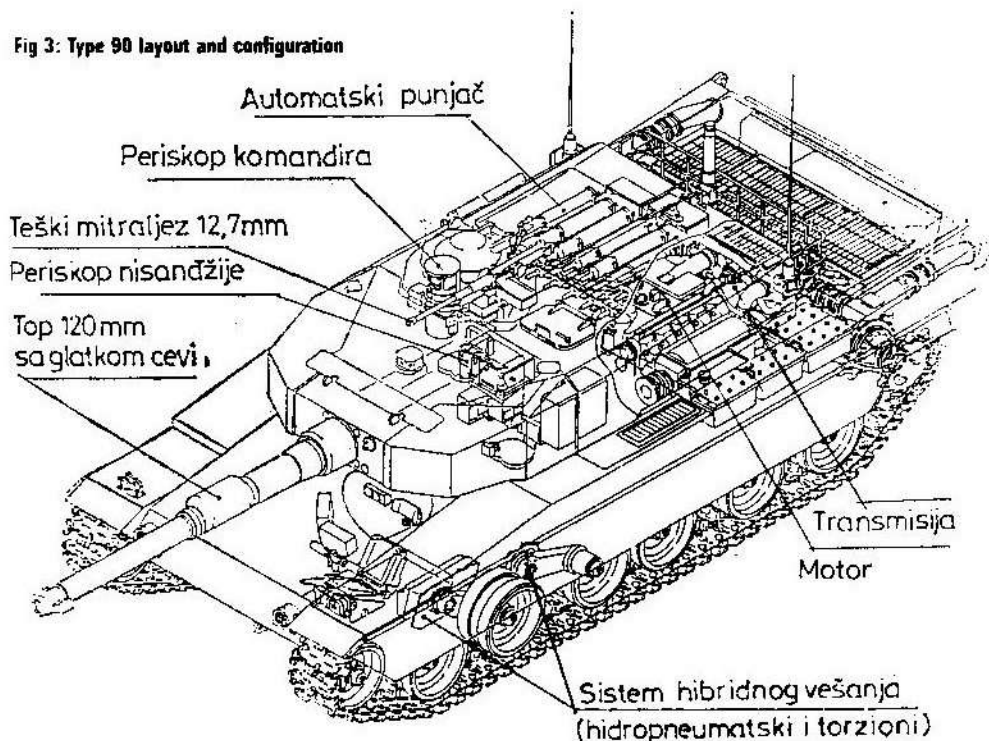
Prototipovi druge generacije izrađeni su 1986—1988. sa ugrađenim iskustvima u pogledu pokretljivosti i pouzdanosti, stečenim u fazi prethodnih is-

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 6/1991.



Sl. 1 Tenk TYPE 90

Fig 3: Type 90 layout and configuration



Sl. 2 Raspored i konfiguracija tenka TYPE 90.

pitivanja. Četiri od ovih prototipova korišćena su za dalja razvojna ispitivanja u toku 1987—1988, a sva ispitivanja, uključujući i ispitivanja korisnika, završena su 1989.

Svi rezultati bili su procenjeni, a relevantne izmene unete su u konstrukciju tenka i paket taktičkih podataka u koji su unete, takođe, izmene u fazi predserijskog razvoja, za koje se smatra da su od bitne važnosti. Modifikacioni radovi završeni su na vreme, kada je novi tenk dobio konačni naziv TYPE 90.

Opšte karakteristike

Osnovne karakteristike tenka TYPE 90 date su na kraju članka. Mada je masa tenka samo 50 t, ima izgleda da će se ona kasnije povećati pri modernizaciji, posebno sa aspekta oklopa koji je važan predmet ovih modernizacija.

Po opštem izgledu i dimenzijama, tenka TYPE 90 sličan je svim drugim osnovnim borbenim tenkovima u svetu, izuzev tročlane kupole sa automatskim punjačem u zadnjem isturenom delu kupole, što do sada nije viđeno na Zapadu. Na slici 2 prikazan je opšti plan tenka TYPE 90, uključujući osnovne delove sistema za upravljanje vatrom, kao i borbena mesta nišandžije i komandira. Postavljanjem vozača u prednjem levom delu tela tenka, stvoren je prostor za magazin municije topa sa desne strane u telu tenka. Elektronske »crne kutije« smeštene su oko borbenih mesta članova posade, dok se akumulatori nalaze iza sponzona sa obe strane tenka. Tri hladnjaka sistema za hlađenje motora smeštena su iznad transmisio-nog odeljenja tenka u zadnjem delu. Na tenk se može postaviti nož buldožera (grtač) za pripremu vatrene položaja. Bez prethodne pripreme tenk može da savlada gaz dubine do 2 m, a za savlađivanje dubokih rečnih prepreka, postoji odgovarajući komplet opreme.

Naoružanje

Osnovno naoružanje tenka TYPE 90 je top 120 mm sa glatkom cevi. Japan je kupio cev i zatvarač od nemačke firme RHEINMETALL, dok će sistem trzanja i postolje biti izrađeni u Japanu. Nabavljena je određena količina municije 120 mm sa kumulativnom protivoklopnom granatom i granatom koja deluje kinetičkom energijom, za svrhe razvojnog ispitivanja. Nisu objavljeni uglovi elevacije i depresije topa, ali se veruje da će biti u granicama sadašnjeg tenka TYPE 74 (+15° do -12°, gde se $\pm 6^\circ$ postiže podizanjem ili spuštanjem tela tenka).

Punjenje topa 120 mm municijom obavlja automatski punjač sa električnim pogonom, smešten u zadnjem isturenom delu kupole. Osnovni razlozi za ugradnju automatskog punjača municije bili su smanjenje broja članova posade i skraćivanje vremena za reagovanje. Na osnovu podataka iz dostupne literature izgleda da je kapacitet ovog automatskog punjača municije 16 metaka. On može da bude napunjen bilo iz same kupole, bilo kroz otvor u krovu kupole. Pri utovaru svakog metka pritišća se jedno dugme koje informiše računar sistema za upravljanje vatrom o tipu smeštenog metka i njegovom položaju u automatskom punjaču. Ovu informaciju kasnije može da koristi komandir ili nišandžija. U toku vatrene dejstva tenka, cev se pokreće u nulti položaj po elevaciji radi uvođenja metka iz automatskog punjača, a zatim se automatski vraća u vatrene položaj. Postoji mogućnost ručnog pokretanja punjača.

Nekoliko metaka topa može da bude smešteno na pod kupole, dok se dodatni meci smeštaju u magazin u prednjem desnom delu tela vozila. Sekundarno naoružanje je mitraljez 12,7 mm na krovu kupole, između turele komandira i otvora za ulaz nišandžije, a i sprengnuti mitraljez 7,62 mm. Mitraljez 12,7 mm ne može se puniti niti posluživati iz vozila.

Upravljanje vatrom

Sistem za upravljanje vatrom ima periskopski nišan nišandžije koji je stabilizovan po azimutu, periskopski nišan komandira sa mogućnošću pokretanja po azimutu od 180° i sa stabilizacijom po dve ose i digitalni računar za upravljanje vatrom. Nišan nišandžije ima dnevni kanal, toplotni senzor i nd-YAG laserski daljinomer.

Sistem za upravljanje vatrom ima poboljšanu mogućnost automatskog praćenja cilja, a zasnovan je na izlaznom signalu termovizora. Automatski uređaj za praćenje cilja je efikasan protiv ciljeva na zemlji, a delimično kada prati ciljeve u vazduhu, kao što su helikopteri. Može se koristiti i iz mesta i u pokretu. Pri napadu na cilj bez automatskog uređaja za praćenje cilja, nišandžija ili komandir koriste svoje ručne komande za praćenje cilja. Pri korišćenju automatskog praćenja jedini posao poslužioca posle hvatanja cilja jeste da pritisne dugme za prelazak na automatsko praćenje, čim se cilj nađe u prozoru za hvatanje cilja u nišanu. Ako se cilj privremeno izgubi (kada se kreće iza zaklona), nišan nastavlja praćenje istom brzinom. Kada se cilj ponovo pojavi, nišandžija može brzo da uspostavi automatsko praćenje. Automatsko praćenje cilja može se eventualno dopuniti sistemom za automatsko izviđanje (akviziciju) cilja.

Nišan komandira, stabilizovan po dve ose, koristi se danju i služi, ne samo da izvidi i napadne cilj, već omogućuje i upravljanje vatrom u dejstvima pronalaženja i uništenja neprijatelja (»hunter-killer«). Pritiskom na jedno dugme na ručici za centralizovano komandovanje, komandir tenka može da prenese nišandžiji cilj koji je on već izvidio, a može da nastavi traženje novih ciljeva dok nišandžija gađa primljeni cilj. Nišan nišandžije ima termovizijski uređaj sa dva displeja — jedan kod nišandžije i drugi kod komandira. Komandir, takođe, ima osmatračke blokove, koji su postavljeni tako da obez-

beđuju kružno osmatranje. Celokupna oprema za upravljanje vatrom obezbeđuje čitav niz opcija osmatranja i za komandira i za nišandžiju, a uz to postoji i dubliranje pomoću spregnutog teleskopa ugrađenog sa topom, a kojim se koristi nišandžija.

Digitalni računar sistema za upravljanje vatrom je srž sistema za upravljanje vatrom. I za gađanje iz mesta i iz pokreta računar služi za korekciju radi kompenziranja daljine do cilja, vetra (senzor vetra smešten je na zadnjem srednjem delu isturenog zadnjeg dela kupole), temperature, ugibanja cevi (senzor je na ustima cevi i podaci se uvode u nišan nišandžije i računar sistema za upravljanje vatrom, a korekcije se mogu uvoditi i ručno) i ugao nagiba ramena topa.

Oprema za upravljanje topom je električna, čime se povećava verovatnoća opstanka tenka, a istovremeno se obezbeđuje visoki stepen performansi topa. Mali motori od 24 i 48 V istosmerne struje za pokretanje i pogon imaju veliku gustinu električne energije. Napajanje strujom od 48 V se koristi za sisteme — velike potrošače električne energije, kao što su starter tenkovskog motora, motori za pokretanje kupole i topa po pravcu i visini i motora za pokretanje automatskog punjača municije.

Oklopna zaštita

Veliki prioritet u razvoju tenka TYPE 90 imala su istraživanja i razvoj oklopa. Razvijen je čelični oklop koji je bio ne samo vrlo tvrd, već i žilav. Uopšteno govoreći, veliku tvrdoću prati i velika krtost. Bio je razvijen kompozitni oklop za prednji čeon luk tenka, uključujući telo i kupolu. Dok su podaci o kompozitnom oklopu pod velom tajne, veruje se da on sadrži i metalne i nemetalne komponente (kao što je keramika), kao i većina specijalnih oklopa. Ploče od čelika velike tvrdoće štite oslanjanje i bokove tenka i one

su okačene kako bi omogućile pristup za održavanje. Nije predviđena nikakva posebna zaštita krova kupole od napada projektila koji dejstvuju preletajući tenk, mada u budućnosti može da bude dodata i ova dopunska zaštita. Stepenn zaštite bokova i prednjeg dela šasije i kupole može se u budućnosti povećati, naročito protiv kumulativnih projektila, dodavanjem dodatnog ili reaktivnog oklopa.

Posledice pogotka u zadnji istureni deo kupole mogu se znatno ublažiti postavljanjem pregrade između magacina sa municijom i borbenog odeljenja tenka, a efikasnost se može poboljšati i postavljanjem ispusnih ploča iznad municije, smeštene u isturenom zadnjem delu kupole.

Sistem za zaštitu tenka ima laserski detektor sa opsegom dejstva od 180° , koji je ugrađen na krovu kupole iza topovskog štita. On upozorava komandira tenka zvučnim signalom i pokazuje mu pravac dejstva lasera. Ovaj sistem može se koristiti za automatsko aktiviranje dimnih bombi, ili bombi koje ometaju protivničke projekte sa IC vođenjem. Misli se da je ugrađen sistem za NBH zaštitu, ali to nije potvrđeno.

Pretpostavlja se da će se produžiti rad na smanjivanju svih vrsta demaskirajućih odraza vozila. Buduće modifikacije i dodaci zavisiće od praktične primenljivosti rešenja novih tehnologija.

Motor i transmisija

Pogonska grupa daje tenku TYPE 90 izvanrednu pokretljivost. Višegorivni dizel-motor sa 10 cilindara i snage 1.104 kW 10 ZG, firme MITSUBISHI, ima specifičnu snagu 22,08 kW/t. U odnosu na motor 10ZP iste firme, snage 530 kW, koji je bio ugrađen u tenkove TYPE 74, novi motor predstavlja znatno poboljšanje. Oba imaju po 10 cilindara i istu zapreminu od 21,5 l. Dvotaktni dizel-motor 90° V 10 ZG ima ne-

posredno ubrizgavanje i vođeno hlađenje i elektronski sistem za doziranje goriva. Superprehranjivanje vrši se pomoću kompresora firme ROOTES, a motor ima dva izduvna turboprehranjivača i jedan međuhladnjak. Maksimalnu snagu motor postiže pri obrtima od 2.400 min^{-1} , a maksimalni obrtni moment pri obrtima od 2.000^{-1} . Masa motora u suvom stanju je oko 2.600 kg.

Motor je povezan sa automatskom transmisijom, u kojoj se nalazi pretvarač obrtnog momenta i automatska spojnica za blokiranje pretvarača u seriji sa četvorostepenim planetarnim mehanizmom. Za kretanje unazad postoje dva stepena prenosa. Ulazna snaga transmisije je 1.104 kW pri 2.400 min^{-1} . Koristi se regenerativno diferencijalno upravljanje smerom vožnje sa hidrostatičkim upravljanjem. U transmisiju su uključene višestruke disk-kočnice sa uljnim hlađenjem. Masa transmisije i menjača u suvom stanju je oko 1.900 kg.

Hladnjaci motora smešteni su iznad transmisije (ima ih tri) zajedno sa tri ventilatora mešovitog protoka. Ventilatore pokreću hidraulički motori, koji verovatno, imaju promenljive brzine obrtanja, zavisno od temperatura motora i transmisije. Pri savlađivanju dubljih vodenih prepreka u motorsko odeljenje prodire voda, pa vozač pre ulaska u vodu mora da isključi rad ventilatora. Prečistači vazduha smešteni su sa obe strane motora.

Oslanjanje

U hibridnom sistemu oslanjanja tenka TYPE 90 postoje hidropneumatski elementi za prednja dva i zadnja dva potporna točka, a za srednja dva točka koriste se torzioni štapovi. Hidropneumatski sistem oslanjanja se, takođe, koristi i za promenu propinjanja tela vozila, pa se time povećava opseg uglova elevacije i depresije glavnog topa bez povećanja visine kupole. U Japanu, gde je 84% površina brdo-

vito ili planinsko, mogućnost gađanja ciljeva koji se nalaze na visinama koje su veće od visine položaja tenka, pri otvaranju vatre i gađanja ciljeva sa brda u doline, važna je taktička osobina. Članci gusenica tenka TYPE 90 izrađeni su od livenog čelika, a tako su konstruisani da se mogu koristiti sa i bez gumenih papuča.

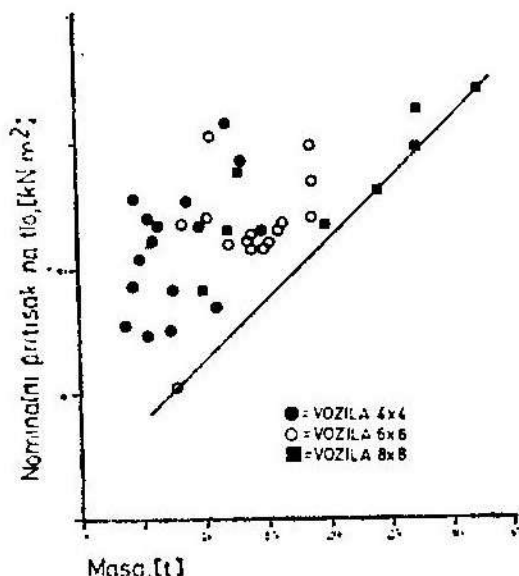
Tenk TYPE 90 biće skup i prema sadašnjim procenama koštaće preko 8 miliona dolara po komadu. Ta cena nije samo zbog skupe opreme za upravljanje vatrom, unapređenog oklopa i automatskog punjača municije, već i zbog male serije. Japanska vlada ograničila je proizvodnju naoružanja za izvoz tako da će se ovaj tenk izrađivati samo za japanske potrebe. Oni nastavljaju sa proizvodnjom postojećeg modela sve dok novi model ne uđe u proizvodnju. Preimućstvo toga je održavanje industrijske baze u »vrućem« stanju, koja se može ubrzati u slučaju potrebe relativno brzo. Međutim, to povećava pojedinačnu cenu tenka.

Taktičko-tehničke karakteristike tenka TYPE 90

Posada [ljudi]	3
Masa u borbenom stanju [t]	50
Dužina [m]	9,7
Visina do krova kupole [m]	2,3
Širina [m]	3,4
Klirens nominalni [m]	0,45 (varira između 0,2 i 0,6)
Brzina [km/h]	70
Autonomija vožnje [km]	oko 300
Specifična snaga [kW/t]	22,08
Snaga motora [kW]	1.104
Dubina savlađivanja ga-za [m]	2

Problemi guma točkova oklopnih vozila*)

Uprkos sve većem korišćenju oklopnih vozila na točkovima i dalje je otvoreno pitanje njihovih performansi pri kretanju van puteva. Središte ovih pitanja je sposobnost vozila na točkovima da dejstvuju na mekom zemljištu i da se na takvom zemljištu nadmeću sa odgovarajućim vozilima na gusenicama.

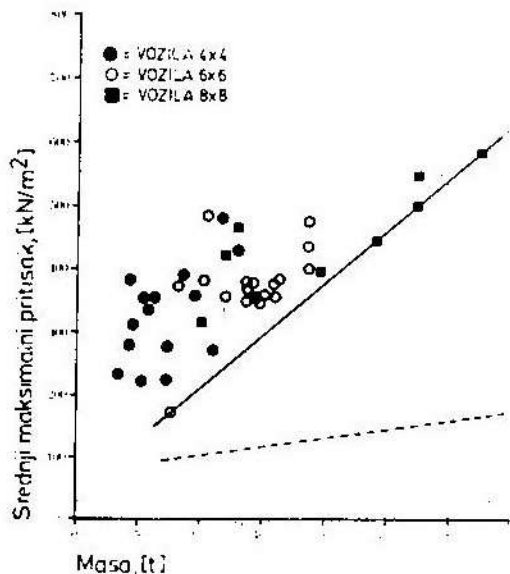


Sl. 1 Dijagram nominalnog pritiska na tlo u odnosu na masu u borbenom stanju do sada razvijenih oklopnih vozila na točkovima.

Sposobnosti oklopnih borbenih vozila na točkovima sa ovog aspekta prvenstveno zavise od njihovog pritiska na tlo, pa, zbog toga, i od broja točkova koji imaju, dimenzije njihovih guma i mase vozila. Zbog promenljivosti ovih činilaca i sam pritisak na tlo je promenljiv. To se vrlo jasno može videti iz razbacanosti tačaka na slikama 1 i 2, koje predstavljaju odnose pritiska na tlo, zavisno od mase 39 do sada konstruisanih vozila.

P.M.

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, br. 6/1991.



Sl. 2 Dijagram srednjeg maksimalnog pritiska na tlo u odnosu na masu istih vozila kao i na slici 1. Dve prave linije predstavljaju minimalni i srednji maksimalni pritisak na tlo koji imaju vozila na točkovima i na gusenicama.

Pritisak na tlo

Navedeni grafikoni (sl. 1 i 2) zasnovani su na dva različita merenja pritiska na tlo. Na slici 1 pokazani su nominalni pritisci na tlo, dok su na slici 2 predstavljeni srednji maksimalni pritisci.

Nominalni pritisak na tlo je prosečna vrednost pritiska na tlo, dobijena deljenjem mase vozila sa ukupnom površinom dodira njegovih guma sa tлом. Međutim, dodirna površina se proračunava na nekoliko različitih načina. Zbog toga je potrebno naglasiti, da su vrednosti nominalnog pritiska na tlo na slici 1 jednostavno zasnovane na teoretskoj dodirnoj površini koja po jednoj iznosi $B \times L$, gde je B — širina gume, a L — dužina dodirne površine, pa je, prema tome, teoretska dodirna površina ravna $B \times L$.

Srednji maksimalni pritisak na tlo je srednja vrednost maksimalnih pritisa na tlo, koji varira sa dužinom do-

dirne površine svakog točka. Vrednosti srednjeg maksimalnog pritiska na tlo sa slike 2 zasnovane su na najnovijoj verziji formule koju je stvorila britanska kraljevska ustanova za istraživanje i razvoj naoružanja (RARDE). Ta formula je primenljiva za kohezivna glinasta zemljišta koja obično vozila na točkovima teže savlađuju nego peskovita.

Na obe slike raspored tačaka je sličan, jer su i izrazi za nominalni i srednji maksimalni pritisak na tlo slični, mada se broječne vrednosti razlikuju. U stvari, njihov odnos je skoro konstantan i približno jednak 3:1 za sva razmatrana vozila. Na taj način i jedan i drugi pritisak na tlo su dobri za opšte upoređivanje. Ali, principijelno, srednji maksimalni pritisak na tlo predstavlja precizniju osnovu za upoređivanje vozila na točkovima međusobno i za upoređivanje vozila na točkovima sa vozilima na gusenicama.

Upoređivanje sa vozilima na gusenicama

Kada se upoređuju dva ovakva tipa vozila, srednji maksimalni pritisak na tlo vozila na točkovima uvek je veći od onog za vozila na gusenicama iste mase. Sa povećanjem mase rastu i razlike, što se vidi iz naglog razilaženja dve linije na slici 2. Ove dve linije predstavljaju minimum srednjih maksimalnih pritisa na tlo koji postižu vozila na točkovima i na gusenicama. Zbog toga su vozila na točkovima manje konkurentna sa porastom njihove mase.

U nekim slučajevima razlike su znatne, čak i kada oklopna vozila na točkovima imaju masu ispod 20 t, kada se obično smatra da se mogu takmičiti sa vozilima na gusenicama. Tako, neka vozila imaju srednji maksimalni pritisak na tlo preko 400 kN/m², što je dvostruko više nego kod osnovnih borbenih tenkova. U stvari, srednji maksimalni pritisak na tlo danas najtežih

borbenih tenkova jedva dostiže brojku od 300 kN/m^2 , a kod najlakših od njih je oko 200 kN/m^2 , dok neka vrlo laka oklopna vozila na gusenicama imaju srednji maksimalni pritisak na tlo od samo 100 kN/m^2 .

Međutim, oklopna vozila na točkovima ne moraju imati pritisak na onoliki koliki imaju. To pokazuju druga vozila na točkovima koja imaju niži srednji maksimalni pritisak na tlo, uprkos činjenici da su dva puta teža.

Može se zaključiti da su konstruktori vozila sa vrlo visokim pritiskom na tlo — takođe i oni koji odluče da ih nabave — ili nesvesni ili ignorišu ograničavajuće efekte na performanse kretanja van puteva. U svakom slučaju, vozila sa tako visokim pritiscima na tlo teško se kreću na teškom prohodnom zemljištu, pa njihova vojnička efektivnost može da bude ograničena. Štaviše, njihove niske performanse imaju tendenciju da sva oklopna vozila na točkovima dovedu u pitanje. Međutim, neka vozila na točkovima nemaju ništa veće pritiske na tlo nego osnovni borbeni tenkovi.

Dimenzije guma

Vozila koja imaju mali pritisak na tlo to postižu kombinacijom točkova velikog prečnika sa gumama širokog preseka i, naravno, korišćenjem šest ili osam točkova kada se radi o težim vozilima. Tome uveliko doprinosi korišćenje gipkijih radijalnih guma i posebno guma MICHELIN XS i XL, koje se sada nalaze na mnogim oklopnim vozilima na točkovima.

Najlakša vozila imaju najniži pritisak na tlo, zbog toga što minimalno moguća vrednost raste sa masom vozila, kako se to može videti sa slika 1 i 2. Na primer, dobro konstruisana laka oklopna vozila na točkovima, kao što je VBL 4×4 firme PANHARD, već imaju srednje maksimalne pritiske na tlo od samo 232 kN/m^2 , ali se to još može i dalje poboljšati. Tako, umesto guma

9,00 R 16, vozilo dimenzija VBL može da bude opremljeno većim gumama, kao što su 36×12.5 — 16.5 LT , firme GOODYEAR WRANGLER, na američkom vozilu M998 HMMWV, ili gumama sličnih dimenzija koje se koriste kod eksperimentalnog vozila XR 311 DUNE BUGGY, firme FMC CORP. Time će se srednji maksimalni pritisak na tlo sniziti do 205 kN/m^2 , što odgovara pritisku svakog osnovnog borbenog tenka.

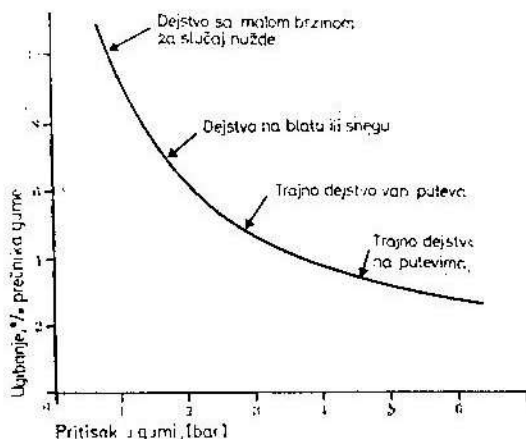
Međutim, teško je, ako ne i nemoguće, da se snizi srednji maksimalni pritisak na tlo teških oklopnih vozila na točkovima na nivo borbenih tenkova, makar imala široke gume na točkovima. To pokazuje vozilo firme DAIMLER BENZ $8 \times 8 \text{ EXF}$ od 32 tone, koje ima srednji maksimalni pritisak na tlo veći od 582 kN/m^2 , uprkos tome što ima gume na točkovima 17,5 R 25. Ali, vozilo mase 32 t može da bude opremljeno još širim gumama 24 R 21, koje je već prihvatila firma TIMONEY za svoje vozilo za pomoć pri havarijama i za gašenje požara. U tom slučaju, njegov srednji maksimalni pritisak na tlo bi se mogao smanjiti na mnogo prihvatljiviju veličinu od 360 kN/m^2 .

Štaviše, značajna poboljšanja mogla bi se sprovesti na tipičnim oklopnim vozilima od 10,5 t, što predstavlja pogodniju masu za vozila na točkovima. Srednji maksimalni pritisak na tlo nekih od ovih vozila mogao bi se sniziti od 482 kN/m^2 , koji imaju na štetu sopstvenih performansi na mekom zemljištu, na 326 kN/m^2 ili čak 247 kN/m^2 . To bi se moglo postići korišćenje širih guma 12.00 R 20 ili 14.00 R 20 umesto malih 11.00 R 16 koje sada imaju.

Pritisak u gumama

Vrednosti srednjeg maksimalnog i nominalnog pritiska na tlo, koje su navedene u slikama 1 i 2, i u tekstu su zasnovane na dimenzijama guma i po specifikacijama proizvođača. To se odnosi na dejstva na putu i van puta pri normalnom pritisku u gumama i nor-

malnim brzinama. Ali, kada vozila djeluju van puteva manjim brzinama, pritisak u njihovim gumama može da bude niži. Time se povećava ugibanje guma (kako se vidi iz sl.), takođe se povećava površina dodira gume na zemljištu, što dovodi do smanjivanja pritiska na tlo.



Sl. 3 Kriva ugibanja gume, izraženo kao procenat prečnika gume, u odnosu na veličinu pritiska u gumi za gumu 24 R 21 XL.

Ugibanje gume može se povećati od normale za 5 do 8% prečnika gume za dejstvo na blatnjavom zemljištu ili snegu. Time će se smanjiti srednji maksimalni pritisak vozila 6×6 sa masom od 12 t sa gumama 14.00 R 20 od 282 na 223 kN/m². Za dejstva u naročitim situacijama malim brzinama preko vrlo mekog zemljišta, smanjivanje pritiska u gumama može da se nastavi dalje do 10% prečnika gume. U tom slučaju, srednji maksimalni pritisak se snižava do 199 kN/m². Slično se i kod 32-tonskog vozila 8×8 sa gumama 24 R 21 srednji maksimalni pritisak na tlo može smanjiti sa 360 kN/m² sa normalnim ugibom gume od 5,5% prečnika na 267 kN/m² sa ugibom od 10%, što bi smanjilo srednji maksimalni pritisak na tlo kao kod borbenih tenkova.

Pored smanjivanja pritiska na tlo, i smanjivanje pritiska u gumama ima blagotvorno dejstvo na vuču. Na pri-

mer, ispitivanja vozila 8×8 EXF sa gumama 17.5 R 25 su pokazala da smanjivanje pritiska u gumama od normalne vrednosti 5,5 bara na minimum od 1,1 bar može da poveća vučnu silu 4,5 puta na peskovitom zemljištu.

Međutim, drastično smanjivanje pritiska u gumama i odgovarajuće povećanje ugiba gume ograničava brzine vozila na manje od 10 km/h. Takođe se smanjuje njihova stabilnost i upravljivost na bočnim nagibima i povećava opasnost od prskanja bočnih stranica gume.

Upravljanje pritiskom u gumama

Nesumnjivo je da se može dosta postići snižavanjem pritiska u gumama za poboljšavanje performansi vozila pri kretanju van puteva. Pritisak u gumama može se menjati ručno, ali takav postupak oduzima mnogo vremena i zahteva da posada izađe iz vozila. To je potpuno nepoželjno u uslovima na bojištu, pa se postavlja pitanje — šta je potrebno uraditi da vozila djeluju pri optimalnom pritisku u gumama. To je ugradnja centralnog sistema za podešavanje pritiska u gumama kojim upravlja vozač i omogućuje brzo ispuštanje i dopumpavanje vazduha u gume čak i kada se vozilo kreće.

Centralni sistem za podešavanje pritiska u gumama točkova uspešno je uveden u upotrebu u toku drugog svetskog rata na američkom 2,5-tonskom amfibijskom kamionu 6×6 DUKW firme GENERAL MOTORS. Međutim, tek pedesetih godina došlo je do prve značajne upotrebe kod oklopnih vozila i to kod sovjetskog oklopnog transportera 6×6 BTR-152. Posle toga, takav sistem je ugrađivan na nekoliko drugih sovjetskih oklopnih borbenih vozila na točkovima, konkretno na široko korišćenom BTR-60 (8×8) i njegovim derivatima BTR-70 i BTR-80.

U toku sedamdesetih godina najzad se centralni sistem za podešavanje

pritiska u gumama pojavio na oklopnim borbenim vozilima na točkovima van SSSR-a. Prvi primer za to je nemačko eksperimentalno vozilo 4×4 APE. Od tada je upotreba pomenutog sistema znatno porasla, tako da 11 od 39 ovde razmatranih tipova vozila imaju ovaj sistem kao standardan ili opcionalan.

Proporcija vozila sa ugrađenim centralnim sistemom za podešavanje pritiska u gumama čak je i veća, kada se isključe vozila sa masom ispod 10 tona. Tada skoro svako drugo vozilo ima taj sistem. Nijedno od lakših vozila ne postiže odgovarajući niski pritisak na tlo jednostavno, kada imaju široke gume.

Jedna francuska firma konstruisala je centralni sistem za podešavanje pritiska u gumama FAST (Fast Adjustment System for Tires), koji može da smanji pritisak u tipičnim gumama 14.00 R 20 sa 4,4 na 1,4 bara za 55 s. Jedan drugi centralni sistem za podešavanje pritiska u gumama, ugrađen u vozilo 8×8 EXF, može da smanji pritisak u gumama 17.5 R 25 sa 5,5 na 2,5 bara, od 2,5 na 1,1 bar u sličnom vremenskom periodu (oko 60 s).

Sistemi „neranjivih guma“

Pored pritiska na tlo, oklopna vozila na točkovima imaju i probleme sa ranjivošću njihovih guma od proboja zrna, parčadi granata, ili čak oštarih predmeta, kao što su prelomljena tanja stabla drveća.

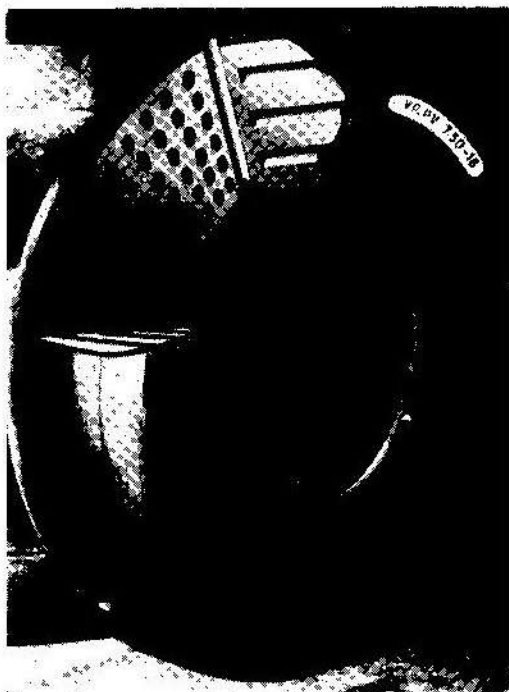
Tradicionalan i još široko korišćeni metod za rešenje ovog problema je korišćenje tzv. »neranjivih guma« koje su, u stvari, konvencionalne gume sa dijagonalnim slojevima i debelim bokovima, koji sprečavaju da guma »legne« kada se izduva posle bušenja, tako da vozilo može da prevali još jedan deo puta. Međutim, debeli bokovi doprinose da neranjive gume budu relativno krute, pa zbog toga nisu podesne za kretanje preko mekog zemljišta.

Sa povećanim korišćenjem gipkih radijalnih guma, funkciju koju imaju debeli bokovi neranjivih guma preuzimaju inserti u gumama, koji ne utiču na funkcije gume dok ona nije probušena, a tada preuzimaju opterećenje između točka i protektora. Time se sprečava da guma potpuno legne.

Inserti u gumama mogu se podeliti u tri široke kategorije:

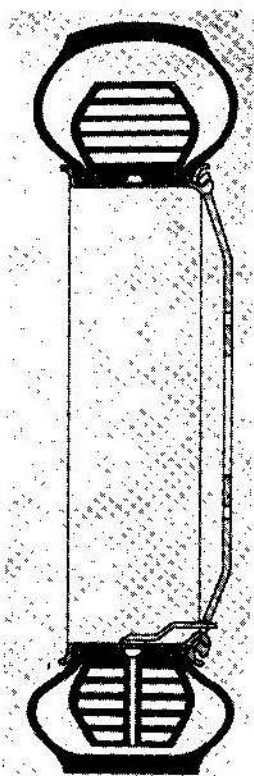
- ćelijaste unutrašnje gume;
- unutrašnje gume od punog gumenog materijala, i
- metalni potporni prstenovi.

Prvu kategoriju predstavlja unutrašnja guma VP-PV (Veil Picard — Pression Variable) koju je izradila francuska firma HUTCHINSON SNC (sl. 4). Unutrašnji potporni element VP-PV ušao je u upotrebu tokom šezdesetih godina na lakom francuskom oklopnom automobilu AML 4×4 , firme PANHARD, i od tada je najviše korišćeni insert gume. Unutrašnja guma je



Sl. 4 Delimični presek neranjive gume sa ćelijastim umetkom HUTCHINSON VP-PV.

izrađena od posebno razvijenog elastomera i ima veliki broj cilindričnih ćelija koje su napunjene inertnim gasom u toku proizvodnje, a zatim su te ćelije zaptivene. U normalnim uslovima, kada je guma naduvana, unutrašnja guma VP-PV ne dodiruje unutrašnjost spoljašnje gume (sl. 5). Kada je guma točka probušena, umetak (torus) prenosi opterećenje točka na spoljašnju gumu (pneumatik), omogućujući da vo-



Sl. 5 Presek neranjive gume sa masovno korišćenim umetkom HUTCHINSON VP-PV.

zilo nastavi izvestan deo puta jednom umerenom brzinom. Za smanjivanje trenja između torusa (umetka) i spoljašnje gume, unutrašnja površina spoljašnje gume premazuje se silikonskim želatinom, a u svakoj ćeliji torusa nalazi se po kap grafita.

Prethodnik unutrašnje gume (torusa) VP-PV, VP (Veil Picard), koji je

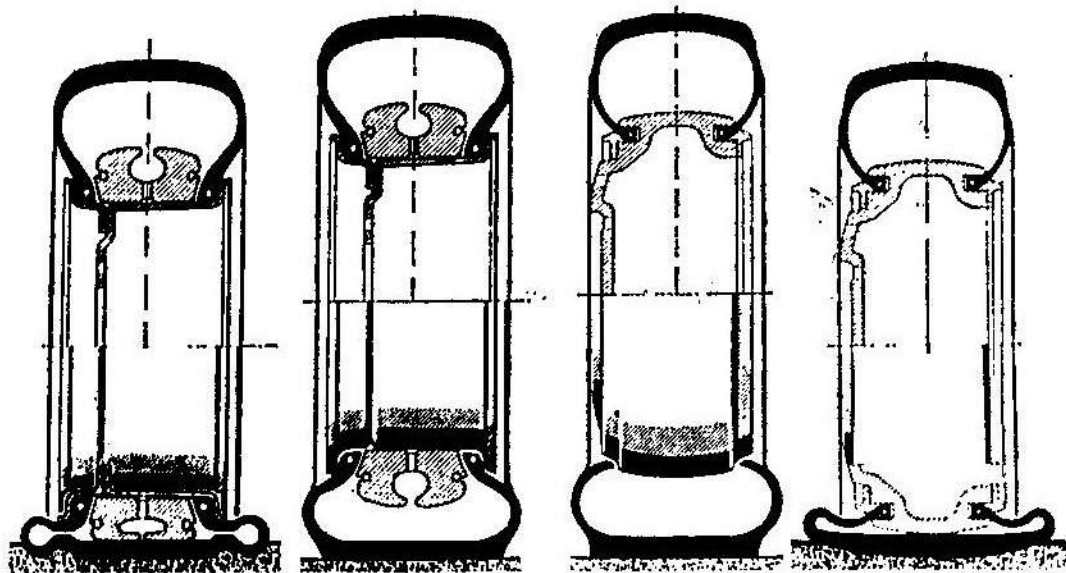
korišćen na već zastarelom oklopnom automobilu 8×8 EBR, slične je konstrukcije, ali potpuno ispunjava spoljašnju gumu. Na taj način guma postaje potpuno neranjiva i otporna na proboj zrna, ali je teža i ima uticaj na gumu koji je ekvivalentan konstantnom i visokom pritisku u gumi, tako da nije mnogo podesna za korišćenje na nekom zemljištu.

Slično se može reći i za gume sa ćelijastim torusom PERMAFORM, firme GOODYEAR, koji, takođe, u potpunosti popunjava spoljašnju gumu, pa je unutrašnji pritisak u gumi konstantan. Ovakve gume su ograničene na dugotrajne brzine do 55 km/h, mada su dozvoljene kratkotrajne brzine do 88 km/h, pod uslovom da ne traju duže od 2h.

Nemačka firma VORWERK konstruisala je potporni elemenat od homogenog elastomera, koji ima oznaku NLR (Notlauftring — prsten za nužnu vožnju). Ovaj sistem neranjive gume prihvatio je KoV Nemačke za zamenu ranijih neranjivih guma na oklopnim vozilima FUCHS 6×6 i LUCHS 8×8. Sistem neranjive gume NLR sastoji se od specijalno oblikovanog unutrašnjeg prstena od homogenog elastomera sa perifernim žlebovima, u kojima su smeštene cevi sa mazivom koje se oslobađa radi smanjivanja trenja kada je guma probijena, a potporni umetak dođe u dodir sa protektorom.

Na slici 6 dat je uporedni prikaz konvencionalnih i CTS guma u napumpanom i ispumpanom stanju.

Najnoviji tip neranjive gume sa umetkom (prstenom) od punog elastomera VFI (Variable Function Insert) koriste oklopna vozila PANHARD VBL, američko M998 HMMWV i italijansko CENTAURIO 8×8. Neranjiva guma VFI (sl. 7) sastoji se od prstena koji sprečava da guma legne kada je probušena. Pri upoređivanju sa drugim tipovima umetaka, VFI ima preimućstvo u tome što je relativno lak. Na primer, verzija gume 14.00-20 je 45% lakša od



Sl. 6 Uporedni prikaz konvencionalne i CTS gume u napumpanom i ispumpanom stanju. Levo, radijalna guma 17.5 R 25 sa umetkom HUTCHINSON VP-PV.

najnovije neranjive gume VP-PV, mada je i ova zadnja znatno lakša od svoje prvobitne verzije.

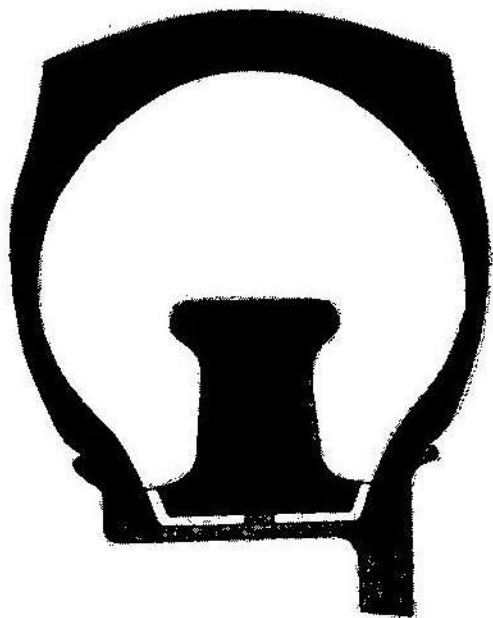
Treći, metalni tip umetka je ACM (Appui Central Metallique — centralni metalni oslonac), firme MICHELIN, koji je prvobitno bio razvijen za vozila pariskog metroa sa gumama na točkovima. On se sastoji od trodelnog ili četvorodelnog kružnog prstena od lake legure, čiji su delovi međusobno pričvršćeni. ACM je relativno laka neranjiva guma i mada je već ispitana na oklopnim vozilima, kao što je SUCURI 6×6, firme ENGESA, nije usvojena ni za jedno oklopno vozilo na točkovima.

U Švedskoj je konstruisan još jedan prilično sličan kruti umetak od šest delova, pod nazivom TRELLEBORG, a ovakva neranjiva guma postavljena je na oklopno izviđačko vozilo TIMONEY MARK 1.

Najnovije specijalne neranjive gume

Prema FINABEL standardu 20A5 neranjive gume treba da omoguće vozilu, sa ispumpanim gumama na jed-

nom upravljačkom i jednom pogonskom točku, da pređe putem minimalnu daljinu od 50 km pre nego što guma spad-



Sl. 7 Presek gume sa najnovijim umetkom firme HUTCHINSON VFI od punog elastomera.

ne ili se upali zbog pregrevanja. Prva tri kilometra takvo vozilo mora da prevale maksimalnom brzinom, kako bi se izvuklo iz opasne zone, sledećih 10 km brzinom od 50 km/h, a ostatak brzinom 25 km/h.

Većina sistema neranjivih guma zadovoljava ili prevazilazi ove zahteve, ali su većina sistema neranjivih guma samo delimična rešenja koja omogućuju da borbena vozila koriste gume namenjene civilnoj upotrebi i nisu namenjene da se suprotstave udarima zrna ili drugim napadima. Takve gume su daleko od idealnih za oklopna vozila, ali se njihova upotreba nastavlja. To je u primetnoj suprotnosti sa oklopnim vozilima na gusenicama, koja su davno napustila korišćenje gusenica za civilne potrebe i koriste specijalno konstruisane gusenice.

Evidentirani su pokušaji da se konstruišu specijalne gume — koje se razlikuju od neranjivih — sa ojačanim bokovima, koje bi bile podesnije za oklopna vozila. Jedna od takvih rešenja je nepneumatski spiralni konusni točak, firme GRUMMAN, prvobitno namenjen za lunarno vozilo. U jednom trenutku razvoja tenkovsko-automobilska komanda američkog KoV razmatrala je upotrebu ovog sistema za kopnena vozila. Najnoviji i najinteresantniji primer je rešenje nemačke firme CONTINENTALAG CTS (Continental Tire System).

Osnovna karakteristika sistema CTS (sl. 6) jeste u tome što su napušteni kruti obodni završeci (pete) i naplaci sa »propadajućom« osnovom. Umesto toga, bočnice gume delimično obuhvataju naplatak. To omogućuje da se cela bočnica podvije, dozvoljavajući da se guma više ugiba nego kod konvencionalne gume, uprkos manjoj vitkosti (odnosu visine preseka gume prema širini). U stvari, vitkost gume CTS je samo 0,65, dok je kod konvencionalnih radijalnih guma 0,6 do 0,95.

Gume i naplaci sa ravnom kontaktnom površinom u sistemu CTS dej-

stvuju kao neranjive gume i bez korišćenja oslonih umetaka, zbog čega su lakši. Na taj način, kada se CTS guma ispumpa, točak prenosi svoje opterećenje preko naplatka sa ravnom kontaktnom površinom neposredno na protektor gume, a da pri tome ne dolazi ni do kakve štetne deformacije.

Preimущества CTS dovela su do toga da je KoV Nemačke zaključivao ugovor sa firmom CONTINENTAL AG za razvoj guma 405/65 R 775 za uporedna ispitivanja sa konvencionalnijim gumama 17.5 R 25 XL, koje su na vozilu 8×8 EXF firme DAIMLER BENZ. Ova ispitivanja su u toku i u toku njih CTS je imao bolju vuču 10—50% na peščanom zemljištu nego mnoge druge konvencionalne gume.

P.M.

Robotizovani sistemi za zaštitu i izviđanje*)

Prema mišljenju stranih stručnjaka NATO, korišćenje robota i robotizovanih sistema u vojne svrhe jedan je od najperspektivnijih pravaca u razvoju oružja i načina njegove borbene primene, a među njih spada zaštita i izviđanje.

Poseban značaj strategijskih objekata postavlja nove zahteve, kako pred postojeće, tako i pred sisteme čiji se razvoj tek planira. Udovoljavanje tim zahtevima i dalje povećanje efikasnosti zaštite klasičnim metodama dovodi do jako izražene tendencije porasta brojnosti osoblja zaštitnih jedinica. Tako, na nekim važnim objektima SAD, ona je porasla za 2 do 4 puta, usled čega se znatno povećala cena eksploatacije sistema zaštite i troškovi za obezbeđenje bezbednosti ličnog sastava.

Analogna tendencija zapaža se i pri organizaciji izviđanja teritorije na kojoj se vode borbena dejstva.

*) Prema podacima iz časopisa »Tehnika i vooruženje«, 11/1980.

Neophodnost sprovođenja radova iz oblasti razvoja borbenih robota, prema saopštenjima strane štampe, bila je izazvana: naraslim zahtevima za efikasnošću vršenja patrolno-strazarske službe, uz istovremeno smanjenje brojnog stanja angažovanog ličnog sastava; povećanje bezbednosti i snižavanjem psihološkog opterećenja ličnog sastava pri zaštiti, odbrani objekata i vršenju izviđanja u uslovima primene efikasnih protivničkih sredstava za uništenje; težnjom ka smanjivanju slučajeva samovoljnih postupaka dežurnih smena zaštite i odvracanja mogućnosti napada na njih radi zauzimanja oružja i municije, a i tendencijama ka prelazu na profesionalnu osnovu opremanja armije i ka minimizaciji troškova držanja jedinica za zaštitu.

Strani stručnjaci, kako sada izgleda, došli su do zaključka da će u budućim sistemima zaštite i izviđanja osnovna uloga pripasti autonomnim sistemima koji koriste veštačku inteligenciju, ekspertnim sistemima i elementima robotike.

Borbeni roboti i robotizovani sistemi, konstruisani na bazi novih tehnologija, biće sposobni za rad u ekstremnim uslovima, gde su ili otežana ili nemoguća dejstva ličnog sastava. Roboti, prema mišljenju njihovih konstruktora, moraju da udovolje zahtevima delimične ili potpune autonomnosti funkcionisanja u svim godišnjim vremenskim uslovima, danju i noću, premeštanja u prostoru, otkrivanja i raspoznavanja pokretnih i nepokretnih zemaljskih ciljeva, određivanja njihovih koordinata i odgovarajućeg dejstva po njima, zavisno od stepena opasnosti.

Najpotpunije ispunjenje ovih zahteva moguće je robotima s intelektualnim nivoom upravljanja. Za razliku od postojećih uzoraka s krutim programima daljinskog upravljanja ili interaktivnim upravljanjem, intelektualni roboti su dužni da samostalno planiraju, kontrolišu i koriguju svoje akcije u okviru opšte postavljenog zadatka. Takvo funkcionisanje postiže se, u prvom re-

du, na osnovu prikupljanja i korekcije baze znanja robota, sastavljanja na osnovu nje, modela tekućeg stanja radne sredine i formiranja prikladnih adaptivnih programa za procesore koji treba da realizuju taj model.

Osnovni obim radova u ovoj oblasti planiran je da se realizuje do 2.000. godine. U skladu sa inostranim prognozama proizvodnja ovakvih robota rašće u svetu prosečno za 35% godišnje.

Sledeća etapa posle razvoja daljinski upravljanih (interaktivnih) robota jeste proširenje funkcionalnih mogućnosti procesora, usavršavanje njihovih intelektualnih sposobnosti, realizovanih u vidu neurokompjutera, i formiranje tehnološke baze za proizvodnju sistema s veštačkom inteligencijom na toj osnovi.

Prelaz od postojećih uzoraka ka robotima s veštačkom inteligencijom zahteva rešavanje niza tehničkih problema. Među najsloženije spadaju takvi kao što su: osvajanje velikoserijske proizvodnje računara za ugradnju, a namenjenih za obradu i prikazivanje grafičkih i lingvističkih informacija; usavršavanje elementarne baze uređaja za ugradnju, a namenjenih za obradu analognih signala; proizvodnja sistema efikasnih, malogabaritnih senzora različite fizičke prirode za obezbeđenje autonomnog rada robota u celokupnom dijapazonu uslova primene; razvoj visokokvalitetnog funkcionalnog matematičkog i programskog obezbeđenja, najpotpunije baze znanja, principa nje organizacije i pravovremene popune; kompleksna obrada podsistema autonomnih robota i principa centralizovanog i decentralizovanog upravljanja grupama robota.

Za postepeno etapno rešavanje navedenih problema, u inostranstvu se vrši razvoj daljinski upravljanih borbenih vozila — robota, koji su sposobni da autonomno vrše traženje cilja u zadatom rejonu, njegovo otkrivanje, klasifikaciju, automatsko nišanje oružja i uništenje cilja. Međutim, na os-

novu prethodnog, za većinu uzoraka pretpostavlja se učešće čoveka — operatora, koji bi upravljao kretanjem robota, ostvarivao detaljno raspoznavanje cilja i donosio odluku o dejstvu po njemu.

Istraživanja u oblasti robotizovanih sistema zaštite usmerene su na stvaranje sistema koji će imati mogućnosti da uporedo s neprekidnom kontrolom situacije na štićenom objektu, prijavljuju slučajeve nedozvoljenog upada na teritoriju objekta, da ih registruje, uporede dobijene podatke s podacima analognih događaja pohranjenih u bazi znanja i na osnovu ovog upoređivanja donose odluku o vrsti prestupa. Smatra se da je saradnike službe obezbeđenja potrebno zvati samo onda kada dođe do unapred namernog povređivanja ili, pak, sistem ne može samostalno da donese jednoznačnu odluku.

Stručnjaci SAD pristupili su razvoju teleupravljanog transportnog sredstva na bazi modifikovanog džipa. Planiraju da ga koriste u organizaciji zaštite objekata s velikim dimenzijama, a takođe i u slučajevima, kada osoblje jedinica zaštite, smešteno na centralnom mestu, ne uspeva da izvrši obilazak cele teritorije ili, pak, da dođe za određeno vreme do mesta prestupa.

Takav vojni džip dopunski je opremljen elektropogonima prigušnih ventila, kočnica, menjača i sistema za upravljanje, a i autonomnim izvorima napajanja i sredstvima veze. Opšta kontrola i upravljanje svim njegovim pod-sistemima ostvaruje se pomoću mikroprocesora klase 68000.

Pretpostavlja se da će na strategijskim objektima SAD slična daljinski upravljana ili poluautonomna (autonomna) pokretna sredstva moći izvršavati proizvoljno patroliranje po obimu objekta i vršiti procenu opasnosti situacija. Osim toga, u nizu razrada takvih robota planira se njihovo opremanje streljačkim naoružanjem, reflektorima i zvučnicima. Kako izveštavaju, funk-

cionisanje takvih robota zasnovano je na formiranju prikaza dela tereta s prestupnikom i predaje takvog prikaza u upravljački centar, gde operator vrši analizu i upisivanje. Zatim, na osnovu analize robot daje prestupniku naređenja, koja su ili ranije isprogramirana ili dolaze od operatora i prenose se preko zvučnika. Pri pokušaju prestupnika da se sakrije, robot prelazi u režim nadgledanja i u njemu se nalazi sve dotle dok se poteri ne priključi patrola.

Drugu grupu čine roboti za unutrašnje patroliranje, koji se koriste za zaštitu prostorija objekata od naročito značaja. To je autonomni robotehnički pokretni sistem STR-1, pokretni robotizovani, videostražar STG-2106, inteligentni mobilni robot, a i roboti tipa »Hubot«, »Gemini« i »Sentry«.

Autonomni sistem STR-1 namenjen je, pre svega, za premeštanje u zatvorenom prostoru čuvanog objekta, po ranije određenoj maršruti i kontrolu situacije na njoj. Osim toga, sistem može izvršavati ulogu mete za proveru i podešavanje tehničkih sredstava sistema zaštite. Sastoji se od pokretne platforme — robota i udaljenog kompjuterski upravljano pulta. Platforma je konstrukcija sa tri točka, sa pogonom na zadnjim točkovima. Dimenzije su $64 \times 43 \times 52$ cm, masa 20,4 kg, razmak između točkova 46 cm, a može da razvije brzinu do 15 km/h.

Robot je opremljen televizijskom kamerom prilagođenom za vezu, a raspolaže vidnim poljem od 60° , kružnom rešetkom s 30 ultrazvučnih pretvarača — daljinomera, ugrađenim mikroprocesorom tipa 6805, povezanim radio-predajnikom, magnetnim kompasom i meračem predenog puta s optičkim kodiranjem. Poslednja dva uređaja namenjena su za dobijanje podataka o kretanju po azimutu i rešavanje navigacionih zadataka pri izboru marš-rute. Veza između ugrađenog kompjutera i glavnog upravljačkog kompjutera ostvaruje se preko modema po radio-kanal. Ugrađeni izvor napajanja — aku-

mulatorska baterija napona 12 V, obezbeđuje neprekidno funkcionisanje u toku 8—10 časova.

Pokretni robotizovani video-strážar STG-2106 po svojoj strukturi u osnovi je identičan robotu STR-1, s tim da ima i niz osobenosti. Sistem opažanja je, pored ostalog, dopunjen infracrvenim i mikrotalasnim davačima koji reaguju na kretanje i temperaturu ljudskog tela, čak i ako je zaštićeno zidom prostorije.

Osim toga, superminijatura video-kamera robota ima kružno vidno polje i radi u širokom dijapazonu osvetljenosti, skoro do potpune tame. Bilo kakvo premeštanje ili toplota koju zrači ljudsko telo automatski dovodi robota u režim aktivnog delovanja i počinje sa emitovanjem video-prikaza ranije isprogramiranog mesta na odgovarajućem radio-frekventnom opsegu. Po komandama sa upravljačkog mesta podaci se mogu prenositi na centralni monitor u realnom vremenu i registrovati na traku.

Robot-strážar STG-6 je autonomni sistem, u čiju su memoriju unapred uneti i programi za premeštanje i dijagnostiku. Ovi programi biraju se za konkretnu marš-rutu patroliranja metodom formiranja slučajnih brojeva, čime se postiže elastičnost i nezavisnost korišćenja robota od spoljašnjih upravljačkih uticaja.

Inteligentni mobilni robot, razvijen u Japanu, potpuno je autonoman, a sa operatorom se ne predviđa interaktivni režim rada.

Dimenzije su $60 \times 60 \times 100$ cm, a masa 60 kg. Napajanje se vrši iz dve akumulatorske baterije. Snaga potrošnje je 36 W. Robot je po strukturi multiprocesorska mreža modula s konfiguracijom tipa »zvezda« i centralizovanim upravljanjem. Mreža se sastoji od glavnog i perifernih modula, u koje spadaju govorni modul, sistem tehničkog vida, senzori za približavanje i kontakt, modul ultrazvučne lokacije, modul za upravljanje kretanjem, senzori osma-

tračkog sistema, terminal i sistem radio-veza. Glavni modul kontroliše tok rada programa patroliranja, inicira rad svakog od perifernih modula i organizuje razmenu informacija između svih uređaja robota. U svojstvu senzorskih sredstava koriste se infracrveni, ultrazvučni, piezoelektrični i termovizijski davači. Veza robota s mestom čuvanja ostvaruje se putem radio ili laserskog sistema. Planira se i daljnje opremanje robota sa efikasnim sistemom za raspoznavanje uzoraka.

U nedostatke rada, stručnjaci ubrajaju malu brzinu premeštanja robota (1,8 km/h), što je uslovljeno nedostatkom brzih procesora i rezolucijom infracrvenih detektora.

Roboti tipa »Hubot«, »Gemini« i »Sentry« slični su po svojoj konstrukciji i nameni. Mogu se slobodno premeštati unutar objekta i, u zavisnosti od unetih programa, voditi računa o protivpožarnoj zaštiti, izvršavati stražarske funkcije, a i upravljati radom drugih sistema i davača.

U slučaju opasnosti ili pri otkrivanju znakova prestupnika, informacija se odmah prenosi na centralno mesto zaštite. Prema mišljenju stručnjaka, roboti takvih tipova su dosta pokretni, sposobni su da izvršavaju rutinske radove, patroliraju na mestima opasnim za ljudski život. Spadaju u višefunkcionalne sisteme s širokim mogućnostima za obezbeđenje zaštite.

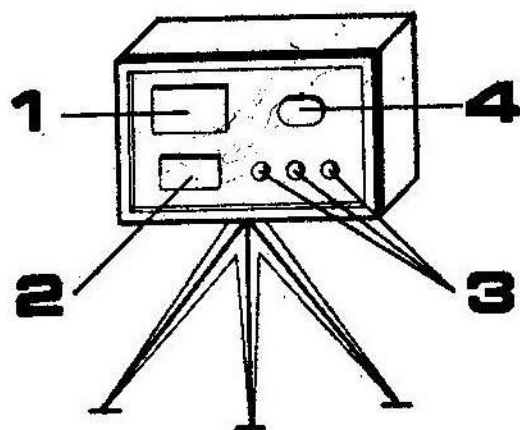
Najsavršeniji među njima su roboti tipa »Sentry«. Visina robota je 120 cm, prečnik 68 cm, a masa oko 180 kg. Njihova cena je od 60 do 80 hiljada dolara. Senzorsko obezbeđenje sastoji se od ultrazvučnih davača i televizijske kamere, što omogućava ugrađenom mikroprocesoru da vrši upravljanje kretanjem, a operatoru centralnog mesta da vizuelno ceni situaciju u zoni patroliranja i izdaje naređenja prestupnicima preko zvučnika u robotu.

Sledeću grupu čine roboti za vršenje patrolno-strážarske službe i izviđanje na neposrednoj teritoriji, na pri-

mer, pri zaštiti privremenih objekata ili traženju zemaljskih ciljeva u zadatom rejonu. U takve spadaju: prenosni izviđački sistem TSP, robotizovana vozila serije »Prowler«, teleupravljeni robot TMAR, robot RANGER, daljinski pilotirajuća letelica AROV i drugi.

Senzorski sistem modula TSP omogućava kontrolu akustičnog fona na teritoriji prečnika 1—3 km, dobijanje slike terena u bilo koje doba dana i noći, otkrivanje pokretnih ciljeva, merenje njihovih koordinata i određivanje smera kretanja. Osim izviđačkih zadataka, modulu TSP može se postaviti i izvršavanje funkcije daljinskog praćenja situacije u prednjoj polusferi pri vršenju stražarske službe.

Sistem TSP (sl. 1) jeste daljinski upravljani prenosni modul, koji se sastoji od tronošca na kojem su smešteni optički uređaji za dnevno i noćno osmatranje, laserski daljinomer i mreža akustičnih davača.

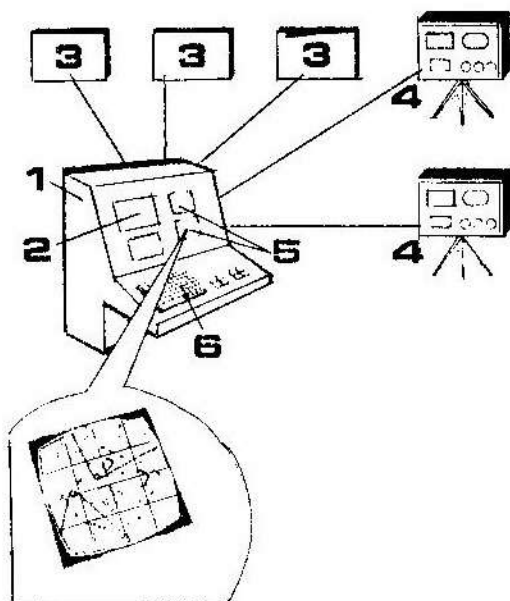


Sl. 1 Sastav sredstava za osmatranje perifernog modula prenosnog izviđačkog sistema TSP:

1 — televizijska kamera; 2 — infracrvena kamera; 3 — laserski daljinomer; 4 — akustični davači.

Sistemom veza modul je povezan s centralnom kontrolno-upravljačkom stanicom, koja sadrži minijturni monitor, rendgensku cev, pokazivače i dis-

pleje, upravljački panel sa tasterima i prekidačima, procesor i upravljačke organe vertikalne i horizontalne panorame. Takva stanica je u mogućnosti da upravlja sa dva modula i povezuje se sa drugim davačima, postavljenim na čuванom objektu (sl. 2).



Sl. 2 Strukturna šema prenosnog izviđačkog sistema TSP:

1 — centralna stanica za upravljanje i kontrolu; 2 — telemonitor; 3 — davači za otkrivanje uključeni u sistem; 4 — periferni moduli; 5 — displeji; 6 — upravljački panel. Osim toga, u sastav centralne stranice ulazi procesor i organi za upravljanje horizontalne i vertikalne panorame (na crtežu nisu prikazani).

Prenosni modul smešta se u prenosni kontejner i predviđen je za ručnu ugradnju na kontrolisanoj teritoriji. Na jednom od displeja u centralnoj stanici prikazuje se karta terena sa označenim zonama pokrivanja i mestima razmeštaja davača.

Najtipičniji predstavnik mobilnih daljinski upravljanih borbenih vozila — robota, koji su u stanju da vrše osmatranje i raspoznavanje uzoraka, jeste serija američkih robotizovanih vozi-

la tipa »Prowler«. Osnovni model te serije izrađen je na šasiji vozila sa šest točkova visoke prohodnosti i može vršiti zaštitu objekata, patroliranje i izviđanje, kako u autonomnom režimu po zadatom programu, tako i u režimu daljinskog upravljanja na udaljenosti 30 km od operatora.

Ovo vozilo opremljeno je laserskim daljinomerom, doplersonskim radarom, infracrvenim sistemom za osmatranje, seizmičkim sredstvima i sistemom daljinskog upravljanja, koji sadrži radio-kanal i tri televizijske kamere. U daljnjem, predviđa se opremanje i sa automatskim sistemom za otkrivanje i raspoznavanje ciljeva i sistemom za upravljanje vatrom. Teleskopski stub sa tele-kamerom može se podići na visinu od 8,5 m, čime se robotu omogućava da vrši osmatranje iza prepreka i izviđanje na šumovitom terenu.

Ugrađeni sistem upravljanja izrađen je na bazi kompjutera klase 68000. Razrađuje se varijanta opremanja robota sa mitraljezom M60, bacačem granata, protivtenkovskom vođenom raketom TOW-2, vođenom raketom »Hellfire«, raketom »Stinger« i lakim automatskim topom.

Robot razvija brzinu do 27 km/h i ima autonomnost kretanja 250 km pri masi hodnog dela od 1678 kg i korisnom teretu od 907 kg. Svi događaji na vozilu dokumentuju se snimanjem na video-traku.

Američki teleupravljeni robot TMAR namenjen je za vršenje izviđanja u bilo koje doba dana i noći. Robot je vozilo sa četiri točka, mase od oko 270 kg, koje je u stanju da se kreće po ispresecanom terenu. Na vozilu je ugrađena televizijska kamera sa optoelektronskim pretvaračem, akustičnim davačima i laserskim pokazivačem cilja. Upravljanje vrši operator preko optičkog kabla dužine do 4 km.

Prvobitno je bilo planirano da se ovaj robot opremi sa četiri protivtenkovska bacača raketa i mitraljezom. Ali, posle ugradnje laserskog pokazivača

cilja, doneta je odluka da se odustane od takvog naoružanja, a da se robot ne koristi samo za izviđanje, nego i za navođenje protivtenkovskih sredstava (raketa »Hellfire« i artiljerijski projektil »Copperhead« sa laserskim glavama za samonavođenje).

Pretpostavlja se da će u budućnosti specijalna oprema robota takvog tipa biti u stanju da vrši traženje i otkrivanje mina, određuje stepen razaranja objekata, proverava efikasnost maskiranja, registruje preciznost i rezultate izvršenih udara.

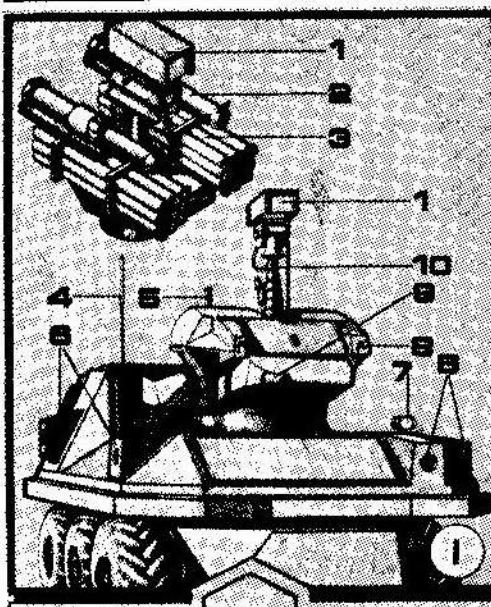
Robotizovano vozilo »Ranger« sa četiri točka, koje su razvili američki stručnjaci, uspešno je prošlo ispitivanja u svojstvu nosača lansirnog uređaja protivtenkovskih raketa. Osim toga, predviđaju da vozilo iskoriste kao sredstvo službe patroliranja, stražarenja i izviđanja. Pokazalo se da vozilo poseduje visoke manevarske mogućnosti, da je jednostavno za eksploataciju i remont i da nije skupo. Masa vozila je 158 kg.

Vozilo je opremljeno sistemom daljinskog upravljanja i omogućava premeštanje po ispresecanom terenu sa brzinama do 16 km/h. U sastav naoružanja ulaze: protivtenkovske vođene rakete, mitraljez, uređaj za ispuštanje suzavca, oružje sa olovnom sačmom.

Prema programu DARPA (koji je razradila uprava perspektivnih naučnoistraživačkih projekata MO SAD) razvija se robotizovano vozilo, čija je osnovna karakteristična osobina orijentacija uz korišćenje satelitskih sistema izviđanja pri korekciji marš-rute u režimu autonomnog patroliranja. Danas je opitni uzorak u stanju da funkcioniše samo u režimu teleupravljanja. Ugrađena senzorska sredstva na njemu, slična su takvim sredstvima na vozilu »Prowler«.

Za ispitivanja, čiji je završetak planiran krajem 1990, predviđeno je da se ispituju mogućnosti robota pri kretanju brzinama do 10 km/h, zatim do 50 km/h po bespuću. Planirane marš-

MOBILNI DALJINSKI UPRAVLJAN ROBOT



Varijanta opremanja robotizovanog vozila:

1 - tele-kamera; 2 - lansirni uređaj POVR; 3 - lansirni uređaj navodjenih raketa; 4 - antena za radio-vezu; 5 - davač za kontrolu hemijske situacije; 6 - laserski daljinomeri; 7 - reflektor; 8 - infracrvena sredstva za osmatranje; 9 - mitraljez velikog kalibra ili laka automatska puška; 10 - teleskopski stub (maksimalna visina do 8,5 m).



I - senzorska sredstva i varijante mogućeg naoružanja i robotizovanog vozila za izvidjanje i zaštitu.

III - moguća varijanta primene robotizovanog vozila za zaštitu i odbranu lansirnog uređaja međukontinentalnih balističkih raketa. Jedno vozilo vrši slobodno patroliranje u zoni koja pripada čuvanom objektu (udaljenost od operatora do 30 km), drugo patrolira uz ogradu po njenom obimu.

IV - pult za daljinsko upravljanje robotizovanim sistemom zaštite i odbrane

II - gabaritne razmere robotizovanog vozila u poredjenju s tenkom.



-rute biraju se na osnovu informacija baze podataka o terenu: obliku terena, nagiba, vrste podloge, pokrivenosti rastinjem, i tome slično. Operator, može planirati optimalnu marš-rutu ili njenu varijantu. Pri tome, na ekranu displeja prikazuje se kako stvarni položaj robota, tako i njegovo odstupanje od planiranog.

Daljnje usavršavanje robotizovanih vozila usmereno je ka prelazu s daljinskog interaktivnog nivoa upravljanja na autonomni inteligentni nivo.

Osnovni model za ovaj prelaz je autonomno kopneno vozilo ALV (SAD). Pretpostavlja se da će do 1992. vozilo biti dorađeno tako da će moći samostalno da se premešta po putevima pri brzinama do 96 km/h i po bespuću sa obilaženjem prepreka. Izbor marš-rute i kretanje po njoj, uz orijentaciju prema terenu, planirano je da se ostvari na bazi tehnologije veštačke inteligencije i analize televizijskog prikaza površine terena. Upravljački algoritmi kretanja biće usavršavani u smeru postepenog prelaza sa puteva s tvrdom podlogom na poljske, a zatim i na kretanje po bespuću.

Istovetnu etapu razvoja prolazi robotizovano vozilo ROVA (Velika Britanija) na guseničnom podvosku, s autonomnim upravljanjem prema podacima ugrađene televizijske kamere i laserskog daljinomera. Spoj navedenih senzorskih sredstava omogućava da se formira sveobuhvatni prikaz terena, što je neophodno za izbor marš-rute kretanja, praćenja konfiguracije puta, ivi-

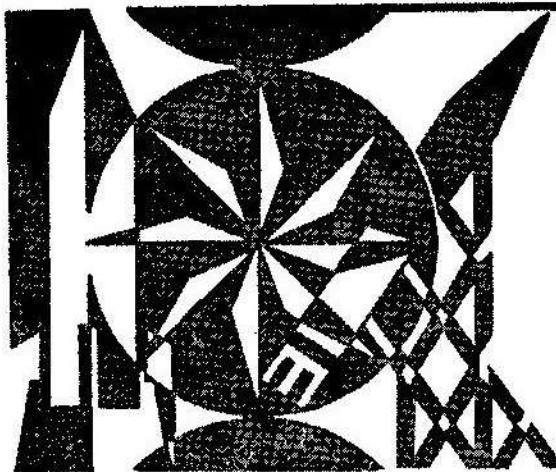
čnjaka i prepreka. Konstruktori planiraju da u prvoj etapi sprovedu ispitivanja pri kretanju po marš-ruti, koja je određena prema krutom programu, a u drugoj etapi proširenje programa uz povećanje broja parametara uzetih u obzir pri autonomnom traženju marš-rute kretanja u složenoj situaciji na terenu.

Za vršenje vazdušnog izviđanja razvijena je avijacijska daljinski upravljana platforma AROV (SAD). Pored osnovnog zadatka, platforma je u stanju da izvršava čitav niz funkcija povezanih s zaštitom najvažnijih zadataka. Ovaj laki (do 50 kg) malogabaritni aparat s vertikalnim poletanjem i sletanjem, opremljen je tunelskim ventilatorskim motorom i u stanju je da lebdi u traženoj tački i da traži i otkriva zemaljske ciljeve u bilo koje doba dana i noći. Upravljanje se vrši s prenosnog pulta ili preko uobičajenog kontrolora u pokretnoj ili stacionarnoj stanici za upravljanje.

Putevi za usavršavanje vazdušnih robota zasnivaju se, takođe, na primeni tehnologije veštačke inteligencije. Tako se u SAD razvija sistem »sletelica-oružje« s veštačkom inteligencijom.

Ovaj vazdušni robot, kako se pretpostavlja, biće u stanju da samostalno određuje svoj položaj, da otkriva ciljeve i utvrđuje njihov prioritet, donosi odluku o njihovom uništenju, bira odgovarajuće oružje i dejstvuje iz njega, te odleće iz vatre.

L.B.



tehničke novosti i zanimljivosti

Nemački automat kalibra 5,45 mm »923«¹

Istočnoevropski proizvođači streljačkog oružja sve češće se javljaju na svetskom tržištu sa oružjima koja imaju kalibar cevi 5,56 mm ili 5,45 mm. Tako je bivša Istočna Nemačka razvila više oružja ovih kalibara. Za metak 5,56 mm razvila je automatsku pušku sa fiksnim kundakom oznake StG-941, sa preklapajućim kundakom StG-942, sa preklapajućim kundakom i kratkom cevi StG-943, puškomitraljez LMG-944 i snajpersku pušku PG-945. Za metak 5,45 mm, pored automatske puške i puškomitraljeza, razvila je i automat interesantnih karakteristika.



Automat 5,45 mm 923 razvijen je 1987. godine, na osnovu sovjetskog au-

tomata AKSU-74 (funkcioniše na istom principu). Po spoljnjem izgledu sličan je sovjetskom oružju (imaju 74% istih delova). Na ustima cevi nema gasnu kočnicu, karakterističnu za sovjetsko oružje. Pouzdan je i izuzetno pogodan za rukovanje.

Dužina automata sa ispruženim kundakom je 805 mm, a sa preklopljenim 600 mm. Dužina cevi je 317 mm, a nišanska daljina 1000 m. Masa sa praznim okvirom je 3,43 kg. Početna brzina zrna je 845 m/s.

Izraelski pištolj »JERICHO« 941«²

Izraelska vojna industrija razvila je novi pištolj kalibra 9 mm za metak 9×19 mm PARABELLUM i 0,41 inč (10,41 mm) za metak .41 AE (Action Express) oznake JERICHO 941. Koncipiran je tako da će se isporučivati sa obe cevi (prostom zamenom cevi može da se koristi jedna od dve vrste municije). Funkcioniše na principu kratkog trzanja cevi. Ima ugrađen sistem za okidanje sa dvostrukim dejstvom.

¹ Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1990, br. 7, str. 532.

² Prema podacima iz: CIBLES 1990, oktobar, str. 36.

Osnovne odlike pištolja su pouzdanost, robustnost i dobra preciznost. Provera pouzdanosti vrši se ispaljivanjem 5000 metaka. Jedan od uzoraka je ispitivan tako da se pri gađanju bez čišćenja odredi kada će se pojaviti prvi zastoj. Na ispitivanom uzorku prvi zastoj pri gađanju bez čišćenja pojavio se posle 2500 ispaljenih metaka.



Oružje je dobro uravnoteženo. Preciznost proveravana ispaljivanjem grupe od 10 metaka za vreme od 4 minuta u metu na rastojanju 25 m, zatim grupe od 5 metaka za 15 s u metu na rastojanju 15 m i grupe od 5 metaka za 11 s u metu na rastojanju 15 m. Dobijeni su dobri rezultati. Za noćna gađanja ima ugrađene tricijumske nišane.

Osnovne karakteristike pištolja su:

— kalibar	9 mm i i 0,41inč
— dužina [mm]	204
— visina [mm]	138
— širina [mm]	35
— dužina cevi [mm]	120
— broj žljebova cevi	6
— masa praznog oruž. [g]	906
— kapacitet okvira: 15 metaka 9 mm ili 10 metaka 9 mm ili 10 metaka .41 AE.	

Nemački automatski top »Rh503«³

U Nemačkoj se za potrebe naoružanja oklopnog vozila MARDER razvija automatski top Rh503. Ovo oruđe će imati mehanizam za punjenje sa električnim pogonom. Predviđena je mogućnost regulisanja brzine gađanja od 150 i 400 metaka/minut i rafalna paljba od po 3 hica. Planira se mogućnost zamenljivosti cevi kalibra 35 mm i 50 mm. Prelaz sa municije kalibra 35 mm na municiju kalibra 50 mm omogućice se posebnim rasporedom municije kalibra 50 mm koja ima istu dužinu kao i municija kalibra 35 mm. Novost je i korišćenje cilindrične potkalibarne granate kalibra 50 mm koja ima za 35% povećanu probojnost. Meci se dodaju iz magacina u prostor ispred uvodnika pomoću takozvanog »amortizera« koji deluje na principu kompenzacije. Na taj način se usklađuje brzina gađanja sa brzinom punjenja. Pored potkalibarnih mogu se koristiti i razorno-rasprskavajuće granate oba kalibra. Zamena tipa granate moguća je za nekoliko sekundi.

U slučaju otkaza električnog generatora moguća je automatska paljba pomoću baterije, a ukoliko nema ni baterije pojedinačna paljba je moguća ručno.

Sovjetski minobacač kalibra 120 mm »2B11«⁴

Ovaj minobacač predstavlja modernizovanu verziju sovjetskog minobacača 120 mm M 1943. Osnovni sklopovi minobacača su: glatka cev sa zadnjakom, dvonožni lafet, podloga, podvozak i nišanska sprava. Cev se puni spređom. Na ustima cevi ugrađen je uređaj koji sprečava ubacivanje druge mine, ako se već jedna nalazi u cevi.

³ Prema podacima iz: TEHNIKA I VOORUŽENJE 1990, br. 7, str. 39.

⁴ Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1990, br. 8, str. 591.

Osnovne taktičko-tehničke karakteristike oruđa su:

— kalibar [mm]	120
— masa na maršu [kg]	267
— najveći domet [m]	7100
— najmanji domet [m]	480
— brzina gađanja [meta- ka/minut]	15
— polje dejstva [°]	
— po visini	+45° do +80°
— po pravcu	10° (5° levo i 5° desno)
— početna brzina mine [m/s]	325



Oruđe se transportuje vučom vozilom GAZ-66 ili se prevozi na vozilu. Vozilo ima navoznice koje omogućuju brz utovar i istovar oruđa.

Samohodna varijanta ovog mino-bacača ima oznaku 2S12, a top-minobacač koncipiran, na bazi ovog oruđa ima oznaku 2B12.

Višecjevni bacač raketa »FIROS 6« italijanske firme SNIA-BPD⁵

Italijanska firma SNIA-BPD razvila je familiju od četiri višecjevna ba-

cača raketa FIROS, koji se identifikuju prema svojim dometima oko 6, 25, 30 i 70 km. Firma je, drugim putem, angažovana u multilateralnom programu MLRS u kojem kooperira Italija i to u oblasti propulzije.

U interesantnu kategoriju ovih sistema spada FIROS 6 u vezi svoje pokretljivosti i efikasnosti. Instaliran na terenskom vozilu 4×4 od 1 t; on lansira do dometa 6,5 km, 48 raketa BPD 2" (51 mm). Ovaj bacač opremljen je optičkim uređajem za nišanje za direktno i indirektno gađanje. Njihovo nominalno vreme postavljanja u stanje borbene gotovosti iznosi tri minuta, a



Višecjevni bacač raketa FIROS-6 firme SNIA-BPD na terenskom vozilu LAND-ROVER

izlazak iz borbene gotovosti jedan minut. Raketa ARF/BM3 čija je masa 4,87 kg, ima dužinu 1050 mm i prečnik 51 mm. Raketa može da koristi različite bojne glave iste mase 2,2 kg (razorno-zapaljive, rasprskavajuće, protivtenkovske, protivpešadijske, dimne, osvetljavajuće i vežbovne).

⁵ Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 94, str. 75.

Francuski protivoklopni raketni sistem srednjeg dometa »ATGW3«⁶

Francuska firma EMDG konstruisala je protivoklopni raketni sistem srednjeg dometa ATGW3. To je pešadijsko oružje treće generacije protivoklopnih sistema srednjeg dometa, koje ima veliku ubojnu moć protiv svih sadašnjih i budućih oklopnih vozila sa mogućnošću dejstva i protiv helikoptera. Mali i lak, sistem se koristi u prenosnom obliku, ali se može postaviti i na različita vozila. Pored toga može se koristiti i iz zatvorenog prostora.

Vođeni projektil lansira se iz lansirne cevi koja je istovremeno i taktički kontejner. Nišandžija treba samo da drži krst končića svoga nišana na cilju. U toku leta vođeni projektil, sa svojim laserskim prijemnikom, leti kroz laserski snop koji emituje vatrena jedinica i koji je poravnat sa vizirnom linijom. Sistem poseduje i odvojiv noćni nišan. Domet mu je 2000 m, a može da probije sve postojeće i projektovane oklope.

Ovaj projektil se nalazi u fazi razvoja.

Francuski protivoklopni raketni sistem kratkog dometa »ERYX«⁷

Vođeni protivoklopni projektil kratkog dometa ERYX na putu je da postane protivoklopno borbeno sredstvo malih pešadijskih jedinica (odeljenja i borbenih grupa). Ovo oružje će obezbediti tim jedinicama od početka devedesetih godina sposobnost koju ne mogu da obezbede nevođene rakete:

— završni efekat na cilju protiv sadašnjih i budućih oklopnih vozila (spređa, čak i ako ima reaktivni oklop);

— vrlo velika verovatnoća pogađanja na bilo kojoj daljini do 600 m protiv pokretnih ciljeva;

— korišćenje na svakom zemljištu, uključujući nastanjenje oblasti (gađanje iz zatvorenog prostora). ERYX je lak projektil, njime se lako rukuje i može da ga nosi i gađa sa njim jedan čovek. Sistem oružja ERYX već su odabrale OS Francuske i Kanade.



Sklop sistema oružja je sastavljen od sledećih delova:

— vatrene jedinice malih dimenzija,

— municije koja se sastoji od vođenog projektila u lansirnoj cevi, koja je takođe taktičko pakovanje.

Lansiranje vođenog projektila malom brzinom omogućuje gađanje sa ramena i iz zatvorenog prostora. Gađanje iz ležećeg položaja moguće je pomoću nožica.

Zbog manevarskih sposobnosti i organizacije bojne glave, vođeni projektil je precizan i efikasan do daljine od 600 m protiv svih tipova postojećih i očekivanih oklopa do kraja stoleća.

⁶ Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 1—70.

⁷ Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 1—90.

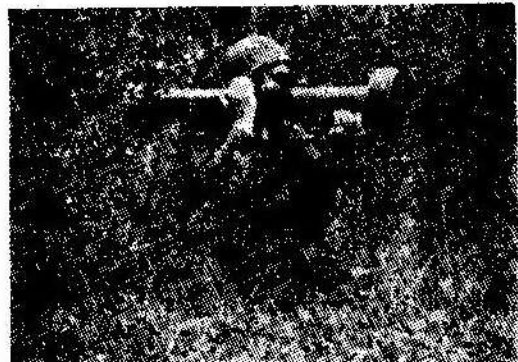
Konstruisala ga je firma AEROSPATIALE.

Komandovanje vođenim projektom, poravnavanje sa linijom nišanja, njegova lokalizacija pomoću CCD senzora, način elaborisanja komandi za vođenje i njihovo prenošenje preko žice, obezbeđuje sistemu visok stepen diskrecije i izvanrednu zaštitu od prirodnog i veštačkog ometanja na bojištu.

- maksimalna brzina na kraju putanje leta [m/s] 280
- domet [m] od 50 do 600
- vreme leta [s] do 600 m: 3,6 s
- probojnost homogenog čelika [mm] > 900
- masa vođenog projektila sa lansirnom cevi [kg] 11
- dužina/prečnik [m] 0,925/0,160
- masa vatrene jedinice [kg] 3,8
- vidno polje [mrd] 200
- uveličanje $\times 3$

Sistem se nalazi u fazi prototipa, a serijska proizvodnja treba da počne 1991. godine.

pešadijskih jedinica u protivoklopnoj borbi. Kao dodatna oprema jedinice ono ima malu masu (ispod 7 kg) i može da deluje iz zatvorenog prostora. Cena mu je niska, što omogućuje masovnu primenu protiv najrazličitijih oklopnih sredstava i većine savremenih tenkova.



Sredstvo je izrađeno u vidu prenosnog bestrzajnog lansera koji se razvlači na dužinu 1 m, sa rastresitom kontra masom, kalibra 92 mm, sa kumulativnom bojnom glavom od 1 kg eksploziva i početnom brzinom 290 m/s. Sve to omogućuje proboj ploče valjanog pancirnog čeličnog lima debljine preko 520 mm, i visoku preciznost pri gađanju pokretnih ciljeva na daljinama do 300 m.

Francusko pešadijsko protivoklopno raketno sredstvo »AB-92«^a

Na poslednjoj francuskoj izložbi naoružanja i vojne opreme SATORY XII, održanoj u Parizu u maju 1990. godine, francuska firma MATRA MANURNI DEFENSE je između ostalog prikazala prototip pešadijskog protivoklopnog raketnog sredstva AB-92.

Ovo sredstvo se razvija u saradnji sa firmama GIAT i SERAT a početak serijske proizvodnje se planira u 1993. godini. Namenjeno je za samoodbranu

Sovjetski raketni sistem za PVO »SA-10b« (»GRUMBLE Mod.1«)^a

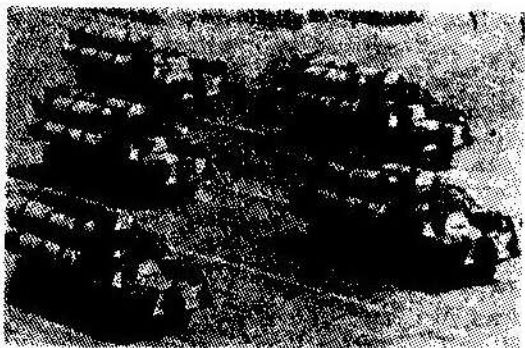
Na slici su borbena vozila na točkovima formule pogona 8×8, koja služe za nošenje jednog od najmodernijih i najskupljih raketnih sistema za PVO u naoružanju SSSR, koji nosi oznake SA-10b (NATO kôd GRUMBLE Mod.1).

Sredinom 1970-ih godina započeo je razvoj ovog strategijskog oružja sa ograničenom mogućnošću protivraketnih dejstava. Prva stacionarna verzija SA-10a ušla je navodno u naoružanje

^a Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 1-472.

^a Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1990, br. 7, str. 481.

1980. godine, i do 1988. postavljeno je 150 stanica. Mobilna verzija SA-10b (Grumble Mod.) poznata je negde od 1983. godine. Pored prikazanih vozila



ovaj sistem obuhvata u modifikovanim vozilima MAZ-7310 (8x8) višenamenski radar FLAP LID B, radar za hvatanje cilja CLAM SHELL i radar za pretraživanje BIG BIRD. Izgleda da je mobilna varijanta SA-10b spojni element između stacionarnih sistema PVO i mobilnih sistema za PVO jedinica KoV. Dužina rakete SA-10b procenjena je na oko 7 m, prečnik oko 0,45 m, a startna masa oko 1,5 t. Masa bojne glave (sa nuklearnom varijantom) je oko 90 kg. Horizontalni domet je 3—100 km, a po visini do 30 km uz maksimalnu brzinu leta rakete oko 6 Ma. Za pogon rakete služi čvrsto gorivo. Na slici su prikazani sistemi u marševskom položaju na paradi na Crvenom trgu u Moskvi 1990. godine. U vatrenom položaju su 4 lansirna kontejnera zakrenuta za 90° i stoje vertikalno na zadnjem delu vozila.

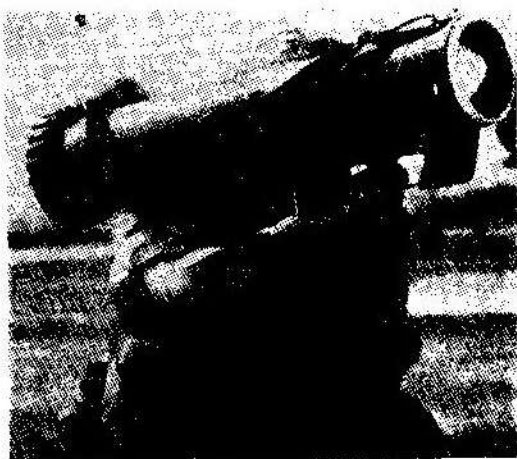
Američko lako protivoklopno oružje malog dometa »SRAW«¹⁶

Firma HUGHES MISSILES SYSTEMS, deo kompanije HUGHES AIRCRAFT, jedna je od dve firme koje su

zaključile ugovor za prvu fazu razvoja lakog raketnog oružja tipa »ispali pa zaboravi« za američku mornaricu. Prva faza razvoja predstavlja demonstraciju i ocenu oružja.

Vrednost ugovora iznosi 14 miliona dolara, a trajanje ove faze 30 meseci. Ugovor sa NAVAL SURFACE WARFARE CENTER iz Dahlgrena zaključen je 22. februara 1990. god. Po ugovoru treba ispitati gađanjem 45 projektila od kojih 5 sa bojnim glavama. Sa firmom HUGHES takmiči se u ovoj fazi firma FORD AEROSPACE. Jedna od ove dve firme biće izabrana za ugovaranje kompletnog razvoja. Po planu serijska proizvodnja treba da počne 1997. god.

Novo PO oružje malog dometa (SRAW — Short Range Antitank Weapon) namenjeno je za dejstvo protiv tenkova na malim daljinama i u urba-



Model oružja SRAW u prirodnoj veličini

nim sredinama. Oružje će imati dve bojne glave — prednju koja treba da aktivira aktivni oklop i glavnu, veću, sa kumulativnim punjenjem, koja probija oklop tenka. Firma HUGHES prilagođava konstrukciono rešenje za upravljanje letom lakog egzozatmosferskog projektila LEAP.

Zahtevi američke mornarice, minimalni domet 17 m, a maksimalni 500 m

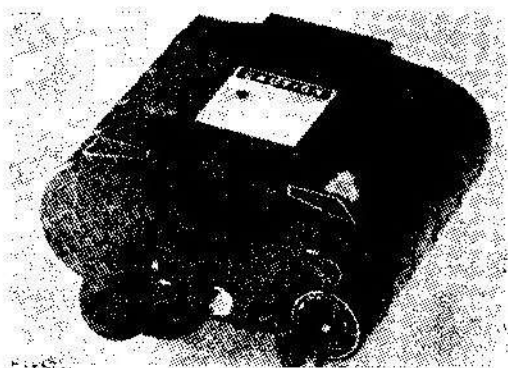
¹⁶ Prema podacima iz: DEFENCE 1990, oktobar, str. 618.

biće ispunjeni. Lansiranje rakete biće bestrzajno sa minimalnim isticanjem gasova unazad, kako bi se obezbedila sigurnost rukovaoca i omogućilo dejstvo iz malih zatvorenih prostora. Oružje treba da proizvodi što manju buku, što manje dima i da ima što manji IC-odraz da ne bi demaskiralo položaj. Masa sistema biće oko 10 kg.

Prenosivi laserski daljinomer francuske firme SOPELEM¹¹

Francuska firma SOPELEM razvija je, prema licenci DEC, prenosivi laserski daljinomer bezbedan za ljudske oči, na bazi tehnologije direktne emisije talasne dužine od 1,54 μm , uz primenu specijalnog stakla ERBIUM sa kojim se postiže potpuna sigurnost za vid.

Primenjena tehnologija predstavlja preimućstvo u pogledu jednostavnije realizacije, tako da je cena ove opreme ekvivalentna opremama koje primenjuju klasične materijale sa talasnom dužinom od 1,06 μm , pri čemu je potpuno očuvan kvalitetan nivo performansi.



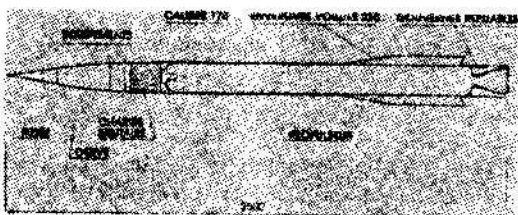
Ovaj laserski daljinomer, čija je masa 2,80 kg (sa baterijama), ima doomet od 100 do 9995 m sa rezolucijom 5 m. Tempo repeticije merenja je sva-

kih 3 sekunde (za prosek od 10 merenja u minutu). Napajanje obezbeđuju litijumske baterije (700 merenja) ili alkalne (300 merenja).

SOPELEM namerava da razvije, počev od istog modela emisije, verzije za korišćenje na oklopnim vozilima, koje će biti pogodne za integrisanje sa sistemima za upravljanje vatrom.

Francuski hiperbrzi vođeni projektil »HVM« za sistem kratkog dometa zemlja-vazduh »ROLAND«¹²

Firma EUROMISSILE konstruisala je hiperbrzi vođeni projektil HVM (Hyper Veloce Missile) za raketni sistem kratkog dometa ROLAND, a sa ciljem da se suprotstavi pretnjama posle 1995. godine, ili avionima koji napadaju na malim ili vrlo malim visinama, obezbeđujući istovremeno izvanrednu efikasnost i na srednjim visinama. Per-



formanse projektila, kao što su brzina, manevarske osobine i ubojnost, doprinose da je HVM jedinstven vođeni projektil koji je u stanju da razori najteže pretnje kao što su:

— protivoklopni »iskakajući« (pop-up) helikopteri, otkriveni na daljini od nekoliko kilometara od borbenih linija;

— avioni sa veoma dobrim manevarskim sposobnostima koji ispaljuju sa velikih daljina vođene projektele tipa »stand-off« (koji se lansiraju sa daljina van dometa PVO).

¹¹ Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLE S INTERNATIONAL 1990, br. 109, str. 80.

¹² Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 1—52.

Potpuno kompatibilan sa sistemom oružja ROLAND, vođeni projektili HVM zauzima važno mesto u odbrani mobilnih borbenih jedinica ili položaja. Biće razmatrana mogućnost adaptacije ovog vođenog projektila za druge sisteme oružja tipa ROLAND, ili za specifične potrebe.

Ovaj vođeni projektil je uzajamno zamenjiv sa projektilima za ROLAND 2 i ROLAND 3. Dužina vođenog projektila je 2,50 m, prečnik 0,170 m, masa 81 kg. Sistem pogona je »boost and glide« (ubrzaj i leti), komandni sistem je aerodinamički, a vođenje je po nišanskoj liniji.

Maksimalni domet je preko 15 km, brzina 4 Ma i 8 km preleti za 4,4 s, manevarske osobine — 70 g na 8 km, ima blizinski i udarni upaljač, ukupna masa bojne glave je 12 kg, uz izvrstan odnos efikasne mase prema ukupnoj masi.

Francuska artiljerijska protivoklop-ga municija kalibra 155 mm sa preciznim samovođenjem¹³

Francuski konzorcijum ADO razvio je artiljerijsku municiju kalibra 155 mm na principu »ispali i zaboravi« za upotrebu po svakom vremenu, namenjenu za probijanje teških oklopa budućih generacija. Ova municija pruža artiljeriji sposobnost za uništavanje neprijateljskih oklopnih vozila do dubine druge odbrambene linije.

Karakteristike:

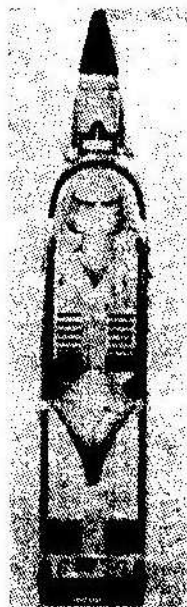
— Granata kalibra 155 mm prema standardu 483 A1. Konceptija »bez održavanja« ne zahteva specijalnu logistiku i omogućuje kompatibilnost sa svim postojećim i budućim sistemima.

— Granata nosi potkalibarnu municiju sa sistemom za finalno vođenje koja se izbacuje u blizini rejna ciljeva.

¹³ Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 1—64.

— Mogućnost za upotrebu u svim atmosferskim uslovima; sposobnost odbijanja lažnih ciljeva; visoka otpornost na protivelektronska dejstva.

— Visoka efikasnost protiv oklopnih vozila uključujući ona sa aktivnom zaštitom.



— Koristan domet od 4 do 30 km. Sposobnost probijanja svih tipova sadašnjih ili budućih oklopa.

— Poboljšana preciznost artiljerijske vatre zahvaljujući sistemu za finalno samovođenje na cilj.

Britanski blizinski upaljač¹⁴

Britanska firma ROYAL ORDNANCE razvila je novi, jeftin, standardni blizinski artiljerijski upaljač. Ovo je treći blizinski upaljač iste firme. Do sada su proizvođeni upaljači MRF 116 i ETF 132.

Upaljač je namenjen za projekte poljske artiljerije kalibra od 105 mm

¹⁴ Prema podacima iz: JANE'S DEFENSE WEEKLY 1990, 4. avgust, str. 158.

do 203 mm. Na Bliskom istoku izvršene su probe za primenu ovog upaljača na sovjetskoj i kineskoj municiji kalibra 130 mm i municiji za brodske topove kalibra 114 mm, za gađanje ciljeva na kopnu.

Blizinsko dejstvo upaljača ostvaruje se na Doplerovom principu, a projektili se aktiviraju na nominalnoj visini od 9 m, nezavisno od dimenzija projektila, ukoliko je padni ugao veći od 15° .

Upaljač je sposoban da dejstvuje u svim vremenskim uslovima i ima visoku otpornost na elektronsko ometanje. Vek trajanja upaljača je 10 godina, a za korišćenje nisu potrebne nikakve pripreme.

Mehanički sistem obezbeđuje da se armiranje upaljača obavi tek na 150 m od oruđa, čime je ostvarena velika bezbednost posade.

Za primenu na NATO projektilima nominalna masa upaljača je 580 g, a na projektilima istočnih zemalja 837 g.

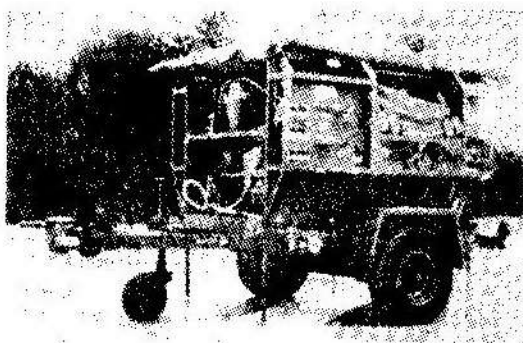
Britanski uređaj za prečišćavanje vode »NBC6«¹⁵

Firma STELLA-META FILTERS LIMITED izrađuje asortiman pokretnih i prevoznih uređaja za prečišćavanje vode koji mogu da proizvode vodu za piće iz skoro svih izvorišta po standardima Svetske zdravstvene organizacije.

Postoji različita oprema od najjednostavnijih uređaja za filtriranje do garnitura za višestepenu obradu. Mogu se obezbediti i naknadno modifikovani uređaji za rad sa osnovnim garniturama za obradu jako mutne, slane, morske i NHB kontaminirane vode. Većina ove opreme je projektovana i razvijena u saradnji sa britanskim ministar-

stvom odbrane i ispitana je na mnogim poprištima vojničkih aktivnosti.

Garnitura za svežu vodu, kapaciteta od 320 l/h do 23 m³/h, ima filtere, opremu za sterilizaciju i pumpanje koja otklanja suspendovane čvrste materije i dezinfikuje vodu. Neka od ove opreme može se izbacivati pomoću padobrana.



Slankasta i morska voda takođe se može obraditi kako bi bila podesna za ljudsku upotrebu korišćenjem specijalne opreme STELLAR, od relativno malih uređaja kapaciteta 19 l/h pa do velikih garnitura od 6500 l/h.

Najnoviji proizvod u dugom nizu prenosne STELLAR opreme je oprema za obradu NBH kontaminiranih voda.

U toku je izrada opreme tipa NBC6 (vidi sliku) za britansko ministarstvo odbrane. Ovaj uređaj, kapaciteta 1,9 m³/h, je modularne konstrukcije i celokupna oprema je ugrađena u jedan jedini kostur. Sastoji se od dovodne pumpe koja se može demontirati, mikrofilterskog uređaja, uređaja za dovod degazacionog NBH rastvora, pumpe visokog pritiska sa dizel-pogonom, modula za reversibilnu osmozu, specijalno konstruisanog sistema aktivnog uglja i uređaja za naknadno hlorisanje. Po potrebi u ovaj sistem mogu da uđu razvodna pumpa koja se može demontirati i meki rezervoari za vodu.

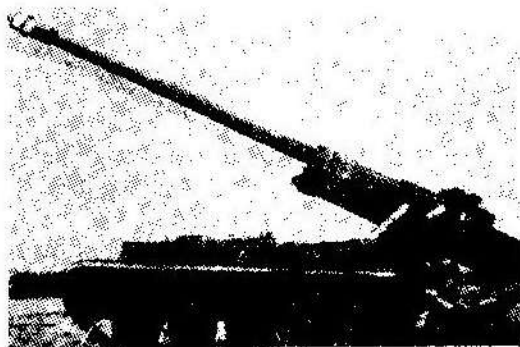
Ovaj uređaj za prečišćavanje vode, koji može da bude postavljen na prikolici sa tri točka ili vozilo, ima kanale

¹⁵ Prema podacima iz: DEFENCE 1990, oktobar, str. 16.

za podizanje pomoću viljuškara i tačke za vešanje koje omogućuju da se prevozi velikim avionima, ili kao obešeni teret ispod helikoptera.

Francuski samohodni top »AMX13-155 TR«¹⁶

Na poslednjoj izložbi naoružanja i vojne opreme SATORY 90, održanoj u Parizu u maju 1990. godine, francuska firma GIAT između ostalog je prikazala prototip samohodnog topa AMX13-155 TR, kalibra 155 mm i cevi dužine 39 kalibara, ugrađenog na oklopnom telu oruđa AMX13, namenjenog francuskoj armiji i stranim zemljama koje već u naoružanju imaju lake tenkove AMX13.

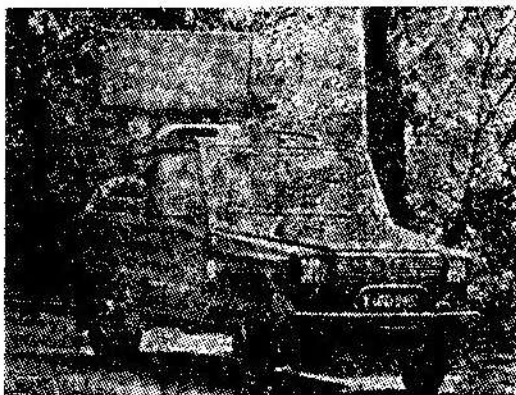


Osnovna karakteristika ovog oruđa je visoka pokretljivost, što se obezbeđuje njegovom masom 17,4 t, dizel motorom snage 206 kW, specifičnim pritiskom 0,84 dN/cm², klirensom 0,47 m, maksimalnom putnom brzinom 60 km/h, savladavanjem nagiba 40% i radijusom okretanja 6,5 m. Dužina oruđa je 8 m, širina 2,7 m, a visina 2,4 m. Cev topa ima elevaciju 0 do +66°, a pokretanje po pravcu je 50°. Brzina paljbe je 6 metaka/minut, a domet 24 km sa klasičnim i 29 km sa projektilom sa gasogeneratorom. Punjenje se izvodi uz pomoć hidrauličnog mehanizma.

¹⁶ Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 1-110.

Francuski osmatrački radar »GRIFFON TRS 2630«¹⁷

Osmatrački radar GRIFFON TRS 2630, koji je za potrebe trupne PVO proizvela francuska firma THOMSON-CSF, predstavlja verziju radara GERFAUT sa novom antenom i nešto većom daljinom otkrivanja lebdećih helikoptera i drugih vazduhoplova. Za potrebe francuskog PVO programa SAMANTHA trebalo je do kraja 1990. godine da se isporuči 10 radara GRIFFON, nakon čega je bilo planirano da se proizvedu dva kontigenta od po 30 komada do kraja 1994. godine.



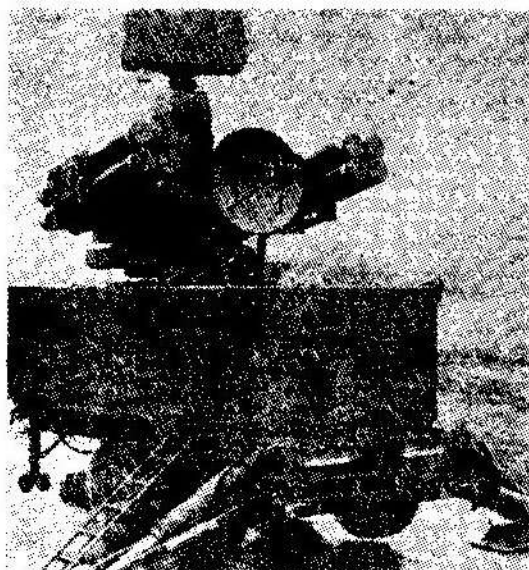
Osmatrački radar GRIFFON montiran na terensko vozilo PEUGEOT P4

Firma THOMSON-CSF razvila je i verziju radara GRIFFON TRS 2630 B100, za raketni sistem CROTALE NG, koji je namenjen za borbu sa niskoletećim vazduhoplovima. Verzija B100 je realizovana sa predajnikom impulsne snage 700 W (umesto 200 W za standardnu opciju), što ima za posledicu veće visine i domete otkrivanja ciljeva.

GRIFFON je impulsni Doppler-radar sa primenjenim savremenim digitalnim obradama signala, sa kompresijom impulsa i frekvencijskom agilnošću. Ovaj radar ima tzv. helikopterski

¹⁷ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1990, br. 5, str. 539-540.

kanal, tj. projektovan je prema scenariju da najveća opasnost dolazi od borbenih helikoptera koji se relativno kratko zadržavaju iznad maskirajućih objekata, podižu se iznad njih i dok lebde ostvare sve neophodne radnje pre otvaranja vatre, odnosno, pre lansiranja rakete na cilj iz sastava oklopno-mehaničeve jedinice. GRIFFON je projektovan da ostvari dobru detekciju helikoptera na bazi refleksija od elisa, odnosno lopatica rotora. Predajnik je u potpunosti realizovan na bazi savremene poluprovodničke tehnologije i zajedno sa prijemnikom obezbeđuje visoku koherentnost u obradi signala.



GRIFFON kao osmatračko-akvizicijski radar za raketni sistem CROTALE NG

Prema objašnjenjima proizvođača, radar GRIFFON može da gradi mrežu radara, koja bi prema konkretnim zahtevima terena i taktičke primene bila na najbolji način zaštićena od elektronskog ometanja. Projektom, a pre svega realizovanim tehničkim rešenjima na bazi složene digitalne obrade signala i primenom različitih modova rada, kao i novom antenom sa vrlo dobrim ka-

rakteristikama, obezbeđen je vrlo visok nivo zaštite od ometanja.

GRIFFON koristi viši opseg frekvencija iz talasnog područja od 10 cm sa promenom frekvencije nosioca po slučajnom zakonu. Promena frekvencije može da se vrši pri svakom obrtaju antene, za svaki paket od 17 impulsa, ili nakon svake serije od po 8 paketa. Relativno nizak nivo emitovane snage predstavlja poseban doprinos u zaštiti od ometanja jer se prisustvo radara GRIFFON relativno teško otkriva, a procenjuje se da je to istovremeno i dobra zaštita od protivradarskih raketa. Dodatna zaštita se postiže primenjenim obradama radarskog poboljšanja u potiskivanju bočnih lobova i za više od 5 dB u odnosu na reflektorsku antenu kakva je primenjena kod radara GERFAUT.

Najvažnije karakteristike radara GRIFFON su:

— antena:

- broj obrtaja u min. 40
- dimenzije [cm] 125×65
- pojačanje [dB] 25,5
- polarizacija horizontal.

— predajnik:

- srednja snaga [W] 15 ili 30
- impuls. snaga [W] 100 ili 200

— domet:

- za pokretne ciljeve [km] 17 ili 19,7
- za lebdeće helikoptere [km] 9,6 ili 11

— tačnost:

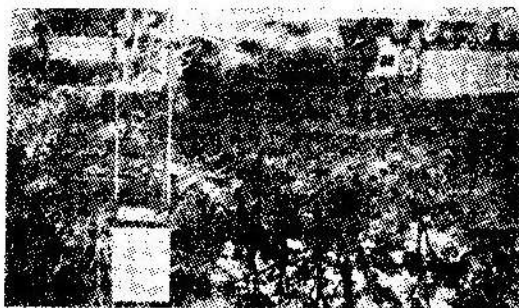
- po azimutu [mrad] 10
- po daljini [m] 60

— rezolucija:

- po azimutu [°] 5,7
- po daljini [m] 600

Novi nemački radari C-opsega¹⁸

Nemačka firma TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK razvila je familiju 2D (dvodimenzionalnih) i 3D (trodimenzionalnih) radara u C- opsegu frekvencija. Brza detekcija i lokacija, te pouzdano praćenje vazdušnih ciljeva, kao i uopšteno pouzdane informacije o aktivnostima u vazdušnom prostoru, predstavljaju osnovne karakteristike nove familije radara namenjenih za upravljanje vatrom u sistemu PVO.

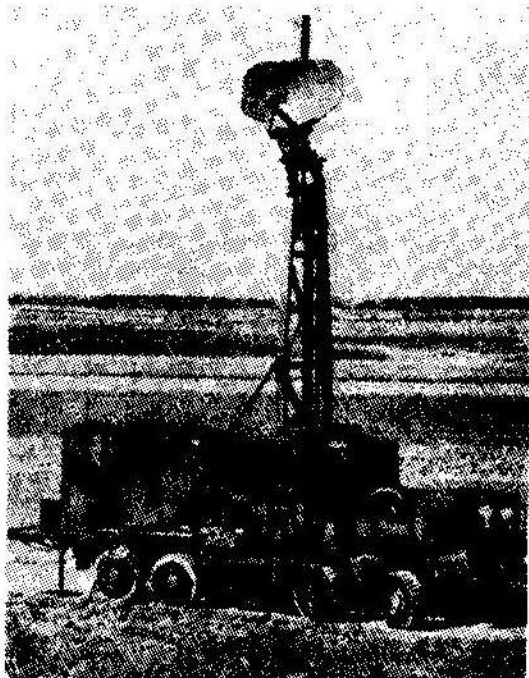


Sl. 1

Primenjena moderna tehnološka rešenja zadovoljavaju i takve zahteve kao što su modularna konfiguracija i brza dijagnostika i zamena neispravnih delova, zatim visok nivo zastupljene standardizacije i unifikacije, te mogućnosti primene ovih radara i kao mobilnih i kao stacionarnih senzora, da se mogu koristiti kao elementi za upravljanje vatrom na nivou vatrenih jedinica i kao komandna mesta i odgovarajući centri na različitim nivoima taktičke upotrebe. Posebna pažnja je posvećena rešavanju problema detekcije i prikazivanja ciljeva, upravljanju vatrom i komunikacijama sa elementima sistema PVO, te tehničko-tehnološkim rešenjima i merama protivelektronske zaštite.

¹⁸ Prema podacima iz: DEFENCE 1990, br. 3, str. 197, WEHRTÉCHNIK 1990, br. 3, str. 51—52.

Radar je smešten na dva terenska vozila — točkaša, na jednom su elektro-agregat, primopredajnik i antena sa hidrauličkim stubom pomoću koga se može izdići iznad zemlje od 8—12 m, a na drugom je komunikacioni blok sa pod-sistemom za prikazivanje ciljeva i upravljanje vatrom. Za 2D- konfiguraciju radara koristi se reflektorska antena (sl. 1) sa integrisanim elementima antene pitača IFF-podсистema za elektronsko legitimisanje, dok je za 3D-radar projektovan planarni antenski niz zračćih elemenata sa elektronskim pretraživanjem u vertikalnoj ravni (sl. 2).



Sl. 2

Ovim radarima može se postići do-met do 100 km za ciljeve refleksne površine 1 m² pri verovatnoći detekcije 0,9 i verovatnoći lažnog alarma 10⁻⁷. Posadu radara čine 3 lica, koji sede za istom konzolom sa 3 pokazivača. Potrošnja je oko 50 kVA.

Evropski »Super-računar«¹⁹

Do 1988. godine bilo je veoma malo proizvođača super-računara. U 1989. godini situacija počinje naglo da se menja. CONTROL DATA, najozbiljniji konkurent CRAY povlači se sa ovog tržišta, a pojavljuju se japanske firme NEC, FUTJITSU i HITACHI.

Odakle toliko interesovanje za jedno do sada vrlo ograničeno tržište? Do sada na svetu postoji manje od 400 instaliranih super-računara, a tržište, uprkos njihovoj veoma visokoj ceni, ne predstavlja više od 1,2% cene svetskog informatičarskog tržišta, što iznosi 1,4 milijardi USD. Međutim, ovde se radi o strateškom sektoru, koji je u punoj ekspanziji (npr. vojne ustanove ne mogu da postoje bez ovakvih računara).

Evropa je sada pred strateškim pitanjem — da li će imati sopstveni super-računar u 90-im godinama? Očekuje se lansiranje računara ES1, međutim BULL i SIEMENS još uvek koriste japanske tehnologije. Smatra se da treba izgraditi čisto evropski super-računar, ali to neće biti pre 1995. godine.

Najveći proizvođači čipova²⁰

Danas vlada velika borba za prevlast na svetskom tržištu čipova, pre svega, između SAD i Japana. Preko tri četvrtine potrebnih standardnih čipova danas dolazi iz Japana. Trenutno najjače čipove sa kapacitetom memorisanja od preko četiri miliona bitova (4-megabita) isporučuju japanske firme TO-SHIBA, NEC i HITACHI.

Nijedan od velikih evropskih proizvođača čipova-PHILIPS, SGS-THOM-

SON i SIEMENS u svetskoj rang listi nije u prvih deset proizvođača (tabela).

Proizvođač	Prodaja u 1989. god. u milionima USD
1. NEC	4.825
2. Toshiba	4.680
3. IBM*	4.000
4. Hitachi	3.775
5. Motorola	3.200
6. Texas instruments	2.900
7. Mitsubischi	2.590
8. Fujitsu	2.490
9. Intel	2.400
10. Matsushita	2.000

* Samo za svoje potrebe

Staklene diskete firme PHILIPS-DUPONT²¹

Hemijski koncern PHILIPS-DUPONT razvio je magnetno-optičku disketu, čija je gornja površina izrađena od stakla. Najveća prednost u odnosu na magnetne ploče obložene slojevima sintetike je u tome, što mogu održati podatke preko 25 godina (dok obične polikarbonat ploče imaju prosečnu trajnost do 10 godina).

Korišćenje staklenog sloja kod ponovnog pisanja magnetno-optičke diskete pruža niz prednosti: staklo je kod velike brzine rotiranja mehanički stabilnije nego sintetika; ovaj nosilac podataka ne apsorbira vlagu; može se koristiti kod različitih radnih temperatura.

Prvi primerici II generacije magnetno-optičkih disketa firme MAYCOM ELECTRONICS HmbH pušteni su u prodaju po istoj ceni kao obične sintetičke diskete.

¹⁹ Prema podacima iz: PRAKSA 1990, br. 8, str. 46-47.

²⁰ Prema podacima iz: PRAKSA 1990, br. 8, str. 56-57.

²¹ Prema podacima iz: PRAKSA 1990, br. 8, str. 55.

Trendovi u razvoju multipleksera²²

Sadašnje stanje na tržištu telekomunikacione opreme karakteriše velika raznolikost multipleksera, što proizlazi ne samo iz njihove mnogostruke namene, već i iz širokog spektra nacionalnih regulativa. Zemljama, gde su iznajmljivane linije skupe a PTT organizacije im pridaju veći značaj nego javnim komutiranim mrežama za prenos podataka, multiplekseri nude značajnu uštedu.

U Evropi trenutno oko 15% ukupne opreme za prenos podataka otpada na multiplekstersku opremu. U Severnoj Americi tržište multipleksera, posebno statističkih, naglo raste.

Danas multiplekseri, pored ostalih funkcija, uključuju i detekciju i kontrolu grešaka, kontrolu toka, automatsko određivanje brzine i parnosti, komutaciju paketa podataka, multipleksiranje govora i podataka, integraciju modema i koncentratora.

Francuski simulator za obuku vojnika u gađanju iz automatske puške »FAMAS«²³

Francuska firma GIRAVIONS DORAND, razvila je prototip simulatora gađanja iz automatske puške 5,56 mm FAMAS. Simulator je namenjen za osnovnu obuku vojnika u gađanju puškom FAMAS u kabinetskim uslovima. Instruktore je omogućena jednovremena kontrola 10 vojnika u uočavanju, zahvatanju, nišanjenju i »gađanju« pokretnih i nepokretnih ciljeva, generisanih računarom. Instruktore može po sopstvenom nahođenju da prati rad svakog od vojnika na svom TV monitoru i da za svakog vojnika posebno definiše dina-

miku promene metne situacije u zavisnosti od dostignutog stepena obučenosti i individualnih sposobnosti pojedinca.

Komplet simulatori sačinjavaju do deset identičnih trenažnih stanica — radnih mesta i instruktorske stanice.



Trenažno radno mesto sadrži:

- jednu FAMAS pušku, modifikovanu za korišćenje u simulatoru, snabdevenu sa »TV puškom« i sistemom trzaja. Puškom je moguće simulirati jedinačnu i rafalnu paljbu u različitim stavovima za gađanje;

- kolor TV monitor na kome se prikazuje metna situacija sa stacionarnim i pokretnim ciljevima na različitim daljinama gađanja;

- slušalice za imitaciju audio efekata gađanja i komunikaciju sa instruktorom.

Radno mesto instruktora sastoji se od:

- računara za generisanje metne situacije i generisanje mesta udara zrna u interaktivnom radu sa pripadnom tastaturom i video-displejom;

- kolor TV monitor za reprodukciju slike jednog od obučavanih koje izabere instruktor po sopstvenom izboru i

- mikrofoni za komunikaciju sa vojnicima.

²² Prema podacima iz: PRAKSA 1990, br. 8, str. 39—45.

²³ Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 4—60.

Francuski interaktivni modularni trenažni sistem »IMTS«²⁴

Francuska firma SOGITEC je, za potrebe francuske RM, razvila i proizvodi interaktivni modularni trenažni sistem IMTS namenjen za grupnu obuku do 15 slušalaca. Pomoću trenažnog sistema, koji u osnovi predstavlja inteligentne elektrificirane šeme pogonjene računarom, slušaocima je omogućena očigledna nastava principa rada kompleksnih sistema, funkcionalna povezanost pojedinih sklopova i agregata unutar sistema, i uzajamni rad delova sistema. Računarom generisana slika prezentira se slušaocima pomoću displeja velikog formata. Za generisanje slike koristi se MIAMI grafički procesor opšte namene.



Programska podrška, kreirana i organizovana sekvencijalno, generiše sliku u realnom vremenu. Time je omogućen interaktivni rad sa trenažerom.

IMTS je prevashodno namenjen za:

- obuku slušalaca u upravljanju principa rada kompleksnih sistema;
- obuku tehničkog kadra u održavanju kompleksnih vojnotehničkih sistema;
- simulaciju incidentnih situacija kompleksnih sistema.

²⁴ Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 4-44.

Interaktivni modularni trenažni sistem se sastoji od tri podsistema, i to:

— instruktorske stanice koja instruktoru obezbeđuje startovanje trenažera, izbor vrste vežbe pomoću interaktivnih »menua«, upravljanje displejima velikog formata pomoću IC daljinskog upravljača i kontrolu rada slušalaca pomoću pripadajućeg TV-monitora;

— trenažerske stanice koje sadrže jedan ili više TV-monitora tipa »touch-screen« pomoću kojih se omogućava interaktivni rad slušalaca sa trenažnim sistemom u realnom vremenu;

— vizuelnog sistema sa displejima velikog formata i visoke rezolucije na kojima se prikazuju animirani blok-diagrami generisani grafičkim procesorom, slajdovi ili video-sekvence, koji ilustruju realnu opremu i slike sa »touch/screen« monitora, čime se obezbeđuje grupna obuka slušalaca.

VILJUŠKAR »R-70« nemačke firme STILL²⁵

Viljuškar mora biti utoliko robusniji, ukoliko mu je nosivost veća. Efikasan i ekonomičan rad garantuje samo pouzdana mašina, uvek spremna za rad.



²⁵ Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1990, br. 10, str. 756.

Firma STILL iz Hamburga nedavno je predstavila novi osmotonac iz dizel-serije R-70, koji je robustan ali bez pre-dimenzionisanog gvozdеног или челичног дела. Tako je dizel-električni princip pogona viljuškara serije R-70 omogućio primenu najmodernije tehnike. Dizel-motor proizvodi preko generatora struju, koja se koristi za pogon elektromotora. Na taj način, viljuškarom se upravlja kao električnim vozilom, sa svim prednostima koje proizlaze iz toga: za promenu smera vožnje koristi se elektronika, a ne menjač, kočenje je elektromagnetsko, a ne sa pločicama koje

se habaju, polagana vožnja uz brzo dizanje tereta (inčovanje) moguća je bez povećanja broja obrtaja i bez pedale za inčovanje.

Neposredni rezultati korišćenja mikroelektronike su: znatno manje delova podložnih habanju, duži intervali između servisa i manje cene rezervnih delova. Osim toga, elektronika omogućava vozaču da pomoću dugmeta na komandnoj tabli tako podesi ubrzavanje i kočenje svog viljuškara, kako je najpovoljnije za određenu primenu i za njegov način vožnje.

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis JNA.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i obrazovanju pripadnika oružanih snaga.

Članak koji se dostavlja Redakciji mora biti kompletan, tj. treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru. U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni. U kratkom sadržaju — 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 novinskim 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 (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru, a brojeve 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 pozicije na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima 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 i opštinu banke gde je račun otvoren.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11000 Beograd, Svetozara Markovića 70, VE-I.

