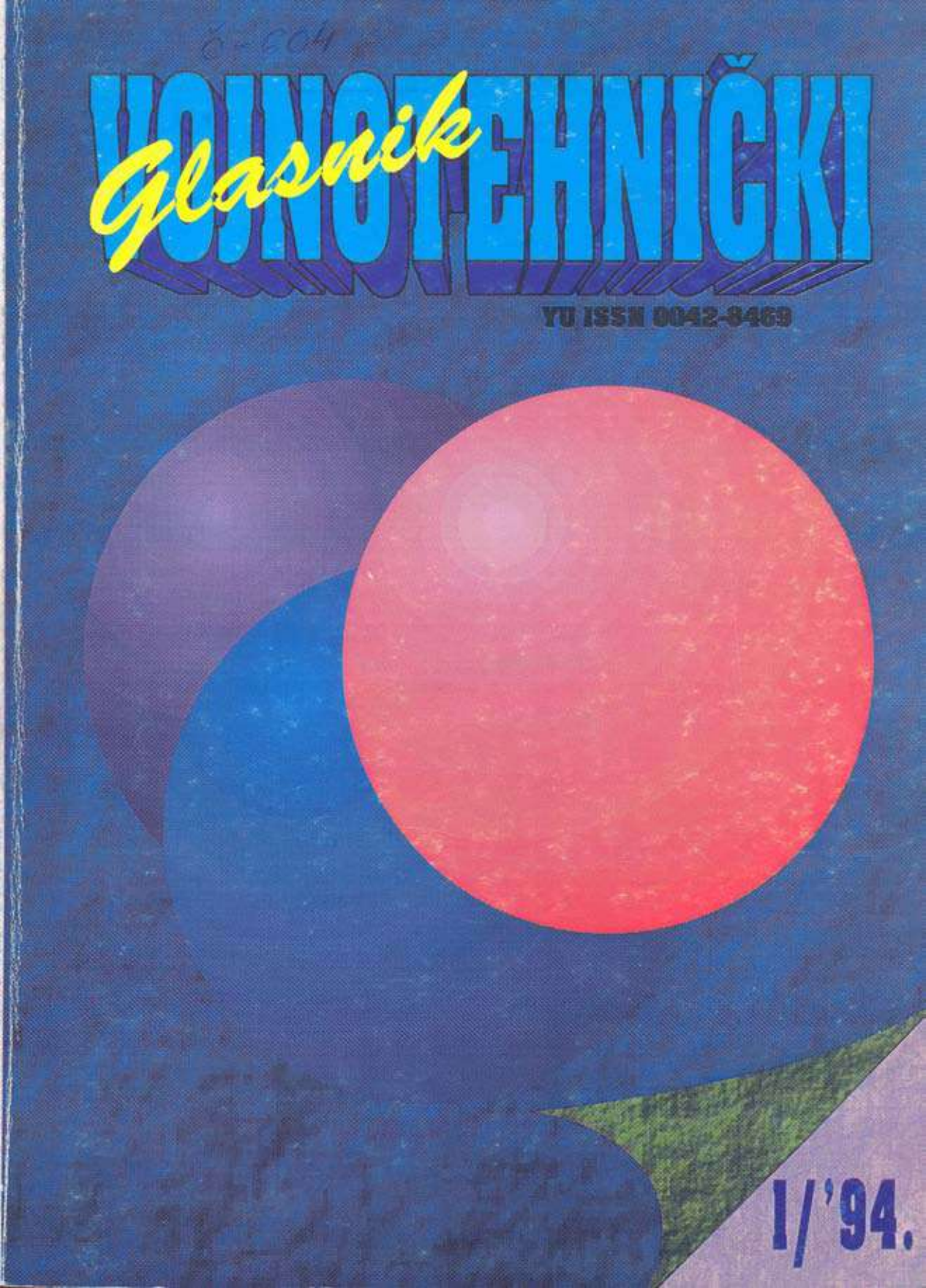


8-804

Glasnik VOJNOTEHNIČKI

YU ISSN 0042-8469



1/'94.

IZDAJE

NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5,
BeogradZA IZDAVAČA
ZASTUPA NAČELNIKA
NIU »VOJSKA«STANOJE JOVANOVIĆ, pukovnik
(telefoni: 645-786, 29-189 i 29-187)

IZDAVAČKI SAVET:

- Pukovnik
dr JUGOSLAV KODZOPELIĆ, dipl. inž.
(predsednik Saveta)
- Pukovnik
MIROSLAV MARTINOVIĆ, dipl. inž.
- MT pukovnik
dr NOVICA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
dr SINISA BOROVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika)
- Profesor
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.
- Profesor
dr ZORAN STOJILJKOVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
dr VOJISLAV ŠORONDA, dipl. inž.
- Pukovnik
mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
mr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
dr MILOŠ COLAKOVIĆ, dipl. inž.
- Potpukovnik
VLADIMIR RISTIĆ
(sekretar Saveta)
- Pukovnik
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.
- Potpukovnik
mr SASA MILUTINOVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.
- Major
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.
- Major
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.

ZASTUPA GLAVNOG
UREDNIKApotpukovnik
VLADIMIR RISTIĆ
(telefoni: 683-970 i 22-336)

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5,
Pretpлата 642-042 i 22-584, žiro-račun: NIU
»VOJSKA« (za Vojnotehnički glasnik)
40823-849-0-2393 Beograd. Polugodišnja
pretpлата: za pojedince — 8,00 N. dinara,
a za ustanove, preduzeća i druge orga-
nizacije — 24,00 N. dinara. Rukopisi se
ne vraćaju. Štampa: Vojna štamparija —
Beograd, Generala Ždanova 40 b.

Vojnotehnički glasnik je 12. decembra
1977. odlikovan Ordenom za vojne zas-
luge sa velikom zvezdom

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJEVOJNOTEHNIČKI
glasnik

1

SADRŽAJ

Tatjana Peković, dipl. inž.	5	Određivanje optimalnog perioda kombinovane preventivne zamene
Božidar Bjelica, dipl. inž.	18	Upuštači za motore jednosmjerne struje
Mr Mladen Đurašinović, dipl. inž.	27	Neki aspekti održavanja savremenih računara
Spec. Momčilo Đorović, major, dipl. inž.	37	Frekventno-vremenski ¹ diverziti radarskih sistema
Spec. Marko Andrejić, kapetan, dipl. inž.	46	Analiza funkcija pozadinskog bataljona brigade KoV
Mirjana Jovanović, dipl. inž.	52	Automatizovani informacioni sistem za praćenje utroška goriva
Dragutin Mišović, inž. metalurgije	59	Regeneracija bregastog vratila motora
Mr Miroslav Savanović, major, dipl. inž.	65	Prilog analizi sistema snabdevanja rezervnim delovima
Milan Pajović, maš. inž.	74	Mogućnost ugradnje dodatne opreme na tenk T-55 radi izrade prolaza u minskim poljima

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

M. Đurić	82	Nacionalni aerokosmički avion X-30
-----------------	----	------------------------------------

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

87	Pešadijski 25 mm top »ILTIS« švajcarske firme »OERLIKON-BÜHRLE«
88	Američki sistem za izviđanje iz vazduha »RC-350 GUARDIAN«
88	Nove koncepcije IC mamaca francuske firme »SNPE«
89	Nišanska sprava »BOFORS« za novu generaciju borbenih vozila
90	Švedsko-francuska protivoklopna artiljerijska kasetna municija »BONUS«
90	Španski artiljerijski metak sa potkalibarnim projektilom 105 mm »CETME APFSDS«
90	Projektil sa korekcijom trajektorije za 76 mm mornarički top italijanske firme »OTO-MELARA«
91	Metak sa potkalibarnim projektilom kalibra 20 mm španske firme »SANTA-BARBARA«
91	Streljački metak sa pancirnim zrnom kalibra 5,56 mm španske firme »SANTA-BARBARA«
91	Američka bespilotna letelica »UAV«

- 92 Korišćenje asura od staklenih vlakana za obnavljanje razrušenih PSS u SAD
- 92 Primedbe na novi nemački ogrtač za ličnu NHB zaštitu
- 93 Novi američki program razvoja oklopnih borbenih vozila
- 94 Familija VVF radio-primopredajnika »PR4G« francuske firme »THOMSON-CSF«
- 95 VF/VVF primopredajnik »HAWK« američke firme »HARRIS«
- 95 Američko-italijanski tim za novi radar

ODREĐIVANJE OPTIMALNOG PERIODA KOMBINOVANE PREVENTIVNE ZAMENE

Izvršena je analiza postojećih matematičkih modela za određivanje minimalnih ukupnih troškova korektivnih zamena i preventivnih zamena elementa posle određenog vremena rada. Za dati primer elementa, čija funkcija raspodele vremena do pojave otkaza podleže Vejbulovoj raspodeli, korišćenjem analiziranih modela, određeno je optimalno vreme između preventivnih zamena. Rešavanjem istog primera, korišćenjem programskog paketa MathCAD, pokazano je da se rezultati dobijaju znatno jednostavnije i brže. Istaknuti su i značaj i prednosti primene matematički orijentisanog korisničkog softvera u oblasti inženjerstva održavanja tehničkih sistema.

1. Uvod

Jedna od osnovnih mogućnosti za povećanje pouzdanosti tehničkih sistema u procesu eksploatacije je racionalna organizacija preventivnog održavanja. Kako se i kod najsavremenijih tehničkih sistema ne može izbeći korišćenje nekog elementa ili dela koji ima znatno kraći radni vek od ostalih delova sistema, neophodno je kroz preventivno održavanje planirati i sprovesti njegovu zamenu u određenim vremenskim razmacima, kako taj deo ne bi dominantno uticao (praktično određivao) srednje vreme između otkaza sistema, čime bi bile degradirane ukupne performanse sistema.

Kada se menja trajanje perioda između preventivnih zamena, menjaju se i ukupni troškovi a time i rentabilnost sistema u eksploataciji. Teži se da taj period bude tako izabran da ukupni troškovi budu minimalni. U domaćoj i stranoj literaturi je poslednjih 20—25 godina definisan i ispitan veći broj matematičkih modela i postupaka za dobijanje najpovoljnijeg (optimalnog) perioda preventivne zamene elemenata kod kojih se, usled trošenja ili starenja u toku rada, intenzitet otkaza znatno poveća.

U ovom radu, u drugom poglavlju izvršena je analiza postojećih matematičkih modela za određivanje ukupnih

troškova preventivne zamene po jedinici vremena. Na osnovu te analize definisani su postupci za dobijanje optimalnog perioda preventivne zamene pri čemu su kao kriterijum optimizacije uzeti minimalni ukupni troškovi zamena usled otkaza i preventivnih zamena. Analiziran je i aproksimativni matematički model čijim se korišćenjem brzo i jednostavno dobijaju približne vrednosti optimalnog perioda preventivne zamene i odgovarajućih minimalnih ukupnih troškova.

U trećem poglavlju, na primeru koji je već tretiran u literaturi [1], prikazano je praktično korišćenje matematičkih modela i postupaka analiziranih u prethodnom poglavlju. Pri tome je korišćen programski paket MathCAD za Windows operativni sistem na PC računarima. Upotreba korisničkog softvera kao alata za rešavanje konkretnih problema u odnosu na pisanje posebnog programa za izračunavanje vrednosti funkcija u pojedinim tačkama (pri čemu je potrebno ispisati znatno veći broj instrukcija i naknadno vršiti analizu dobijenih rezultata) ima velike prednosti. Lakše i preglednije se unose podaci, postoji mogućnost gotovo trenutnog grafičkog prikazivanja definisanih funkcija, olakšano je manipulisanje datotekama i štampanje dokumenata.

Kako su matematički modeli preventivnog održavanja u literaturi defi-

nisani i opisani preko različitih veličina i korišćenjem različitih oznaka i u slučajevima kada se radi o potpuno istim modelima, najpre se daje pregled oznaka korišćenih u ovom radu.

Korišćene oznake:

$f(t)$	— gustina raspodele vremena do pojave otkaza
$F(t)$	— funkcija raspodele vremena do pojave otkaza
$R(t)$	— pouzdanost elementa, verovatnoća da će raditi bez otkaza do trenutka t
$\lambda(t)$	— trenutna vrednost intenziteta otkaza
β, η	— parametri (oblika i razmere) Vejbulove raspodele
K_β	— vrednost Γ funkcije, $\Gamma(1 + 1/\beta)$
m	— srednje vreme između otkaza kada se ne vrši preventivna zamena
m_k	— srednje vreme između obnavljanja kada se vrši kombinovana preventivna zamena
T	— vreme nakon koga se vrši preventivna zamena
T_k, T_{ak}	— optimalne vrednosti vremena nakon koga se vrši preventivna zamena
$L(T)$	— funkcija intenziteta otkaza koji sadrži optimalno rešenje
C_k, C_p	— troškovi korektivne i planske zamene
C_o	— ukupni troškovi po jedinici vremena kada se ne vrši preventivna zamena
C_{ak}, C_{nk}	— ukupni troškovi zamena po jedinici vremena
C_{rk}, C_{ar}	— relativne vrednosti ukupnih troškova u odnosu na C_o

2. Analiza modela za određivanje optimalnog perioda kombinovane preventivne zamene

Za sistem koji sadrži element čiji je radni vek, zbog stalnog porasta intenziteta otkaza, znatno kraći od radnog veka sistema, na početku rada ($t=0$) planira se vreme T posle koga se taj element zamenjuje, pri čemu ukupne troškove C_p čine troškovi zamene i cena rezervnog elementa. U slučaju da element otkaze pre isteka vremena T (pretpostavlja se da je indikacija otkaza trenutna), on se zamenjuje, čime se postiže potpuno obnavljanje sistema (stanje kao u $t=0$). Datum sledeće zamene preplanira se tako da bude po isteku vremena T i taj se proces, na isti način, nastavlja dalje. Ukupne troškove korektivne zamene C_k čine troškovi zamene, cena rezervnog elementa i gubici zbog prekida rada sistema, pošto se u slučaju zamene usled otkaza ne može birati da se ona izvrši u vreme kada se sistem ne koristi. Na taj način je $C_k > C_p$.

Zbog toga što se vreme sledeće preventivne zamene određuje od trenutka bilo planirane, bilo korektivne zamene, ova strategija se naziva kombinovana preventivna zamena. Vremena između zamena čine pozitivne, međusobno nezavisne slučajne veličine, koje podležu istoj raspodeli.

Srednje vreme između otkaza kada nema preventivne zamene je:

$$m = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt = - \int_0^{\infty} t \cdot \frac{dR(t)}{dt} \cdot dt = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (1)$$

dok u slučaju kombinovane preventivne zamene ono iznosi:

$$m_k = \int_0^T R(t) dt \quad (2)$$

Pri kombinovanoj zameni vrše se, znači, dve vrste zamene: sa verovatno-

ćom da će sistem otkazati $F(T)$ uz troškove C_k i sa verovatnoćom da sistem neće otkazati sa verovatnoćom $R(T)$ uz troškove C_p , tako da srednji troškovi po jedinici vremena iznose:

$$C_{zk}(T) = \frac{C_k \cdot F(T) + C_p \cdot R(T)}{m_k} \quad (3)$$

ili posle zamene $F(T) = 1 - R(T)$:

$$C_{zk}(T) = \frac{C_k - (C_k - C_p)R(T)}{m_k} \quad (4)$$

Za opisani proces preventivne zamene u [1] je, pod nazivom model Vajsbauuma, dat izraz:

$$T_u(t) = \frac{K_1 - (K_1 - K_2)R(t)}{\int_0^T R(t)dt} \quad (5)$$

gde je:

$R(t)$ — verovatnoća da će element biti ispravan do trenutka t (zakon pouzdanosti elementa)

K_1 — troškovi naknadne zamene

K_2 — troškovi preventivne zamene

$T_u(t)$ — ukupni troškovi održavanja, svedeni na čas rada.

Samo zamenom oznaka oznakama koje se koriste u ovom radu dobija se izraz (4). U [2] je za isti proces dat izraz:

$$C(t) = \frac{C_1 \cdot F(t) + C_2 \cdot \bar{F}(t)}{\int_0^T \bar{F}(x)dx} \quad (6)$$

Imajući u vidu da je $F(t) = 1 - \bar{F}(t)$, izraz (6) sa oznakama koje se koriste u ovom radu ($C_1 = C_k$, $C_2 = C_p$) postaje isti kao izraz (3).

Model kombinovane preventivne zamene je u [3] dat u obliku:

$$C(\Theta) = \frac{p + [1 - R(\Theta)]P}{m_\Theta} \quad (7)$$

gde su:

p — troškovi zamene elementa

P — gubici zbog toga što sistem, usled otkaza, ne radi

Na taj način je $P = C_k - C_p$ i $p + P = C_k$, tako da je izraz (7) isti kao izraz (4).

Kombinovana preventivna zamena se u [4] ne analizira, ali je definisana preko izraza:

$$C_T(T_p) = C_e \cdot t \cdot \lambda_e \cdot T_p + C_p \cdot t \cdot \lambda_p \cdot T_p \quad (8)$$

gde je:

$$\lambda_e \cdot T_p = \frac{1 - R(T_p)}{\int_0^{T_p} R(\tau)d\tau} \quad \text{i} \quad \lambda_p T_p = \frac{R(T_p)}{\int_0^{T_p} R(\tau)d\tau}$$

tako da se zamenom $C_e = C_k$ i $C_t(T_p)/t = C_{zk}$ lako može svesti na izraz (3) odnosno (4).

Minimum funkcije zavisnosti troškova C_{zk} od vremena T dobija se iz uslova:

$$\begin{aligned} \frac{dC_{zk}(T)}{dT} &= 0 \\ &= \frac{-(C_k - C_p) \frac{dR(T)}{dT}}{m_k^2} \cdot m_k - \\ &= \frac{\frac{dm_k}{dT} [C_k - (C_k - C_p)R(T)]}{m_k^2} = 0 \end{aligned}$$

pošto je:

$$\frac{dm_k}{dT} = R(T)$$

može se napisati:

$$(C_k - C_p) \frac{dR(T)}{dT} \cdot m_k + R(T) [C_k - (C_k - C_p) \cdot R(T)] = 0$$

Ako se poslednji izraz napiše u obliku:

$$(C_k - C_p) \frac{dR(T)}{dT} \cdot m_k + C_k - (C_k - C_p) R(T) = 0$$

a imajući u vidu da je:

$$\frac{dR(T)}{dT} = -\lambda(T)$$

dobija se uslov optimuma:

$$\lambda(T)m_k + R(T) = \frac{C_k}{C_k - C_p} \quad (9)$$

Isti uslov se daje u [2] u obliku:

$$\lambda(T) \cdot m_k - F(T) = \frac{C_p}{C_k - C_p} \quad (10)$$

Vrednost T koja zadovoljava uslov (9) odnosno (10) je optimalna vrednost vremena kombinovane preventivne zamene T_k pri kojoj troškovi po jedinici vremena imaju minimalnu vrednost. Koliko ti minimalni troškovi iznose dobiće se ako se vrednost m_k iz izraza (9) zameni u (3).

$$m_k = \frac{C_k}{\lambda(T)(C_k - C_p)} - \frac{R(T)}{\lambda(T)}$$

$$C_{zk}(T_k) = \frac{[C_k - (C_k - C_p)R(T_k)] \cdot \lambda(T_k)(C_k - C_p)}{C_k - (C_k - C_p)R(T_k)}$$

odakle je:

$$C_{zk}(T_k) = \lambda(T_k) \cdot (C_k - C_p) \quad (11)$$

Na osnovu izvedenih izraza može se zaključiti da se optimalna vrednost perioda kombinovane preventivne zamene nalazi na preseku krive definisane izrazom (3) i krive:

$$L(T) = \lambda(T) \cdot (C_k - C_p) \quad (12)$$

pošto je tačka sa koordinatama T_k , $C_{zk}(T_k)$ zajednička za obe krive. To se

može iskoristiti za grafičko određivanje optimalnog vremena T_k .

Kada se zamena elementa vrši samo u slučaju njegovog otkaza, tj. nema preventivne zamene, srednje vreme do otkaza dato je izrazom (1) a ukupni troškovi za to vreme iznose C_k , tako da srednji troškovi po jedinici vremena iznose:

$$C_0 = \frac{C_k}{m} \quad (13)$$

Relativni iznos troškova (normirani troškovi) kombinovane preventivne zamene u odnosu na slučaj kada nema preventivne zamene je:

$$C_{rk} = \frac{C_{zk}}{C_0} \quad (14)$$

odakle se zamenom iz (3) i (13) dobija:

$$C_{rk} = \frac{m[C_k - (C_k - C_p)R(T)]}{m_k \cdot C_k} = \frac{m}{m_k} \left[1 - \left(1 - \frac{C_p}{C_k} R(T) \right) \right] \quad (15)$$

Iz izraza (15) se vidi da je $C_{rk}(0) = \infty$ i da $C_{rk} \rightarrow 1$ kada $T \rightarrow \infty$

Svi prethodno izvedeni izrazi važe za bilo koju raspodelu vremena do po-

jave otkaza. Unošenjem parametara određene raspodele u te izraze dobijaju se konkretni izrazi za slučaj te raspodele. Najčešće se koristi Vejbulova raspodela kod koje za $\beta > 1$ intenzitet otkaza neprekidno raste. U literaturi se, međutim, ova raspodela ne daje uvek preko istih parametara, pa su u tabeli 1 date karakteristike pouzdanosti elemenata za tri slučaja prikazivanja Vejbulove raspodele koji se najčešće javljaju.

Karakteristike pouzdanosti elementa za slučaj Weibulove raspodele vremena do pojave otkaza

$f(t)$	$\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e - \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}$	$\frac{\beta}{\alpha} t^{\beta-1} e^{-\frac{t^{\beta}}{\alpha}}$	$\beta a t^{\beta-1} e^{-a t^{\beta}}$
$F(t)$	$1 - e - \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}$	$1 - e^{-\frac{t^{\beta}}{\alpha}}$	$1 - e^{-a t^{\beta}}$
$R(t)$	$e - \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}$	$e^{-\frac{t^{\beta}}{\alpha}}$	$e^{-a t^{\beta}}$
$\lambda(t)$	$\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$	$\frac{\beta}{\alpha} t^{\beta-1}$	$\beta a t^{\beta-1}$
$m = \int_0^{\infty} R(t) dt$	$\eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$	$\alpha^{\frac{1}{\beta}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$	$\alpha^{\frac{1}{\beta}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$
veza između parametara	$\eta = \alpha^{\frac{1}{\beta}} = a^{-\frac{1}{\beta}}$	$\alpha = \eta^{\beta} = a^{-1}$	$a = \eta^{-\beta} = \alpha^{-1}$

U slučaju Weibulove raspodele, kao što se iz tabele 1 vidi, izraz (1) postaje:

$$m = \int_0^{\infty} e - \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta} dt = \eta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) = K_{\beta} \cdot \eta \quad (16)$$

Izrazi (3) i (4) za Weibulovu raspodelu postaju:

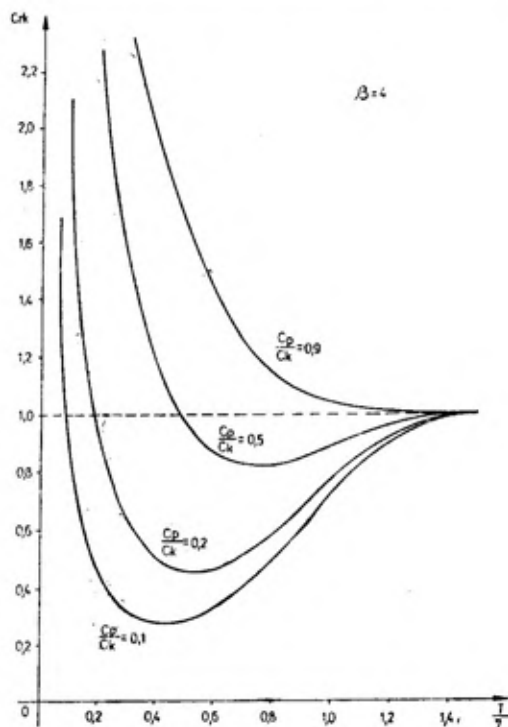
$$C_{zk}(T) = \frac{C_k - (C_k - C_p) e - \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}}{\int_0^T R(\tau) d\tau} \quad (17)$$

Uslov optimalnosti kombinovane preventivne zamene (9) u slučaju Weibulove raspodele glasi:

$$\frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot m_k + e - \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta} = \frac{C_k}{C_k - C_p} \quad (18)$$

Normirani troškovi kombinovane preventivne zamene (15) za Weibulovu raspodelu dati su izrazom:

$$C_{rk}(T) = \frac{K_{\beta} \cdot \eta}{m_k} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{C_p}{C_k}\right) e - \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta} \right] \quad (19)$$



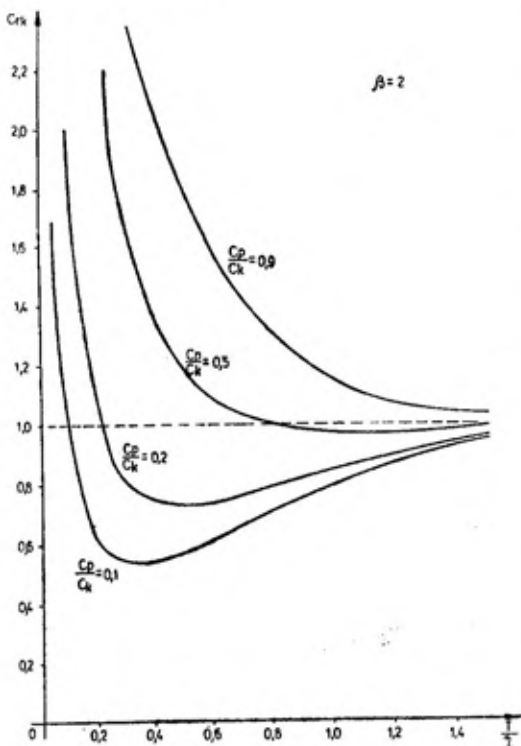
Sl. 1 — Zavisnost ukupnih troškova zamena po jedinici vremena pri različitim odnosima $\frac{C_p}{C_k}$ za $\beta=4$

Krive zavisnosti troškova C_{rk} od odnosa T/η za $\beta=4$, sračunate preko izraza (19), prikazane su na slici 1 u slučaju kada odnos planske i korektivne zamene iznosi 0,1, 0,2, 0,5 i 0,9. Sa slike se vidi da je optimalno vreme preventivne zamene utoliko kraće ukoliko je odnos troškova C_p sa C_k manji. Iste zavisnosti samo pri $\beta=2$ date su na slici 2, sa koje se vidi da je efekat preventivne zamene znatno manji nego u prethodnom slučaju.

U slučaju eksponencijalne raspodele ($\beta=1$), na osnovu (12) može se napisati da je:

$$C_{zk}(T) = \frac{C_k - (C_k - C_p)e^{-\frac{T}{\eta}}}{\eta \cdot \left(1 - e^{-\frac{T}{\eta}}\right)} \quad (20)$$

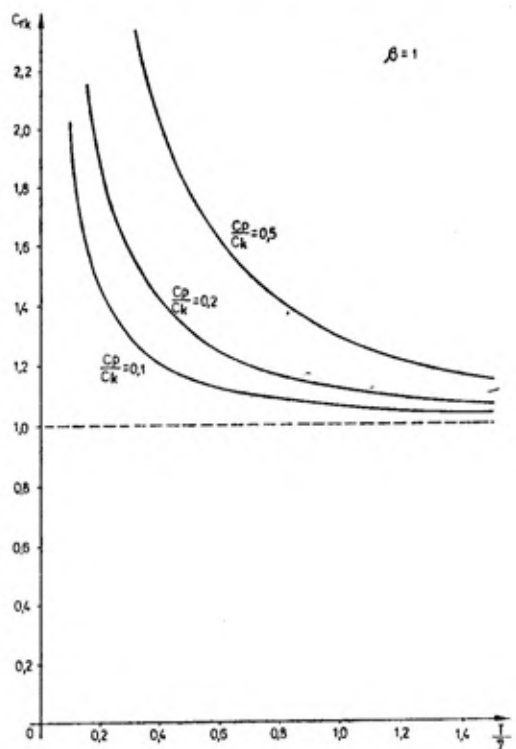
ai na osnovu (19):



Sl. 2 — Zavisnost ukupnih troškova zamena po jedinici vremena pri različitim odnosima $\frac{C_p}{C_k}$ za $\beta=2$

$$C_{rk}(T) = \frac{1 - \left(1 - \frac{C_p}{C_k}\right) e^{-\frac{T}{\eta}}}{\left(1 - e^{-\frac{T}{\eta}}\right)} \quad (21)$$

Krive na slici 3 dobijene su korišćenjem izraza (21) i sve se nalaze iznad ordinate jednake jedinici, što znači da se preventivna zamena u slučaju eksponencijalne zamene ne isplati. Optimalna strategija u tom slučaju je da se zamena vrši samo posle otkaza, pošto je jeftinije da se preventivna zamena ne vrši, već da se čeka da sistem otkaze.



Sl. 3 — Zavisnost ukupnih troškova zamena po jedinici vremena pri različitim odnosima $\frac{C_p}{C_k}$ za $\beta=1$

U [1] je dat još jedan postupak određivanja optimalnog perioda preventivne zamene elementa kod koga je vre-

me do pojave otkaza raspoređeno po Vejbulovoj raspodeli (model Jorgenso-
na):

$$t = \eta \cdot y^{\frac{1}{\beta}}$$

gde se »y« određuje iz dijagrama na kojem je dato u zavisnosti od odnosa troškova C_k i C_p , za razne vrednosti parametra oblika. Izračunavanje veličine »y« nije jednostavno, ali korišćenje dijagrama omogućava brzo određivanje optimalnog vremena preventivne zamene.

2.1 Aproksimativni model za određivanje optimalnog perioda kombinovane preventivne zamene

Aproksimativni model koji je predložen u [5] ovde je detaljno izveden.

Ukupni troškovi po jedinici vremena kada se vrši kombinovana preventivna zamena elemenata čiji intenzitet otkaza podleže Vejbulovoj raspodeli su.

$$C_{zk}(T) = \frac{C_k - (C_k - C_p)e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}}}{m_k}$$

Kada se funkcija $e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}}$ razvije u red i zanemare se svi članovi iza linearnog, dobijaju se približni izrazi:

$$e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}} \approx 1 - \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta} \quad \text{i} \quad m_k \approx T$$

Zamenom prethodnih izraza u (17) dobija se:

$$C_{zk}(T) \approx C_{ak}(T) = \frac{(C_k - C_p) \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta} + C_p}{T} \quad (23)$$

Minimum funkcije zavisnosti troškova C_{ak} od vremena dobija se iz uslova:

$$\frac{dC_{ak}(T)}{dT} = \frac{\left[\beta \cdot (C_k - C_p) \frac{T^{\beta-1}}{\eta \cdot \beta} \right] \cdot T - \left[(C_k - C_p) \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta} + C_p \right]}{T^2} = 0$$

$$\beta(C_k - C_p) \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta} - (C_k - C_p) \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta} - C_p = 0$$

odakle se dobija da je:

$$\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta} = \frac{C_p}{(\beta - 1)(C_k - C_p)} \quad (24)$$

tako da je vreme pri kome su ukupni troškovi po jedinici vremena minimalni T_{ak} , dato izrazom:

$$T_{ak} = \eta \cdot \left[\frac{C_p}{(\beta - 1)(C_k - C_p)} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (25)$$

Minimalni ukupni troškovi dobijaju se kada se vrednost za T_{ak} (25) unese u (23):

$$C_{ak}(T_{ak}) = \frac{\beta}{\beta - 1} \cdot \frac{C_p}{T_{ak}} \quad (26)$$

Zamenom troškova C_p iz (24) u (26) dobija se:

$$C_{ak}(T_{ak}) = \beta \cdot \frac{T_{ak}^{(\beta-1)}}{\eta^{\beta}} \cdot (C_k - C_p) \quad (27)$$

Na osnovu izraza za intenzitet otkaza iz tabele 1 može se napisati:

$$C_{ak}(T_{ak}) = (C_k - C_p) \cdot \lambda(T_{ak}) \quad (28)$$

što u potpunosti odgovara izrazu (11) tako da se i optimalna vrednost vremena T_{ak} nalazi, kao i T_k , na krivoj (12):

Upoređivanjem izraza za optimalno vreme kombinovane preventivne zamene (25) i modela Jorgensona (22) može se napisati [6] da je:

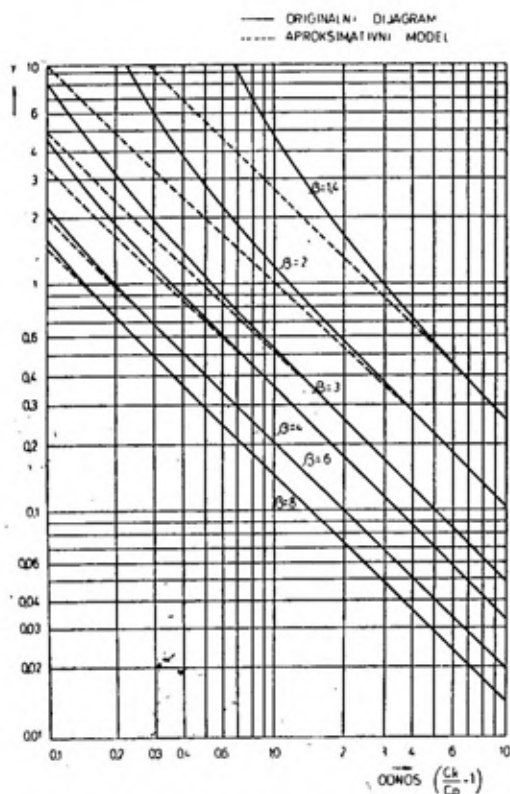
$$y \approx \frac{C_p}{(\beta - 1)(C_k - C_p)} \quad (29)$$

Korišćenjem jednostavnog izraza (29) izračunate su vrednosti veličine »y« za iste vrednosti parametara oblika Vejbulove raspodele kao na dijagramu datom u [1]. Sa slike 4 vidi se da je aproksimacija utoliko bolja ukoliko je veća vrednost parametara oblika i ukoliko su troškovi planske zamene C_p manji u odnosu na troškove korektivne zamene C_k . Razilaženje krivih sračunatih korišćenjem izraza (29) od krivih sa tač-

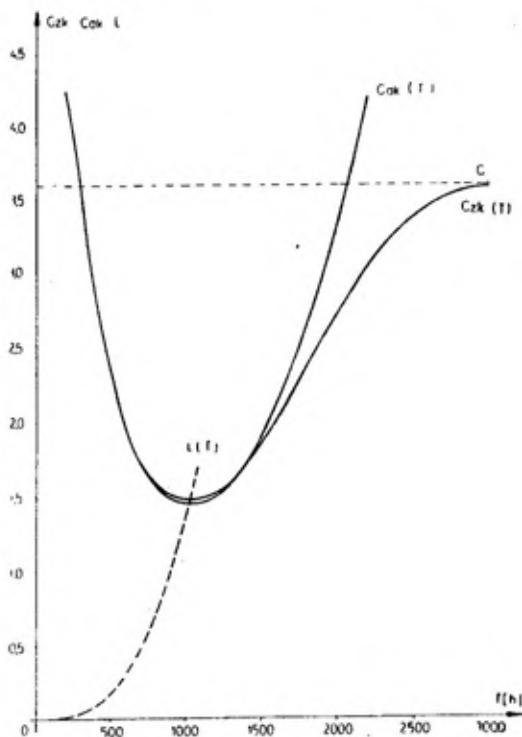
nim vrednostima »y« je relativno malo u oblasti gde je $y < 1$ i gde je $\beta > 1.5$. Takođe, kada je vrednost parametra $\beta > 3$ aproksimativni model, kao što se vidi sa slike 4, može se koristiti i kada C_p nije znatno manje od C_k , i obrnuto, ako je C_p znatno manje od C_k , aproksimativni model se može uspešno koristiti pri vrednostima parametra $\beta < 1.5$.

3. Brojčani primeri i korišćenje programskog paketa MathCAD

U [1] je analiziran problem preventivne zamene frikcionih diskova spojnice traktora. Uzeto je da intenzitet otkaza ovog elementa podleže Vejbulo-



Sl. 4 — Odstupanja aproksimativnog modela od modela Jorgensona u zavisnosti od odnosa $\frac{C_k}{C_p} - 1$ pri različitim vrednostima parametra β



Sl. 5 — Određivanje optimalnog perioda preventivne zamene za dati brojčani primer

voj raspodeli sa parametrima $\beta = 4$ i $\eta = 2000$. Troškove planske preventivne zamene C_p čine troškovi zamene u iznosu 100 novčanih jedinica i cena re-

zervnog dela u iznosu od 1000 novčanih jedinica, tako da je $C_p = 1100$. Troškove korektivne zamene (zamene posle otkaza elementa) C_k čine troškovi zamene u iznosu od 500 novčanih jedinica, cena rezervnog dela 1000 nov. jedinica i gubici usled zastoja u radu u iznosu od 5000 nov. jedinica, tako da je $C_k = 6500$.

Na slici 5 prikazani su ukupni troškovi kombinovane preventivne zamene po jedinici vremena u zavisnosti od perioda preventivne zamene T , kao i kriva $L(T)$ sračunata korišćenjem izraza (12). Tačke krive $C_{zk}(T)$ sračunate su korišćenjem izraza (17).

Kao što se sa slike 5 vidi, za date brojčane vrednosti krive $C_{zk}(T)$ i $L(T)$ seku se u tački sa koordinatama $A(T=1020, C_{zk} = 1.43)$ što znači da je optimalno vreme preventivne zamene $T_k = 1020$ h i da tada ukupni troškovi po jedinici vremena imaju minimalnu vrednost koja iznosi $C_{zk} = 1.43$.

Na osnovu izraza (25) za dati primer dobija se:

$$T_{ak} = 2000 \cdot \left[\frac{1100}{(4-1)(6500-1100)} \right]^{0.25}$$

$$T_{ak} = 1021 \text{ h}$$

a ukupni troškovi po jedinici vremena u tom slučaju iznose (26) $C_{ak} = 1.436587$.

To su vrednosti veoma bliske vrednostima dobijenim u [1] za model Vajsbauuma ($T = 1050$ h) i model Jorgensona ($T = 1028$ h). Za model Jorgensona sa dijagrama datog u [1] dobijeno je za dati primer $y = 0.07$, dok se na osnovu (29) dobija da je $y = 0.0679$.

Tačne vrednosti optimalnog perioda kombinovane preventivne zamene $T_k = 1022.66$ h i odgovarajuće minimalne vrednosti ukupnih troškova po jedinici vremena $C_{zk} = 1.443904$ nov. jedinica dobijene su iterativnim postupkom korišćenjem izraza (12) i (17) sve dok apsisa tačke preseka nije dobijena sa tačnošću 0.01 h. To je relativ-

no dugotrajan postupak sa velikim brojem izračunavanja, ali je sproveden da bi se u odnosu na tu tačnu vrednost optimalnog vremena preventivne zamene izračunala odstupanja vrednosti dobijenih drugim postupcima.

Zbog sve veće rasprostranjenosti PC računara opremljenih veoma kvalitetnim korisničkim softverom, pisanje posebnih programa za rešavanje svakog konkretnog problema uveliko potiskuje upotreba gotovih korisničkih programskih paketa. Na isti način i iz istih razloga kao što se za projektovanje i konstruisanje u svim oblastima tehnike (mašinstvo, građevinarstvo i dr.) masovno uvodi upotreba programskog paketa AutoCAD, za rešavanja numeričkih problema, razna izračunavanja, grafičku prezentaciju i obradu teksta uvodi se matematički orijentisani korisnički softver (Eureka, MathCAD, Mathematica i dr.) sa sve širim repertoarom mogućih primena zbog sve većeg broja ugrađenih funkcija i većim mogućnostima grafičkog prikazivanja.

Postojanje gotovih programskih paketa oslobađa stručnjacima dosta vremena da se bave svojom osnovnom oblašću i da istovremeno za rešavanje problema sa kojima se sreću imaju na raspolaganju alat vrhunskih performansi, kao posledicu velike konkurencije na tržištu softvera, zbog čega specijalizovane firme okupljaju vrhunske stručnjake iz oblasti programiranja.

Zbog veoma brzog razvoja oblasti inženjerskog održavanja tehničkih sistema, intenzivne implantacije novih metoda i postupaka (koji su rezultat toga razvoja) u aktivnosti održavanja u praksi i potrebe za numeričkom obradom velikog broja podataka i grafičkog prikazivanja dobijenih rezultata, upotreba matematički orijentisanog softvera je od posebnog značaja za ovu oblast.

Programski paket MathCAD, verzija koja radi u okviru Windows operativnog sistema, ima veoma bogat HELP meni tako da predstavlja tipičan »user-friendly« program. U ovom radu je korišćen i zbog toga što za relativno skromni hardver ima velike mogućnosti:

Računarske karakteristike:

- preciznost računanja: 15 sigurnih decimalnih cifara (mogućnost izbora broja prikazanih decimalnih cifara),

- računanje sa dimenzionim jednačinama,

- programsko rešavanje sistema jednačina i nejednačina (sa početnim slovima i bez njih),

- računanje izvoda i integrala funkcija (simbolički i numerički),

- račun sa kompleksnim promenljivim, kao i sa kompleksnim brojevima,

- računanje suma, proizvoda, iterativni račun,

- tretman brojeva u decimalnom, oktalanom i heksadecimalnom sistemu,

- mnoštvo ugrađenih funkcija (trigonometrijske, eksponencijalne, hiperboličke),

- statističke funkcije (linearna regresija, Gama funkcija, funkcija kumulativne normalne raspodele, funkcija greške),

- interpolacija,

- brza Furijeova transformacija i inverzna Furijeova transformacija,

- mogućnost definisanja funkcija od strane korisnika,

- račun sa vektorima i matricama uključujući:

1. množenje vektora i matrica,
2. inverziju matrica,
3. transportovanje vektora i matrica,
4. računanje determinante matrice,

5. računanje vektorskog i skalar-nog proizvoda, itd, i to i simbolički i numerički.

Grafičke karakteristike:

- praktično neograničen broj grafika po jednom dokumentu,

- kreiranje inicijalnog grafika jednom jedinom komandom,

- u okviru grafika moguće je postaviti dekadnu i logaritamsku podelu osa, horizontalnu i vertikalnu mrežu, kao i niz različitih diskretnih brojeva i linija.

Specifičnosti MathCAD-a:

- potpuno proizvoljno pozicioniranje matematičkih formula, teksta i grafika u okviru dokument fajla,

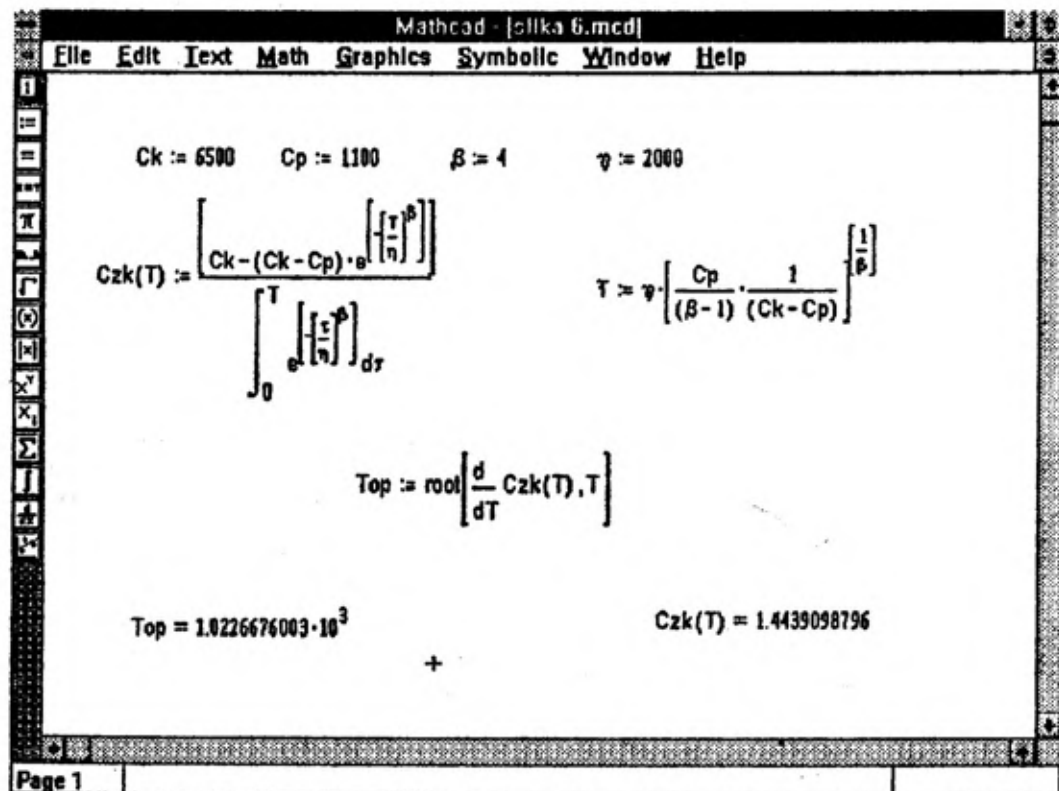
- veoma lak unos matematičkih simbola,

- automatska detekcija grešaka, — mogućnost editovanja dva fajla istovremeno,

- editovanje jednačina i teksta.

Na osnovu izraza izvedenih u prethodnom poglavlju, korišćenjem programa MathCAD, na dva načina su određene optimalne vrednosti perioda kombinovane preventivne zamene i odgovarajuće vrednosti ukupnih troškova zamena po jedinici vremena. Prvo rešenje je dobijeno izjednačavanjem izraza (17) sa nulom, a drugo kao presek krivih datih izrazima (12) i (17).

Na slici 6 prikazan je izgled MathCAD ekrana u prvom slučaju. Najpre su definisane sve veličine koje figurišu u izrazu (17), a zatim je unet i sam izraz. Od programa se zahteva da pomoću ROOT funkcije pronade onu vrednost optimalnog perioda preventivne zamene za koju se prvi izvod funkcije troškova anulira, i da joj se dodeli simbol Top. Funkciju ROOT program izvršava preko niza uzastopnih iteracija, s tim što se prethodno definiše neka vrednost T od koje program počinje sa iteracijama.



Sl. 6 — Izgled MathCAD I ekrana

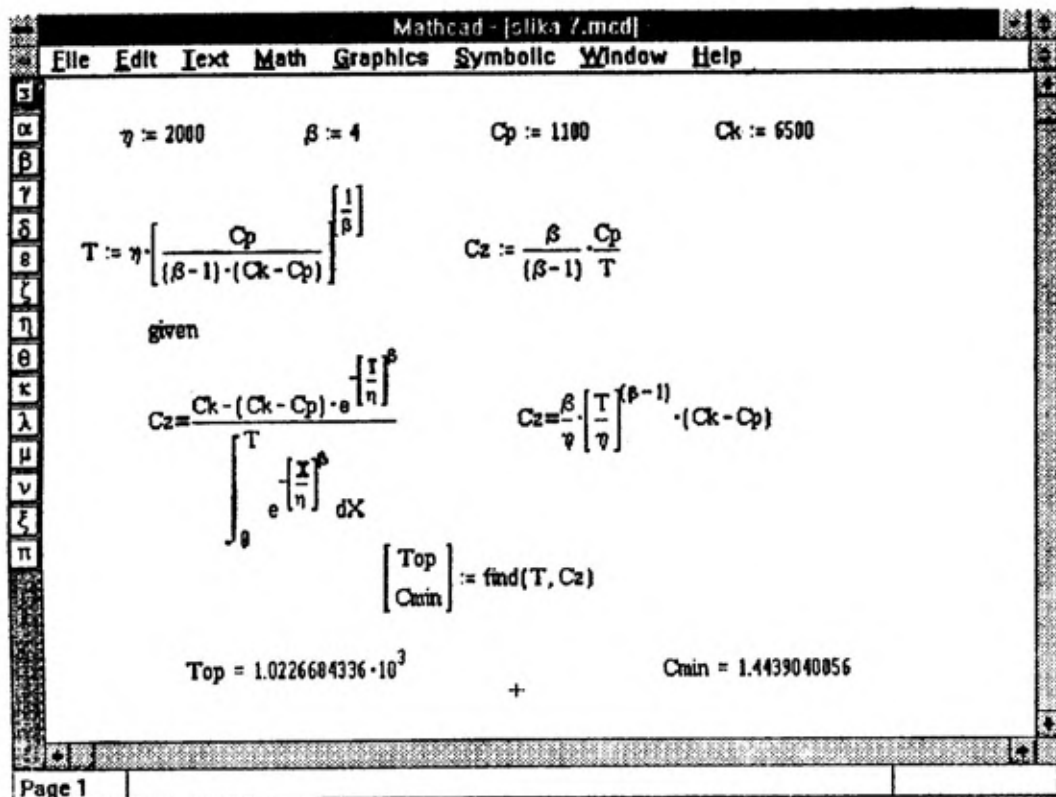
Kako brzina rešavanja zavisi od toga koliko se početna data vrednost za T razlikuje od tačne vrednosti, programu se zadaje da T izračuna iz izraza koji daje aproksimativnu vrednost optimalnog perioda kombinovane preventivne zamene (25). Na taj način program prvo kroz izraz (25) definiše vrednost T od koje zatim funkcija ROOT počinje sa iteracijama tražeći u okolini te tačke vrednost Top za koju izvod funkcije ukupnih troškova postaje jednak nuli. Treba uočiti da iza svih vrednosti i izraza koje definiše korisnik stoji znak $:=$, a iza vrednosti koje je program (na osnovu tako unetih izraza i vrednosti) izračunao stoji znak $=$. Kako u okviru programa postoji mogućnost da se definiše broj decimalnih mesta odnosno tačnost sa kojom će program izračunavati tražene vrednosti,

ovde je radi ilustracije traženo od programa da tražene vrednosti izračuna sa deset decimalnih mesta.

Na slici 7 prikazan je izgled MathCAD ekrana u drugom slučaju, odnosno izračunavanje optimalnog perioda kombinovane preventivne zamene korišćenjem izraza (12) i (17). U ovom slučaju korišćen je skup tzv. SOLVE BLOCK naredbi koje su u okviru programa definisane za simultano rešavanje jednačina ili nejednačina po zadatim promenljivim na osnovu zadatih početnih uslova. SOLVE BLOCK započinje rečju »given« a sadržaj bloka su jednačine ili nejednačine čija se zajednička rešenja traže, zajedno sa ograničenjima i početnim uslovima. Blok se završava jednačinom FIND u okviru koje se definiše koje to vrednosti program treba da izračuna, odnosno koje vrednosti se

smatraju nepoznatim. Izrazi (12) i (17) su zato modifikovani, odnosno oznake $L(T)$ i $C_{zk}(T)$ zamenjene su oznakom C_z da bi izrazi (12) i (17) činili skup od dve jednačine sa dve nepoznate: T i C_z . U okviru FIND naredbe programu se zadaje da vrednosti za optimalni period kombinovane preventivne zamene i minimalne ukupne troškove koji odgovaraju tom periodu nađe kao rešenja sistema od dve jednačine i dodeli im oznake T_{op} i C_{min} . I u okviru ovog skupa naredbi potrebno je da se definišu

nosno izraz (26) za ukupne troškove kombinovane preventivne zamene. Na ovaj način definisane početne vrednosti skraćuju put za nalaženje rešenja pa se tražene vrednosti, nakon unošenja potrebnih naredbi, dobijaju gotovo trenutno. Treba uočiti da znak jednakosti u okviru izraza ili definisanih veličina ima različite oblike zavisno od toga da li ih je uneo korisnik ili ih je program sam izračunao, i da su tačne vrednosti izračunate u istom numeričkom formatu kao i u prethodnom primeru.



Sl. 7 — Izgled MathCAD II ekrana

početne vrednosti za nepoznate veličine, odnosno vrednosti od kojih će program početi sa simultanim rešavanjem definisanih jednačina, pa je i ovde korišćen aproksimativni izraz (25) za optimalni period preventivne zamene, od-

U tabeli 2 data je tačnost rezultata dobijenih grafički i korišćenjem aproksimativnog modela kao i vrednosti izračunate pomoću MathCAD-a na oba opisana načina, u odnosu na tačne vrednosti T_k i $C_{zk}(T_k)$.

Tabela 2

Vrednosti optimalnog perioda preventivne zamene i minimalnih ukupnih troškova po jedinici vremena izračunate opisanim načinima

Postupak izračunavanja	Optimalni period		Ukupni troškovi po jedinici vremena
	T[h]	Δ [%]	C_{Σ} [n.j.]
Grafički sa slike 4	1020	0.26	1.43
Aproksimativni model	1020.94	0.17	1.436587
MathCAD I	1022.67	0.01	1.443909
MathCAD II	1022.67	0.01	1.443904
Tačna vrednost	1022.66	0.01	1.443904

Iz tabele 2 vidi se da su rezultati dobijeni korišćenjem programskog paketa MathCAD za optimalni period kombinovane preventivne zamene veoma tačni i ne izlaze iz granica tačnosti (0.01) sa kojima je određeno referentno rešenje. To je velika prednost u odnosu na rezultate koji se dobijaju korišćenjem programa posebno napisanih za izračunavanje optimalnog perioda preventivne zamene. Ponekad je tačnost tih rezultata manja i od tačnosti rezultata dobijenih korišćenjem aproksimativnog modela, najčešće zbog akumuliranja greške prilikom izračunavanja vrednosti integrala u imeniocu izraza (17). Znači, samo sa nekoliko instrukcija dobijaju se tačne vrednosti, a korišćenjem aproksimativnog modela (25) za određivanje početne vrednosti T, postiže se da izračunavanje traje veoma kratko. Rezultat se dobija gotovo trenutno, a isti skup naredbi može se

pozivati iz memorije računara i koristiti za izračunavanja sa izmenjenim ulaznim podacima.

4. Zaključak

Na osnovu analize modela za određivanje optimalnog perioda preventivne zamene koji su u literaturi opisani, može se zaključiti da se oni najčešće odnose na model kombinovane preventivne zamene. Druge strategije preventivne zamene, npr. blok — zamena, tretiraju se znatno ređe.

Pokazano je da se upotrebom korisničkog programskog paketa MathCAD, jednostavnim postupkom, brzo dobijaju tačne vrednosti za optimalni period i odgovarajuće minimalne troškove kombinovane preventivne zamene.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema — Maintainability engineering, JUMV, Beograd, 1993.
- [2] Barlow, R. G., Proshan, F.: Mathematical Theory of Reliability, John Wiley & Sons, New York, 1965.
- [3] Pages, A., Gondran, M.: Fiabilité des systèmes, Eyrolles, Paris, 1980.
- [4] Vujanović, N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojnoizdavački centar, Beograd, 1990.
- [5] Bogdanović, D.: Prilog postupku određivanja optimalnog perioda preventivne zamene, Naučno-tehnički pregled, Vol. 42, 1992, 10.
- [6] Peković, T.: Određivanje optimalnog perioda preventivne zamene, diplomski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.

Božidar Bjelica,
dipl. inž.

UPUŠTAČI ZA MOTORE JEDNOSMJERNE STRUJE

Za vrijeme puštanja motora jednosmjerne struje u rad javljaju se velike struje koje su štetne i za motor i za ostalu instalaciju. Problem se uspješno rješava poluprovodničkim upuštačima. U radu su date neka, moguća rješenja i rezultati mjerenja na jednom realizovanom upuštaču.

Uvod

Upuštanja motora, direktno povezanog na izvor, mogu izazvati, naročito za slučaj motora nešto većih snaga, negativna dejstva na izvor za napajanje, na sam motor, pa i instalaciju. Polazna struja motora jednosmjerne struje je nekoliko puta veća od nazivne (za neke motore i preko 10 puta), što naročito nepovoljno djeluje na kolektor i četkice i oštećuje ih. U ovom periodu je i zagrijavanje mašine višestruko veće (proporcionalno je sa kvadratom struje), a to se negativno odražava na kvalitet (starenje) izolacije namotaja. Ukoliko je izvor za napajanje akumulatorska baterija, a to je čest slučaj za sredstva NVO, sam proces pokretanja motora za nju predstavlja skoro kratak spoj. Nepotrebno je posebno naglašavati koliko se to negativno odražava na karakteristike i eksploatacioni vijek same baterije. Za vrijeme upuštanja na udaru se nalazi kompletna električna instalacija, a naročito prekidački elementi (kontaktori, prekidači). Pad napona u instalaciji za vrijeme upuštanja mogao bi izazvati posljedice za ostale uređaje koji se napajaju sa iste mreže, odnosno izvora, a posebno su osjetljivi elektronski sklopovi. Ukoliko je riječ o nekom intermitentnom pogonu sa čestim uključenjima, onda je jasno koliko bi sva ova naprezanja uticala na radni vijek poje-

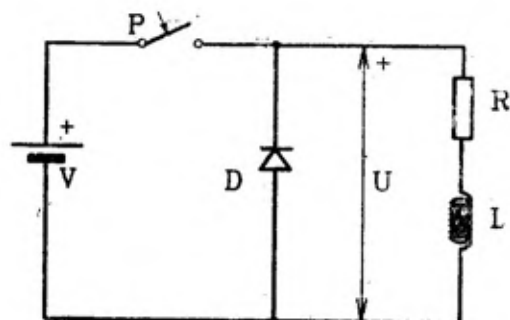
dinih dijelova uređaja i cijelih komponenti, kao i na pouzdanost kompletnog elektromotornog pogona. Kod DC motora sa stalnim magnetima visoka vrijednost struje može dovesti do njihove demagnetizacije, pa je to još jedna moguća, negativna posljedica od upuštanja.

Rješenje pobrojanih problema kvalitetno i pouzdano rješava upuštač sa poluprovodničkim elementima. U okviru ovog uređaja se relativno prosto može uraditi višestruka i efikasna zaštita motora (od preopterećenja, kratkog spoja, pregrijavanja i sl.), a time i ostale instalacije. Sem toga, a u zavisnosti od namjene motora, isti uređaj bi se mogao koristiti i kao regulator brzine obrtanja.

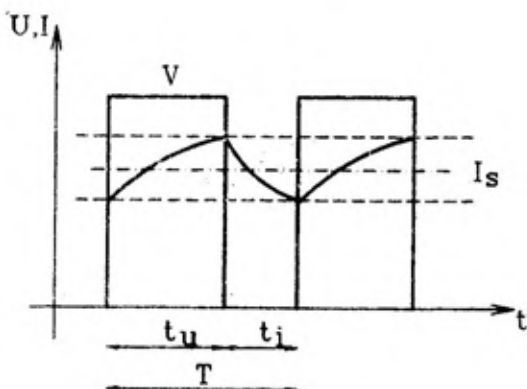
Ranije su se za upuštanje motora, odnosno ograničenje struje u tom periodu, koristili tzv. otpornički upuštači. To su otpornici sačinjeni od nekoliko segmenata, dimenzionisani za kratkotrajni rad, koji su se vezivali na red sa induktom. Proces je počinjao sa ukupnom otpornošću, potom se smanjivao broj segmenata, a na kraju bi se upuštač potpuno isključio.

Čoper spuštač napona kao upuštač

Princip rada čopera spuštača napona je poznat i daće se samo, ukratko,



a)



b)

Sl. 1

a) Principijelna shema čopera sa R, L opterećenjem
b) Vremenski dijagram napona i struje

ono što je zanimljivo sa aspekta upuštanja. Neka se idealni prekidač P na shemi sa sl. 1a periodično otvara i zatvara, sa vremenom uključenosti t_u i isključenosti t_i . Napon na opterećenju će imati oblik pravougaonih impulsa amplitude V kao na sl. 1b, a srednja vrijednost tog napona je:

$$U_{sr} = \frac{1}{T} \int_0^T U dt = \frac{1}{T} \int_0^{t_u} V dt = \frac{t_u}{T} V. \quad (1)$$

Znači, promjenom vremena t_u i t_i , odnosno, upravljačkih impulsa na prekidaču P može se regulisati napon na opterećenju. Odnos $\delta = t_u/T$ se, obično, zove faktor ispunjenosti. Kad se upravljanje vrši promjenom dužine (širine) vremena uključenosti, a pri tom je period $T = \text{const}$, riječ je o širinsko-impulsnom upravljanju, a ako je trajanje impulsa $t_u = \text{const}$, a mijenja se njihova frekvencija $f = 1/T$, onda je to frekventno-impulsno upravljanje. Nekada se regulisanje vrši kombinovano, promjenom oba ova parametra.

Prekidanje strujnog kruga dovodi do pojave prenapona zbog nagomilane energije u induktivnosti L, pa je paralelno opterećenju ubačena zamajna (nul-) dioda D. U nekom kvazistacionarnom stanju za $\delta = \text{const}$, za vrijeme t_u struja će rasti eksponencijalno, pošto se radi o R, L opterećenju, sa vremenskom konstantom $\tau = L/R$. Kad se prekidač otvori, strujni krug se zatvara preko diode D i struja eksponencijalno opada. Za kontinualnost struje je potrebno da je perioda impulsa T dovoljno manja od vremenske konstante kola τ . (Ako induktivnost opterećenja nije dovoljno velika, potrebna je neka dodatna ili da se poveća frekvencija impulsa, tj. T smanji). Dakle, struja osciluje oko neke srednje vrijednosti I_s .

Ukoliko se analizira situacija sa motorom jednosmjerne struje, npr. sa nezavisnom pobudom, to se može uraditi na istoj shemi, gdje su sada L i R induktivnost i otpornost indukta, a sa njima na red je povezana kontraelektromotorna sila E. Polazeći od jednačina stanja za uključen i isključen prekidač, uz uvažavanje već navedenih pretpostavki, a pošto su mehaničke prelazne pojave mnogo sporije od električ-

nih, može se smatrati da je brzina obrtanja za kvazistacionarno stanje $n = \text{const}$, a zbog toga je i:

$$E = kn\Phi = k_1 n = \text{const}, \quad (2)$$

pa se za srednju vrijednost struje motora u kvazistacionarnom stanju dobija:

$$I_{sr} = \frac{\delta V - E}{R}. \quad (3)$$

Iz izraza se vidi da struja motora zavisi od faktora δ , tj. može se regulisati njegovom promjenom, što je, u ovim razmatranjima, naročito važno za fazu zaletanja. Postupnim povećanjem faktora ispunjenosti kontrolisano se povećava i struja motora i on se, na taj način, mekano startuje.

Uvrštavajući u relaciju (3) vrijednosti za E iz (2), a budući da je $M_{sr} = c\Phi I_{sr} = c_1 I_{sr}$, to je srednja vrijednost brzine obrtanja:

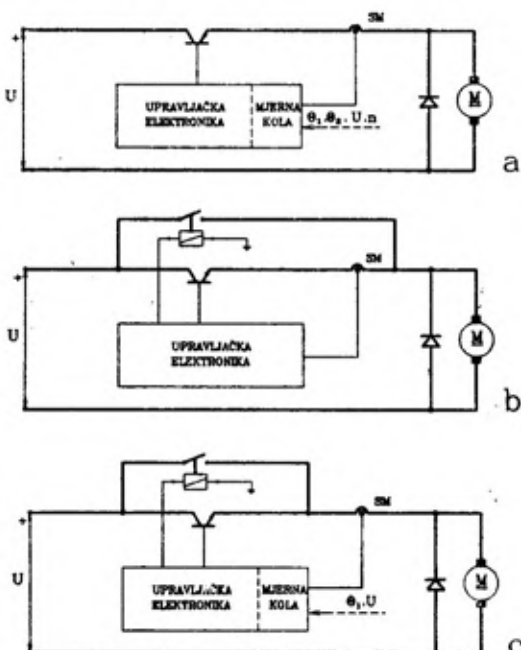
$$n_{sr} = \delta \frac{V}{k_1} - \frac{M_{sr} R}{k_1 c_1} = \delta n_0 - \Delta n. \quad (4)$$

U gornjoj jednačini je n_0 idealna brzina praznog hoda motora priključenog na napon V , a Δn je pad brzine uslijed opterećenja. Jasno je da se i brzina može regulisati faktorom δ , odnosno promjenom srednje vrijednosti izlaznog napona iz čopera.

Moguće varijante upuštača za DC motore

Kod projektovanja elektromotornih pogona u kojima je potrebno regulisati brzinu obrtanja motora, pretvarač i upravljačka elektronika su, obično, realizovani tako da uspješno rješavaju sve probleme povezane za upuštanje motora. Ovo znači da su upuštači, kao zasebni uređaji, potrebni kod motora gdje ne treba regulisati relevantne veličine pogona poluprovodničkim pretvaračima ili se njima upravlja na neki drugi način ili, pak, ako se u-

puštač ugrađuje naknadno. Na sl. 2 su data neka principijelna rješenja upuštača za DC motore. Kao prekidač se može koristiti bilo koja prekidačka poluprovodnička komponenta. Tiristori se primenjuju u čoperima niskih radnih učestanosti, do nekoliko stotina Hz i za struje do nekoliko kA. Tranzistori se koriste u čoperima viših radnih učestanosti — do nekoliko kHz i za struje niže od onih kod tiristora, ali mo-



Sl. 2 — Moguće koncepcije čoperskih upuštača

a — upuštač i regulator broja obrtaja b — upuštač bez dodatne zaštite, c — upuštač sa dodatnom zaštitom

dularne izvedbe tranzistora su im se približile. MOSFET tranzistori se koriste za čopere koji rade na vrlo visokim učestanostima — i do nekoliko stotina kHz, ali za struje dosta niže nego snažni tranzistori. U najnovije vrijeme, kao prekidački elementi, su razvijeni tzv. IGBT tiristori koji po struji imaju karakteristike tiristora, a po radnoj učestanosti tranzistora. Na osnovu ranije izloženog jasno je da se bolji kvalitet

regulacije ima na većim učestanostima. Kao prekidački element tranzistor se sve više koristi, pa je tako simbolično predstavljeno i na shemama.

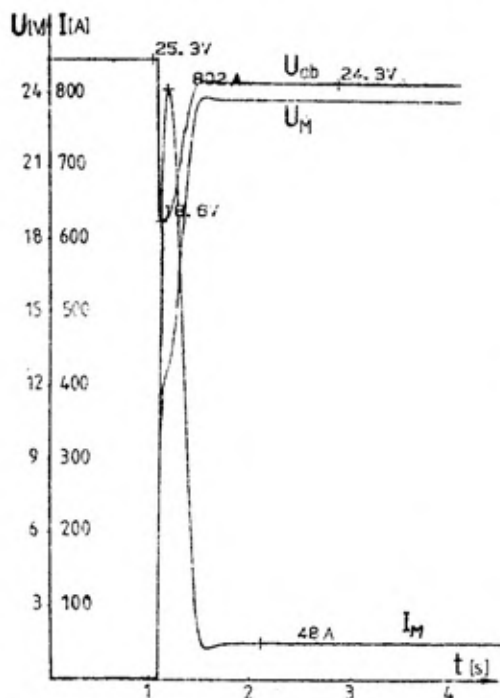
Coper na shemi a sa sl. 2 radi kao spustač napona. Kad se upravljačkoj elektronici da signal za start motora, tranzistor se pobuđuje impulsima malog koeficijenta ispune δ . U početnom trenutku je $n=0$, pa je zbog (2) i $E=0$, bez obzira na način pobuđivanja, tj. vrstu mašine (treba poštovati pravilo, gdje je to moguće, da se u rad pušta pobuđen motor). U ovom, početnom periodu, struja bi bila izuzetno velika da je motor direktno povezan na izvor, tj. pun napon. Shodno relaciji (1), odnosno (3), ima se mala vrijednost struje, jer je i faktor δ mali. Postupnim povećanjem ovog faktora raste i struja kroz motor, a, prema izrazu (4), i brzina obrtanja. Dakle, motor se postupno zaleće, tj. ostvaren je i meki start i ograničenje polazne struje. Vrijednost struje se kontroliše pomoću strujnog monitora SM (to može biti bilo koja komponenta ili sklop namijenjen mjerenju struje: LEM, šant i sl.) i stalno se poredi sa zadatom graničnom vrijednošću za polaznu struju, I_{gr1} . Faktor ispunjenosti se mijenja u zavisnosti od razlike ove dvije struje i, normalno, ne dopušta se prekoračenje struje preko granične vrijednosti, odnosno, δ se povećava sve dok se motor ne zaleti. Zbog problema komutacije u motoru I_{gr1} , prema [4], ne treba da je veća od $2I_n$, gdje je I_n nominalna struja motora, a tačan iznos zavisi i od uslova u kojima motor radi, tj. od momenta opterećenja pri zalećanju. Kad je faktor ispune dostigao maksimalnu vrijednost (teorijski $\delta=1$), odnosno, motor došao na pun napon, proces upuštanja je završen i poluprovodnička komponenta u kolu napajanja se, zbog eliminacije gubitaka na njoj, može premostiti odgovarajućim kontaktorom, kao što je to predviđeno na shemama b i c na sl. 2. I nekim drugim kriterijumima se može utvrditi kad je uspješno startovanje završeno. Ovakvim upuštanjem, sa ograničavanjem

struje, povećano je vrijeme zaleta, jer je motoru potrebno predati odgovarajuću energiju za taj prelazni proces, ali su, uz već pomenute prednosti, smanjeni i gubici zaletanja.

Istim čoperom je moguće regulisati i brzinu obrtanja. Shodno tome dio elektronskih kola, pogotovo mjerno-regulacionih, radi u drugačijem režimu, odnosno, pod drugačijim kriterijumima u odnosu na režim pokretanja. Zbog lakšeg razmatranja analizira se kao da je potrebno obrtanje osovine motora u samo jednom smjeru i ne tretira se način pobuđivanja motora. Prema (4), za neku vrijednost faktora ispune se ima određena brzina obrtanja, a struja bi se uspostavljala prema datom opterećenju. Željena vrijednost brzine bi se mogla zadavati kao naponski signal, npr. pomoću potencijometra ili na neki drugi način. Ukoliko se zadovoljavajuća tačnost brzine ne bi mogla postići na ovaj način, tj. u otvorenoj petlji, onda je potrebno ići sa povratnom granom po brzini. Signal sa strujnog monitora se vodi u kolo za zaštitu od preopterećenja i poredi se sa nekom graničnom vrijednošću I_{gr2} ($I_{gr2} < I_{gr1}$). Može se realizovati i zaštita od kratkog spoja dodavanjem odgovarajućeg mjernoregulacionog kola. Takođe se može, ugradnjom temperaturnih davača (Θ_1 , Θ_2) u motor i na hladnjak tranzistora snage, izvršiti i njihova termička zaštita. Za slučaj napajanja iz akumulatorske baterije poželjno bi bilo realizovati i podnaponsku zaštitu, odnosno zaštitu od dubokog praznjenja baterije. Kola za zaštitu se realizuju da kod njihovog aktiviranja smanjuju struju smanjenjem δ ili skroz ukidaju pobudu tranzistoru ($\delta=0$) i blokiraju ga. Praktične realizacije mogu biti takve da u određenim situacijama automatski povećavaju ili smanjuju granične vrijednosti struje. Način reagovanja zaštite, svakako, zavisi i od važnosti pogona u kome motor radi, tj. od procesa koji se obavlja.

Kao što je već rečeno, ako je potrebno projektovati samo uređaj za u-

puštanje motora, to će se koristiti rješavanja principski data na shemama b i c na sl. 2. Ukoliko motor radi na prirodnoj karakteristici i ne postoji zahtjev za dodatnom zaštitom, postupiće se kao u slučaju b: poslije završenog zaletanja motor se preko kontaktora direktno povezuje na izvor. Ako se osim postupnog upuštanja želi uraditi i neka dodatna zaštita (npr. od preopterećenja ili sl.), tad će se usvojiti koncept sa sheme c. Po završenom startu premošćuje se samo poluprovodnički prekidački element i motor spaja direktno na izvor. Uslijed prekoračenja dozvoljene struje ili aktiviranja neke druge zaštite, motor se isključuje sa mreže prekidanjem pobude kontaktora kojim je izvršeno premoštenje.



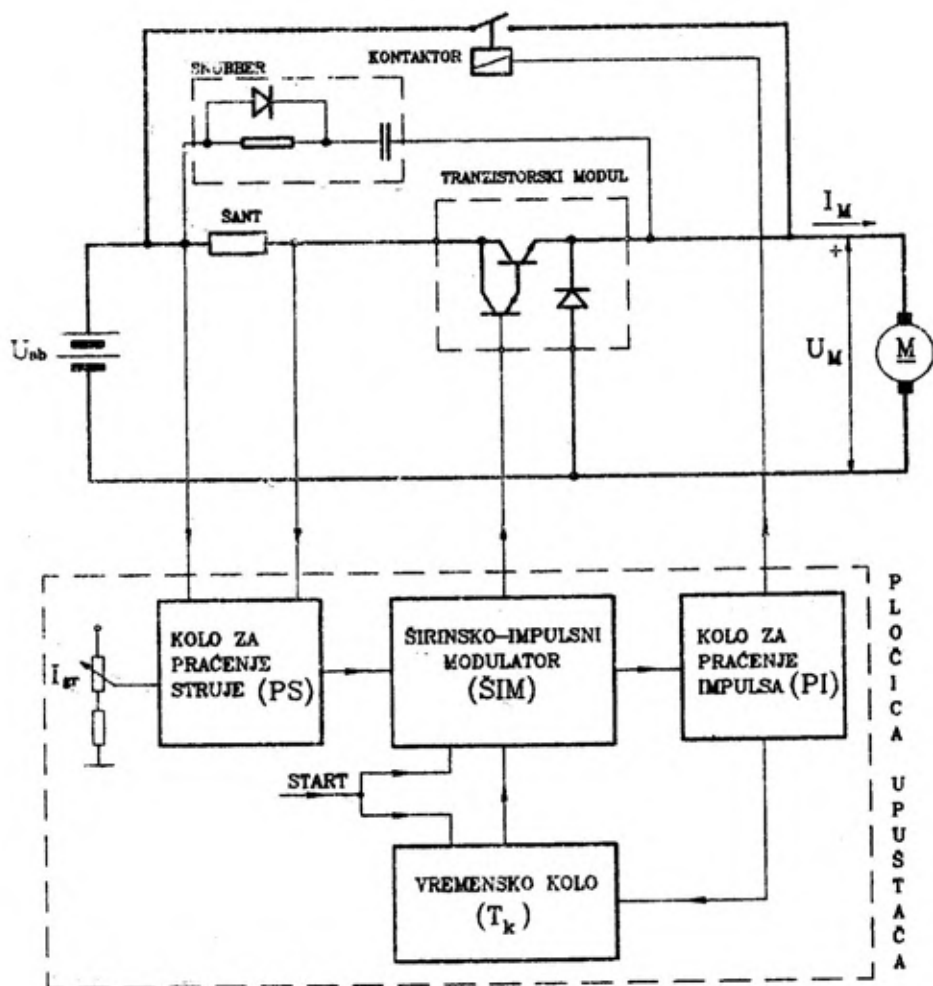
Sl. 3 — Vremenski dijagram napona i struje kod direktnog upuštanja

Rezultati kod realizovanog upuštača

DC motor sa složenom pobudom snage 1.5 kW ima nominalni napon

24 V i nominalnu struju 90 A (napaja se iz akumulatorske baterije). Sa radnim mehanizmom je povezan centrifugalnom spojnicom, tako da proces zaletanja počinje u praznom hodu, a kod postizanja brzine bliske nazivnoj opterećuje se sa 40 do 50% od nominalnog momenta. Izvršeno je nekoliko mjerenja kod direktnog upuštanja motora, tj. bez upuštača. Maksimalna vrijednost struje je iznosila oko 800 A, pad napona oko 7 V, a vrijeme zaletanja je oko 0.4 sekunde. Na sl. 3 je dat jedan karakterističan snimak. Sasvim je jasno da su ovolika struja i pad napona zahtijevali da se razvije odgovarajući upuštač. Pošto nisu postojali dodatni zahtjevi za zaštitu, to je realizovan upuštač koncepcije b (sl. 2), a principijelna blok shema je data na sl. 4.

Tranzistorom snage u kolu napajanja motora se upravlja širinsko-impulsnim modulatorom (ŠIM) frekvencije oko $f=1$ kHz. Sam tranzistor je modul sa tranzistorima u Darlingtonovom spoju i sa zamajnom diodom, a kolu za prigušenje (snubber) se štiti od prenapona. Signal za uključenje motora (START) istovremeno startuje ŠIM i vremensko kolo (T_k). Impulsima iz modulatora se pobuđuje tranzistor, tj. on periodično vodi i ne vodi. Postupnim povećanjem vremena vođenja se povećava i srednja struja i napon motora (vidi sl. 5 i sl. 6). Strujni monitor je ovdje obični šant i pomoću njega i kola za praćenje — mjerenje struje (PS) se, kao što je već rečeno, ograničava struja; u ovom slučaju na maksimalnu moguću vrijednost od 200 A (približno $2I_n$). Ostavljena je mogućnost da se granična struja pomoću potencijometra može podešavati u određenom opsegu ispod ove vrijednosti. Kada se dostigne maksimalna vrijednost faktora ispunjenosti δ , odnosno, kad impulsi dostignu maksimalnu širinu, što se registruje u kolu za praćenje impulsa (PI), ovo kolo istovremeno daje komandni signal za uključenje kontaktora i signal za isključivanje vremenskog kola. Kontaktor prespaja tranzistorski modul i šant i di-



Sl. 4 — Principijelna blok šema realizovanog upuštača

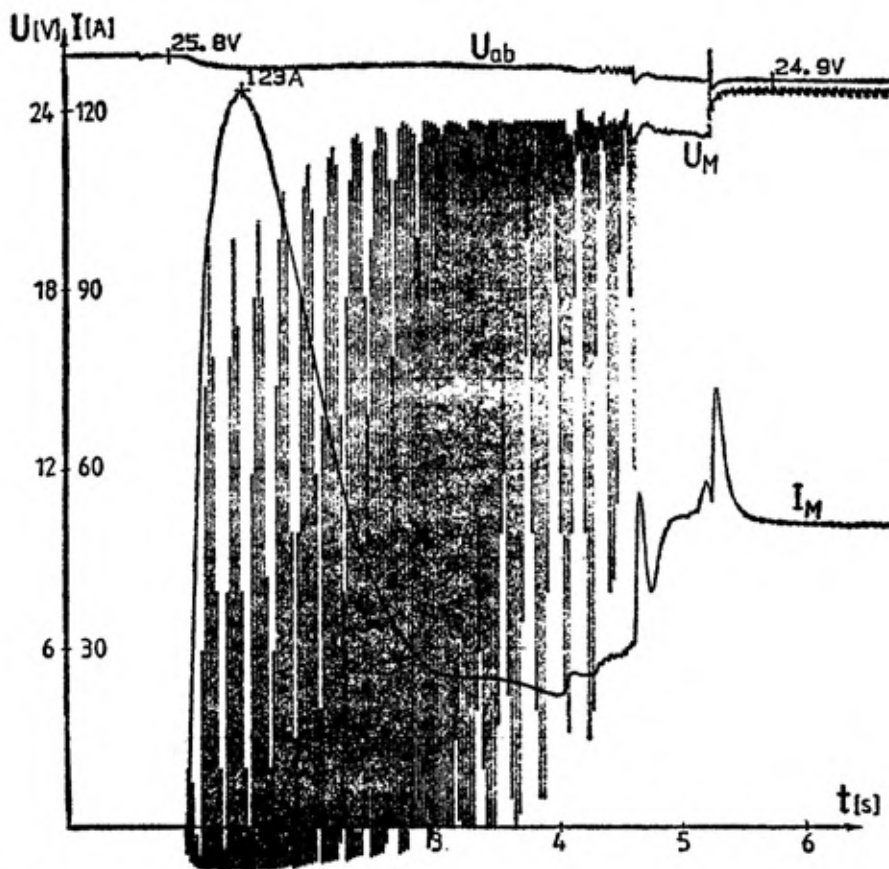
rektno povezuje motor na akumulatorsku bateriju, a kolo T_k stopira rad modulatora. Za 4 do 5 sekundi završeno je upuštanje motora, što se vidi sa vremenskih dijagrama struje i napona motora na sl. 5 i 6. Proces bi se mogao izvršiti i u kraćem vremenskom periodu, ali zbog specifičnih uslova u kojima radi pogon, ostavljena je dovoljna rezerva. Vremenska konstanta kola T_k je 10 sec. Ukoliko za to vrijeme ne dođe do uspješnog starta motora, ovo kolo isključuje ŠIM kolo i trajno, odnosno do slijedećeg signala za uključenje moto-

ra, odvaja ga od akumulatora. Logika vezana za ponovni start, kao i ostala, normalno, može biti realizovana i drugačije, što, svakako, zavisi od konkretnog slučaja. Ukoliko dođe do bilo kakvog kvara na pločici upuštača, ona se vadi i signal START se proslijeđuje na kontaktor, tj. motor se direktno upušta. Pločica na kojoj su smještene sva elektronska kola upuštača je dimenzija 130x90 mm.

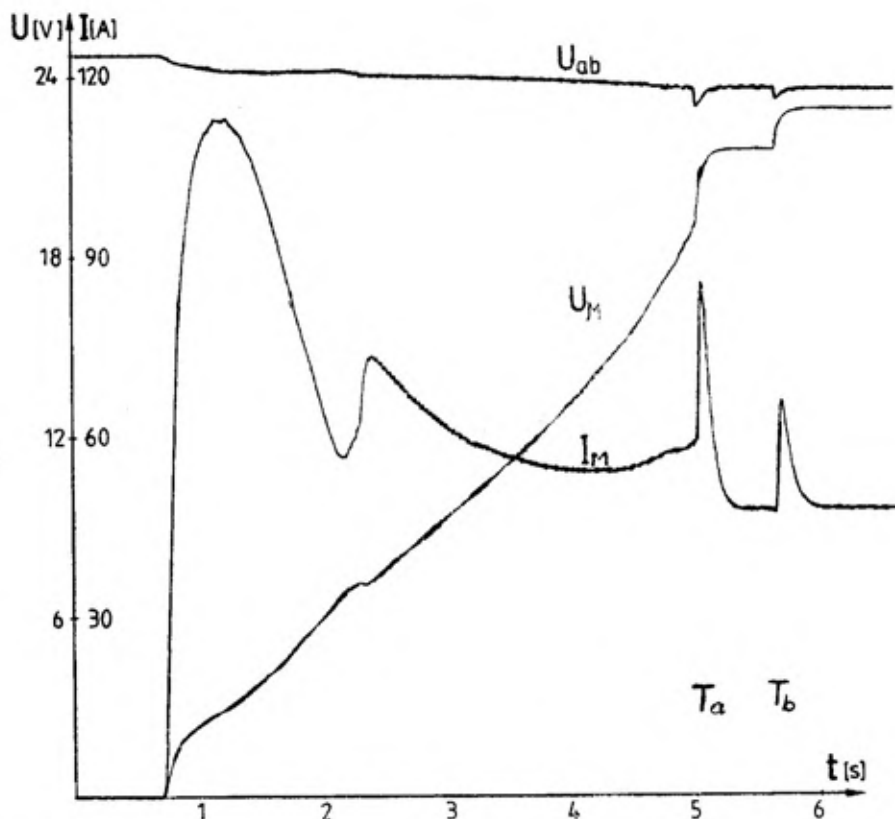
Data su dva karakteristična snimka puštanja u rad motora pomoću upuštača: sl. 5 — motor se opterećuje za

vrijeme zaletanja, tj. centrifugalna spojica prenosi moment opterećenja dosta prije dostizanja nazivne brzine obrtanja; sl. 6 — motor se opterećuje pri kraju zaletanja. U oba slučaja se vidi da je, za razliku od sl. 3, struja zaletanja motora ispod limitirane (podešena je na oko 120 A) i mnogo je manja od 800 A i da nema nikakvih uočljivih padova napona, kao što je to slučaj kod direktnog upuštanja. Struja motora I_M je u oba mjerenja snimana preko NF filtra da bi se izbjegla zašumljenost (sličnog je oblika kao ona na sl. 1b, ali zgusnuta i u usponu). Na sl. 5 napon motora U_M je sniman bez filtra. Vidi se da tranzistor stalno prelazi iz stanja potpune provodnosti u stanje

potpune neprovodnosti i obrnuto, tj. na motoru se ima napon akumulatorske baterije U_{ab} u vremenu uključenosti (kad tranzistor vodi), odnosno $U_M=0$, tj. $U_M=U_D$ za vrijeme isključenosti (tranzistor zakočen — ne vodi, a dioda vodi). Na sl. 6 se lijepo vidi srednja vrijednost ovog napona, jer je tu sniman preko NF filtra. Frekvencija impulsa sa snimka na sl. 5 se ne može očitati, jer je snimano sa dosta velikom vremenskom konstantom, a i brzina plotera, kojim je vršeno snimanje, je manja od frekvencije impulsa. U početku, kad je δ malo, tj. vrijeme isključenosti veliko, na snimku se vide i negativne vrijednosti napona na motoru. To je, u stvari, napon na zamajnoj dio-



Sl. 5 — Vremenski dijagram napona i struje kad se koristi upuštač (U_M sniman bez NF filtra)



Sl. 6 — Vremenski dijagram napona i struje kad se koristi upuštač (U_M sniman sa NF filtrom)

di (U_D) dok ona vodi. U tački T_a , kad δ dostigne maksimalnu vrijednost, tranzistoru se stalno daje pobuda, tj. potpuno je provodan i napon motora tu ima jedan skok. U tom trenutku se javlja i strujni pik. Nadalje je napon U_M kontinualan i od napona napajanja U_{ab} je manji za pad napona na tranzistoru i pad napona u napojnim vodovima (Pad napona na tranzistoru, odnosno, napon zasićenja kolektor-emitor za struju od 150 A, prema kataloškim podacima je $V_{CEsat}=2V$). Kontaktor ne prespaja modul trenutno, između ostalog i zbog raznih kašnjenja, a kad se to desi, u trenutku T_b , U_M ima još jedan skok (za V_{CEsat}), koga prati i strujni pik i proces upuštanja pomoću čopera je tad završen.

Zaključak

Poluprovodnički upuštači na bazi čopera vrlo uspješno rješavaju sve probleme vezane za puštanje motora jednosmjerne struje u rad. U okviru ovog uređaja se može, prema predloženim konfiguracijama, dosta jednostavno realizovati i neka dodatna zaštita: od preopterećenja, kratkog spoja, termička, podnaponska itd. Sem toga, stvaraju uslove za bezbjedan rad, u fazi zaletanja, ostalim potrošačima vezanim na isti izvor. Motoru i ostalim elementima pogona (prekidačke komponente, akumulatori...) se produžava radni vijek i smanjuju troškovi održavanja. Upuštači kod motora sa permanentnim mag-

netima onemogućavaju demagnetizaciju za vrijeme starta. Dobra osobina ovih upuštača je što se jedan te isti može koristiti za dosta širok dijapazon struja i snaga, a uz izmjene energetske komponenti (tranzistorski modul, kontaktor, šant) i minimalna podešavanja ili izmjene u elektronskim kolima se može koristiti za bilo koji motor. Na

ovaj način se povećava stepen unifikacije i smanjuju troškovi razvoja.

Dakle, tehnički je opravdano, ali i poželjno, ugraditi upuštače za DC motore nešto većih snaga, gdje problemi pri zaletanju nisu riješeni na odgovarajući način. Kod sredstava NVO to su npr. pogonski motori hidrauličnih servosistema za pokretanje kupola, cijevi artiljerijskih oruđa i sl.

Literatura:

- [1] G. K. Dubey, POWER SEMICONDUCTORS CONTROLLED DRIVES, Prentice-Hall, New Jersey, 1989.
- [2] M. Adžić, Tranzistorski čoper za regulaciju broja obrtaja jednosmernog motora za elektroviljuškar, Zbornik VII savjetovanja Energetska elektronika, Beograd, 1988.
- [3] T. Brodić, ENERGETSKA ELEKTRONIKA, Svjetlost, Sarajevo, 1988.
- [4] B. Mitrović, MAŠINE ZA JEDNOSMERNU STRUJU, Službeni list, Beograd, 1981.
- [5] MITSUBISHI SEMICONDUCTORS — POWER MODUL, 1986.

Uvod

Prema nekim podacima, broj računara koji se trenutno koriste u svijetu premašuje više miliona komada. Procjene pokazuju da se taj broj godišnje gotovo udvostručuje [2]. Gledajući zastupljenost po tipovima, proizilazi da je gotovo 80% IBM PC kompatibilnih računara [3]. Međutim, znatan je broj računara složenijih arhitektura. To su tzv. mini računari i veliki »main frame« računari. Budući da se radi o često vitalnim funkcijama društva, stalna radna gotovost tih računara se gotovo podrazumijeva. O tome se mora voditi računa već kod projektovanja takvih računara, tako da održavanje tokom eksploatacije bude što je moguće jednostavnije i njihova efektivnost što veća. Poslovi održavanja su, takođe, svjesna djelatnost, za određene radnje, osposobljenih ljudi. Održavanje (terotehnologija), kao relativno nova naučna oblast, susreće se sa problemom mjerenja radnog učinka izvršioca. Cilj mjerenja rada kod poslova održavanja je određivanje stvarno potrebnih vremena za različite poslove održavanja i njihova standardizacija radi dobijanja korisnih podataka koji mogu poslužiti za dobru organizaciju. Problem mjerenja rada u održavanju računara je dugo vremena zapostavljan, jer se održavanje na području računara nije dugo naučno i teoretski oblikovalo. Vreme-

nom se došlo do saznanja da održavanje u oružanim snagama angažuje znatan deo troškova i da o njemu znatno zavisi gotovost jedinica. Zapravo, održavanje se može posmatrati kao proizvodnja posebne vrste, sa nekim specifičnostima. Specifičnosti održavanja se ogledaju kroz:

- nepotpunu pripremu poslova održavanja, po fazama i operacijama, a uz to obim radova nije potpuno određen,

- radovi u održavanju se često ne ponavljaju i znatne su izmjene ritma održavanja (stohastičnost događaja),

- kontrolu izvršenih radova održavanja nije moguće jednostavno provesti.

Obim troškova održavanja, pored ostalog, zavisi od količine uloženog živog rada. Količinu uloženog živog rada korisno je na neki način izmjeriti. Mjerenje rada u održavanju potrebno je radi planiranja, praćenja i ocjenjivanja efektivnosti procesa kao i zbog vrednovanja i nagrađivanja zaposlenih u održavanju.

Ovim radom se želi ukazati na problem i doprinijeti kvalitetu održavanja kod nas najzastupljenijeg PC računara. U VJ je već u upotrebi više hiljada računara raznih vrsta, a održavanje je u fazi formuliranja organa, dok se tehnologija treba tek razviti.

Specifičnosti tehničkog održavanja računara

Površno posmatrano, računar je elektronički uređaj sličan ili po osnovnim komponentama jednak drugim složenim uređajima. Međutim, nivo složenosti i postojanje dva dijela koji se vrlo prožimaju (hardver i softver) čine problem održavanja sasvim specifičnim. Naime, kod održavanja hardvera neka teorijska i praktična iskustva su naslijeđena dok se za softver to ne može reći. Poznato je, takođe, da se neke greške u softveru otkrivaju tek posle intenzivne višegodišnje eksploatacije. Događa se da je tada neisplativo otklanjanje grešku, jer je već uvedena nova modifikacija. Naglasimo ovdje da greške u softveru nastaju uglavnom usljed grešaka koje je stvorio čovjek. Osim toga, tehnologija razvoja i proizvodnje softvera najčešće se čuva kao poslovna tajna. Dokumentacija koju dobije korisnik gotovo je neupotrebljiva sa aspekta održavanja jer je nepotpuna, nepregledna, slabo čitljiva, a pojmovi i definicije su nestandardizovani. Nezgodno je i to što se kod održavanja softvera ne mogu efikasno koristiti ljudska čula. Taj nedostatak se nadomješta fabrički ugrađenim dijelovima koji nadziru i upravljaju radom računara. Ti uređaji su sa visokim stepenom ugrađene »inteligencije« već kod koncepcije operativnog sistema (primjer BIOS-a u PC računaru).

Greške u hardveru mogu biti različito uzrokovane, poput slabosti elemenata, slučajni otkaz elemenata, starenje, naprezanje, kriva manipulacija, loši uslovi rada, greške u konstrukciji itd. Ove greške su uočljivije i obično čim se greška pojavi to se manifestuje na tehničku gotovost računara. Ne treba se zavaravati laičkim konstatacijama da se samo »elektronika kvari«. Greška u softveru ili hardveru je fatalna, prije ili poslije, za sistem kao cjelinu. Podvlačimo važnost održavanja i jedne i druge komponente računarskog sistema. Uputno je postaviti pitanje o tome

da li se savremena računarska sredstva mogu efikasno održavati. Pozitivan odgovor je prihvatljiv, ali uz neke preuslove, kao što su:

- ako je u fazi projektovanja i proizvodnje predviđeno održavanje od strane korisnika,

- ako postoji odgovarajuća oprema, ugrađena i dokupljena,

- ako postoji odgovarajuća tehnička dokumentacija,

- ako postoji mogućnost nabavke, čuvanja i znavljanja potrebnih rezervnih dijelova,

- ako postoji odgovarajuća računarska podrška,

- ako postoji osposobljen stručni kadar.

Svi nabrojani elementi moraju biti operativno zastupljeni i prije uvođenja sredstva u operativni rad. Smatramo najbitnijim stručni kadar, u koji se mora stalno ulagati (doobuka, doškolovanje, stalna zainteresovanost) i mora postojati mogućnost nadomještanja kadra u slučaju odliva.

Koncepcija održavanja računarskih sistema

Glavni uslovi koji moraju biti ispunjeni da bi se uopšte moglo govoriti o efikasnom tehničkom održavanju savremenih računarskih sredstava su postojanje stručnog kadra, opreme za testiranje (ugrađena i/ili dokupljena, iznajmljena), tehničke dokumentacije, mogućnosti nabavke i čuvanja rezervnih dijelova, podrške sa računarskim resursima, te plana i razrađene tehnologije održavanja.

Navedimo samo glavne karakteristike koje treba da ima svaki od navedenih uslova.

Stručni kadar treba da bude sa najmanje višim nivoom računarskog obrazovanja i sa specijalističkom obukom za održavanje softvera, dok za održa-

vanje hardvera nivo obrazovanja može biti i niži (viša ili srednja odgovarajuća škola). Zbog nerazvijene tehnologije održavanja i slabih drugih uslova nužno je da nivo obrazovanja ljudi koji rade na poslovima održavanja računara bude veći. To može biti uzrok težeg nadomještanja kadra u slučaju odliva. Lakše se nadomješčaju kadrovi za održavanje hardvera. Poslove održavanja računara vrše specijalisti, a gotovo po pravilu specijalističku obuku izvodi proizvođač uređaja.

Oprema za testiranje određenog nivoa predviđa se i izrađuje već u toku konstrukcije sistema. Računari su već prilagođeni određenom nivou održavanja, tako da korisnik može efikasno pratiti performanse, uočiti neispravnost te istu efikasno izolovati (nivo lakog remonta). Modularnost u izvođenju omogućava da se ugrađenim i spoljnim softverom, kao i korišćenjem posebne mjerne opreme, lakše lokalizuju kvarovi, prije svega kroz identifikaciju odstupanja u funkcijama koje ti moduli imaju. Naravno, tu se ugrađuju i posebni testovi za detaljniju dijagnostiku, koji su pogodni za automatsko testiranje softvera. Kod održavanja hardvera moraju se koristiti i eksterni specijalni uređaji, kao što su osciloskopi, logički analizatori i dodatne kartice za podršku dijagnostike (za nivo srednjeg remonta).

Tehnička dokumentacija je neophodni dio pri bilo kojem nivou održavanja. Pored usaglašenosti na nivou standardizacije izraza, tehnička dokumentacija mora sadržati i sve tehničke detalje i modifikacije korišćenog uređaja. Specifično je i to da su uređaji vrlo složeni, pa treba puno informacija da se sve detaljno opiše, tim više što ima puno verzija hardvera i softvera. Dokumentacija o testiranju i remontu nije ni razvijena. Po pravilu, tehnička dokumentacija je na engleskom jeziku i ne prevodi se. Dobra tehnička dokumentacija sadrži sve detalje (u nekim slučajevima i primjere) koji omogućavaju bezbjedan rad na sistemu. Kod

nas se trenutno mogu naći samo djelomični opisi rada, a to nije dovoljno ni za laki remont.

Mogućnost nabavke i čuvanja rezervnih dijelova i modifikacija softvera direktno utiče na gotovost sistema, jer je mala korist ako znamo izolovati problem u sistemu, a ne možemo da ga odmah i otklonimo. Modularnost računara je takva da je isplativo na nivou lakog remonta držati zalihe već za 20 računara. Isplativ je i remont nekih modula. U održavanju hardvera mora postojati mogućnost nabavke rezervnih dijelova na nivou elemenata i gotovih sklopova. Poželjno je korišćenje repariranih dijelova.

Podrška sa računarskim resursima. Računarski resursi u službi održavanja su u dva vida: obuka uz pomoć računara (može obuhvatiti obuku na raznim simulatorima), te korišćenje računara kao medija za čuvanje i tumačenje tehničke i druge dokumentacije Bite (Built in test equipment). Bite je već znatno razvijen, tako da računari služe i kao dokumentacija i kao mjerno sredstvo.

Plan i način održavanja mora se znati već kod planiranja kupovine. Specifičnosti nabavke računarskih sistema ogledaju se u činjenici da se rjeđe nabavlja uređaj drugog proizvođača zbog nekompatibilnosti sa već postojećim hardverom i softverom. Kod poslova nabavke, između ostalog, određuje se nivo održavanja (na nivou elementa, na nivou zamjene gotovih sklopova, na nivou reparacije neispravnih sklopova). Specifičnost kod tehnologije održavanja računara je da se sve radnje i zapažanja ažuriraju bez obzira na nivo održavanja. Ažuriranje mora obuhvatiti opis problema, te način na koji je problem riješen i, naravno, ime izvršioca. Posebno je važno da se ne smanji sigurnost sistema kao cjeline, pogotovo ako se radi o računarima koji rade u osjetljivim službama.

Ako bi pravili nekakav redosljed kako se vrši održavanje savremene ra-

čunarske opreme, mogući put razmišljanja bi bio slijedeći: testiranje uređaja, detekcija neispravnosti, otklanjanje neispravnosti, verifikacija.

Dajemo primjer.

Pojavio se otkaz u sistemu. Prvo moramo razlučiti da li se otkaz javio u softveru ili hardveru. Ako je otkaz u hardveru, primjenom dijagnostičke ugrađene i dokupljene opreme izoliramo sklop koji je neispravan, zamijenimo ga ispravnim, izvršimo testiranje i sistem predamo kao ispravan korisniku.

Kod pojave neispravnosti u softveru nekad je dovoljno da se računar ponovo starta i da se primijene određene predviđene procedure za spasavanje i oporavak. Ako to nije slučaj, slijedi mukotrpno proučavanje izvještaja o manifestaciji kvara, analiza i ispravljanje grešaka, kontrola rada u stvarnom okruženju te instalacija i uspostavljanje sistema u pogonsko stanje. Mogu se odrediti neki ciljevi održavanja savremene računarske opreme, kao što su:

- održati visoku gotovost računarskih sistema kao cjeline. Pri tome imati na umu da je održavanje hardvera i softvera jednako važno,

- što bolje i brže i više ljudi obučiti za rad i održavanje dotičnog sredstva, tako da znavljanje ljudstva nikada ne dođe u pitanje,

- obezbijediti originalnu tehničku i radnu dokumentaciju, sa nužnim podacima za dijagnostiku. Treba stalno pratiti performanse sistema i naći načina za efikasno on line održavanje,

- obezbjeđenje potrebnih dijelova i komponenti te programa za testiranje,

- obezbijediti brz odziv u slučaju kvara, stalno preventivno održavanje, neprekidno praćenje rada sistema,

budući da je cijena modula (kod PC računara) mala, mislimo da težište treba biti na ulaganju u opremu i lju-

de, a dominirajući postupak u održavanju testiranje (laki remont),

savremeni računarski sistemi treba da imaju dobru pogodnost za održavanje (kvalitetna konstrukcija, ugrađena pomagala za dijagnostiku, dio tehničke dokumentacije, povoljno snabdijevanje i remont sklopova).

Kvalitetna konstrukcija podrazumijeva izvedbu u modularnoj tehnici sa ugrađenim testovima za detekciju neispravnosti i dojavu iste. Teži se tome da moduli budu i kao funkcionalne cjeline nezavisni. Kao primjer navedimo da je kod PC računala u modularnoj tehnici izvedeni hard disk kontroler, video kontroler, U/I karta i drugi sklopovi. Ovi moduli su (uz izuzetke) zamjenjivi bez obzira na proizvođača.

Ugrađena pomagala za dijagnostiku mogu biti sastavni dio sklopa ili se dodaju posebno kupljeni sklopovi ili paketi sa potrebnim uputstvima za lako i efikasno korišćenje. U naročito važnim sistemima radi se i predviđanje neispravnosti, tako da se i prije nego se kvar dogodio vrši dojava. Mahom su ova pomagala ugrađena u procesu proizvodnje uređaja i često se puštaju u rad posve automatski. Kao primjer navedimo PC računalo gdje se vrši automatski test memorije svaki put kada se izvrši reset računala.

Pregledna, čitljiva i lako dostupna tehnička dokumentacija je ključ brze detekcije i efikasnog otklanjanja neispravnosti računala. Na žalost, PC računala, kao najzastupljenija kod nas, imaju toliko varijanti modifikacija i gotovo nijedan proizvođač ne daje dokumentaciju za servis i održavanje. Gledajući s te strane i uzimajući u obzir sve napred navedene elemente, PC računala nemaju dobru pogodnost za održavanje.

Kvalitetno snabdijevanje rezervnim dijelovima i sklopovima podrazumijeva da se u okvirima 1 desetljeća mogu nabaviti elementi i sklopovi radi opravke. To znači da se teži da u uređaju budu ugrađeni standardni, već po-

znati elementi, sa što manje specijalno dizajniranih elektronskih i drugih kola. Naravno, cijena ne smije dovesti u pitanje rentabilnost opravke. Ni ovaj element što se tiče PC računala nije povoljan i većina proizvođača dizajnira svoje elemente tako da se pojedini sklopovi sastoje samo od po par specijalno dizajniranih integrisanih krugova izrađenih u tehnologiji VLSI. Obično se daje garancija samo do dvije godine.

Bez obzira na navedene nepovoljne okolnosti, računarska oprema se mora održavati, iako novije generacije računara ne zahtijevaju održavanje od strane korisnika nego se vrši zamjena na nivou sklopa ili cijelog uređaja. Održavanje ima svoju cijenu bez obzira ko ga vrši i koja strategija je odabrana. Znatno udio, mislim više od polovine, u cijeni održavanja imaju ljudi stručnjaci za određene poslove održavanja. Zato je korisno da se rad ljudi angažovanih na tom području mjeri. Na primjeru održavanja PC računala pokaz ćemo koje su specifičnosti mjerenja rada servisera primjenom naučnih metoda.

Metode za mjerenje rada

Do sada je razvijeno više različitih metoda za mjerenje rada namijenjenih prvenstveno industrijskoj proizvodnji. Svaka od njih ima svoje prednosti i nedostatke. To je potrebno istaći zato što ljudi u praksi, često neopravdano, koriste samo jednu metodu (onu koju znaju), ne vodeći računa o specifičnostima radnog procesa.

U ovom radu prikazane su osnovne karakteristike nekoliko poznatijih metoda za mjerenje rada, ne upuštajući se u detaljnije opisivanje postupka njihovog provođenja. Vrijeme potrebno za neki rad može se odrediti na više načina (snimanjem hronometrom, formulama za mašinski rad, sistemom unapred određenih vremena [SUOV], iskustvenim podacima i heurističkim metodama, metodom trenutnih zapažanja

MTZ). Ukratko prikazujemo svaku od nabrojanih metoda za mjerenje rada.

Metoda snimanja hronometrom često se koristi za određivanje vremena izrade i norme u industrijskoj proizvodnji. U novije vrijeme ova metoda je poboljšana uz pomoć teorije verovatnoće i matematičke statistike.

Mjerenje trajanja pojedinih operacija vrši se hronometrom, za šta je potrebno određeno znanje i iskustvo. To se prvenstveno odnosi na tačnost i preciznost u procjeni zalaganja i tačnost u očitavanju vrijednosti izmjenjenog vremena sa hronometra. U našem primjeru ova metoda nam ne odgovara.

Vreme potrebno za izvršenje rada na mašini može se približno tačno odrediti jednostavnim formulama. Takav način mjerenja zahtijeva postojanje razrađenog tehnološkog postupka, sa tačno određenim režimima rada. Da bi se postupak mjerenja rada pojednostavio, razrađene su tabele, dijagrami i nomogrami primjenljivi za različite režime rada. Za njihovo korištenje potrebno je minimalno znanje. Ova metoda je primjenljiva u automatizovanoj proizvodnji i ne može se primjeniti za mjerenje rada u sistemu održavanja PC računara.

Sistem unapred određenih vremena zasnovan je na saznanjima da prilikom izvođenja bilo kakvog rada čovjek gotovo uvijek koristi iste jednostavne pokrete i mikropokrete. Na primjer: posegnuti za predmetom rada, dohvatiti predmet rada, ispustiti, postaviti, rastaviti, ispitati, ustati, hodati, okrenuti se i slično. Svi pokreti za izvođenje rada su uglavnom standardizovani, dodijeljene su im vremenske vrijednosti koje su usvojene prema različitim metodama.

Ocjenjujemo da radnje koje vrši serviser nisu precizirane i režim rada nije detaljno razrađen, pa ovu metodu takođe smatramo nepodesnom za mjerenje rada kod održavanja PC računara.

Metoda trenutnih zapažanja (MTZ) je matematičko-statistička metoda koja se koristi za utvrđivanje vremenskog trajanja ili učestalosti pojavljivanja radnih elemenata na osnovu odabranog uzorka iz radnog procesa. MTZ je pogodna za mjerenja rada kod operacija sa dužim trajanjem (operacije duže od 6 minuta), kao i za snimanje složenih djelatnosti grupe ljudi, za određivanje gubitaka i slično. Osim toga, ova metoda omogućava simultano snimanje — mjerenje rada i gubitaka za više radnika, tj. više radnih mjesta, a stepen tačnosti rezultata može se dobiti prema potrebi. MTZ ne pruža uvid u individualne rezultate, već daje sliku prosečnog stanja i informaciju o njegovim uzrocima.

Uputno je postaviti pitanje koju metodu za mjerenje rada servisera izabrati?

Prilikom mjerenja rada u procesu održavanja, treba ispitati za koje je procese moguće na racionalan način odrediti vrijeme trajanja. Za poslove održavanja koji su jednostavniji i češće se ponavljaju može se sa velikom tačnošću odrediti vrijeme trajanja nekom od prethodno pomenutih metoda ili njihovom kombinacijom. Međutim, nema mnogo svrhe koristiti složenije metode za one poslove koji se često ne ponavljaju (poslovi necikličkog karaktera), što je čest slučaj u održavanju. To se naročito odnosi na operacije korektivnog održavanja na nižim nivoima održavanja. Pored potrebe za mjerenjem rada (u užem smislu), neophodno je poznavanje i svih relevantnih gubitaka u radu (organizacioni gubici, nedisciplin, bolovanja, odmori u toku rada, fiziološke potrebe zaposlenih i slično).

Kao pouzdan pokazatelj mogućih pojava u radnom procesu, vrlo uspješno se koristi analiza strukture radnog dana zaposlenih.

Imajući u vidu sve dobre i loše osobine prethodno navedenih metoda rada, MTZ pruža najbolje mogućnosti da se na racionalan način i uz željenu tačnost dobije slika strukture radnog dana. Provođenje snimanja radnog pro-

cesa po ovoj metodi ne iziskuje skoro nikakve troškove, radni proces se znatno ometa, a tačnost rezultata se može unapred odrediti. Na bazi tako dobijenih podataka i informacija moguće je povećati produktivnost rada u održavanju i to ne povećanjem intenziteta rada, već racionalnijim korišćenjem vremena.

Postupak utvrđivanja strukture radnog dana zaposlenih, primenom MTZ, prikazan je na primjeru održavanja PC računara, a rađen je na primjeru servisa i netipičnom uzorku.

Prikaz postupka provođenja MTZ i prezentacija dobijenih rezultata.

Analiza strukture radnog dana sprovedena je na odgovarajućem skupu proizvodnih radnika — servisera, koja po strukturi odgovara odjeljenju-radio-nice u okviru srednjeg remonta. Izvršene su pripreme prema sledećem:

1. Definisan je cilj provođenja MTZ u posmatranoj radionici. Ovde je to utvrđivanje strukture radnog dana i trajanja pojedinih operacija na primjeru jednog servisa za održavanje elek-tronske opreme.

2. Upoznati su zaposleni sa ciljem snimanja i nastojalo ih se pridobiti za saradnju. Gotovo po pravilu saradnja prvih dana je tek simbolična.

3. Definisani su radni elementi za snimanje. Na osnovu uvodnog razmatranja, specifičnosti održavanja računarske opreme, usvojen je pregled radnih elemenata karakterističnih za održavanje PC računara. Pregled grupe radnih elemenata dat je u tabeli 1. Napomenimo da svaka grupa radnih elemenata sadrži nekoliko desetaka elementarnih poslova koje određuje ekspert. U posebno pripremljene formule — snimačke listove (Sl. 1), upisuju se opaženi radni elementi prema tabeli 1.

4. Izvršeno je određivanje potrebnog broja opažanja prema literaturi [1]. Kako MTZ predstavlja postupak uzimanja uzorka radnih elemenata iz osnovnog skupa određuje se potrební broj opažanja n.

Broj opažanja računa se prema izrazu:

$$n = \frac{u^2}{\epsilon r} \cdot \frac{1-p}{p} \quad (1)$$

gdje je:

u — parametar za određenu statističku sigurnost (pouzdanost);

ϵr — relativna tačnost (preciznost izračunavanja postotka nerada);

p — relativna frekvencija pojave nekog događaja.

$$p = \frac{x}{n}$$

gde je:

x — broj pojavljivanja elementa koga pratimo;

n — ukupan broj opažanja.

Tabela 1

Pregled radnih elemenata u procesu održavanja PC računala

1	Pripremni radovi
2	Uvid u tehničko stanje sistema
3	Uvid u tehničko stanje podsistema
4	Otklanjanje grešaka
5	Završno kompletiranje i testiranje
6	Organizacioni gubici
7	Lične potrebe
8	Neplanirani gubici
9	Nedisciplina

U primjeni MTZ smatra se da je 95,45% statistička sigurnost dovoljna [1], pa otuda je i vrijednost parametra izabrana u iznosu $u = 2$ (tabela 2).

Tabela 2

Vrijednosti parametra u

u	Statistička sigurnost
1	68.27
2	95.45
3	99.73

Relativna tačnost bira se u granicama 1—10%. Najčešće se, za statističku sigurnost 95.45%, usvaja relativna tačnost od $\pm 5\%$.

Nakon usvajanja vrednosti za $u = 2$ i $\epsilon r = 0.05$, izraz (1) poprima oblik:

$$n = 1600 \frac{1-p}{p} \quad (2)$$

Iz izraza (2) očigledno je da za izračunavanje broja opažanja nedostaje vrednost p (relativna frekvencija pojave). Probnim snimanjem u trajanju od tri dana određena je početna vrijednost za p (tabela 3).

$$p = \frac{n'_p}{n} \cdot 100\%$$

Odeljenje R		Datum 22. 04. '93.		Radno mesto serv.		Snimač: Joca M.					
Redni broj	Vreme dolaska	Pripremni radovi	Uvid u tehn. stanje sistema	Uvid u tehn. stanje podsist.	Otkla. grešaka	Kompletir. i testir.	Organiz. gubici	Lične potrebe	Neplać. gubici	Nediscip.	Suma
1	7,15	—									
2	7,20		—								
3	7,24		—								
4	7,30		—								
5											

Snimački list

gdje je n'_p suma frekvencija pojavljivanja gubitaka u radu, a n probni broj obilazaka, pa je prema tabeli 3:

$$p = \frac{228}{672} \cdot 100\% = 33,92\%, \quad p \approx 34\%$$

zultata, potrebno je približno odrediti i ovu veličinu. Iskustveno dobijeni podaci kažu da period od oko 12 dana, sa po četiri obilaska u satu, ne računajući period probnog snimanja, omogućuje korektno provođenje ove metode.

Tabela 3

Broj pojavljivanja radnih elemenata u toku probnog snimanja

Radni elementi u procesu održavanja PC računara		Broj pojavljivanja elementa
1	Pripremni radovi	59
2	Uvid u tehničko stanje sistema	85
3	Uvid u tehničko stanje podsistema	134
4	Otklanjanje grešaka	111
5	Završno kompletiranje i testiranje	57
6	Organizacioni gubici	96
7	Lične potrebe	76
8	Neplanirani gubici	34
9	NeDisciplina	22

Uvrštavanjem dobijene vrijednosti za p prema (2), dobijamo:

$$n = 1600 \cdot \frac{1-0.34}{0.34} = 3105.58$$

$$n \approx 3106 \text{ opažanja}$$

Broj opažanja može se odrediti i očitavanjem vrednosti iz odgovarajućih dijagrama na osnovu željene tačnosti i proporcije p .

Za dobijeni broj opažanja može se proveriti relativna tačnost:

$$\epsilon_r = u \cdot \sqrt{\frac{1-p}{n \cdot p}} \quad (3)$$

$$\epsilon_r = 2 \cdot \sqrt{\frac{1-0.34}{3106 \cdot 0.34}} = 0.049 \quad \epsilon_r = 4.9\%$$

Prema tome, relativna tačnost dobijena analitičkim putem približno je jednaka odabranoj tačnosti ($\epsilon_r = 50\%$).

Budući da osim broja zapažanja i broj dana snimanja utiče na tačnost re-

Broj dana snimanja D računa se prema izrazu:

$$D = \frac{n}{a \cdot o \cdot r} \quad (4)$$

gdje je:

a — broj smjena

o — broj obilazaka u smjeni za jedno radno mjesto

r — broj radnih mjesta koja se snimaju.

Za konkretni slučaj poznato je:

$$n = 3106$$

$$a = 1$$

$$o = 28$$

$$r = 8$$

pa je $D = 13,86$ dana, tj. snimanje će trajati 14 dana.

Nakon provedenog snimanja, pristupa se izračunavanju učestalosti pojavljivanja radnih elemenata. Sve aktivnosti u snimljenom procesu klasifikovane su u skupine rada i gubitaka i prikazane u tabeli 4.

Klasifikacija radnih elemenata

ELEMENTI		BROJ POJAV. ELEMENTATA	SUMA
R	Pripremni radovi	239	$n_q = 1838$
A	Uvid u tehničko stanje sistema	350	
D	Uvid u tehničko stanje podsistema	552	
D	Otklanjanje grešaka	460	
	Završno kompletiranje i testiranje	237	
N	Organizacioni gubici	572	$n_p = 1268$
R	Lične potrebe	423	
A	Neplanirani gubici	143	
D	Nedisciplina	120	

Udeo rada u posmatranom procesu je prema podacima iz tabele 4:

$$q = \frac{n_q}{n} \cdot 100\% = \frac{1838}{3106} \cdot 100\% = 59,16\%$$

a udeo gubitaka

$$p = \frac{n_p}{n} \cdot 100\% = \frac{1268}{3106} \cdot 100\% = 40,84\%$$

Kako su iznosi udjela rada i gubitaka, u stvari prosjek svih snimljenih podataka, potrebno je odrediti granice rasipanja usljed djelovanja slučajnih uzroka.

Granice rasipanja G određuju se prema izrazu

$$G = \left[p \pm u \cdot \sqrt{\frac{p \cdot (1-p)}{n}} \right] 100\% \quad (5)$$

Stvarna vjerovatnoća (intervalna procjena) nastupanja gubitaka P_p računa se prema izrazu

$$p - u \cdot \sqrt{\frac{p \cdot (1-p)}{n}} < P_p < p + u \cdot \sqrt{\frac{p \cdot (1-p)}{n}} \quad (6)$$

Uvrštavanjem vrednosti za p , u i n dobija se:

$$0,39 < P_p < 0,42 \text{ ili } 39\% < P_p < 42\%$$

Na isti način određena je intervalna procjena udjela rada P_q :

$$0,57 < P_p < 0,60 \text{ ili } 57\% < P_p < 60\%$$

Kako je trajanje radnog dana 7.5 sati (30 minuta je planirani odmor), vrijeme koje radnik provodi na obavljanju svakog radnog zadatka dobija se množenjem frekvencije pojavljivanja radnog elementa sa trajanjem radnog dana.

$$T = T_{rd} \cdot p_i$$

gdje je:

T — trajanje radnog elementa

T_{rd} — trajanje radnog dana bez vremena predviđenog za odmor

p_i — frekvencija pojavljivanja radnog elementa

Rezultati su dati u tabeli 5.

Frekvencija i trajanje radnih elemenata

ELEMENTI		FREKVENCIJA	T(min)
R A D	Pripremni radovi	8%	32
	Uvid u tehničko stanje sistema	11%	44
	Uvid u tehničko stanje podsistema	18%	72
	Otklanjanje grešaka	15%	60
	Završno kompletiranje i testiranje	7%	28
N E R A D	Organizacioni gubici	18%	72
	Lične potrebe	14%	56
	Neplanirani gubici	5%	20
	Nedisciplina	4%	16

Zaključak

Savremena računarska sredstva potrebno je i moguće održavati, uz uvažavanje svih specifičnosti toga posla. Nastojali smo prikazati neke aspekte održavanja savremenih računara. Kao primjer uzet je kod nas najrasprostranjeniji, PC računar. Nastojali smo istaći nužne elemente za efikasno održavanje. Šta više, pokušali smo pokazati da je mjerenje rada u održavanju moguće uspješno provoditi primjenom prethodno navedenih i opisanih metoda, vodeći računa o specifičnostima poslova u održavanju.

Kroz primjer proračuna angažovanja servisera za održavanje PC opreme pokušalo se pokazati da se i taj i takav rad može i mora mjeriti. Mišljenje i analizu o dobijenim rezultatima, koji se mogu smatrati tek približno tačnim, ostavljamo čitaocima.

U razvoju službe na planu održavanja računara, u čemu smo tek na početku, potrebno je niz različitih istraživanja sličnih ovdje izloženom, kako bi se što kvalitetnije postavili temelji i omogućio efikasan rad. Budući da se u narednim godinama očekuje buran razvoj računarstva, izgradnji tehnologije održavanja potrebno je posvetiti više pažnje.

Literatura:

- [1] Taboršak, D., Studij rada, Tehnička knjiga, Zagreb, 1987.
- [2] Ristanović, D., MS DOS 5.0, Računari 75, BIGZ, 1991.
- [3] Ryan, B., Life Within 1 Megabyte, Byte, March 1990.
- [4] Đurašinović M., Đukić B., Mjerenje rada u održavanju PC računara, prethodno saopštenje, Symopis 93, Beograd, 1993.

FREKVENTNO-VREMENSKI¹ DIVERZITI RADARSKIH SISTEMA

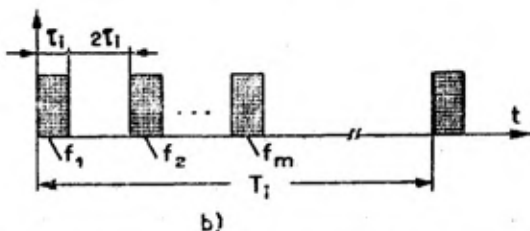
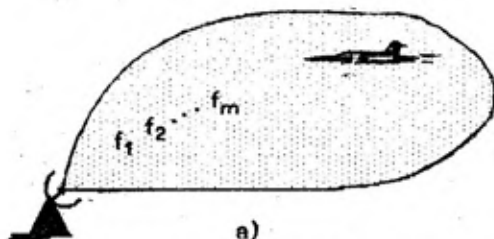
Rad obrađuje frekventno-vremenske diverzite radarskih sistema, kao jednu od mogućih kombinacija radarskih diverzita sistema, koji imaju sve dobrotke frekventnih-diverzita i vremenskih-diverzita radarskih sistema u odnosu na klasične radarske sisteme sličnih karakteristika. Ilustracije radi, proračunati su dobici hipotetičkog frekventno-vremenskog diverzita radarskog sistema sa dva vremenski pomaknuta impulsna signala, koji uz to imaju i različite noseće frekvencije.

Pored većeg dometa, tačnije procene koordinata detektovanih ciljeva i veće verovatnoće njihove pravilne detekcije, hipotetički frekventno-vremenski diverziti radarskih sistema ima, a što svakim danom postaje sve važnije, i dosta veću zaštićenost od smetnji. To se posebno odnosi na: zaštitu od pasivnih smetnji i zaštitu od uskopojasnih smetnji s prebrisavanjem. Zahvaljujući većem energetsom potencijalu, »samozastitna daljina« im je, takođe, dosta veća.

Definicije i lociranje problema

Radiolokacija ciljeva (detekcija i određivanje koordinata), kod *frekventno-vremenski diverziti radarskih sistema* vrši se pomoću vremenski pomaknutih impulsnih predajnih signala, koji uz to imaju i različite noseće frekvencije ($f_1, f_2, \dots, f_m$) (slika 1). Ciljevi su, dakle, istovremeno »osvetljeni« višefrekventnim, vremenski pomaknutim impulsnim signalima.

kvarcno stabilisani oscilatori. Nazivne frekvencije predajnih impulsnih signala postižu se višestrukim množenjem početnih frekvencija pomoću množača frekvencija, a snaga pojačanjem, višestepenim, obično amplitronskim, pojačalima. Frekventno-vremenski diverziti radarski sistemi imaju, dakle, više predajnika, pa analogno tome, i više prijemnih kanala (za svaku nazivnu frekvenciju). Jednom rečju, ovakvi radarski sistemi su frekventno agilniji od



Sl. 1 — Frekventno-vremenski diverziti radarski sistem (a) i njegov predajni impulsni signal (b)

Problem generisanja predajnih višefrekventnih, vremenski pomaknutih impulsnih signala, prouzrokovao je pojavu nove koncepcije radarskih predajnika, kod kojih generisanje signala osnovnih frekvencija vrše niskofrekventni

klasičnih radarskih sistema s magnetskim predajnicima, zahvaljujući baš ovakvoj koncepciji predajnika.

Opravdanost izvođenja ovako složenih radarskih sistema nalazi se u »združenim« dobicima frekventno-diverziti i vremensko-diverziti radarskih sistema (vidi sliku 2). Dobici se odnose na [1]:

¹ Nestali su kao kombinacija frekventno-diverziti i vremensko-diverziti radarskih sistema, tj. imaju sve dobre osobine i jednih i drugih sistema.

● **povećanje dometa i »samozaštitne daljine«,** zahvaljujući većem energetskom potencijalu;

● **veću zaštićenost od smetnji i »slepih brzina« i**

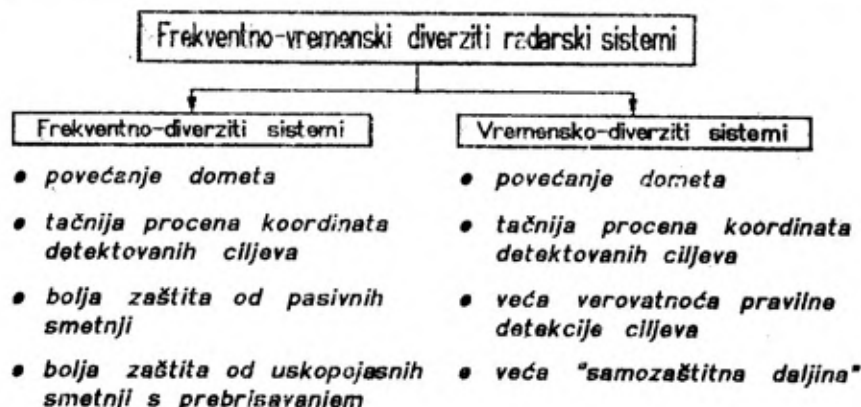
● **veću verovatnoću pravilne detekcije ciljeva i tačniju procenu njihovih koordinata,** zahvaljujući smanjenju fluktuacija reflektovanih/raspršenih elektromagnetskih talasa od njih.

sa). Razlika nosećih frekvencija f_1 i f_2 je $\Delta f_r = f_1 - f_2 = 125$ MHz.

Uvrštavanjem vrednosti za Δf_r u izraz [1]:

$$\Delta f_r = f_2 - f_1 > \frac{c}{l_{cr}[m]} [\text{MHz}], \quad (1)$$

dolazimo do vrednosti za radijalnu dužinu cilja od $l_{cr} = 2,4$ m. Znači da su impulsi sa ovolikom i većom razlikom no-



Sl. 2 — Dobici frekventno-vremenski diverziti radarskih sistema u odnosu na klasične radarske sisteme sličnih performansi

Analiza frekventno-vremenski diverziti radarskih sistema svela bi se na razmatranje dobitaka jednog po jednog sadržajnog diverziti radarskog sistema (vidi sliku 2), čemu su u celini posvećeni radovi [7, 8]. Stoga, u ovom radu dajemo samo procenu ukupnih dobitaka jednog hipotetičkog osmatračkog frekventno-vremenski diverziti radarskog sistema u odnosu na klasične radarske sisteme sličnih performansi.

Hipotetički frekventno-vremenski diverziti sistem

Hipotetički frekventno-vremenski diverziti osmatrački radarski sistem vrši radiolokaciju ciljeva sa impulsnim signalima datim na slici 1, pri čemu je $m=2$. Razmak između impulsa je $2\tau_1(\tau_1 = 1,5\mu\text{s}$ — dužina predanog impul-

sećih frekvencija nezavisni čak i za ciljeve ovako malih dimenzija.

Neophodan uslov nezavisnosti signala reflektovanih od jednog te istog cilja, a što u suštini zavisi od njegovih fizičkih dimenzija, je dovoljan iznos razlike frekvencija. Tako, na primer, za realne dimenzije savremenih ciljeva od oko $l_{cr} = 10$ m, potrebna razlika frekvencija frekventno-diverziti signala iznosi samo 30 MHz.

Hipotetički radarski sistem vrši kružno pretraživanje prostora. Brzina pretraživanja mu je $n_a = 12$ ili 18 okretaja/min. Širina antenskog snopa po azimutu je $\Delta\beta = 1^\circ$, a impulsna frekvencija može imati samo fiksne vrednosti $f_i = 400, 630$ i 800 Hz.

Uvrštavanjem vrednosti za promenljive $\Delta\beta$, f_i i n_a u izraz za proračun

broja reflektovanih impulsa od tačkastih ciljeva [5]:

$$n_i = \frac{\Delta\beta \cdot f_i}{6 \cdot n_a} \quad (2)$$

dolazi se do broja reflektovanih impulsa od tačkastih ciljeva za klasične impulsne radarske sisteme (datih u brojiocu — tabela 1), dok se za hipotetički frekvencijsko-vremenski diverziti radarski sistem broj reflektovanih impulsa dobija jednostavno množenjem sa dva (datih u imeniocu — tabela 1).

Tabela

Broj reflektovanih impulsa od tačkastog cilja

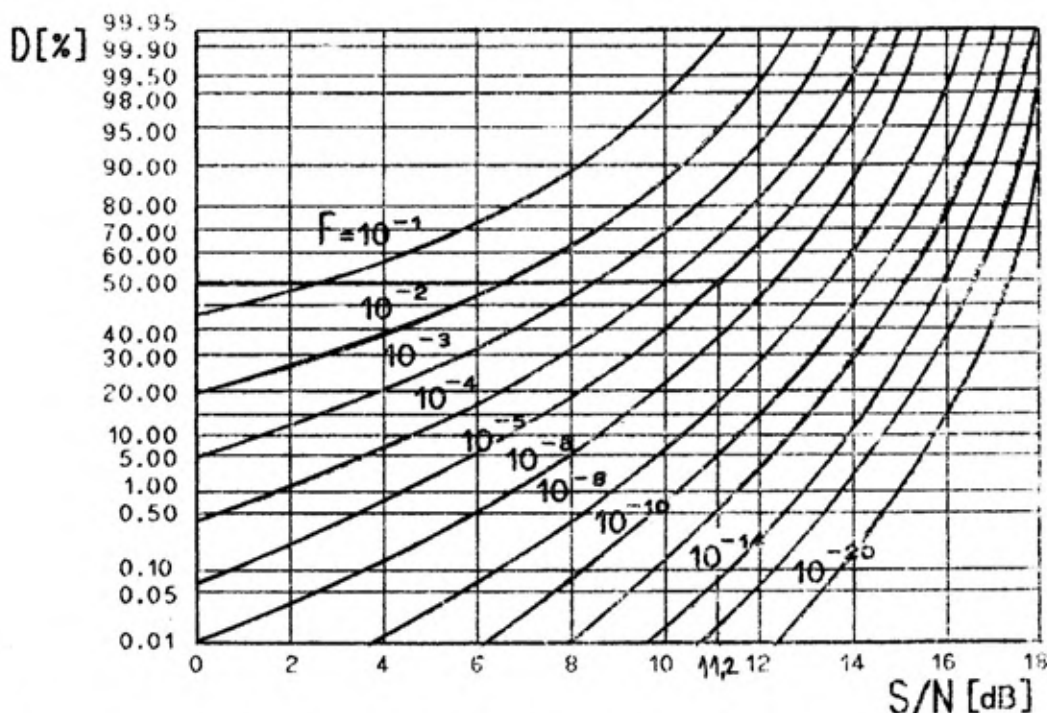
f_i [Hz]	Br. impul. po cilju n_i n_a [okret./min.]	
	12	18
400	6/12	4/8
630	9/18	6/12
800	11/22	7/14

Kako je naš hipotetički radarski sistem osmatrački, to uz pretpostavku da je $D=0,5$ a $F=10^{-5}$, lako se može odrediti dobitak na smanjenju fluktuacije signala reflektovanih od ciljeva na račun primene frekventno-diverziti sistema radiolokacije. Sa dijagrama na slici 3 očita se potreban odnos S/N , impulsa reflektovanog od nefluktuirajućeg cilja $q_0=11,2$ dB. Na isti način, sa dijagrama na slici 4, očita se odnos S/N impulsa reflektovanog od fluktuirajućeg cilja od $q_1=16,25$ dB. Pomoću izraza za koeficijent gubitaka usled fluktuacija reflektovanih signala ($L_F=q_1/q_0$) dobijamo $L_F=16,25/11,20=1,45$.

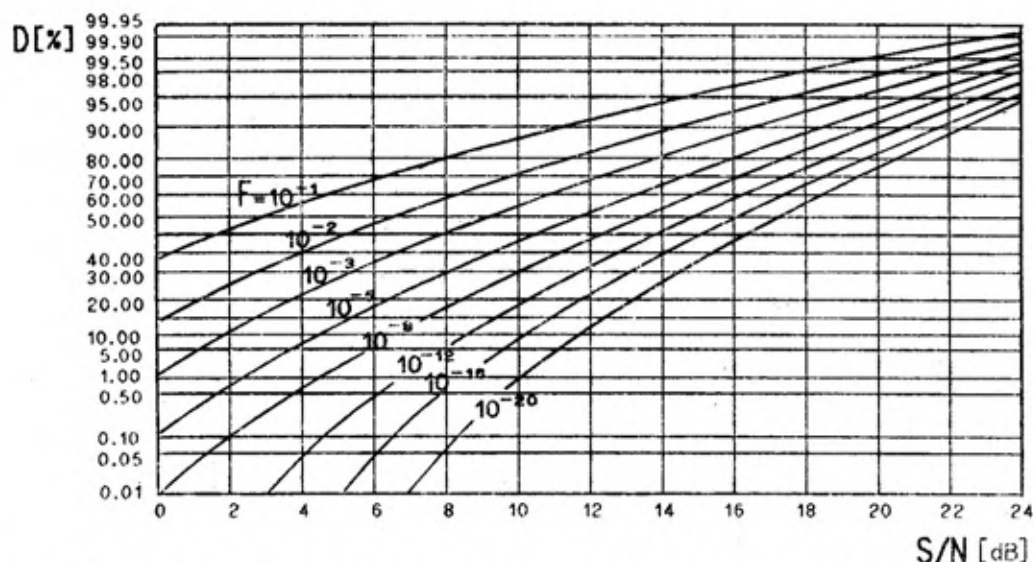
Uvrštavanjem vrednosti L_F u izraz za koeficijent dobitaka na račun frekventno-diverziti signala [1]:

$$K_D[\text{dB}] = \left(1 - \frac{1}{m}\right) \cdot 10 \log L_F, \quad (3)$$

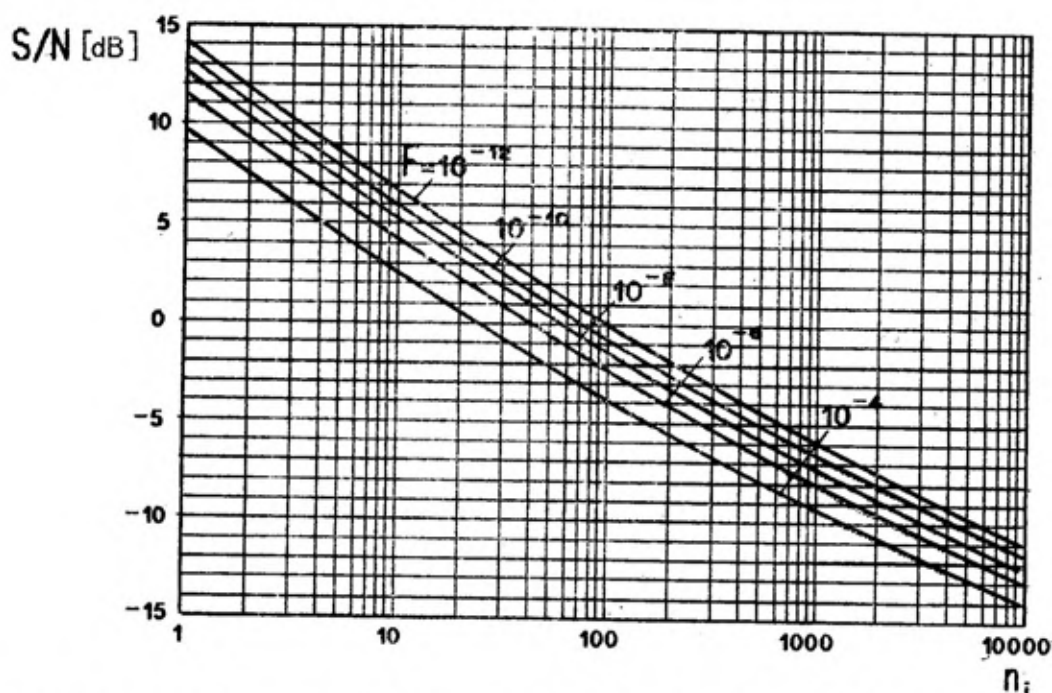
za $m=2$, dobijamo $K_D=0,8$ dB.



Sl. 3 — Verovatnoća otkrivanja ciljeva u zavisnosti od odnosa S/N za nefluktuirajuće ciljeve



Sl. 4 — Verovatnoća otkrivanja ciljeva u zavisnosti od odnosa S/N za fluktuirajuće ciljeve



Sl. 5 — Odnos S/N u zavisnosti od broja integrisanih impulsa za linearni detektor i nefluktuirajući cilj za različite verovatnoće lažne uzbune i verovatnoću $D=0,5$

Dakle, za detekciju reflektovanih signala od fluktuirajućih ciljeva, uz $D=0,5$ i $F=10^{-5}$, kod hipotetičkog frekventno-diverziti radarskog sistema, potreban je odnos S/N od 11,2 dB, a ne 12 dB, kao kod klasičnih impulsnih radarskih sistema. Dobitak u odnosu S/N od 0,8 dB može se postići i povećanjem snage predajnog impulsnog signala za 1,2 puta. Ovoliko povećanje snage predajnog signala može da poveća domet za 4,7% ili verovatnoću detekcije ciljeva za 5%.

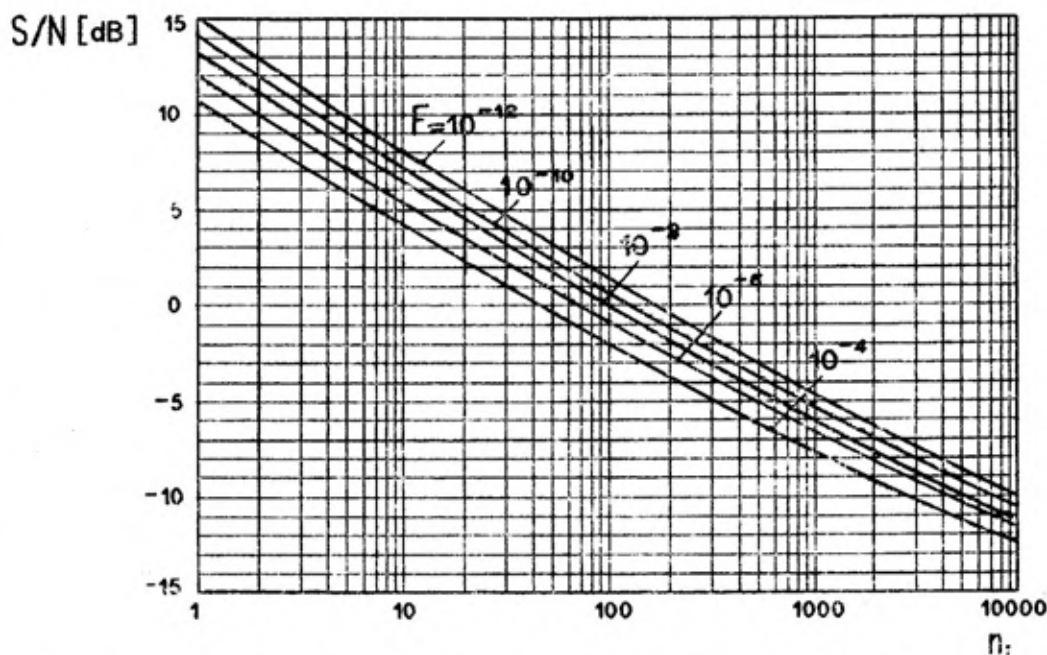
Navedena razlika odnosa S/N pri otkrivanju fluktuirajućih i nefluktuirajućih ciljeva odnosi se na slučaj donošenja odluke o prisustvu ciljeva na osnovu jednog impulsa. Kako je, međutim, broj impulsa reflektovanih od ciljeva veći od jedan (vidi tabelu 1), to se uzimanjem u obzir efekata integracije niza prijemnih impulsa potreban odnos S/N smanjuje. Tako se, na primer, nefluktuirajući cilj može detektovati, sa $D=0,5$ i $F=10^{-4}$, na osnovu pet reflek-

tovanih impulsa čiji je odnos $S/N=4,5$ dB ili pomoću deset impulsa čiji je odnos $S/N=2,5$ dB (vidi dijagram na slici 5).

Dobici hipotetičkog frekventno-vremenski diverziti radarskog sistema u odnosu na klasične radarske sisteme sličnih performansi su u:

- povećanju dometa,
- povećanju verovatnoće detekcije ciljeva i
- tačnijoj proceni koordinata detektovanih ciljeva.

Povećanje dometa — Uz pretpostavku da su oba impulsa jednakih snaga, pomoću izraza $\Delta R = R_{\max}(\sqrt[m]{m}-1)$, gde je $R_{\max}$ — maksimalni domet klasičnog impulsnog radara i m — broj vremensko-diverziti impulsa, možemo izračunati da povećanje dometa iznosi 18,9%. Kako se, s druge strane, detekcija fluktuirajućih ciljeva kod hipotetičkog vremenski-diverziti sistema vrši



Sl. 6 — Odnos S/N u zavisnosti od broja integrisanih prijemnih impulsa reflektovanih od fluktuirajućih ciljeva za $D=0,5$ i različite verovatnoće lažne uzbune

na osnovu integracije 10 impulsa ($f_i = 400$ Hz), a ne na osnovu 5 impulsa kao kod klasičnih impulsnih radarskih sistema, to se potreban odnos S/N (pre integracije) smanjuje sa 6,5 dB na 3,25 dB (vidi sliku 5). Razlika u odnosu S/N je 3,25 dB, što znači da je za detekciju ciljeva kod hipotetičkog vremensko-diverziti radarskog sistema dovoljno 3,25 dB manja snaga prijemnih impulsa. Kako se snaga prijemnog signala, po daljini, smanjuje sa četvrtim stepenom, to će se kod frekventno-vremenski diverziti radarskog sistema domet, u odnosu na klasične impulsne radarske sisteme, povećati za 20,2% ($3,25/4 = 0,81$).

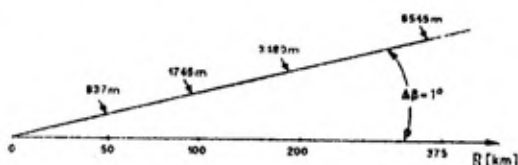
Povećanje verovatnoće detekcije ciljeva — Kako se donošenje odluke o prisustvu fluktuirajućih ciljeva kod klasičnih impulsnih radarskih sistema, za $D=0,5$ i $F=10^{-5}$, vrši na osnovu 5 integriranih reflektovanih impulsa od cilja ($f_i = 400$ Hz), koji imaju odnos S/N = 6,5 dB (slika 5), a kod našeg hipotetičkog frekventno-vremenski diverziti radarskog sistema odluka se donosi na osnovu dvostruko većeg broja impulsa, koji imaju isti odnos S/N, to će posle integracije i odnos S/N biti skoro dvostruko veći. Sa dijagrama na slici 3 vidimo da se kod signala sa odnosom S/N od 12 dB, isto je što i 5 integriranih impulsa sa odnosom S/N od 6,5 dB, može se sa verovatnoćama od $D=0,5$ i $F=10^{-5}$ doneti odluka o prisustvu cilja.

Kako, međutim, kod našeg hipotetičkog diverziti radarskog sistema imamo odnos S/N od 24 dB (integracija 10 prijemnih impulsa sa odnosom S/N od 6,5 dB), to se odluka o prisustvu cilja može doneti sa verovatnoćom od $D=0,97$ (slika 4).

Dakle, povećanje verovatnoće pravičnog otkrivanja kod našeg hipotetičkog frekventno-vremenski diverziti radarskog sistema, u odnosu na klasične radarske sisteme sličnih performansi, iznosi oko 47%.

Tačnija procena koordinata cilja — Primena frekventno-diverziti radarske metode radiolokacije omogućila je su-

ženje antenskog dijagrama usmerenosti po azimutu na $\Delta\beta = 1^\circ$, pa je zahvaljujući tome procena azimutalne koordinate ciljeva dosta tačnija. Tačnost procene azimutalne koordinate ilustrovana je na slici 7. Očigledno, tačnost procene azimutalne koordinate raste sa smanjenjem udaljenosti do cilja, što je veoma važno za radarske sisteme u sistemu PVO.



Sli. 7 — Tačnost procene azimutalne koordinate cilja

Zaštićenost od smetnji

Zahvaljujući primeni frekventno-vremenski diverziti metode radiolokacije naš hipotetički radar ima, u odnosu na klasične radarske sisteme sličnih performansi, puno veću zaštićenost od smetnji. Posebno se to odnosi na:

- zaštitu od pasivnih smetnji i
- zaštitu od uskopojasnih smetnji s prebrisavanjem.

Zaštita od pasivnih smetnji zasnovana je na korišćenju dvofrekventno koherentno-impulsne metode selekcije pokretnih ciljeva (SPC) primenom dvostruke krosperiodne kompenzacije (KPK).

Zakon modulacije amplitude signala zavisi od: karakteristika prijemnika, predajnika (razlika nosećih frekvencija Δf_r — primenom metode formiranja razlike frekvencije Dopplera) i radialne komponente brzine ciljeva. Modulacija amplituda impulsnih signala reflektovanih od ciljeva vrši se frekvencijom:

$$f_d = \frac{2V_r}{c} (f_1 - f_2) = \frac{2V_r}{\lambda_r} \quad (4)$$

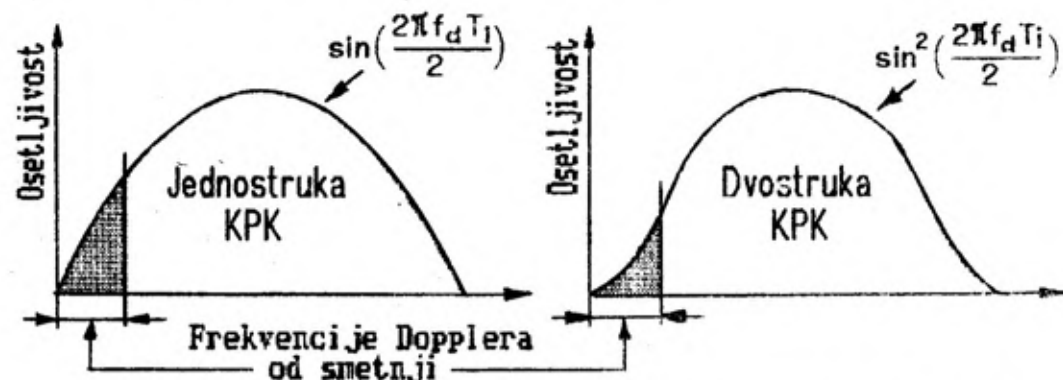
gde je:

f_d — frekvencija modulacije amplitude paketa impulsa (frekvencija Dopplera) [Hz];

V_r — radijalna komponenta brzine cilja [m/s];

λ_r — talasna dužina (odgovara razlici frekvencija $\Delta f_r = f_1 - f_2$) [m].

U cilju poboljšanja kompenzacije — »brisanje« signala pasivnih smetnji koristi se dvostruka KPK. Na slici 8 prikazana je promena osetljivosti jednokratne i dvokratne KPK u odnosu na radijalnu komponentu brzine cilja (frekvencija Dopplera).



Sl. 8 — Funkcija osetljivosti kola KPK od radijalne komponente brzine ciljeva

Signali reflektovani od oblaka pasivnih dipola, čiji je spektar smešten blizu nulte frekvencije, primenom dvostruke KPK dosta efikasno se eliminišu. Osetljivost dvostruke KPK je manja od jednostruke KPK u oblasti frekvencije Dopplera pasivnih smetnji (vidi sliku 8). Amplituda signala, reflektovanih od pokretnih ciljeva, na izlazu kola dvostruke KPK menja se u zavisnosti od radijalne komponente brzine po zakonu $\sin^2(2\pi f_d T_i)/2$, tj. pulsira po sinusoidalnom zakonu, što pogoršava detekciju i tačnost procene koordinata ciljeva.

Ako je kod našeg hipotetičkog dvo-frekventnog radara $\Delta f_r = 125$ MHz, uz

pretpostavku da se oblak pasivnih dipola kreće brzinom od 50 m/s, pomoću izraza (4) dobijamo da je $f_d \approx 42$ Hz. Znajući, nadalje, da je noseća frekvencija klasičnih osmatračkih radara ≈ 3 GHz i uz pretpostavku da se oblak pasivnih dipola kreće istom brzinom, za frekvenciju Dopplera dobijamo dvadesetak puta veću vrednost.

Zaštita od pasivnih smetnji je, dakle, kod našeg hipotetičkog frekventno-vremenski diverziti radarskog sistema dosta lakša od klasičnih radarskih sistema, jer se radi o dosta užem frekventnom opsegu kojeg treba eliminisati. Na slici 8 vidi se da je za uski

opseg oko nulte frekvencije i osetljivost kola KPK mala, dok je kod klasičnih jednofrekventnih radarskih sistema situacija sasvim drugačija, kada se zna da je opseg frekvencija povećan dvadesetak puta. Prvo, obrada signala na nižim frekvencijama je daleko jednostavnija i, drugo, osetljivost kola kompenzacije je daleko veća u području frekvencija Dopplera signala reflektovanih od brzih ciljeva nego u opsegu frekvencija Dopplera signala reflektovanih od sporih ciljeva (oblaka pasivnih dipola) gde su kola KPK vrlo troma. U tome se i ogleda velika prednost frekventno-vremenski diverziti radar-

skih sistema u zaštiti od pasivnih smetnji u odnosu na klasične radarske sisteme.

Zaštita od uskopojasnih smetnji s prebrisavanjem (USP) kod frekventno-vremenski diverziti radarskih sistema zasnovana je na činjenici da signal smetnji, sa spektrom od realnih 40 MHz, ne može istovremeno delovati na oba frekventna kanala jer je njihova razlika 125 MHz.

Princip zaštite od USP zasnovan je na iskorišćavanju ometanog frekventnog kanala u amplitudnom režimu rada prijemnika, i na eliminisanju smetnji u koherentnom režimu rada.

U amplitudnom režimu rada prijemnika signali se pojačavaju, detektuju i vode na kolo za poređenje. Kolo je izvedeno po shemi diferencijalnog pojačala, gde se izdvaja razlika signala suprotnog polariteta. Na izlazu kola za poređenje poznato je u kom kanalu je prisutna smetnja. Pri postojanju samo signala od cilja i za jednaka pojačanja u oba frekventna kanala, signali se kompenziraju i prigušenje izostaje. Ako je u nekom kanalu prisutna smetnja, kolo formira impuls prigušenja, koji traje onoliko vremena koliko signal smetnje nadvisuje postavljeni prag. Impuls prigušenja preko sheme diodnih ključeva ne dozvoljava prolazak signala u sumator. Ako signala smetnje nema, signali oba frekventna kanala dovode se na sumator.

U koherentnom režimu rada prijemnika signali se obrađuju na tzv. balansnom faznom detektoru (BFD). Signali iz međufrekventnog pojačala (MFP) i kanala i MFP II kanala dovode se na BFD. U slučaju kada reflektovani signali od ciljeva postoje u oba kanala, a signal smetnje samo u jednom kanalu, na izlazu iz BFD pojaviće se samo signal od cilja.

Odnos S/N na izlazu iz BFD, za slučaj kada je smetnja prisutna samo u jednom kanalu, a signali od cilja u oba, određuje se pomoću izraza [1]:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{izl}} = \frac{\overline{U_{s1}^2 U_{s2}^2} + \overline{U_{s1}^2 U_{s2}^2} + \overline{U_{o1}^2 U_{s2}^2}}{\overline{U_{o1}^2} + \overline{U_{s2}^2}} \approx \frac{\overline{U_{s2}^2}}{\overline{U_{s2}^2}} \left(1 - \frac{\overline{U_{s1}^2}}{\overline{U_{o1}^2}}\right) \quad (5)$$

gde su:

U_{s1}, U_{s2} — naponi signala ciljeva u 1. i 2. kanalu respektivno;

U_{o1} — napon signala smetnje u 1. kanalu;

U_{s2} — napon šumne smetnje u 2. kanalu.

Očigledno, ovakva zaštita od USP moguća je samo zahvaljujući primeni frekventno-diverziti metode radiolokacije.

Zahvaljujući primeni **vremenski-diverziti sistema radiolokacije** naš hipotetički radar ima duplo bolji energetski bilans, pa mu je tzv. **samozaštitna daljina veća**. Ako se ometač nalazi na cilju ($R_r = R_o$), samozaštitna daljina se povećava za $\sim 41\%$, a ako se ometanje vrši iz zone ($R_r \neq R_o$) povećanje samozaštitne daljine je za $\sim 19\%$.

Zaključak

Radarski diverziti sistemi, nastali kao odgovor na veoma brz razvoj radarskih ciljeva (manja radarska površina, veća brzina...), sve su prisutniji u razvoju i uvođenju u naoružanje savremenih armija.

Hipotetički frekventno-vremenski diverziti radarski sistem sa dva vremenski pomaknuta impulsa za $2\tau_i$ i razlikom nosećih frekvencija od $\Delta f_r = 125$ MHz, u odnosu na klasičan radarski sistem sličnih performansi, ima:

● **veći domet za oko 25%** ($\sim 20\%$ zbog primenjenog vremenski-diverziti sistema i $\sim 5\%$ zbog primenjenog frekventno-diverziti sistema);

● **veću verovatnoću pravilne detekcije za oko 52%** ($\sim 47\%$ zbog vre-

mensko-diverziti i 5% zbog frekventno-diverziti sistema);

● tačniju procenu koordinate azimuta ciljeva, zahvaljujući uskom antenskom dijagramu usmerenosti po azimutu ($\Delta\beta \approx 1^\circ$);

● bolju zaštitu od pasivnih smetnji, jer je spektar frekvencija Dopplera, zahvaljujući razlici nosećih frekvencija od $\Delta f_r = 125$ MHz, samo ≈ 50 Hz;

● bolju zaštitu od uskopojasnih smetnji s prebrisavanjem, jer spektar smetnji od realnih 40 MHz ne može istovremeno da blokira oba frekventna kanala ($\Delta f_r = 125$ MHz);

● veću »samozaštitnu daljinu« za 41%, ako se ometač nalazi na cilju ($R_r = R_0$), a $\sim 19\%$ ako se ometanje vrši iz zone ($R_r \neq R_0$).

Literatura:

- [1] Višin, G. M., MNOGOČASTOTNAJA RADIOLOKACIJA, »Vojenoje izdatelstvo Ministarstva obaroni SSSR«, Moskva, 1973.
- [2] Zubkovič, S. G., STATISTIČESKIJE KARAKTERISTIKI RADIOSIGNALOV, OTRAŽENIH OT ZEMNOJ POVERHNOSTI, »Sovjetskoje radio«, Moskva, 1968.
- [3] Kobak, V. O., RADIOLOKACIONIJE OTRAŽATELJI, »Sovjetskoje radio«, Moskva, 1975.
- [4] Skolnik, M. I., RADAR HANDBOOK, McGraw-Hill Co., New York, 1970.
- [5] Bogdanović, M., OSNOVE RADARSKE TEORIJE, CVTŠ KoV JNA »General armije Ivan Gošnjak«, Zagreb, 1989.

- [6] Đorović, M., RADARSKI DIVERZITI (Seminar-ski rad — Poslediplomski studij — Specijalizacija RRT), TVA KoV JNA, Zagreb, 1981.
- [7] Đorović, M., FREKVENTNO-DIVERZITI RADARSKI SISTEMI, Vojnotehnički glasnik, № 4, Jul—Avgust 1993, 282—293.
- [8] Đorović, M., VREMENSKO-DIVERZITI RADARSKI SISTEMI, Vojnotehnički glasnik № 5, Septembar—Oktobar 1993.
- [9] Witt, M. & Reeder, D., A New Generation Air Defence Radar, »Microwave journal«, № 2, February, 1984.

ANALIZA FUNKCIJA POZADINSKOG BATALJONA BRIGADE KoV

Uvod

Polazna osnova za izučavanje rukovođenja i komandovanja pozadinskim bataljonom je analiza i izbor ključnih funkcija koje presudno utiču na funkcionisanje pozadinskog bataljona.

Pod funkcijama pozadinskog bataljona podrazumevamo skup određenih delatnosti, grupisanih po srodnosti, pomoću kojih pozadinski bataljon, uz odgovarajuću organizaciju rada, ostvaruje deo zadatka u okviru opšteg zadatka koji ima, a to je pozadinsko obezbeđenje jedinica brigade.

Pri izboru adekvatnog pozadinskog bataljona (poz), pridržavajući se preporuka o izboru »proizvoda predstavnika« [1], odnosno »adekvatnog uzorka«, izabran je pozb mtbr jer svojim svojstvima najbolje oslikava srodne jedinice.

Osnove za realizaciju funkcija predstavljaju namena pozb i ciljevi njegovog funkcionisanja.

Kroz obavljanje funkcija obezbeđuju se materijalno-zdravstveni uslovi za izvršenje namenskih zadataka, za život, rad i borbu jedinica brigade, bez obzira na obim angažovanih resursa i angažovane subjekte. Za razliku od njih, organizacijom se precizno određuje koje snage, kako, kada i gde izvršavaju zadatak.

Pod resursima podrazumevamo sve ljudske i materijalne potencijale pozb, čijim angažovanjem (dostavom ili utroškom) pozb ostvaruje efikasno pozadinsko obezbeđenje jedinica brigade.

Sve funkcije pozb ne angažuju podjednako odgovarajuće resurse a, takođe, i različito utiču na funkcionisanje sistema (poz), pa ih zbog toga treba analizirati i iznaći najznačajniju (najuticajniju) za funkcionisanje sistema.

Funkcije i zadaci pozadinskog bataljona

U borbenim dejstvima pozb izvršava sledeće funkcije:

- operativna;
- snabdevanje;
- održavanje;
- zdravstvena zaštita;
- veterinarska zaštita;
- ishrana;
- protivpožarna zaštita.

Za izvršenje ovih funkcija pozb raspolaže adekvatnim formacijskim jedinicama. Te funkcije prožimaju se kroz sve zadatke koje pozb izvršava.

U cilju uspešne podrške upravljanja pozadinskim bataljonom, potrebno je izvršiti klasifikaciju zadataka koje

pozba izvršava u okviru navedenih funkcija, njihovo poopštavanje i grupisanje po srodnosti, kako bi se navedene funkcije mogle uspešno informatički podržati.

Zadatke koje pozba izvršava pri obavljanju svojih funkcija možemo podeliti u nekoliko grupa — klasa:

— zadaci planiranja i pripremanja: izvršenja održavanja, izvršenja snabdevanja, obuke potčinjenih jedinica, pripreme hrane, preventivno-medicinske zaštite i zbrinjavanja povređenih i obolelih;

— zadaci praćenja: stanja, rokova, izvršenja zadataka, oštećenja i gubitaka u pozbi, ponašanja pojedinih podsistema u borbi, utroška resursa i okruženja;

— zadaci analize: realizacija namenskih zadataka, kontrole, planova rada, informacija, vremena, ideja, iskustava, opravdanosti rešenja, mogućnosti, stanja i ponašanja, uticaja, gubitaka, resursa;

— zadaci upravljanja, rukovođenja i komandovanja: procesima, poslovima i zadacima, organizacionim jedinicama, resursima;

— zadaci obrade i izrade: dokumenta, informacija, podataka, izveštaja, pregleda, proračuna i uputstava;

— zadaci distribucije, prevoženja i transporta: informacija i materijalnih sredstava.

Funkcije kojima se stvaraju uslovi za realizaciju brojnih zadataka koje izvršava pozadinski bataljon nisu pojednako značajne sa aspekta određenih kriterijuma. Normalno, pažnja se koncentriše na značajnije, odnosno na one koji se po nekom svom obeležju, značajnom za sistem, izdvajaju od ostalih.

To je jedna od postavki »upravljanja i rukovođenja prema izuzecima«.

Za te potrebe razvijena je metoda analize zasnovane na zakonu Pareto-a (ABC analiza), koja omogućuje postu-

pak klasifikacije i grupisanja elemenata kako bi se omogućilo izdvajanje najznačajnijih.

Sušтина ABC metoda je sledeća:

Veoma je velika verovatnoća da će između velikog broja bilo kojih elemenata, samo jedan manji broj njih biti izuzetno visoko zastupljen po značaju, vrednosti, angažovanim resursima, težini, dužini, površini, kvadraturi, već zavisno od prirode i svojstava posmatranih elemenata sistema. Ova grupa elemenata iznosi 20 do 30% od ukupnog broja grupa, a participira po vrednosti sa 70 do 80% u 100% (ukupnoj vrednosti) vrednosti svih elemenata. Ovu grupu elemenata označavamo sa »A«.

Drugu, B grupu, čini daljih oko 25% od ukupnog broja elemenata, a po vrednosti ova grupa participira sa 20 do 25% u ukupnom iznosu.

Ostali elementi čine grupu C.

Elementi mogu biti podvrgnuti oceni na osnovu jednog ili više kriterijuma koji su različiti po značaju.

S obzirom na činjenicu da je često teško vršiti rangiranje kriterijuma, primenu ABC metoda treba vršiti za svaki od usvojenih kriterijuma, a rezultate radi preglednosti dati tabelarno (tabela 1). U koloni »Σ« (suma) upisuju se frekvencije pripadnosti pojedinih elemenata po usvojenim kriterijumima za A, B odnosno C.

Najveća učestalost elemenata u grupi A očigledno izdvaja (sa stanovišta usvojenih kriterijuma) posmatrani element u okviru posmatrane celine.

Prednost ovakve klasifikacije je velika prilikom izdvajanja najznačajnijih elemenata iz grupe, prema adekvatno usvojenim kriterijumima, sa usmeravanjem težišta na rešavanje problema koji se na njih odnose. Ovim se rešava najveći broj problema, a zapostavljaju oni koji zahtevaju angažovanje resursa a ne daju odgovarajući ekvivalent u efektima.

Tabela 1

ELEMENT \ KRITERIJUM	I			II			III			Suma		
	A B C			A B C			A B C			A B C		

U borbenim dejstvima težište angažovanja treba imati na funkcijama i zadacima koji najviše opterećuju pozbu i čijim se rešavanjem ostvaruju maksimalni efekti.

ABC analiza funkcija pozadinskog bataljona

U cilju uspešnog upravljanja pozbu u b/d potrebno je sagledati koje su funkcije najznačajnije za praćenje, odnosno koje angažuju najveći procenat ljudstva, najveće materijalne resurse i koje su najuticajnije za funkcionisanje pozbe kao sistema.

Analiza je rađena u skladu sa taktičkim zadatkom »korpus u odbrani«, a odnosi se na pozbu mtr iz prvog borbenog ešelona koja izvršava trodnevni zadatak.

Polazeći od osnovnih postavki ABC analize, za uticajne kriterijume izabrali smo sledeće:

I — obim angažovanja ljudskih resursa pri realizaciji funkcije;

II — obim angažovanja materijalnih resursa pri realizaciji funkcije;

III — uticaj funkcije na efikasnost funkcionisanja sistema (pozbe).

Angažovanje ljudstva možemo posmatrati sa više aspekata:

— ukupan broj angažovanog ljudstva po svim specijalnostima;

— ukupan broj angažovanih specijalnosti;

— broj angažovanih starešina (komandnog kadra).

U ovom radu razmatran je ukupan broj angažovanog ljudstva, a ostali modaliteti upotrebe ovog resursa proporcionalne su ukupnom broju angažovanog ljudstva.

Angažovanje materijalnih resursa možemo posmatrati sa aspekta:

— ukupne količine materijalnih sredstava koja se doture jedinicama u toku borbenih dejstava (čiji se utrošak planira) pri realizaciji određene funkcije;

— značaja pojedinih materijalnih sredstava koja se doturaju, za život, rad i borbu jedinica.

Ovom prilikom u razmatranje je uzeta ukupna količina materijalnih sredstava koja se doturi jedinicama brigade (koja se planira utrošiti) pri izvršenju trodnevnog zadatka.

Dobijeni rezultati ABC analize prikazani su u tabeli 2.

U cilju preciznijeg utvrđivanja i prikaza angažovanosti resursa po funkcijama, uticaja funkcija na sistem i izbora kritične funkcije, gde se treba te-

Tabela 2

KRITERIJUM ELEMENT	I			II			III			Suma		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
OPERATIVNA FUNKCIJA	+	-	-	-	+	+	-	-	-	2	-	1
SNABDEVANJE	+	-	-	+	-	+	-	-	-	3	-	-
ODRŽAVANJE	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	2	1
ISHRANA	-	-	+	+	-	+	-	-	-	1	1	1
ZDRAUSTVENA ZAŠTITA	-	+	-	+	-	+	-	-	-	3	-	-
PROTIVPOŽARNA ZAŠTITA	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	3
VETERINARSKA ZAŠTITA	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	3

Tabela 3

ELEMENTI	KRITERIJUMI		
FUNKCIJE POZADIN- SKOG BATALJONA	ANGAŽOVANOST RESURSA U %		UTICAJ NA
	LJUDSKI	MATERIJALNI	SISTEM U %
OPERATIVNA	21,76		29
SNABDEVANJE	42,54	99,47	25
ODRŽAVANJE	11,98	0,16	7
ISHRANA	5,37	0,29	21
ZDRAUSTV. ZAŠTITA	15,64	0,07	15
PROTIVPOŽARNA ZAŠ.	2,44		2
VETERINARSKA ZAŠ.	0,20		1

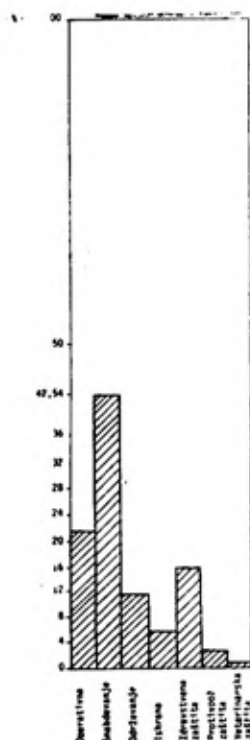
žišno angažovati, izvršen je proračun i rezultati su prikazani numerički u tabeli 3.

Podaci o angažovanju ljudstva pri realizaciji pojedinih funkcija dobijeni su na osnovu podataka iz formacije konkretne jedinice.

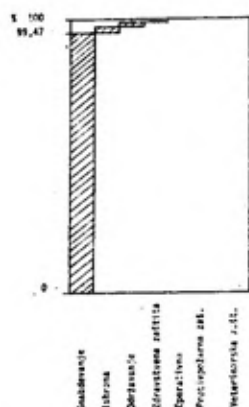
Podaci o utrošku materijalnih resursa dobijeni su na osnovu brigadi odobrenih utrošaka TMS za izvršenje trodnevnog zadatka u okviru korpusne operacije.

Utrošak r/d, intendantskih i sanitetskih materijalnih sredstava određen je na osnovu normativa, iskustava sa vežbi, ekspertskom procenom, na osnovu »taktičko-tehničkog priručnika« i »prosečnih normi utroška materijalnih sredstava i gubitaka žive sile i materijalnih sredstava za JNA u ratu«.

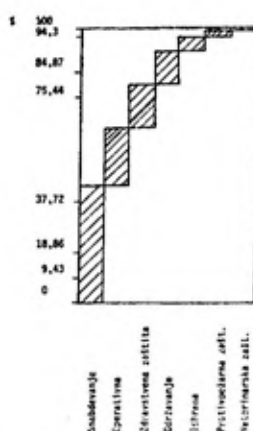
Materijalni resursi koji se utroše pri realizaciji operativne funkcije, veterinarske zaštite i protivpožarne zaštite su neznatni u odnosu na utrošak



Sl. 1 — Pregled angažovanja ljudstva po osnovnim funkcijama



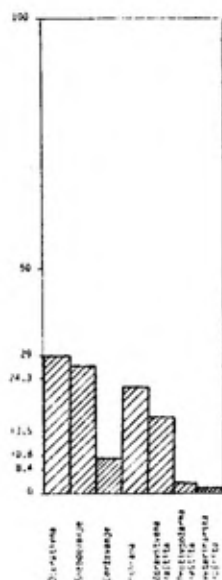
Sl. 4 — Pareto dijagram utroška materijalnih resursa po osnovnim funkcijama



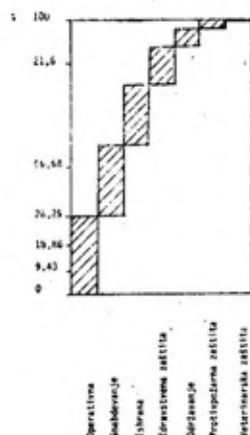
Sl. 2 — Pareto dijagram angažovanja ljudstva po osnovnim funkcijama



Sl. 3 — Pregled angažovanja utroška materijalnih resursa po osnovnim funkcijama



Sl. 5 — Pregled uticaja osnovnih funkcija na efikasnost pozadinskog bataljona

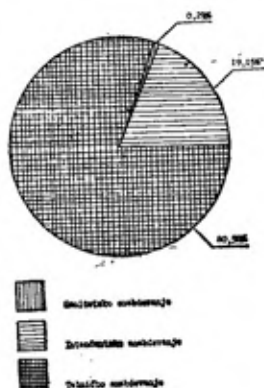


Sl. 6 — Pareto dijagram uticaja osnovnih funkcija na efikasnost rada pozadinskog bataljona

ovih resursa pri realizaciji ostalih funkcija, pa zbog toga nisu prikazani u tabeli 3.

Uticaj pojedinih funkcija na efikasnost funkcionisanja pozb pri obavljanju zadataka i realizaciji funkcije cilja određeni su ekspertskom procenom.

Radi očiglednosti, na osnovu dobijenih rezultata izrađeni su histogrami i Pareto dijagrami (slike broj 1, 2, 3, 4, 5, 6), pomoću kojih je na grafički način



Sl. 7 — Ciklogram sa prikazom količine materijalnotehničkih sredstava koja se doture jedinicama brigade pri snabdevanju u borbenim dejstvima

prikazano procentualno učešće pojedinih resursa pri realizaciji pojedinih funkcija i uticaj pojedinih funkcija na sistem (pobz).

Literatura:

- [1] Džigurski, B., Cosić, I., Proizvodni sistemi — priručnik za projektovanje, FTN, Novi Sad, 1975.
- [2] Borović, S., Ekspertski sistem za rukovođenje tehničkim obezbeđenjem (doktorska disertacija), VVTS KoV, Zagreb, 1989.

Iz Pareto dijagrama uočava se sledeće:

— za funkcije snabdevanja, operativnu funkciju i zdravstvenu zaštitu angažovano je oko 77% ljudstva;

— od ukupnih materijalnih sredstava koje pobz u toku borbe doturi jedinicama, najviše se doturi pri obavljanju funkcije snabdevanja (99,5%), a neznatne količine obavljanjem funkcije ishrane i funkcije održavanja;

— najveći uticaj na efikasnost pozadinskog bataljona imaju operativna funkcija, snabdevanje i ishrana (76,4%).

Analizirajući funkciju snabdevanja po granama snabdevanja, uočićemo da se najviše materijalno-tehničkih sredstava doturi do jedinica tehničkim snabdevanjem, znatno manje intendantskim snabdevanjem i neznatna količina sanitetskim snabdevanjem, što se vidi na ciklogramu (sl. 7).

Zaključak

Na osnovu iznetog može se zaključiti da se težišno treba angažovati na unapređenju rada i postavljanju valjane organizacije rada u oblasti operativne funkcije i snabdevanja, zatim ishrane i zdravstvene zaštite.

U okviru funkcije snabdevanja, težišno se treba angažovati kod tehničkog snabdevanja, čime se jedinice obezbeđuju pre svega »energijom rata« (municijska i MES, pogonska sredstva, električna energija), što je velika obaveza i izazov za jedinice tehničke službe.

- [3] Andrejić, M., Upravljanje pozadinskim bataljonom brigade KoV u borbenim dejstvima (specijalistički rad), VVTS KoV, Zagreb, 1991.

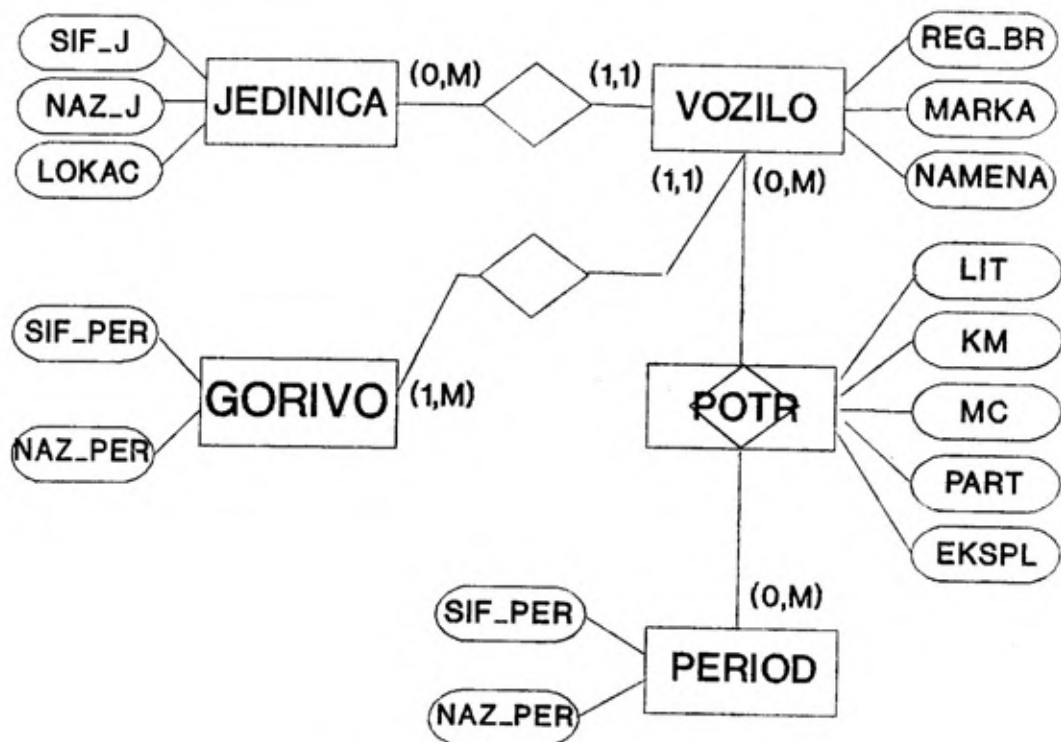
AUTOMATIZOVANI INFORMACIONI SISTEM ZA PRAĆENJE UTROŠKA GORIVA

Problem praćenja i zahtevi za racionalizaciju potrošnje goriva nameću potrebu za automatizacijom praćenja utroška, čime se omogućava brzo formiranje zahtevanih pregleda i dobijanje odgovora na tražene upite. Automatizovani informacioni sistem, koji je u radu izložen, upravo to omogućava.

Uvod

Svakodnevno evidentiranje i ažuriranje podataka o potrošnji goriva za motorna vozila u jedinicama i ustano-

vama VJ, mukotrpno i dugotrajno formiranje raznovrsnih pregleda o utrošku po raznim osnovama i otežano dobijanje brzih i tačnih odgovora na pojedine upite vezane za utrošak po jedi-



Sl. 1 — Prošireni model objekti — veze

nicama, po vremenskim periodima, konkretnim vozilima, tipovima vozila, vrsti goriva, partijama utroška, vidu eksploatacije i dr., spontano su nametnuli potrebu za formiranjem odgovarajuće baze podataka, koja bi obuhvatila sve

ributima. Na slici 1 prikazan je prošireni model objekti — veze sa imenovanim objektima, njihovom međuzavisnošću i atributima koji ih opisuju.

Atributi pojedinih objekata su sledeći:

Objekat JEDINICA:	SIF_J	— šifra jedinice
	NAZ_J	— naziv jedinice
	LOKAC	— lokacija jedinice
Objekat GORIVO:	TIP_GOR	— tip ili vrsta goriva
	NAZ_GOR	— naziv vrste goriva
Objekat VOZILO:	REG_BR	— registarski broj vozila
	MARKA	— marka ili tip vozila
	NAMENA	— namena vozila
Objekat PERIOD:	SIF_PER	— šifra vremenskog perioda
	NAZ_PER	— naziv vremenskog perioda
Objekat POTROŠNJA:	LIT	— utrošak po vozilu u posmatranom periodu
	KM	— pređeni put
	MC	— utrošeni moto-časovi
	PART	— partija utroška goriva
	EKSPL	— režim eksploatacije vozila

relevantne objekte, veze i attribute vezane za potrošnju goriva. Zahtevi koji se pred takvu bazu postavljaju su brzo, lako i jednostavno održavanje, te dobijanje svih potrebnih pregleda i odgovora na postavljene upite.

Strukturna analiza sistema i prošireni model objekti — veze

Analizom realnog sistema lako se mogu kao njegovi objekti identifikovati jedinice, vozila, goriva, vremenski periodi i utrošak goriva, sa pripadnim at-

Sa slike 1 uočava se da jedinica može da nema nijedno ili da ima više vozila (0, M), a da vozilo može pripadati jednoj i samo jednoj jedinici (1, 1). Kad je gorivo u pitanju, vozilo troši jednu i samo jednu vrstu goriva (1, 1), dok neku vrstu goriva može da troši jedna ili više vrsta vozila (1, M). Potrošnja može za neko vozilo da ne postoji ili da postoji za više vozila (0, M), a moguće je da neko vozilo nije imalo potrošnju u posmatranom periodu ili da je trošilo gorivo u više vremenskih perioda (0, M).

Relacije koje se u bazi podataka uspostavljaju su sledeće:

JEDINICA	(SIF_J, NAZ_J, LOKAC)
GORIVO	(TIP_GOR, NAZ_GOR)
VOZILO	(REG_BR, SIF_J, MARKA, TIP_GOR, NAMENA)
PERIOD	(SIF_PER, NAZ_PER)
POTROS	(REG_BR, SIF_PER, LIT, KM, MC, PART, EKSPL)

Baza podataka za analizirani sistem praćenja utroška goriva realizovana je u programskom sistemu FoxPro, a sadržaj tabela za pretpostavljeni primer dat je u tabelama 1, 2, 3, 4 i 5.

Tabela 1

Sifarnik jedinica

SIF_J	NAZ_J	LOKACIJA
452201	K-da sa PJ	Kraljevo
452202	1. mb	Loznica
452203	2. mb	M. Zvornik
452204	pozb	Valjevo

Tabela 2

Sifarnik goriva

TIP_GOR	NAZ_GOR
D2	Dizel gorivo
MB86	Mot. benzin

Aplikacija se sastoji od glavnog programa koj obezbeđuje rad preko menija i nekoliko desetaka programa koji služe za održavanje tabela baze po-

Sifarnik perioda za koje se prati utrošak

SIF_PER	NAZ_PER
01	Januar
02	Februar
03	Mart
04	April
05	Maj
06	Jun
07	Jul
08	Avgust
09	Septembar
10	Oktobar
11	Novembar
12	Decembar

dataka, dobijanje programiranih pregleda podataka na ekran ili štampač, te postavljanje upita i dobijanje odgovora uz zadavanje raznovrsnih uslova i ograničenja.

Osnovni meni i padajući meniji aplikacije prikazani su na slici 2.

Startovanje aplikacije vrši se komandom DO GORIVO iz komandnog prozora programskog sistema FoxPro, ili pozivanjem programa GOR sa komandne linije DOS-a.

Tabela 3

Sifarnik vozila

REG_BR	SIF_J	MARKA	TIP_GOR	NAMENA
UE 32-22	452201	ZASTAVA	MB86	PUTNIČKO
UE 33-12	452201	ZASTAVA	MB86	TERENSKO
UE 33-15	452201	TAM	D2	TERETNO
UE 33-35	452202	LADA	MB86	TERENSKO
UE 33-38	452202	FAP	D2	TERETNO
UE 34-19	452203	ZASTAVA	MB86	PUTNIČKO
UE 34-23	452203	TAM	D2	SPECIJAL

Evidentirani podaci o utrošku

REG - BR	SIF - PER	LIT	KM	MČ	PART	EKSPL
UE 32-22	02	124	565	13	I/2	S/U
UE 32-22	01	120	650	24	I/3	S/U
UE 33-12	02	121	84	34	I/2	S/U
UE 33-12	01	25	10	3	I/4	P/U
UE 33-15	02	211	642	35	I/5	S/U
UE 33-15	01	211	642	35	I/5	S/U
UE 33-35	02	194	218	18	II/8	S/U
UE 33-35	01	209	548	17		S/U
UE 33-38	02	135	94	14	I/5	S/U
UE 33-38	01	15	10	3	III	P/U
UE 34-19	01	216	417	27	II/7	S/U
UE 34-19	02	338	413	13	II/7	S/U
UE 34-23	01	10	5	12	I/3	P/U
UE 34-23	02	16	10	6	III	P/U



Sl. 2 — Struktura osnovnog i padajućih menija aplikacije

Tabela 6

Pregled utroška goriva po periodima, vrstama goriva i jedinicama

NAZ. GORIVA	NAZ. JEDINICE	LIT	KM	MČ
Period: Januar				
Dizel gorivo	K-da sa PJ	211	642	35
	1. mb	15	10	3
	2. mb	10	5	12
	S V E G A:	79	657	50
Mot. benzin	K-da sa PJ	145	660	27
	1. mb	209	548	17
	2. mb	216	417	27
	S V E G A:	190	1625	71
SVEGA ZA: Januar		806	2282	121
Period: Februar				
Dizel gorivo	K-da sa PJ	211	642	35
	1. mb	135	94	14
	2. mb	16	10	6
	S V E G A:	121	746	55
Mot. benzin	K-da sa PJ	245	649	47
	1. mb	194	218	18
	2. mb	338	413	13
	S V E G A:	259	1280	78
SVEGA ZA: Februar		1139	2026	133
UKUPNO:		1945	4308	254

Aktiviranjem osnovnog menija GORIVO omogućava se izbor za održavanje šifarnika (ŠIFARNICI), ažuriranje podataka o utrošku (UTROSAK), dobijanje odabranog pregleda iz baze podataka (PREGLEDI) ili postavljanje upita nad bazom podataka (UPITI), kao i napuštanje aplikacije izborom opcije KRAJ.

Održavanje šifarnika u opciji ŠIFARNICI vezano je za podatke o jedinicama, vozilima, gorivu i periodima za koje se prati utrošak goriva. Ono se vrši povremeno, npr. pri dodavanju nove jedinice za koju će se pratiti utrošak, dodavanju novog vozila, prezaduženju nekog vozila i slično.

Ažuriranje podataka o utrošku (opcija **UTROŠAK**) vrši se na kraju posmatranog vremenskog perioda (mesečno), na osnovu podataka iz zaključenih putnih listi vozila. Postoje programi koji omogućavaju dodavanje novog zapisa, ažuriranje odabranog zapisa ili njegovo uklanjanje iz baze. Navedene operacije vrše se uz konsultovanje podataka iz šifarnika, čime se obezbeđuje konzistentnost i integritet baze podataka. Tako, na primer, program ne dozvoljava unos potrošnje za nepostojeće vozilo, jedinicu, gorivo ili vremenski period. Brisanje ili promena podataka već unetih u bazu zahteva prethodnu verifikaciju.

Opcijom **PREGLEDI** aktivira se odgovarajući padajući meni, koji nudi formiranje pregleda utroška goriva po periodima utroška, jedinicama, registarskim brojevima vozila, marki vozi-

Za formiranje tabela koristi se generator izveštaja čiji se produkti pozivaju iz programa, koji se aktiviraju izborom neke opcije padajućeg menija **PREGLEDI**.

Opcijom **UPITI** otvara se padajući meni, koji nudi dobijanje odgovora na postavljeni upit izborom tražene linije menija. Davanjem odgovora na postavljena pitanja formira se skup ograničenja nad zapisima baze podataka i pojedinim poljima u zapisu, kao i grupisanje podataka po zahtevanim poljima. Na taj način, iz baze podataka se na ekranu ili na štampaču dobijaju oni podaci za koje je korisnik zainteresovan i u željenom obliku. Tako, na primer, ako se nad bazom podataka postavi upit: »Koliko je goriva MB86 utrošeno u jedinici 452203 za putnička vozila po mesecima?«, odgovor će izgledati kao što je prikazano u tabeli 7.

Tabela 7

Rezultat jednog specficiranog upita nad bazom podataka

NAZ - GOR	NAZ - J	NAMENA	NAZ - PER	LIT
Mot. benzin	2. mb	PUTNIČKO	Januar Februar	216 338
UKUPNO:				554

la, nameni vozila, vrsti goriva čiji se utrošak prati, utroška po partiji i vrsti eksploatacije vozila (na stalnoj ili povremenoj upotrebi). Broj kombinacija različitih pregleda je vrlo velik i modifikacijom već postojećih programa moguće je dobiti i druge preglede za koje su korisnici zainteresovani, koje aplikacija trenutno ne sadrži, a koji se mogu programirati i u nju uključiti. Izlazi se programski usmeravaju na ekran ili na štampač, u zavisnosti od odgovora na postavljeno pitanje. U tabeli 6 dat je pregled utroška goriva po periodima, vrsti goriva i jedinicama.

Kao i kod opcije **PREGLEDI**, i kod opcije **UPITI** moguće je specficirati vrlo mnogo različitih upita i uvrstiti ih u meni, ukoliko je korisnik za njih zainteresovan. Oni se uglavnom, mogu izvesti iz već postojećih upita određenom modifikacijom.

Izlazak iz aplikacije vrši se izborom opcije **KRAJ**.

Zaključak

Aplikacija **GORIVO** predstavlja relativno jednostavno programsko rešenje

za unos, ažuriranje, pretraživanje i prikazivanje podataka o utrošenom gorivu. Lako se i uspešno koristi, a iskustvo pokazuje da u velikoj meri olakšava rad na evidentiranju podataka i dobijanju sintetizovanih podataka i informacije za koje su zainteresovani pojedini organi saobraćajne službe, službe snabdevanja,

nabavke i organi rukovođenja i komandovanja na pojedinim nivoima. Podatke je moguće koristiti i u drugim programskim sistemima sa kojima je FoxPro kompatibilan na nivou DBF datoteka, a eksportom u ASCII format moguć je prenos podataka i u druge programske sisteme.

Literatura:

[1] D. Čašić: »FoxPro«.

[2] D. Tanoskoski: »dBASE II plus«.

[3] A. Jakupović: »Programiranje u dBASE III plus«, Tehnička knjiga, Beograd, 1991.

[4] »Strukturna sistem analiza«, materijal za interne kurseve, FON Beograd, 1990.

Dragutin Mišović,
inž. metalurgije

REGENERACIJA BREGASTOG VRATILA MOTORA

U radu su prikazane specijalne metode regeneracije bregastih vratila i neki rezultati koji su postignuti njihovom primenom.

Eksperimenti su vršeni na sredstvima koja su najviše zastupljena u Vojsci Jugoslavije.

Postignuti rezultati mogu biti osnova za šire proučavanje i primenu ovih metoda regeneracije na delove motora.

Uvod

Danas se sve više radi na osvajanju savremenih postupaka regeneracije, kako bi se vitalni delovi motora popravljali — regenerisali i ponovo ugrađivali.

Popravka polomljenih i oštećenih delova ima ekonomsko opravdanje uvek kada ukupni troškovi ne prelaze 60% nabavne cene novog dela. Međutim, vrlo često osim cene važnu ulogu imaju i drugi faktori: mogućnost nabavke novog dela, vreme trajanja nabavke, obezbeđenje potrebnih finansijskih sredstava, značaj i potreba za sredstvom koje se remontuje, što utiče na favorizovanje popravke delova i sklopova i kada je cena reparature znatno veća od nabavne.

U Tehničkom remontnom zavodu Čačak duže vreme planski se pristupa osvajanju regeneracije mnogih vitalnih, odgovornih i skupih delova i sklopova. Posebna pažnja posvećena je delovima motora.

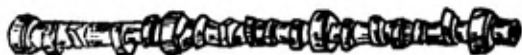
U ovom radu biće govora o jednom od tih delova, o bregastom vratilu.

Osnovne karakteristike bregastog vratila

Bregasto vratilo je jedan od vitalnih delova motora i može se smatrati

razvodnim vratilom, koje se kreće istovremeno sa radilicom preko zupčanika.

To je pravo vratilo manjeg prečnika, na kojem su najčešće iskovanii »bregovi« koji služe za otvaranje i zatvaranje ventila namenjenih za usisavanje svežih gasnih mešavina i za izduvavanje sagorelih gasova.



Sl. 1 — Bregasto vratilo

Na jednom vratilu ima onoliko bregova koliki je broj ventila za usisavanje i izduvavanje.

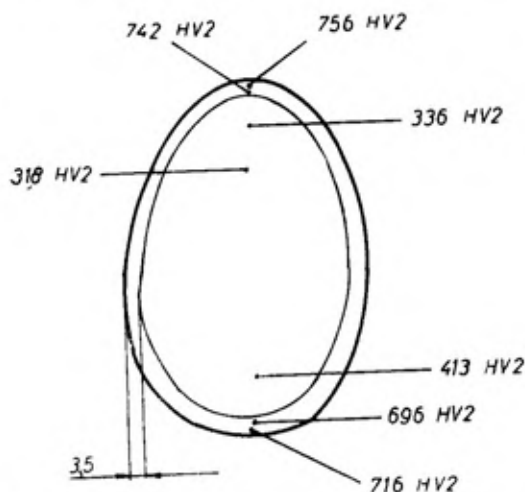
Na njemu se nalaze i ležajna mesta, u zavisnosti od tipa, oblika i veličine.

Na krajevima ili u sredini bregastog vratila nalazi se jedan ili dva manja zupčanika sa kosim zubima za okretanje razvodnika palenja, pumpe za ulje i dr.

Ovo vratilo zauzima horizontalni položaj, kao i radilica sa kojom je paralelno i preko koje dobija pogon. Najčešće se izrađuje od hrom-molibdenovih čelika za kovanje, a u novije vreme i od nodularnog liva.

Termičko stanje vratila je poboljšano, dok su »bregovi« indukcijom kaljeni.

Ovo se može videti i preko mehaničkih karakteristika — tvrdoće, koja je prikazana na slici br. 2.



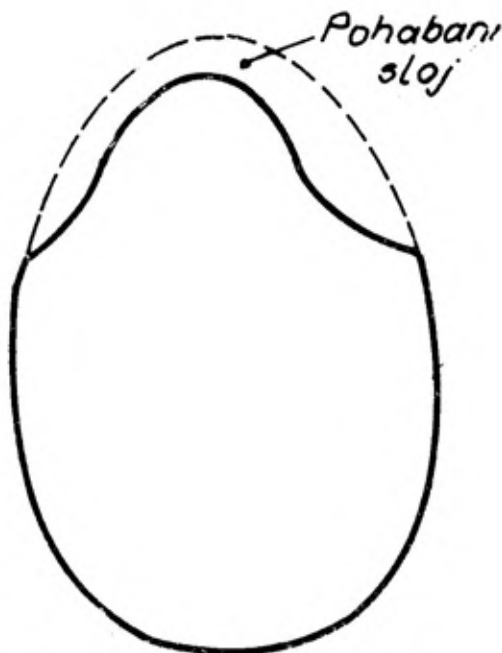
Sl. 2 — Sema preseka neoštećenog »brega« sa tvrdoćom, koja je izmerena

Metalografskim ispitivanjem otkrivena je struktura i dubina induktionog sloja, koja iznosi 3,5 mm.

Vrste oštećenja na bregastim vratilima

Ova vratila izložena su dinamičkim naprežanjima, pa da bi se smanjile inercijalne sile pokretnih delova razvodnog mehanizma profili bregova konstruisani su tako da se u početnoj fazi otvaranja ventili podižu sasvim lagano sa sedišta. I pored toga dolazi do oštećenja »bregova«, kao što su habanje, sitne pukotine, odvajanje, ljuštenje pojedinih delova otvrdnute površine i sl. Zbog takvih oštećenja vratila postaju neupotrebljiva.

Na šemi je prikazan najčešći izgled pohabanog »brega«. Površina koja se tokom rada skine može da bude i nekoliko milimetara.



Sl. 3 — Izgled pohabanog »brega«

Metode regeneracije oštećenih površina bregastih vratila

S obzirom na karakteristike radne površine i vrste oštećenja »brega«, moguće je primeniti više metoda regeneracije, kao što su:

- navarivanje,
- metalizacija (hladna i topla),
- tečni metali.

U Tehničkom remontnom zavodu Čačak izvršeno je više eksperimenata, na osnovu čega se došlo do zaključka koja je metoda najoptimalnija za primenu.

Dobijeni rezultati analizirani su preko više karakteristika, kao što su:

— Mehaničke karakteristike metaliziranog sloja bile su najbolje za sloj nanosen toplim postupkom, a nešto lošiji rezultati dobijeni su navarivanjem elektrodama za tvrdo navarivanje. Os-

tale metode dale su neujednačene i gore rezultate od propisanih;

— Otpornost na habanje bila je najbolja kod metaliziranog sloja nanesenog toplim postupkom;

— Slojevi naneseni navarivanjem i toplom metalizacijom imali su najbolju silu vezivanja, dok kod hladne metalizacije i tečnih metala ona nije mogla zadovoljiti tražene zahteve;

— Uticaj toplote na osnovne karakteristike regenerisanih površina bio je naročito nepovoljan kod metode navarivanja, a zatim znatno manje kod tople metalizacije. Kod ostalih metoda nije bilo negativnog uticaja.

Analizirajući sve bitne karakteristike regenerisanog sloja, može se zaključiti da je sloj nanesen toplom metalizacijom dao najoptimalnije rezultate.

Regeneracija »bregova« bregastog vratila metodom tople metalizacije

Topla metalizacija je postupak kojim se materijal u obliku praha određene granulacije uvodi u plamen kiseonika i nekog gorivog gasa (acetilen),

topi se i biva projektovan strujanjem ovih gasova na pripremljenu površinu, gde se formira metalizirani sloj odgovarajuće debljine.

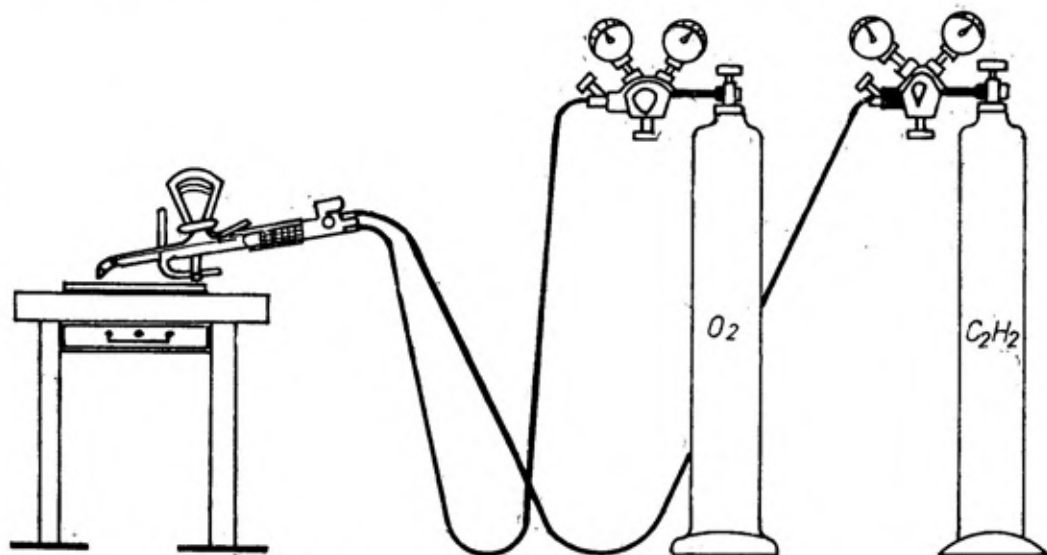
Deo koji se metalizira mora biti čist, tj. sa površine se moraju skinuti sve mehaničke nečistoće, odstraniti pukotine i, što je posebno važno, površina mora biti odmašćena.

Površine koje treba zaštititi od uticaja produkata metalizacije premazuju se posebnim premazima.

Kod bregastog vratila to su susedni neoštećeni »bregovi« i ležajne površine.

Ovakom pripremljenu površinu treba zagrejati na temperaturu od 600 do 800°C, a zatim na nju brizganjem nati prah, koji se plamenikom zatopi — fuzira. Na sličan način postupak se više puta ponavlja, dok se ne nanese odgovarajuća debljna sloja.

Svaki deo koji se metalizira zahteva posebno razrađenu tehnologiju. Kod bregastog vratila značajno je da se ostaci indukciono kaljenog sloja moraju odstraniti prilikom pripreme površine za metalizaciju, jer gustina ovog sloja ne dopušta uspešnu difuziju praha u osnovni materijal.



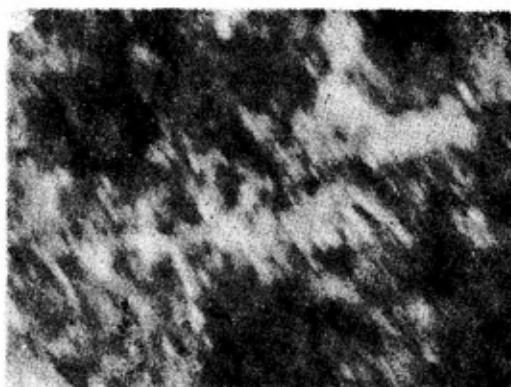
Sl. 4 — Uređaj za toplu metalizaciju

Uređaji i dodatni materijali

Poseban predmet ispitivanja bio je izbor najoptimalnijeg uređaja i praha za metalizaciju ovog vratila. Izvršeni su eksperimenti sa nekoliko vrsta uređaja i prahova, kao što su:

SUPER JET-EUTALLOY i prah 10009 firme CASTOLIN; uređaj 5 P-II i prah 15 E firme METCO; uređaj MAX-JET i prah HA 7 firme U.T.P.

U tabeli 1 prikazani su osnovni rezultati koji su postignuti primenom ovih uređaja i prahova.



Sl. 5 — Osnovni materijal modularni liv indukciono kaljen (povećanje $\times 225$)

Tabela 1

Metoda uređaj	Osnova praha	Tvrdoća metaliziranog sloja (HRC)	Stepen zagrejanosti komada*	Mašinska obrada	Izgled površine posle obrade
CASTOLIN SUPER-JET EUTALLOY	Ni-Cr-Si-B	57—59	optimalna	fino brušenje	glatka i bez grešaka
METCO 5P-II	Ni-Cr-B	60—62	velika	fino brušenje	porozna
U.T.P. MAX-JET	Ni-Cr-Si-B-Fe	55—56,5	velika	fino brušenje	porozna i sa sitnim pukotinama

* Step en zagrejanosti praćen je preko temperature na udaljenosti od mesta reparaturnog zahvata.

Analizirajući podatke iz tabele 1, najbolji rezultati dobijeni su uređajem SUPER-JET-EUTALLOY i prahom 10009 firme CASTOLIN.

Kontrola karakteristike metaliziranih slojeva nanesenih ovim uređajima i odgovarajućim prahovima proveravana je i metalografskim ispitivanjima.

Kao posebno karakteristično, vratilo izrađeno od nodularnog liva prikazano je metalografski kroz pojedine faze na slikama 5, 6 i 7.

Na slici 6 prikazan je način vezivanja metaliziranog sloja i osnovnog materijala, gde se ta veza »kači« iza »no-



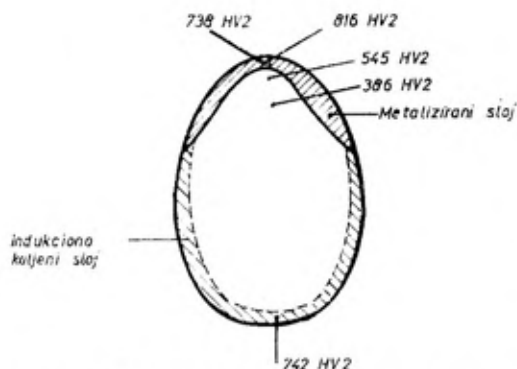
Sl. 6 — Prelazna zona između metaliziranog sloja i osnovnog materijala (povećanje $\times 475$)

dula«, tako sloj čini dobro penetriranim u osnovni materijal, što ovoj vezi daje sigurnost i pouzdanost.



Sl. 7 — Izgled metaliziranog sloja (povećanje $\times 225$)

Na ovoj slici svetla površina predstavlja izgled metaliziranog sloja, gde je uočena njegova kompaktnost bez unutrašnjih grešaka.



Sl. 8 — Šema preseka regenerisanog »brega« sa dobijenim tvrdoćama

Na slici 2 prikazana je tvrdoća (HV2) po preseku neoštećenog »brega«, na osnovu čega je, pored ostalog, određena tehnologija regeneracije, a posebno izbor dodatnog materijala.

Mašinska obrada

Ovi metalizirani slojevi mogu se prvenstveno obrađivati brušenjem na specijalnim mašinama, a često se upotrebljavaju strugovi sa kopirnim uređajima i uređajima za brušenje.

Prilikom osvajanja mašinske obrade posebno su proučavani brusni materijali.

Eksperimenti su vršeni sa korundima, silicijum karbidima i dijamantima.

Zadovoljavajuće rezultate dala su točila oznake B.80K7V za vratila urađena od čelika i B70K7V za vratila od nodularnog liva.

Metalizirane površine su se dobro obrađivale korundom i dijamantskim točilima.

Značajno je napomenuti da hlađenje prilikom obrade mora biti obilno i na čitavoj površini.

Praktična provera kvaliteta regenerisanih bregastih vratila

Ovako regenerisana vratila od više vrsta motora — snage 55 KW, 61 KW i 360 KW — proverena su u probnoj stanici sa pojačanim režimima ispitivanja, što je dalo dobre rezultate, a posle toga su ugrađena u sredstva. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2

Snaga motora (KW)	Vek trajanja novog vratila	Vek trajanja regenerisanog vratila
55	100.000 KM	125.000 KM
61	100.000 KM	200.000 KM
360	1.000 m/č	1.300 m/č

Iz podataka navedenih u tabeli vidi se da je metalizirana površina znatno više zdržala u eksploataciji.

Zaključak

Oštećenja koja se pojavljuju na bregastim vratilima su neznatna, ali dovoljna da vratila nisu više za upotrebu.

Reparatura oštećenih površina je teško izvodljiva drugim metodama, osim onih o kojima je bilo reči u ovom radu.

Ove specifičnosti bile su jedan od razloga da se u Tehničkom remontnom zavodu Čačak posveti posebna pažnja razrešavanju načina regeneracije oštećenih površina ovog vratila.

Postignuti rezultati potvrđuju da se na ovaj način mogu uspešno regenerisati bregasta vratila.

Literatura:

- [1] Katalozi: CASTALINA, MESSER GRIESHEIM, METCO, UTP, CAPILLA.
- [2] VINCENT MERINGALO I RANK N. LANGO, Primena plamenom i plazmom špricanih slojeva u industriji automobila.

- [3] D. MIŠOVIĆ, METODE REGENERACIJE.

- [4] METCO, APPLICATION BULLELTIN, N. 401.

- [5] Uputstva i katalozi Tehničkog remontnog Zavoda Čačak.

PRIOLOG ANALIZI SISTEMA SNABDEVANJA REZERVNIM DELOVIMA

U radu su date osnovne teorijske postavke sistema snabdevanja rezervnim delovima, pregled parametara, ograničenja i kriterijuma za ocenjivanje ovakvih organizacijskih sistema. Kroz kratku analizu sistema, uz pregled postojećih i kratak prikaz jednog novog modela za proračun r/d, sistematizovani su osnovni nedostaci u postavci i funkcionisanju sadašnjeg sistema snabdevanja r/d.

Uvod

Osnovni motivi za analizu sistema snabdevanja r/d su sledeći: objektivne primedbe na metodiku i modele koji se primenjuju za normiranje i ešeloniranje r/d; sve veći zahtevi koji se postavljaju pred sistem održavanja TMS zbog sve znatnijeg učešća zastarele, pa i oštećene tehnike u VJ; velike promene nastale transformacijom JNA u VJ; gubitak mogućnosti proizvodnje i snabdevanja mnogim r/d zbog raspada SFRJ; ograničena raspoloživa novčana sredstva za nabavku r/d.

Cilj članka je da ukratko prikaže teorijske i polazne osnove za analizu sistema snabdevanja r/d, identifikuje osnovne probleme u funkcionisanju samog sistema s težištem na normiranju, ešeloniranju i upravljanju zalihama r/d, te kao ilustraciju prikaže primenu jednog novog modela za proračun r/d.

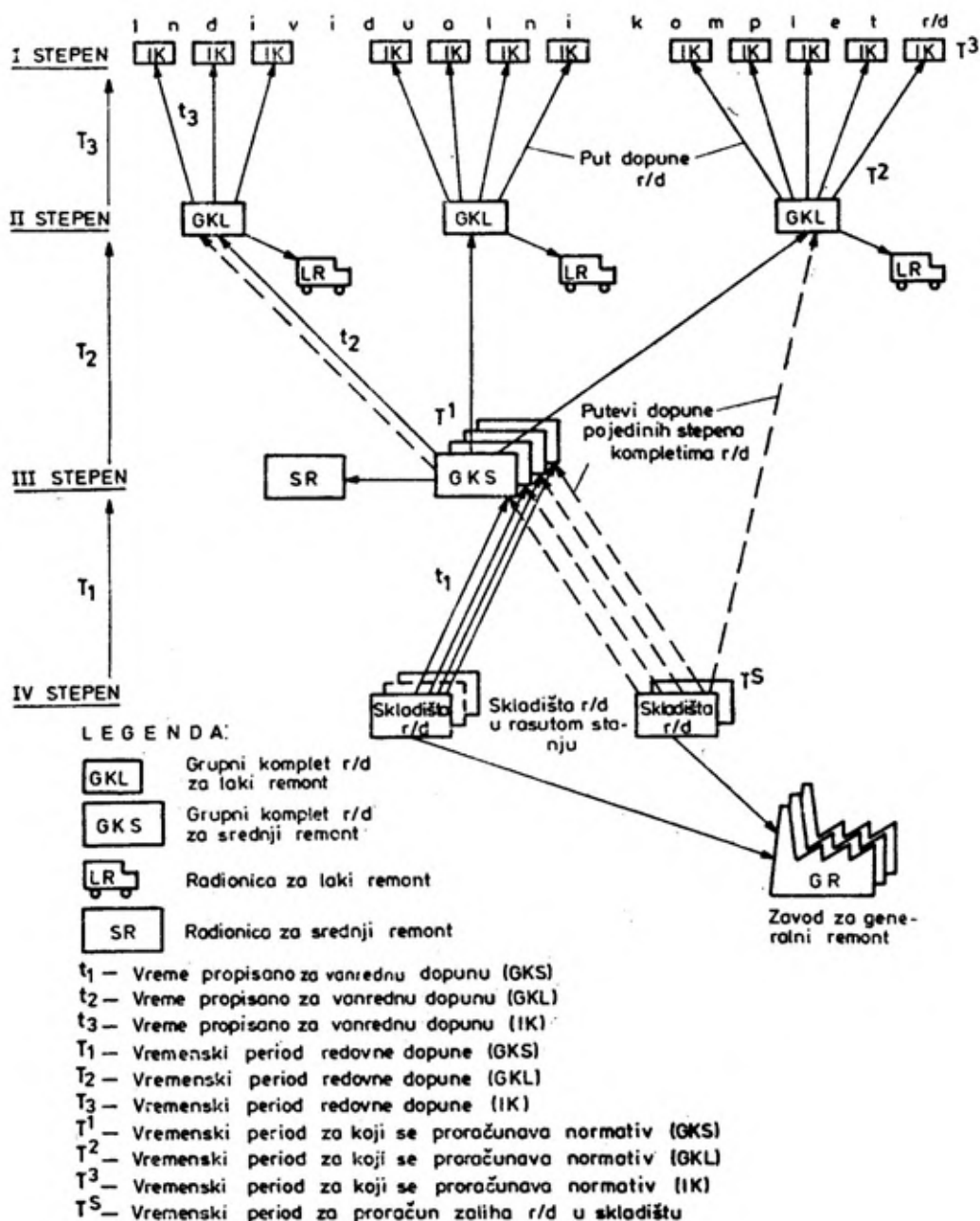
1. Opis i teorijske osnove sistema snabdevanja rezervnim delovima

Funkcionisanje postojećeg sistema snabdevanja r/d propisano je Uputstvom [1] koje daje osnove za uspostavljanje i funkcionisanje samog sistema snabdevanja r/d. Prema Uputstvu, snabdevanje r/d je dinamički proces masovnog opsluživanja koji se zasniva na:

materijalnim formacijama; normativima za formiranje ratnih rezervi i normativima za održavanje TMS; kriterijumima za formiranje mirnodopskih zaliha; nadležnostima pojedinih komandnih nivoa prema šemama snabdevanja i oslanjanja za pojedine vrste TMS.

Opšta šema snabdevanja r/d na slici 1 [8] prikazuje pojednostavljeni logistički proces snabdevanja r/d i ukazuje na problem ešeloniranja i upravljanja zalihama r/d. Prema slici, sistem snabdevanja r/d sa više nivoa funkcioniše tako da se niži nivoi periodično dopunjavaju iz viših nivoa prema usvojenoj koncepciji snabdevanja. Potrebe za r/d su slučajne pojave nastale zbog otkaza sastavnih delova TMS. Otkazali r/d izuzimaju se iz odgovarajućih kompleta r/d, koji se moraju dopuniti. Dopunjavanje r/d ipak se ne vrši trenutno, već periodično — redovnim popunama, što znači da se u međuvremenu stvaraju redovi čekanja. Pored tih redovnih postoje i vanredne dopune, kada se vrše hitne isporuke sa viših nivoa radi popune nižeg nivoa potrebnim r/d.

Prema iznesenom opisu funkcionisanja, snabdevanje r/d se u teoriji vezanoj za operaciona istraživanja klasifikuje kao sistem masovnog opsluživanja sa redovima čekanja i određenom koncepcijom u rešavanju tih redova [2], [8].



Sl. 1 — Opšta šema procesa snabdevanja rezervnim delovima

Struktura sistema snabdevanja r/d u principu podržava strukturu sistema održavanja koji je hijerarhijski i sa više nivoa [3]. Pored strukture u razradi matematičkih modela za proračun r/d [4], [5] formalizuju se i definišu zahtevi za sistem snabdevanja, kriterijumi za ocenjivanje, ograničenja i parametri. Česta je situacija da su kriterijumi istovremeno i ograničenja i obrnuto. Parametri za opis procesa snabdevanja r/d klasifikuju se kao: taktički, logistički, ekonomski i tehnički. Osnovni parametri iz navedenih grupa su:

taktički parametri:

— koeficijent gotovosti TMS,

$$K_g = \frac{T_r}{T_r + T_{ao} + T_{ad} + T_p},$$

— koeficijent snabdevenosti,

$$K_{sn} = \frac{T_r + T_{ao} + T_{ad}}{T_r + T_{ao} + T_{ad} + T_p}$$

gde su:

T_r — vreme raspoloživosti (gotovosti) uređaja,

T_{ao} — vreme aktivnosti održavanja,

T_{ad} — vreme nerasploživosti uređaja zbog administrativnih razloga,

T_p — vreme potrebno za snabdevanje r/d prema sl. 1.

— srednji koeficijent eksploatacije određene vrste TMS, K_e

— vremenski periodi za koje se proračunavaju rezerve po nivoima snabdevanja (T^1, T^2, T^3, T^4 , sa sl. 1),

— broj TMS za koje se vrši proračun r/d, N

— broj grupnih kompleta po nivoima snabdevanja (GKL, GKS sa sl. 1),

— broj skladišta po nivoima snabdevanja;

logistički parametri:

— vremenski period redovnih dopuna skladišta po nivoima snabdevanja (T_1, T_2, T_3 sa sl. 1),

— vremena za koja se može obaviti vanredna dopuna skladišta po nivoima (t_1, t_2, t_3 sa sl. 1)

— raspoložive zapremine po nivoima,

— dozvoljene ukupne mase po kompletima r/d po nivoima, itd.;

ekonomski parametri:

— ukupna novčana sredstva potrebna za osiguranje određenih nivoa snabdevenosti r/d za N TMS i za određeno vreme, C

— cene pojedinačnih r/d, c_i

— količine novca namenjene za nabavku r/d po nivoima, C_{II}, C_{III}, C_{IV} ;

tehnički parametri:

— broj sastavnih delova određenog tipa u TMS,

— ukupan broj sastavnih delova u jednom TMS,

— srednje vreme između otkaza za TMS, MTBF

— intenzitet otkaza, λ

— intenziteti otkaza r/d kad je TMS u radu, van rada i na čuvanju, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$,

— zapremina jednog r/d, V_i

— masa jednog r/d, M_i , itd.

U okviru tehničkog obezbeđenja TMS značajnu ulogu ima izbor šeme održavanja i šeme snabdevanja r/d. Te dve šeme izražavaju karakteristične zahteve TMS i moraju biti usaglašene. U njima se definišu kanali opsluživanja u sistemu masovnog opsluživanja koji bitno utiču na njegovu propusnu moć. Za proračun zaliha r/d, ove šeme potrebno je formalizovati pomoću brojčanih vrednosti već navedenih parametara, kriterijuma i ograničenja. Pored formalizacije šeme neophodno je izabrati i adekvatan analitički ili simulacioni model i metode programiranja za rešavanje zadataka optimizacije. Izbor analitičkog modela zavisi od zakona raspodele intenziteta otkaza sastavnih de-

lova. Ipak, od analitičkih, najčešće se koristi *Erlangov model*. U osnovi, ovaj model opisuje dopunu kompleta r/d koji se utroše prilikom održavanja izraženu verovatnoćom otkaza kompleta r/d, uz određenu karakteristiku toka trebovanja. Za slučaj eksponencijalne raspodele intenziteta otkaza može se reći da i tok dopune (trebovanja) ima takvu raspodelu. U takvom slučaju model toka dopune sa k trebovanih elemenata u vremenu t ima najjednostavniji oblik:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$$

za $k = 0, 1, 2, \dots, i$

λ — intenzitet otkaza

$P_k(t)$ — verovatnoća otkaza kompleta od k r/d za vreme t

Za optimizaciju količina r/d dobijenih prilikom primene analitičkih modela koriste se metode programiranja čiji izbor zavisi od broja sastavnih delova, vrste i broja kriterijuma i ograničenja. To su:

- dinamičko programiranje,
- približno dinamičko programiranje,
- kombinovane metode programiranja,
- metoda priraštaja pouzdanosti (gradijentna metoda),
- metoda Lagranžovih multiplikatora,
- simulacione metode.

Danas je u analizi organizacijskih sistema veoma rasprostranjena i upotreba simulacionih metoda. Postavka matematički potpuno formalizovanog opisa funkcionisanja sistema prvi je korak u simulacijama organizacijskih sistema. Simulacioni modeli se obično grade modularno, tako da model sistema snabdevanja u sebi obično sadrži različite podmodele: podmodel troškova, podmodel gotovosti i dr. koji, zapravo,

predstavljaju funkcionalne segmente sistema. Za programiranje takvih modela koriste se različiti programski jezici opšte namene kao što su: FORTRAN, PASKAL, COBOL itd. ili specijalizovani jezici za simulacije kao što su: GPSS, SIMULA, SIMSCRIPT itd. Nakon izgradnje dobrog funkcionalnog i simulacionog modela sistema snabdevanja, simulacijama se jeftino mogu graditi, analizirati i ocenjivati različite varijante sistema.

Ocenjivanje različitih varijanti sistema snabdevanja i izbor najpovoljnije varijante često se vrši pomoću metoda za višekriterijumsku analizu kao što su: ELECTRE II, PROMETHEE I, II, III, ICOR [6] itd. Ove metode zahtevaju brojčane vrednosti pojedinih parametara ili kriterijuma dobijenih iz analitičkih ili simulacionih modela. U ocenjivanju kvaliteta većine organizacijskih sistema najčešće se koriste dva najopštija, u suštini suprotstavljena, a istovremeno komplementarna kriterijuma: operativna gotovost i troškovi. Pored tih kriterijuma, za ocenjivanje sistema snabdevanja koriste se i sledeći:

- koeficijent snabdevenosti, K_{sn} ,
- vreme zastoja zbog snabdevanja, T_z ,
- ukupna vrednost rezervi na pojedinim stepenima ešeloniranja, C_{II} , C_{III} , C_{IV} ,
- srednje vreme zastoja u radu TMS,
- verovatnost bezotkaznog rada TMS, itd.
- cene zaliha koje predstavljaju zbir cena r/d, troškova skladištenja i troškova transporta do radionice ili mesta utroška r/d.
- koeficijent popunjenosti kompleta r/d koji govori o odnosu imajućih i propisanih količina r/d.

Sve te veličine mogu istovremeno biti i kriterijumi i ograničenja, zavisno od toga kako je organizovan matema-

tički model. Šta će od navedenih pokazatelja biti iskorišćeno kao ograničenje, a šta kao kriterijum određuje naručilac ili priroda analize koja se sprovodi na modelu.

Za vrednovanje sistema snabdevanja u taktičkoj domeni ponekad se koriste neki taktički pokazatelji, koji se takođe mogu pojavljivati kao kriterijumi ili kao ograničenja. To su:

- mogućnosti jedinice tj. mogućnosti njenih transportnih sredstava da ponesu dodeljene količine r/d,

- samostalnost tj. autonomnost jedinice u izvršavanju postavljenih zadataka s aspekta snabdevenosti potrebnim r/d.

2. Analiza sistema snabdevanja r/d po njegovim osnovnim funkcijama

Sistem snabdevanja r/d i sistem održavanja TMS su podsistemi sistema tehničkog obezbeđenja. Ta dva sistema su po strukturi vrlo slična. Njihova zajednička spona su r/d čije se količine proračunavaju i čuvaju u sistemu snabdevanja, a troše (ugrađuju) u sistemu održavanja TMS. Delovi po asortimanu moraju odgovarati vrstama TMS, a po količinama — broju i pouzdanosti TMS, dok ešeloniranje r/d proizlazi iz nadležnosti nivoa održavanja [7] za izvođenje pojedinih vrsta održavanja, konkretnog razmeštaja jedinica na određenoj teritoriji i značaja ili namene jedinice u planovima borbene upotrebe. Drugim rečima, asortiman r/d određen je pre svega tehnologijom održavanja, jer ona izražava zahteve TMS za održavanje u toku celog životnog ciklusa. Kad je reč o r/d, sistem snabdevanja ima zadatak da obezbedi r/d sistemu održavanja TMS. Taj zadatak se realizuje kroz tri osnovne funkcije:

- normiranje r/d,
- ešeloniranje r/d,
- upravljanje i zadržavanje zaliha r/d.

2.1 Izrada normativa i ešeloniranje r/d

Problemi vezani za normiranje r/d i njihovo ešeloniranje mogu se sistematizovati u sledeće grupe:

- a) nedostaci vezani za izbor polaznih osnova u modelima za proračun normativa r/d,

- b) nedostaci kriterijuma za formiranje rezervi i zaliha r/d i njihovog ešeloniranja.

a) Normiranje r/d je postupak kojim se određuje asortiman i količina r/d za određenu vrstu i količinu TMS. Iako postoji čitav niz programa za normiranje i optimizaciju zaliha r/d razvijenih u institutima: »Boris Kidrič« — Vinča, »Mihajlo Pupin« — Beograd, Matematički institut — Beograd, najčešće se za normiranje koriste programi Instituta »Mihajlo Pupin«: UPR-Norma-2, ANAL-Norma-2, DP-Norma-2, DP/APR-Norma-2, ANAL-Norma-As, DP/DEC-Norma-As, ANAL-KRIT, SIMULA/FO-KRIT, SIMULA GPSS-KRIT.

Polaznu osnovu u ovim programima čine intenzitet otkaza sastavnih delova i šeme snabdevanja sa određenim parametrima. Ipak, sam intenzitet otkaza sastavnih delova nije dovoljna polazna osnova iz domena TMS za proračun normativa r/d. Osnovni nedostaci modela koji su sada u upotrebi su:

- nemogućnost uvažavanja karakteristika tehnologije održavanja pri normiranju i ešeloniranju r/d,

- neuvažavanje pogodnosti modularne konstrukcije TMS i agregatnog principa zamene, te mogućnosti regeneracije modula, podsklopova i sklopova,

- nemogućnost uzimanja u obzir popravljivih r/d i r/d sa nepovratno oštećenih TMS,

- nemogućnost proračuna r/d za individualne komplete r/d.

Pored navedenih nedostataka pri proračunu ratnih materijalnih rezervi

i zaliha r/d kao zahtev pojavljuje se dan rata (d/r), iako to nije operativno-proračunska jedinica za r/d [1]. Veza između d/r i potrebnih količina r/d nije eksplicitno izražena. Ta veza morala bi biti definisana preko utroška r/d u čijoj bi osnovi bio plan upotrebe jedinice i nivo borbenih oštećenja. U okviru ovih nedostataka uticaj normi r/d datih u d/r na operativnu upotrebu jedinica ne može se istražiti.

Kvalitetna polazna osnova za proračun normativa r/d treba da bude utrošak r/d koji proizlazi iz kvalitetno definisane tehnologije održavanja i utroška r/d zbog ratnih oštećenja, što bi onda omogućilo i istraživanje uticaja obezbeđenosti r/d na operativnu upotrebu jedinica.

Postojeći programi za proračun normativa r/d istovremeno vrše normiranje r/d i ešeloniranje [8], tj. raspodelu r/d po nivoima održavanja ne vodeći računa o raspodeli jedinica za održavanje unutar nivoa. Takva osnova za ešeloniranje r/d po nivoima (dakle, samo vertikalno) ne daje strukturu samog nivoa (horizontalnu) iz koje se vidi konkretan raspored jedinica na teritoriji. Pored ove dve dimenzije, radi optimizacije sistema održavanja potrebno je sagledati i treću dimenziju problema snabdevanja r/d — ulogu i značaj same jedinice ili pojedinih TMS u borbenim planovima. Ta dimenzija može se izraziti ponderisanjem značaja neke jedinice za tok borbenih dejstava, ponderisanjem značaja pojedinih vrsta TMS ili, pak, određivanjem maksimalnog vremena za koje ta jedinica u bilo kojim okolnostima mora biti snabdevena određenim r/d . Takav primer određivanja te treće dimenzije poznat je u oružanim snagama Velike Britanije, u kojima se za pojedine vitalne r/d izuzetno važne ratne tehnike određuje maksimalno vreme za koje jedinica mora biti snabdevena tim r/d , bez obzira na kojoj tački Zemljine kugle se nalazila i praktično bez obzira na troškove.

b) Pri analizi ešeloniranja r/d obično se polazi od normiranja i formiranja zaliha kao postupaka koji prethode ešeloniranju. Ešeloniranje treba vršiti na osnovu naučno postavljenih kriterijuma u čijoj su osnovi taktički zahtevi, tehnologija održavanja šeme snabdevanja i logistička vremena. Nedostaci kriterijuma za formiranje rezervi i zaliha, te njihovo ešeloniranje vezani su za:

- nepostojanje precizne i jedinstvene metodologije za formiranje rezervi i zaliha, te njihovo ešeloniranje,

- nemogućnost uvida u to koji su elementi uključeni u definisanje kriterijuma, tj. nejasna zavisnost kriterijuma i parametara,

- nepostojanje veze između kriterijuma, s jedne, i raspodele kapaciteta za održavanje i nadležnosti za održavanje, s druge strane.

Jedan od uspešnih pokušaja izgradnje analitičkog modela procesa snabdevanja modularno građenih TMS prikazan je u radu [3]. Na osnovu tog modela razvijen je programski paket OKORD (Optimizacija količina r/d) čija je osnovna namena proračun količina r/d modularno građenih elektronskih uređaja za potrebe korektivnog održavanja. Taj programski paket polazi od definisane tehnologije korektivnog održavanja i rasporeda tehnoloških programa po nivoima održavanja, modularne konstrukcije uređaja, mogućnosti popravke modula i sklopova na različitim nivoima održavanja i potrebnih logističkih parametara, intenziteta otkaza i cena svakog sastavnog dela. Kao ograničenja mogu se pojaviti: ukupno raspoloživa novčana sredstva za r/d , koeficijent snabdevenosti, srednje vreme zastoja zbog nedostatka r/d i raspoloživa novčana sredstva po nivoima II, III, IV.

Program vrši optimizaciju količina r/d primenom metode približnog dinamičkog programiranja.

Uz zadato ograničenje novčanih sredstava, kao pokazatelji kvaliteta varijante sistema snabdevanja dobiju se

vreme zastoja, koeficijent snabdevenosti i tabela sa tačnim brojem pojedinih modula i blokova raspoređenih po nivoima. Opciono, kao ograničenja mogu se postaviti koeficijent snabdevenosti ili vreme zastoja, a dobiti potrebna novčana ulaganja u zalihe r/d i tabela sa pregledom modula i blokova raspoređenih po nivoima.

Ako se za rezervne delove utroši 373100 dolara, vreme zastoja uređaja je 53.17 h, a koeficijent snabdevenosti je 0.95.

Tabela 1

Izlazni rezultati programa OKORD

KOLIČINE REZERVNIH DELOVA PO NIVOIMA SNABDEVANJA

BROJ BLOKOVA NA II NIVOU

BLOK 1 0
BLOK 2 0
BLOK 3 0
BLOK 4 0

BROJ BLOKOVA NA III NIVOU

BLOK 1 4
BLOK 2 5
BLOK 3 3
BLOK 4 0

BROJ MODULA NA III NIVOU

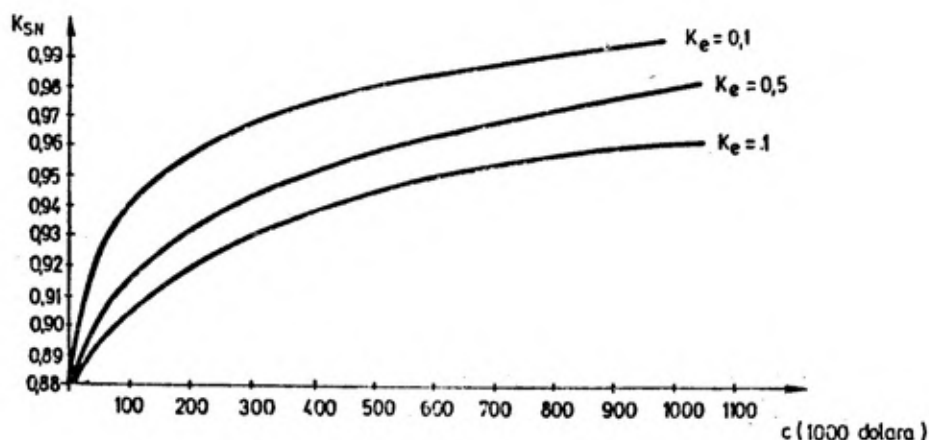
MODUL 1 1 1
MODUL 1 2 4
MODUL 1 3 2

MODUL 2 1 1
MODUL 2 2 2
MODUL 2 3 2
MODUL 2 4 4
MODUL 3 1 1
MODUL 3 2 1
MODUL 4 1 1
MODUL 4 2 1
MODUL 4 3 1
MODUL 4 4 1
MODUL 4 5 0

BROJ MODULA NA IV NIVOU

MODUL 1 1 11
MODUL 1 2 20
MODUL 1 3 15
MODUL 2 1 9
MODUL 2 2 15
MODUL 2 3 15
MODUL 2 4 19
MODUL 3 1 12
MODUL 3 2 6
MODUL 4 1 7
MODUL 4 2 8
MODUL 4 3 9
MODUL 4 4 9
MODUL 4 5 7

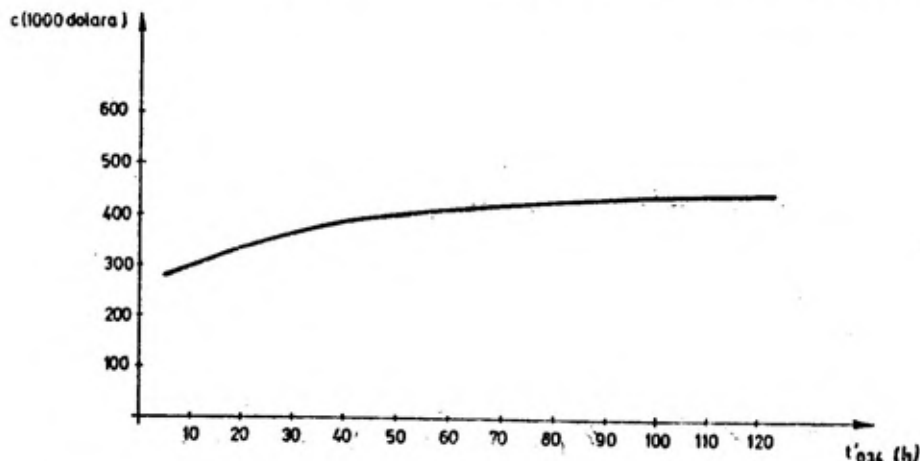
Uz višekratno ponavljanje proračuna sa ovakvim izlaznim rezultatima, paket omogućava vrlo suptilne analize zavisnosti pojedinih kriterijuma ili pokazatelja kvaliteta od promene pojedinih parametara kao što je prikazano na slikama 2. i 3.



Sl. 2 — Zavisnost koeficijenta snabdevenosti od cene zaliha r/d

Detaljniji podaci o modelu i samom programskom paketu biće prezentirani u jednom od narednih brojeva.

— prisutnost u sistemu znatnog broja potpuno neidentifikovanih ili ne-potpuno identifikovanih r/d (oko 30%),



Sl. 3 — Zavisnost cene zaliha r/d od vremena vanredne popune kompleta III modulima iz kompleta IV

2.2 Upravljanje i znavljanje zaliha r/d

Upravljanje i znavljanje zaliha ima cilj da pravovremeno obezbedi kvalitetne r/d za utrošak u sistemu održavanja TMS. Pri tome zalihe ne smeju da budu previsoke, jer se angažovanjem velikih novčanih sredstava narušava ekonomičnost sistema. Osnova upravljanja i znavljanja zaliha je kvalitetno praćenje, tj. prikupljanje svih potrebnih informacija o r/d, što se postiže pomoću dobro koncipiranog informacionog sistema, tehnološke discipline, urednosti, pedantnosti i ažurnosti u izveštavanju. Sve te attribute moguće je ostvariti i na nivou ručnog praćenja stanja zaliha, ali je ipak na današnjem stepenu razvoja informatičke tehnologije to nezamislivo bez potpune i sistemski osmišljene informatizacije većine funkcija u sistemu snabdevanja r/d. Kada je reč o navedenim atributima, sadašnji sistem ima znatnih nedostataka.

Ipak, najveći nedostaci sadašnjeg sistema snabdevanja r/d u pogledu upravljanja i znavljanja su:

što otežava ili potpuno onemogućava upravljanje zalihama takvih r/d,

— prisutnost znatnih količina r/d na trupnom nivou, čime su takvi r/d van informacionog domašaja Pozadinske baze GŠ VJ i koja na taj način ne može njima upravljati,

— sporo ažuriranje podataka o stanju r/d, tj. dug vremenski period između spravnjivanja, što je uzrokovano neumreženošću računara pomoću kojih se prate r/d.

Za znavljanje zaliha r/d potrebno je posedovati informacije o utrošenim r/d i dovoljno novčanih sredstava za nabavku novih. Pedantno praćenje stanja zaliha i praćenje lokacije smeštaja r/d uslov su za smanjenje troškova zaliha, ali i skraćivanje vremena zastoja u održavanju zbog snabdevanja r/d koje dominantno utiče na operativnu gotovost TMS.

Pored od postojanja novčanih sredstava, nabavka svakako zavisi i od mogućnosti proizvodnje i isporuke od proizvođača. Danas, nakon raspada SFRJ i redukcije proizvodnih mogućnosti,

ovaj segment je postao vrlo značajan ograničavajući faktor. Zbog toga treba najozbiljnije analizirati sve mogućnosti maksimalne redukcije broja tipova TMS u naoružanju VJ, pa time i potrebnih zaliha r/d, te osvajanja sopstvene proizvodnje r/d u remontnim zavodima i fabrikama.

Zaključak

Osnovni zaključci koji proizlaze iz analize sistema snabdevanja r/d su:

— pored postojećih programskih paketa za normiranje i ešeloniranje r/d potrebno je nastaviti sa istraživanjima u području modeliranja procesa snabdevanja r/d i modela za proračun r/d koji su više orijentisani ka tehnologiji održavanja,

— navedeni programski paket OKORD treba opitovati na nekom pred-

stavniku TMS i nakon toga zvanično uvesti u upotrebu,

— potrebno je redefinisati osnove i naučno utvrditi kriterijume za normiranje i ešeloniranje r/d. Pod osnovama se podrazumevaju pokazatelji i parametri koji proizlaze iz tehnologije održavanja TMS i utroška r/d zbog ratnih oštećenja. Tako dograđene kriterijume treba zatim ugraditi u modele za normiranje i ešeloniranje r/d,

— obezbeđenje potrebnog nivoa informatizacije funkcija i višeg nivoa tehnološke discipline u okviru samog sistema uslov je za povećanje efikasnosti i smanjenje troškova u sistemu snabdevanja r/d,

— potrebno je istražiti sve mogućnosti osvajanja proizvodnje r/d za perspektivna TMS u okviru TRZ ili novih proizvodnih organizacija sa teritorije SRJ.

Literatura:

- [1] »Uputstvo za snabdevanje oružanih snaga rezervnim delovima, potrošnim i reprodukcionim materijalom iz nadležnosti Tehničke službe KoV OS«, TU-V, 31, 1977.
- [2] Stojiljković M., Vukadinović S.: »Operaciona istraživanja«, VIZ, Beograd, 1984.
- [3] Korolija D.: »Model snabdjevanja modularnih elektrotehničkih uređaja rezervnim dijelovima«, magistarski rad, ETF, Zagreb, 1988.
- [4] Tigerman, B.: »Elementary treatment of reliability and spare parts calculations«, Stockholm 1975.
- [5] Kuljback, L. I.: »Osnovi račeta obespećenja elektronoj apparaturi zapasnim elementami«, Sovetskoe radio, Moskva, 1970.
- [6] Brans J. P., Vincke P. H.: »A Preference Ranking Organization Method«, Management Science, Vol. 31, № 6, June 1985.
- [7] Barković M.: »Prilog optimizaciji višenivojskog sistema održavanja elektronskih sredstava«, doktorska disertacija, VVTS KoV JNA, Zagreb, 1989.
- [8] Jerić M.: »Logistika«, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1984.

Milan Pajović,
maš. inž.

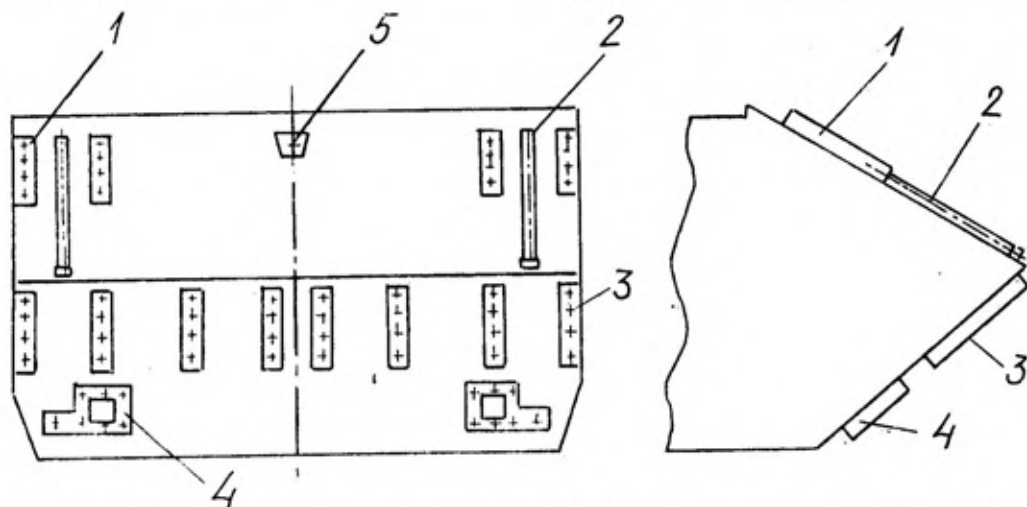
MOGUĆNOST UGRADNJE DODATNE OPREME NA TENK T-55 RADI IZRADE PROLAZA U MINSKIM POLJIMA

Na izvesnim varijantama tenkova T-55 i T-55A postoje fabrički ugrađeni elementi koji omogućavaju postavljanje dodatne opreme za izradu prolaza u minskim poljima ili za neke inženjerijske radove.

Ovi elementi omogućavaju, bez posebne dorade tenkova, ugradnju sledeće opreme:

— uređaja za razminiranje PT-55, namenjenog za izradu prolaza u PT minskom polju, aktiviranjem mina pritiskom diskova na tlo, odnosno, aktiviranjem mina sa antenom;

— uređaja za razminiranje KMT-6, namenjenog za pravljenje prolaza u PT minskom polju, iskopavanjem plitko ukopanih mina ili uklanjanjem mina ra-



Sl. 1 — Delovi za učvršćenje razminirača PT-55 i KMT-6, odnosno dozerskog uređaja (tenkovske ralice) BTU-55, na prednjem delu oklopnog tela tenka T-55A

1 — Letve za učvršćenje stožera, za čeličnu užad za nošenje, kod razminirača PT-55, odnosno za učvršćenje pneumatskih cilindara, kod razminirača KMT-6 ili za učvršćenje držača zateznih spojnica, kod ralice BTU-55; 2 — cev za prolaz el. kablova, za komande sa vučnim relejima, kod razminirača KMT-6; 3 — letve za učvršćenje spojnica, za balansere — nosače sekcija diskova kod razminirača PT-55, odnosno za učvršćenje nosača sekcija noževa, kod razminirača KMT-6 ili za učvršćenje držača gornjih upornih poluga i nosača hidrauličkog cilindra, kod ralice BTU-55; 4 — ploče, za učvršćenje držača upornog okvira, kod ralice BTU-55; 5 — upor, za učvršćenje sanduka, ralice BTU-55.

zbacanih na površini, odnosno, aktiviranjem mina sa antenom.

Sa izvesnom doradom tenka moguće je postaviti i raketni uređaj za otva-

U tabeli 1 dat je pregled mogućnosti ugradnje dodatne opreme, na razne varijante tenka T-55, sovjetske, čehoslovačke ili poljske proizvodnje.

Tabela

Red. br.	Varijanta tenka	NB VJ	Mogućnost ugradnje dodatne opreme			
			PT-55	KMT-6	UROP	BTU-55
1	2	3	4	5	6	7
1.	Tenk T-55(s)	2372-1181-8531	Da	Ne	Ne	Ne
2.	Tenk T-55A(s)	2372-1181-8522	Da	Da	Da, sa doradom	Da
3.	Tenk T-55A(s)	2372-1181-8521	Da	Da	Da, sa doradom	Ne
4.	Tenk T-55(č)	2372-1132-7893	Da	Ne	Ne	Da
5.	Tenk T-55(č)	2372-1132-7892	Da	Ne	Ne	Da
6.	Tenk T-55(č)	2372-1181-8526	Da	Ne	Ne	Ne
7.	Tenk T-55(č)	2372-1132-7891	Da	Ne	Ne	Ne
8.	Tenk T-55A(č)	2372-1181-8518	Da	Da	Da, sa doradom	Da
9.	Tenk T-55A(č)	2372-1136-5647	Da	Da	Da, sa doradom	Ne
10.	Tenk T-55A(č)	2372-1136-5647	Da	Da	Da, sa doradom	Ne
11.	Tenk T-55A(č)	2372-1087-8990	Da	Da	Ne	Ne
12.	Tenk T-55(P)	2372-1132-7898	Da	Ne	Ne	Da
13.	Tenk T-55(P)	2372-1181-8525	Da	Ne	Ne	Ne
14.	Tenk T-55(P)	2372-1132-7899	Da	Ne	Da, sa doradom	Ne
15.	Tenk T-55A(P)	2372-1184-8514	Da	Da	Da, sa doradom	Da
16.	Tenk T-55A(P)	2372-1184-8513	Da	Da	Da, sa doradom	Ne
17.	Tenk T-55A(P)	2372-1080-4406	Da	Da	Da, sa doradom	Ne

ranje prolaza u minskom polju (UROP), čija je namena da pomoću eksplozivnog punjenja napravi prolaz u PT minskom polju.

Osim navedenih uređaja za razminiranje, na nekim tenkovima T-55 moguća je ugradnja i dozerskog uređaja (tenkovske ralice) BTU-55, takođe, bez dorade tenka. Pri tome se koristi deo ugrađene opreme, namenjene ugradnji razminirača.

Elementi za ugradnju razminirača smešteni su na prednjem, bočnom i zadnjem delu oklopnog tela tenka, zavisno od tipa razminirača.

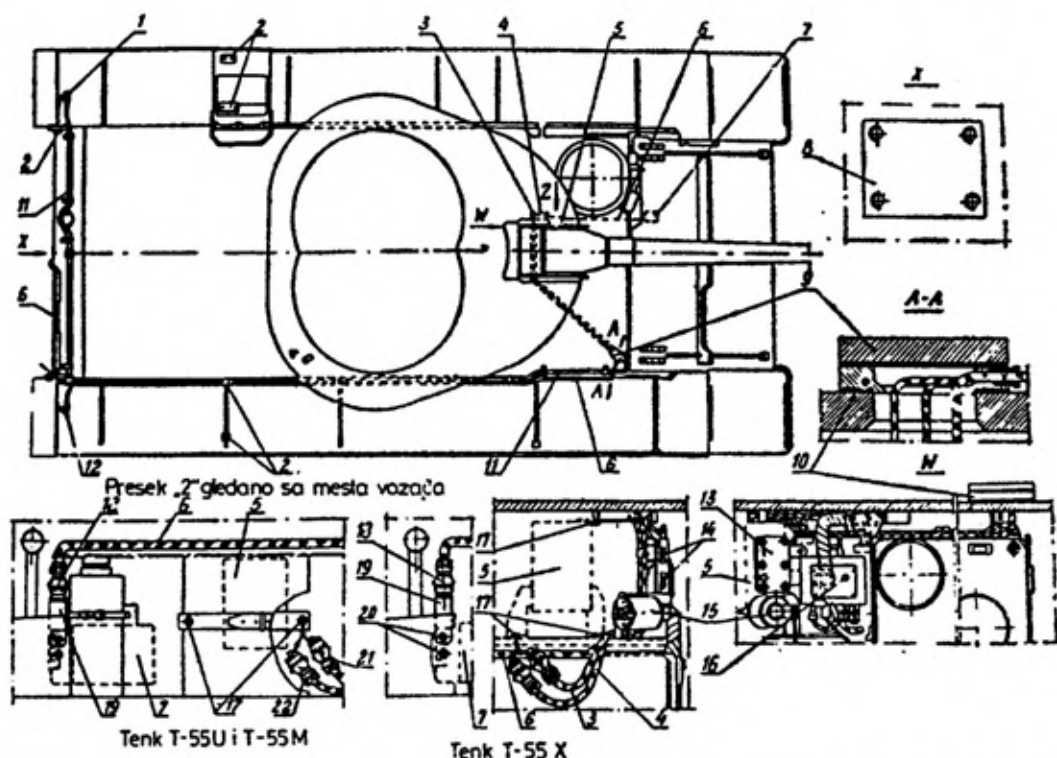
Na prednjem delu tenka, na gornjoj i donjoj kosoj ploči, nalaze se privareni nosači (1, 2 i 3, Sl. 1), čija je namena da se za njih učvrste elementi razminirača PT-55, odnosno KMT-6.

Na zadnjem delu oklopnog tela tenka nalazi se privarena ploča (8, sl. 2) za

koju se pričvršćuje kutija sa individualnim kompletom, kod razminirača KMT-6, odnosno kasete PSK, za trasiranje očišćenog prolaza u minskom polju, kod razminirača UROP.

postojeće kuke za vuču, odnosno podizanje tenka, koje se nalaze zavarene na zadnjem delu oklopnog tela.

Na bočnim stranama oklopnog tela tenka, na blatobranima, a u zoni mo-



Sl. 2 — Sema delova za spajanje i delova instalacije UROP-a (WLWD) ugrađenih na borbenom tenku T-55A(P) (T-55U, T-55M ili T-55X)

1 — vodonepropusno gnezdo br. 2 levog podsistema upravljanja; 2 — ploča za pričvršćivanje zadnjeg i prednjeg oslonca; 3 — provodnik za opaljivanje, posredni desni; 4 — provodnik za opaljivanje, posredni levi; 5 — mesto za pričvršćivanje upravljačkog bloka SE-WLWD; 6 — provodnik za opaljivanje PSK; 7 — Mesto za pričvršćivanje upravljačkog bloka SE-KMT/PSK; 8 — ploča za pričvršćivanje kasete PSK, odnosno kutije za IK (kod KMT-6); 9 — poklopac otvora za provodnike; 10 — otvor za izvod provodnika; 11 — štitnik posrednog provodnika za opaljivanje; 12 — vodonepropusno gnezdo spojke br. 2 desnog podsistema upravljanja; 13 — spoljašnje gnezdo za pokretanje tenka (startovanje); 14 — klemne spoljašnjeg gnezda za pokretanje tenka (startovanje); 15 — prekidač akumulatorske baterije tenka; 16 — klemna br. 5 na ploči akumulatorskih osigurača (ovde priključiti provodnik za napajanje upravljačkog bloka SE-WLWD); 17 — vijci za pričvršćivanje upravljačkog bloka SE-WLWD; 18 — spojka provodnika za opaljivanje PSK; 19 — kraj za pričvršćivanje spojke (18); 20 — vijci za pričvršćivanje upravljačkog bloka SE-KMT/PSK; 21 — utičnica desnog posrednog provodnika za opaljivanje; 22 — utičnica levog posrednog provodnika za opaljivanje.

Za postavljanje uređaja za trasiranje očišćenog minskog polja, odnosno prolaza, kroz PT minsko polje kod razminirača PT-55 (sl. 4), koriste se već

torno transmisijom odeljenja, na posebnim nosačima, koje treba naknadno ugraditi, smeštaju se spremnici sa UROP-om (sl. 6).

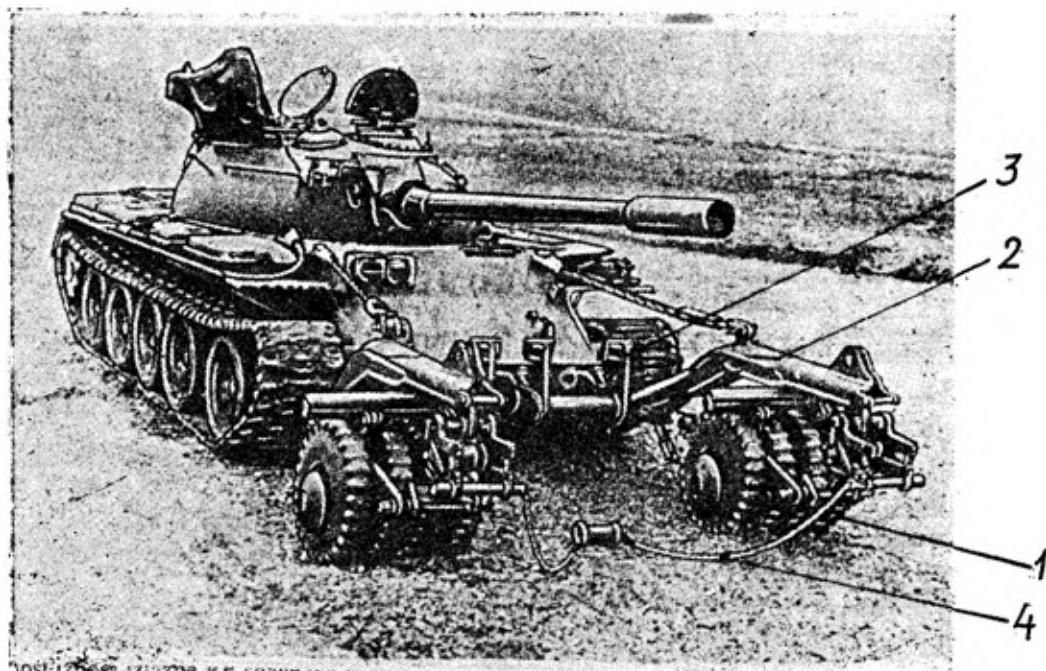
Namena svakog od uređaja za razminiranje, sastav i smeštaj sastoje se u sledećem:

a) Uređaj za razminiranje PT-55

Sam uređaj spada u razminirače nagaznog tipa, pritiskujućeg dejstva i namenjen je za pravljenje prolaza u PT

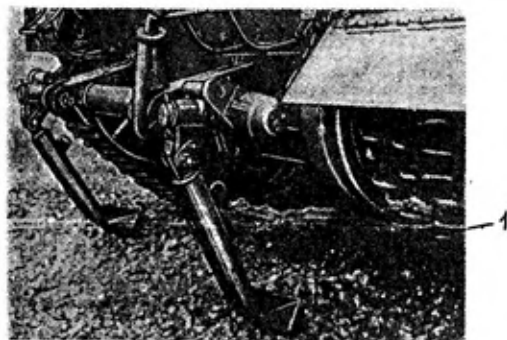
minskom polju, aktiviranjem nagaznih mina, pritiskom diskova na tlo, odnosno aktiviranjem mina sa antenom pomoću kalema i lanca, smeštenog između sekcija diskova.

Uređaj za razminiranje PT-55 pričvršćuje se na prednjem (sl. 3) i zadnjem delu tenka (sl. 4).



Sl. 3 — Uređaj za razminiranje PT-55 (razminirač)

1 — diskovi; 2 — nosač sekcije diskova; 3 — delovi za pričvršćenje razminirača za tenk;
4 — lanac sa kalemom



Sl. 4 — Uređaj za razminiranje PT-55 (traser)

1 — traser

Sastoji se od dve sekcije sa po četiri diska (svaki mase po 485 kg), dva nosača sekcija diskova, poteznog kalema sa lancem i delova za pričvršćivanje razminirača na tenk. Sve je učvršćeno na prednjem delu tenka (sl. 3), na postojećim letvama (1 i 3, sl. 1), dok se na zadnjem delu, na kukama za vuču, učvršćuje traser (sl. 4), koji obeležava razminiranu trasu.

b) Uređaj za razminiranje KMT-6

Uređaj spada u razminirače tipa kopačice i namenjen je za pravljenje prolaza u PT minskim poljima, iskopa-

vanjem plitko ukopanih mina, uklanjanjem mina razbacanih po površini i aktiviranjem mina sa antenom.

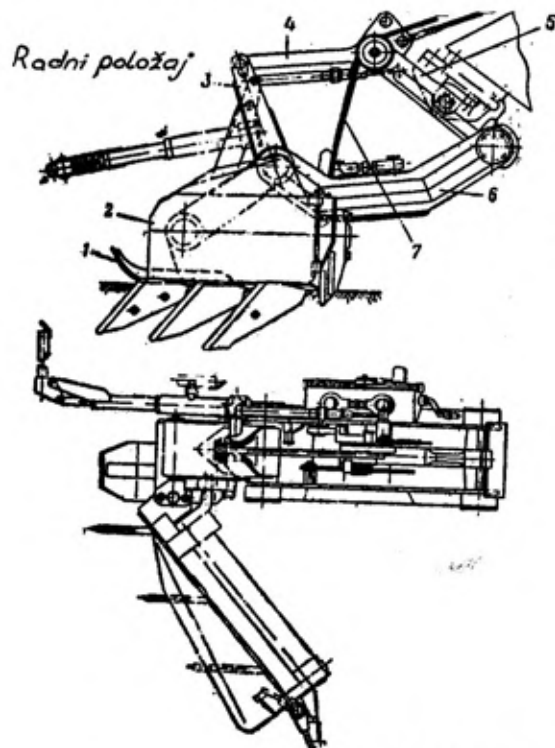
Uređaj se pričvršćuje na prednjem delu tenka, pri čemu se koriste postojeće letve (1 i 3, sl. 1), kao i cevi za pro-

Uređaj spada u razminirače eksplozivnog tipa i namenjen je za izradu prolaza u PT minskom polju eksplozivnom metodom, pomoću detonacije eksplozivnog pružnog punjenja LWD 100/5000, ispaljenog iz startnog spremnika PS-LWD (1, sl. 6).

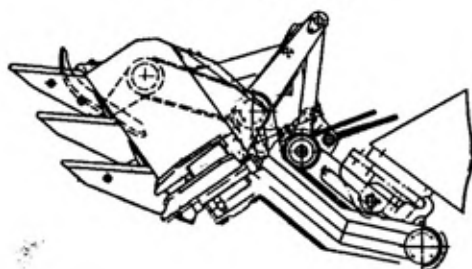
Koristi se nakon ugradnje na bazno vozilo (T-55A/P), odgovarajuće prilagođeno za ovu svrhu (sl. 2).

Osim svoje osnovne namene, razminirač se može koristiti i za:

— proširivanje prolaza kroz minске prepreke;



Marševski položaj



Sl. 5 — Uređaj za razminiranje KMT-6 (sekcija noževa)

1 — skije; 2 — radni organ; 3 — klipnjača; 4 — spona; 5 — držač; 6 — osovina; 7 — užo osovine

laz kablova (2). Sastoji se od dve sekcije noževa (leve i desne) (sl. 5), sklopova za spajanje, sklopova za aktiviranje mina sa antenom, pneumatskog mehanizma za podizanje sekcija noževa, električne opreme, sklopova za čišćenje snega (levog i desnog) i individualnog kompleta.

Individualni komplet, koji je smešten u posebnom sanduku, ugrađuje se na ploču (8, sl. 2), na zadnjem delu tenka.

c) Uređaj raketni, za otvaranje prolaza u minskom polju (UROP)



Sl. 6 — Tenk T-55A(P) sa ugrađenim UROP-om i KMT-6

1 — spremnik za punjenje PLWD; 2 — kasete PSK; 3 — kopačica KMT-6

— izradu prolaza u nekim inženjerskim preprekama ili njihovo uništavanje;

— onemogućavanje širenja požara na terenima obraslim niskim rastinjem;

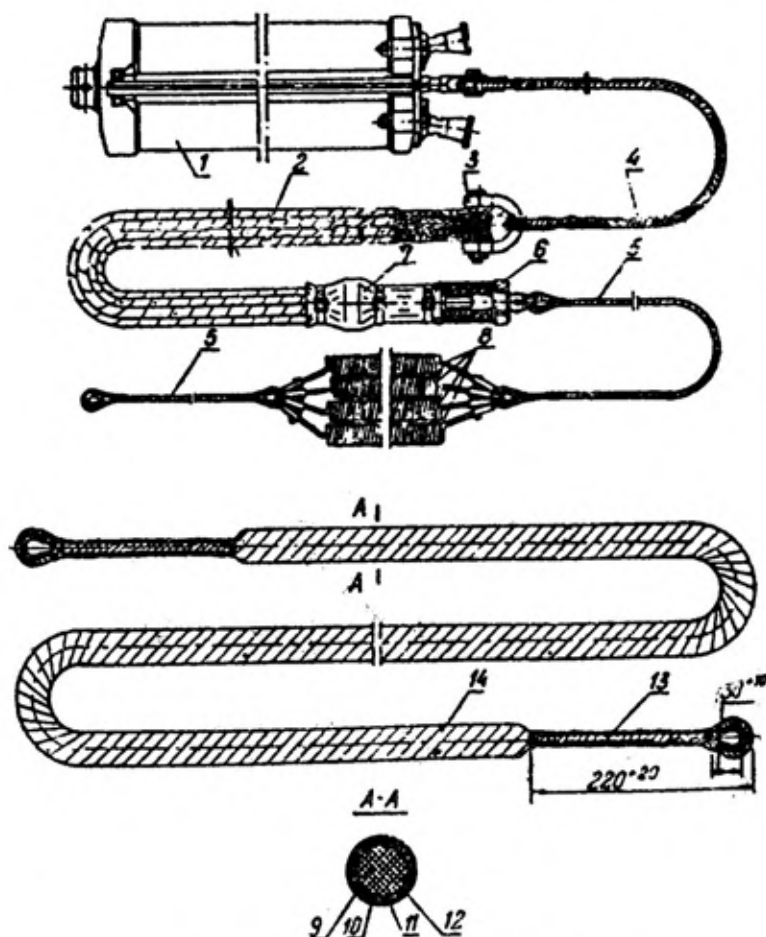
— probijanje leda na rekama, i dr.

UROP (1, 2. sl. 6) čini: komplet od dva spremnika — borbena lansera kontejnerskog tipa u kome su smeštena eksplozivna pružna punjenja LWD 100/5000 (sl. 7), oprema za pričvršćivanje

spremnika (sl. 2), komandni pult za lansiranje, smešten u upravljačkom delu tenka (sl. 2), kasete sa signalnim punjenjem za označavanje otvorenog prilaza u minskom polju (2, sl. 2) i druga pomoćna oprema.

Na zadnjem delu tenka smeštena je kasete PSK (2, sl. 6) sa signalnim punjenjem, koje označava razminiranu trasu kroz PT minsko polje.

Osnovna namena uređaja BTU-55 jeste obavljanje određenih inženjerij-



Sl. 7 — Veliko pružno punjenje LWD 100/5000

1 — raketni motor; 2 — punjenje LW-1; 3 — glava punjenja; 4 — spojno užde br. 1; 5 — spojno užde br. 2; 6 — uređaj za paljenje; 7 — rukav cerade; 8 — kočno izjednačavajuće opruge; 9 — jezgro MWP-10; 10 — stilonska traka; 11 — folija; 12 — stilonski konopci; 13 — omča (petlja) punjenja LW-1; 14 — punjenje LW-1

skih radova, mada se u povoljnim zemljišnim i meteorološkim uslovima može koristiti i za uklanjanje mina.

Zaključak

Svi tenkovi bez dorade osposobljeni su za ugradnju uređaja za razminiranje PT-55.

Nijedan od tenkova T-55 fabrički nije osposobljen za ugradnju UROP-a. Ugradnja ovog uređaja je moguća uz izvesne dorade koje su uspešno rešene u TRZ.

Na tenkovima koji uz doradu prihvataju UROP, bez posebne dorade osposobljeni su za ugradnju uređaja KMT-6, koji se uspešno dopunjuje sa UROP i obavezno se koristi uz njega.

Literatura:

- [1] Uređaj za razminiranje PT-55, dizalica KR-54M, tenkovski buldožerski uređaj BTU, M-67 i BTTU-55 (opis, rukovanje i održavanje), TS-VI, 600.
- [2] Privremeno pravilo Uređaj raketni za otvaranje prolaza u minskom polju (UROP), UOMJ-29.

- [3] Tenk T-55 i njegove modifikacije, knjiga I — deo 2 (opis, rukovanje i održavanje), TS-I/2, G-352.
- [4] Tenk T-72(s) i njegove modifikacije, deo 3 (opis, rukovanje i osnovno i tehničko održavanje), TU-I/3, 1586.



prikazi
iz inostranih
časopisa



NACIONALNI AEROKOSMIČKI AVION X-30

Program aviona budućnosti, nacionalnog aerokosmičkog aviona X-30, predviđa da se on u kosmičke visine vine pomoću sopstvenih krila, a ne kao raketoplan (space shuttle) pomoću rakete-nosača. Da bi to postigli, aeronautički stručnjaci su na njemu ostvarili sasvim nova tehnološka rešenja: materijale izvanredno otporne na ultravisoke temperature, aerodinamički oblik za velike nadzvučne brzine i dosada nigde primenjenu vrstu takozvanog »skremdžet« pogona.

I pored napretka koji su kosmički stručnjaci uspjeli da ostvare u izbacivanju kosmičkih stanica, letelica, satelita i naučnih sonda u kosmička prostranstva, svi su bili svesni činjenice da je svaka raketa-nosač, koja u sebi nosi ogroman teret kiseonika za let kroz donje slojeve Zemljine atmosfere, u stvari, veoma neefikasno rešenje, jer su donji slojevi atmosfere puni slobodnog kiseonika, pa je samo potrebno smisliti način kako da se iskoristi.

Stručnjaci-teoretičari su poodavno razrađivali ideju o motoru koji bi koristio taj slobodan kiseonik u atmosferi, kao i o načinu oblikovanja same letelice koja bi Zemljinu atmosferu koristila za još bolji aerodinamički uzgon nego do sada. Početkom osamdesetih godina Odbrambena agencija za istraživanje savremenih projekata ili, skraćeno agencija DARPA, tajno je koncentrisala napore na izradi programa nacionalnog aerokosmičkog aviona X-30 (NASP), čiji glavni finansijeri su američko ratno vazduhoplovstvo i mornarica i agencija NASA. U američkoj naučnoj i vojnoj štampi su se nedavno pojavile prve vesti o tehničkim rešenjima pomenutog aviona, čime su prvi put delimično otkriveni podaci o njemu.

Tehnički zahtevi za avion budućnosti

Kao prva i veoma značajna prednost ovog aviona budućnosti, u odnosu na dosadašnje rakete-nosače i njihove kosmičke letelice, jeste znatno smanjenje broja ljudi i postrojenja na Zemlji, potrebnih za poletanje, spuštanje i ser-

visiranje ovog aviona. Procenjuje se da bi se na njemu mogle ostvariti uštede od jedne desetinke do jedne stotinke troškova po kilogramu mase raketoplane koji se izbacuje u nisku orbitu oko Zemlje.

Da bi neki avion mogao doleteti i leteti po niskoj orbiti oko Zemlje (oko 160 km) potrebno je da postigne ubrzanje do orbitalne brzine, odnosno do brzine od 28.000 km/h (25 Maha). Među avionima je dosada najveću brzinu od 6,7 Maha uspeo da postigne eksperimentalni avion X-15 1967. godine. Robert Bartelemy, aeronautički inženjer koji u bazi RV Rajt-Paterson u Dejtonu u Ohaju radi na projektu aviona X-30, kaže, u vezi sa tim, sledeće: »Avion X-30 treba da bude što je moguće manji kako bi svoju težinu održao na apsolutnom minimumu, ali, s druge strane, i dovoljno veliki kako bi poneo dovoljno goriva da bi dospeo u orbitu. Efikasnost njegovih motora mora biti izvanredno velika, oko 95 procenata, kako bi iz svakog kilograma goriva izvukao što je moguće više energije, jer to gorivo sve dok se ne utroši predstavlja samo teret. Ako ne ostvarimo takvu efikasnost, uz dozvoljeno odstupanje od 1 do 2 procenta, i ako težinu praznog aviona ne uspemo da smanjimo na manje od 25 procenata od težine punog aviona pri poletanju, onda nikada nećemo uspeti da dospemo u orbitu«.

Problem zagrevanja materijala i visokih temperatura

Jedan od najozbiljnijih problema koji se javlja kod aviona koji lete ultra-

zvučnim brzinama jeste zagrevanje materijala do visokih temperatura, do čega dolazi zbog vazdušnog trenja pri letu kroz Zemljinu atmosferu. Francuski putnički avion konkord koji leti brzinom od 2 Maha i američki špijunski avion SR-71 čija brzina iznosi 3,2 Maha sagrađeni su od metalnih legura otpornih na visoke temperature, na kojima one i dalje ostaju čvrste i otporne. Međutim, kada su brojke Maha mnogo veće, efekti temperatura, pritisaka i mehaničkih naprezanja postaju toliko nepoznati da ih je nemoguće tačno predstaviti i utvrditi u zemaljskim laboratorijama. Jedino što je sigurno — to je da su ti efekti izvanredno veliki. Bartelemler o tome kaže: »Mi stvarno ništa ne znamo šta se sve dešava s avionom koji leti brzinama većim od 12 Maha. Da bi se to utvrdilo, nema drugog načina nego da se takav avion sagrađi i da se tokom leta utvrdi šta se sve sa njim dešava«.

Pri ultrazvučnim brzinama stručnjaci pretpostavljaju da će temperature na nekim delovima aviona X-30 dostizati i do 2800°C, daleko iznad tačke topljenja poznatih, na toplotu otpornih, legura. Još samo pre pet godina, mnogi stručnjaci za savremene kompozitne materijale su u šali govorili da bi se avion X-30 mogao sagrađiti jedino od legure »neostvarijum«. Međutim, prema navodima Teri Ronalda, direktora za materijale u projektu aviona X-30, brz napredak u istraživanju i razvoju savremenih materijala za poslednje tri godine potpuno je, izmenio takve poglede.

Ključni prodor u toj oblasti ostvaren je otklanjanjem Ahilove pete kod kompozitnih materijala od ugljenika: da ne sagorevaju u prisustvu kiseonika. Otpornost ovih materijala na izvanredno visoke temperature čini ih idealnim za izradu zaštitnih ploča na delovima aviona X-30, izloženim visokim temperaturama. Stručnjaci za materijale rešavali su probleme koji su se javljali na keramičkim pločama od silicijum-karbida, namenjenim za zaštitu od ki-

seonika. Naime, usled različitog stepena toplotnog širenja kod dva pomenuta materijala javljale su se hronične naprsline na ovim pločama. Da bi se to otklonilo, trebalo je, po rečima Ronalda, između keramičkih ploča utisnuti sloj staklaste mase u tečnom stanju koja oksidira i začepljuje sve naprsline koje se pojavljuju. Posle toga su u samu masu ugljenika dodati izvesni inhibitori koji su uticali na to da sav kiseonik koji je prodro kroz spoljni omotač postane neškodljiv za kompozitni materijal, pa je došlo do neke vrste »samoizlečenja«.

Stručnjaci za materijale su, tako, odlučili da se košuljica aviona X-30 izradi, uglavnom, od novog metalno-kompozitnog materijala, sastavljenog od specijalne legure titanijuma, ojačane keramičkim vlaknima. Preko većeg dela ove košuljice postavili su zaštitne ploče od ugljenika, otporne na visoku temperaturu, dok delovi aviona, najizloženiji aerodinamičkom zagrevanju, kao što su kljun aviona, vodeće ivice krila i unutrašnjost motora treba da se hlade specijalnim postupkom: kroz mnoštvo prolaza u unutrašnjem kosturu aviona biće provučene cevi kroz koje će proticati rashlađeni vodonik u gasovitom stanju. Ove cevi biće obložene masom od ugljeničkih vlakana, inače izvanrednog termalnog provodnika, tako da će se, gotovo bez ikakvih gubitaka, hladnoća iz cevi prenositi na pomenute delove aviona.

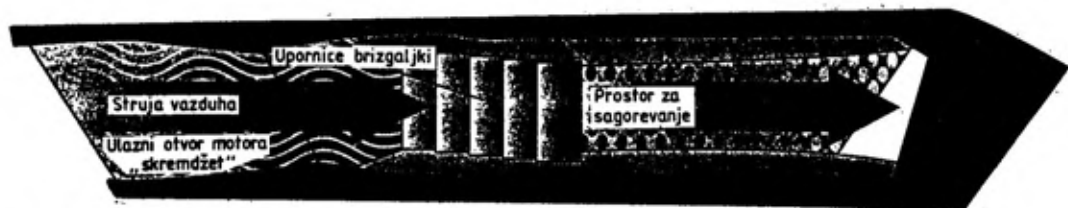
Sistem pogona »skremdžet«

Pogon koji avionu X-30 treba da obezbedi brzinu od 25 Maha dolaziće od potpuno nove vrste motora »remdžet-skremdžet« (ramjet-scramjet), zasnovanog na hibridnom sistemu pogona. Sistem pogona »remdžet« je, u stvari, pravotočni vazdušno-reaktivni motor, iznenađujuće jednostavan motor, koji već desetinama godina služi za pogon raketa. Klasičan »remdžet« motor sastoji se od usisne cevi konusnog oblika u kojoj su smeštene brizgaljke za gori-

vo. Vazduh koji u usisnu cev konusnog oblika uleće nadzvučnom brzinom smanjuje se u njoj na podzvučnu brzinu, čime se, u stvari, sabija i zagreva radi efikasnijeg sagorevanja. Sagoreli izduvni gasovi se šire, zatim, iz proširenog zadnjeg dela mlaznice i to brzinom većom nego što je brzina ulaznog vazduha, stvarajući pri tom potreban potisak.

nešto što aeronautički stručnjaci upoređuju sa »paljenjem šibice usred najveće oluje«. Ovakvu novu vrstu motora stručnjaci su nazvali motor »rem-džet« sa nadzvučnim sagorevanjem ili motor »skremdžet«.

Ovakvo sagorevanje u hiljaditom deliću sekunde u unutrašnjosti »skremdžet« motora nalaže obavezu da se ovde upotrebi u hemijskom pogledu brzorea-



Sl. 1 — Motor »skremdžet« (gore) konstruisan je za brzine veće od 6 Maha i sastoji se od pravougaone mlaznice sa konvergentnim usisnim grlom ili difuzorom. Vazduh koji ulazi na ulazni otvor se prvo usporava i, zatim, dok prolazi kroz stešnjenno grlo, sabija i zagreva, što se sve odigrava još uvek pri nadzvučnoj brzini. Gorivo ulazi kroz otvore na upornicama brizgaljki. Mešanje vazduha sa gorivom i njihovo sagorevanje odigrava se nizvodno od ovih upornica. Dok izleću kroz prošireni zadnji kraj mlaznice izduvni gasovi se šire i ubrzavaju, stvarajući tako potreban potisak

Sistem pogona »remdžet« funkcioniše dobro za brzine aviona od 1 do 6 Maha, kada ti motori postaju izvanredno vrel i neefikasni, zbog otpora koji se stvara sabijanjem vazdušne struje koja brzo protiče. Da bi se postigle brzine iznad 6 Maha, sistem »remdžet« motora mora se osposobiti da se ubrizgano gorivo pomeša sa vazduhom koji u motor uleće nadzvučnom brzinom i da se, zatim, čitav proces sagorevanja odigra u munjevitom trenutku — dakle

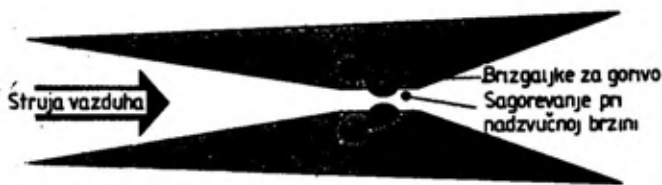
gujuće gorivo, a takvim zahtevima, po nalazu stručnjaka, najbolje odgovara vodonik. Međutim, i taj laki element ima veliki nedostatak, a to je da njegova mala gustina zahteva velike količine tečnog kiseonika, odnosno rezervoare velikih zapremina. Na svu sreću, tečan kiseonik može se rashladiti do mase u polučvrstom-polutečnom stanju. Kada se ova masa tečnog kiseonika kao goriva dovede daljim rashlađivanjem u još gušće stanje, onda se težina avi-



Sl. 2 — Pri brzinama većim od 6 Maha motor počinje da funkcioniše po principu »skremdžet«. Ogroman pritisak na ulaznom otvoru uklanja šok difuzera iz putanje protoka vazduha. Treća serija brizgaljki za gorivo, koja se nalazi više uzvodno u mlaznici, započinje sagorevanje pri nadzvučnoj brzini protoka vazduha, i ona se održava tokom protoka kroz čitav motor

ona X-30 pri poletanju može smanjiti za 30 procenata u odnosu na težinu istog aviona koji kao gorivo koristi kiseonik u tečnom stanju.

Značajna karakteristika aviona X-30 je i donji deo trupa, koji je oblikovan da obavi dve ključne funkcije. Prva je da avionu obezbedi potrebnu

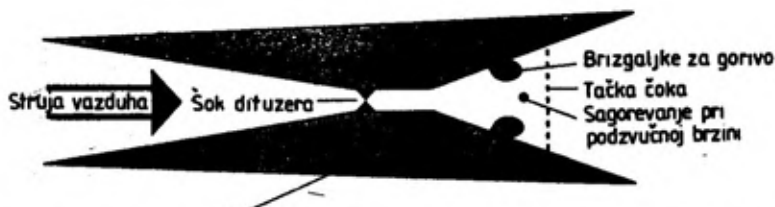


Sl. 3 — Dok se avion približava brzini od 5 Maha, takozvana tačka čoka se pomera više uzvodno u izlaznom otvoru. Sagorevanje podzvučnom brzinom u motoru se ostvaruje tako što se aktivira druga serija brizgaljki za gorivo, koja je smeštena više uzvodno u putanji protoka vazduha

Osposobljavanje motora »remdžet« da funkcioniše po sistemu »skremdžet«, odnosno jednog istog motora da funkcioniše pod dva sasvim različita uslova, postiže se postavljanjem brizgaljki za gorivo na različita mesta na unutrašnjem zidu mlaznice. Jedan kontrolni uređaj automatski menja mesto brizgaljki za gorivo u skladu sa položajem komore za sagorevanje u motoru: to mesto brizgaljki za gorivo se sa povećanjem brzine leta sve više pomera uzvodno u struji vazduha koji ulazi u motor.

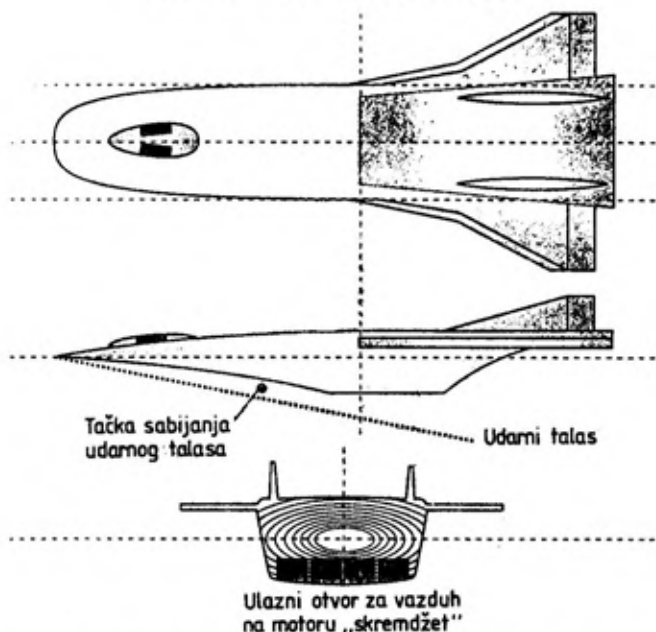
silu uzgona, što je urađeno po uzoru na donji deo trupa ranijih raketoplana (space shuttle), a druga je da se u njemu obavi najveći deo kompresije usisanog vazduha, njegovo trenutno sagorevanje i širenje unazad, čime se i ostvaruje potreban potisak u motoru »skremdžet«.

Aeronautički stručnjaci ističu da se skladno funkcionisanje svih delova u avionu i njegov let tako velikim brzinama ne može uopšte zamisliti bez savremenog i moćnog superračunara koji u trenu treba da obavi na milione raz-



Sl. 4 — Dvostruki način rada pogonskog sistema na avionu X-30 odlikuje se time što se brzina ulaznog vazduha smanjuje na podzvučnu, pre nego što se u njega ubrizga vodonik. Smanjenje brzine protoka vazduha na podzvučnu brzinu odigrava se u tački čoka, gde se ostvaruje i sagorevanje. Pritisak koji se stvara procesom sabijanja u stešnjenom usisnom grlu, ili difuzeru, dovodi do stvaranja takozvanog udarnog talasa. To je način rada po sistemu »remdžet«

SCULPTING THE NASP



Sl. 5 — OBLIKOVANJE AVIONA X-30. Siroki oblik trupa aviona X-30, na gornjem crtežu, a posebno velika površina i zapremina donjeg dela trupa, obezbeđuju mu potrebnu silu uzgona, kao i prostor za smeštaj motora »skremdžet«. Zdepasta krila mu daju potrebnu kontrolu leta, ali malo uzgonske sile. Na srednjem crtežu udarni talas koji se obrazuje na kljunu aviona obezbeđuje dodatnu energiju sabijanja struje vazduha na ulaznim otvorima motora. Čitavo oblikovanje donjeg dela trupa za sada se čuva u strogoj tajnosti

ličitih kalkulacija u dosada malo poznatoj disciplini — kompjuterizovanoj dinamici fluida. Da bi se problemi iz pomenute discipline što uspešnije rešili, na tom poslu je sada angažovano dve trećine svih naučnika i stručnjaka u SAD.

Ako se finansiranje projekta aviona X-30 uskladi sa tempom tehnološkog razvoja, aeronautički stručnjaci se

nadaju da će izrada dva opitna aviona X-30 početi 1993, a prvi opitni let 1997. godine. Međutim, kako ti stručnjaci ističu, oni će do tog vremena morati da reše još mnoge nepoznanice, a činjenica što se rešavanje tih nepoznanica odvija u najvećoj tajnosti, čini da je njegovo rešavanje još složenije i teže.

M. Đurić



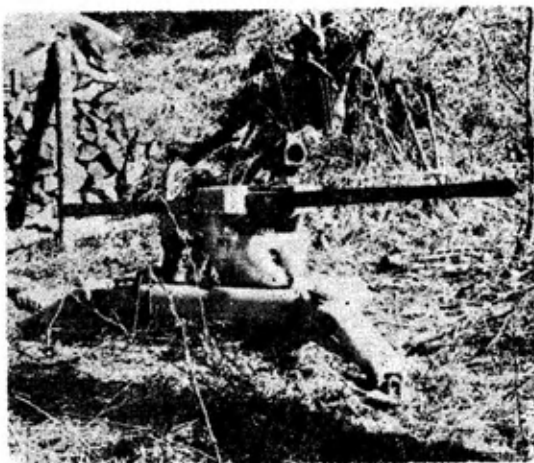
tehničke novosti i zanimljivosti

Pešadijski 25 mm top »ILTIS« švajcarske firme »OERLIKON- BÜHRLE«¹

Da bi se omogućilo malim pešadijskim jedinicama uspešno suprotstavljati iznenadnoj opasnosti na bojištu od lakih oklopnih vozila i borbenih helikoptera, švajcarska firma OERLIKON BÜHRLE razvila je pešadijski top ILTIS kalibra 25 mm.

Sa lafetom od kompozitnog materijala, top ima masu 240 kg (od čega 69 kg otpada na sklop oružja bez cevi, 48 kg na cev i 123 kg na lafet). On se može rastaviti na više delova za prenošenje na leđima vojnika. Kada je snabdeven točkovima, može se dovesti do vatrenog položaja. Ako se montira na terensko vozilo, gađanje se može obavljati i u vožnji. Sposoban je za borbu protiv helikoptera do daljine 2000 m i lakih oklopnih vozila do 1800 m, ima brzinu gađanja 800 metaka/minut i koristi potkalibarnu municiju ($V_0 = 1285$ m/s, vreme leta zrna do 2000 m 17 s) ili normalnu municiju ($V_0 = 1160$ m/s, vreme leta do 2000 m 2,4 s). Punjenje oružja obezbeđuju dva magacina po 15 metaka sa mogućnošću brze promene dva tipa muni-

cije. Takođe je moguće i punjenje pomoću redenika (standardnog za sve 25 mm topove OERLIKON).



Pokretljivost cevi pokriva uglove od $\pm 60^\circ$ po pravcu i od -10° do $+45^\circ$ po elevaciji. Proizvođač predlaže više nišanskih sistema: počev od klasične proste mehaničke nišanske sprave do glavnog optičkog nišana, koji preko optičkog kabla prenosi sliku cilja (sa mogućnošću podešavanja po veličini) nišandžiji u zaklonjenom prostoru. Prema opciji, moguće je integrisati uređaj za noćno gađanje i daljinomer. Firma sada

¹ Prema podacima iz: DÉFENCE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 107, str. 87.

proučava, u cilju smanjenja mase sistema, konstrukciju topa od kompozitnog materijala, koji bi takođe bio vrlo interesantan za primenu na vazduhoplovima.

Američki sistem za izviđanje iz vazduha »RC-350 GUARDIAN«²

Prateći u korak novi izviđački sistem firme WESTINGHOUSE za naknadnu ugradnju u avione ISLANDER/DEFENDER, američka firma RAYTHEON objavila je da nastavlja razvoj svog avionskog elektronskog izviđačkog sistema (ELINT) koji je namenjen međunarodnom tržištu.

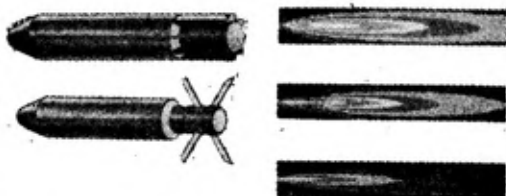
Pod nazivom RC-350 GUARDIAN, sistem se sastoji od modularno zasnovane elektronske opreme smeštene u turboelisni avion KING AIR. Ugrađena elektronika hvata, kontroliše i registruje signale koji se zatim pomoću releja dostavljaju vozilu na zemlji preko bezbedne širokopojasne veze za prenos podataka za obradu i analize. Operatori u zemaljskoj stanici u stvari upravljaju i kontrolišu elektronsku opremu omogućujući pilotu da obavlja svoje dužnosti u vazduhu. Sistem GUARDIAN hvata signale kroz ceo opseg HF-UHF, od 20 do 1400 MHz, kao i u mikrotalasnom opsegu. Jedan precizni goniometarski i emitterski geo-lokacioni sistem može da precizno odredi pravac emitovanja do nekoliko stepeni. Domet šifrovane veze za prenos podataka između platforme i zemaljske stanice (ili dve međusobno povezane stanice) je 320 km. Avion KING AIR ima na krajevima krila dva antenska kontejnera za otkrivanje radarskih frekvencija u GHz opsegu, dok se u jednom ispupčenju na trupu nalazi multielementna antena koja služi kao geo-lokator i prijemnik prisluškivanja veza. Oprema se sastoji od modifikova-

nog sistema za elektronsku podršku ALQ-142, kao što ga imaju helikopteri SH-60 LAMPS. Avioni KING AIR, sa visinom krstarenja od oko 10.000 m i trajanje izvršavanja zadatka od 6 h, obavljali su slične dužnosti i u prošlosti. On je platforma za avion za specijalne zadatke RC-12D GUARDRAIL američkog KoV koji je korišćen za frontovsko elektronsko izviđanje (ELINT) i izviđanje sredstvima veze (COMINT).

Prema tvrdnji firme, ovaj sistem se može proširiti integrisanjem drugih senzora kao što su radar i elektrooptika. Firma tvrdi da će i troškovi u toku radnog veka biti niži u odnosu na druge slične sisteme. GUARDIAN se sada nalazi u fazi ispitivanja a zatim bi trebalo da bude prikazan potencijalnim kupcima. Cena će biti reda 200 miliona dolara za sistem koji se sastoji od šest KING AIR platformi i dva zemaljska vozila.

Nove koncepcije IC mamaca francuske firme »SNPE«³

Tehnološka evolucija sistema za samonavođenje koja se javila početkom 80-ih godina dovela je do razvijanja sredstava za pasivna protivdejstva, takvih kao što su infracrveni mamci koji se koriste zajedno sa uređajima za pro-



tivelektronska dejstva. To se posebno odnosi na proizvode namenjene »vazдушnom sektoru«, čija je evolucija tekla najbrže.

² Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 11, str. 1277.

³ Prema podacima iz: DÉFENCE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 104, str. 98.

Pojava sistema za protiv-protivdejstva, IC detektora sa više režima rada, čak i za 2000-te godine, video detektora, zahteva neophodnu zamenu konvencionalnih sredstava druge generacije.

Zahvaljujući velikom iskustvu stečenom u domenu pogona i analize mlazne propulzije, francuska firma SNPE (Société Nationale de Poudres et Explosifs) bila je u stanju da razvije originalnu koncepciju IC mamaca sa poboljšanom efikasnošću. Novi IC mamac nije više jednostavno sredstvo koje se pokorava dejstvima gravitacije i aerodinamičkih sila posle izbacivanja iz vazduhoplova. Ono je čak dobilo trajektoriju da emituje infracrvenu sliku prilagođenu platformi koju štiti. Korišćene pirotehničke smeše razvijene su iz onih koje se primenjuju u propulziji i sadrže aditive za stvaranje nivoa potrebnog IC i spektralnog zračenja. Postupak proizvodnje je sličan onom koji je već dobro poznat i primenjuje se u proizvodnji raketa.

SNPE je već realizovala takva sredstva čija je upotreba dovela, zajedno sa britanskom firmom PAINS WESSEX, do programa za mogućnost njihovog korišćenja i ispitivanja u letu na avionu TORNADO. Sada se proučavaju mogućnosti primene na francuskim i američkim bacačima mamaca. Kao dopunu novih koncepcija, SNPE radi studiju, u cilju stvaranja banke podataka za odgovarajuće IC slike mamaca, koje treba da uđu u globalnu šemu namenjenu za predviđanje efikasnosti upotrebe mamaca. SNPE raspolaže dokumentacijom sa podacima merenja, koji bi mogli imati važnu ulogu u standardizaciji metodologija merenja.

U sektoru »zemlja« korišćen je isti prilaz posebno u formulisanju IC širokog opsega, koji se zasniva na pirotehničkim i nepirotehničkim koncepcijama, što dozvoljava veću pogodnost upotrebe municije, obezbeđujući povećanu efikasnost maskiranja oklopnih oruđa.

Pored poboljšanja IC mamaca, SNPE obavlja proučavanja koja se odnose na mešovite IC radara, u cilju davanja odgovora budućim potrebama na moru i u vazduhu.

Nišanska sprava »BOFORS« za novu generaciju borbenih vozila⁴

Švedski tenk 90 je baza za buduću generaciju borbenih vozila. On je opremljen nišanskom spravom BOFORS, koja se sastoji od nišanske sprave za dnevno svetlo firme BOFORS AERONAUTICS AB i uređaja za termo-sliku firme KOLLSMAN iz SAD. Obe firme su zajednički razvile navedenu nišansku spravu. Na slici je prikazana nišanska sprava, čije se gornje ogledalo mo-



že električnim servo-uređajem podešavati, pa se kao posebna izvedba može izvršiti i njegova žiro-stabilizacija. Kada je nišanska linija stabilizovana, laserski daljinomer je stalno usmeren na cilj i omogućava stalna tačna određivanja daljine u toku praćenja pokretnog cilja. Nišanska sprava je izgrađena po modularnom principu, pa može da izvršava brojne zadatke i da se prilagođava različitim ciljevima — vozilima, helikopterima, transportnim i borbenim

⁴ Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1992, br. 1, str. 84.

avionima. Uprava za nabavke švedskih oružanih snaga ugovorila je nabavku u vrednosti od 20—30 miliona dolara, a predviđa i opcije za povećanje ove sume za 3 do 4 puta.

Švedsko-francuska protivoklopna artiljerijska kasetna municija »BONUS«⁵

Švedska firma BOFORS i francuska firma INTERTECHNIQUE zaključile su ugovor o razvoju protivoklopne kasetne municije za artiljerijski projektil od 155 mm (masa 45 kg, domet 25 km). BOFORS treba da obezbedi izvršavanje ovog programa u kome će INTERTECHNIQUE realizovati inteligentnu optoelektronsku opremu za aktiviranje protivoklopnih projektila. Dva subprojektila izbacuju se iz artiljerijskog kasetnog projektila BONUS (BOFORS NUTating Sub-munition) iznad zone ciljeva, na visini oko 1000 m, zahvaljujući vremenskom upaljaču. Posle odvajanja od BONUS-a oni odmah počinju da rotiraju za vreme spuštanja prema zemlji. Takvo kretanje omogućuje pretraživanje i analiziranje napadnutog terena (više hektara). U svakom subprojektilu inteligentna optoelektronika oslobađa i aktivira »svoj« protivoklopni projektil čim neki tenk bude detektovan (nominalno odstojanje inicijacije 150 m). Ovaj projektil usmerava se prema tenku brzinom preko 2000 m/s i napada ga odozgo. Raspoznavanje cilja vrši se obrađivanjem slike dobijene od multispektralnog prijemnika u toj opremi. Ova oprema, koja integriše optičke uređaje za detekciju u više frekventnih opsega i procesore za brzo obrađivanje slike, zamišljena je da značajno uveća, uz manje troškove, performanse protivoklopnih artiljerijskih

sistema. Upotreba multispektralne tehnologije omogućuje postizanje, uz minimalne troškove, velike verovatnoće detekcije oklopnih ciljeva sa vrlo niskim procentom grešaka.

Španski artiljerijski metak sa potkalibarnim projektilom 105 mm »CETME APFSDS«⁶

Španska firma SANTA BARBARA razvila je novi metak sa potkalibarnim projektilom 105 mm CETME APFSDS. Ovaj metak nedavno je prihvatila španska armija, a namenjen je za tenkovske topove F1, M68 i L7, koji se ugrađuju u tenkove AMX30, M48A5 i LEOPARD 1. Glavna odlika ove municije je relativno nizak pritisak u barutnoj komori (niži od 3400 Bara na temperaturi oko 21°C, dok je kod klasične potkalibarne municije 105 mm isti pritisak preko 4000 Bara). Penetrator potkalibarnog projektila ima masu od 18 kg, dužinu 550 mm i prečnik od 27 mm, tako da je ostvaren odnos $l/d=20,4$. Uz navedene karakteristike i početnu brzinu od 1480 m/s, penetrator probija tešku pancirnu NATO metu pod uglom od 60° na udaljenosti od preko 5000 m.

Projektil sa korekcijom trajektorije za 76 mm mornarički top italijanske firme »OTO-MELARA«⁷

Italijanska firma OTO-MELARA razvija u kooperaciji sa firmom BRITISH AEROSPACE, za svoj standardni ili super brzi mornarički top 76/62 mm, projektil sa mogućnošću korigova-

⁵ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 8, str. 888.

⁷ Prema podacima iz: DÉFENCE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 104, str. 79.

⁶ Prema podacima iz: DÉFENCE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 104, str. 94.

nja trajektorije za kalibar 76 mm. Ovaj projektil namenjen je protiv vazdušnih ciljeva koji razvijaju vrlo veliku brzinu (posebno rakete), sa uzimanjem u obzir spoljnih uticaja i/ili manevara izbegavanja koje vrše ovi ciljevi.

OTO-MELARA je zadužena za balističke komponente, propulziju i bojnu glavu (u saradnji sa italijanskom firmom BORLETTI i francuskom SNPE); BRITISH AEROSPACE odgovorna je za elektroniku (u saradnji sa MRSL). Ovaj projektil, koji treba da uđe u naoružanje 1992. godine zahteva samo ograničenu modifikaciju i male troškove za operativni centar broda i turelu topa. Elektronika u projektilu, reducirana na minimum zbog ograničenja složenosti, obuhvata: prijemnik daljinskih komandi, detektor referentne vertikale, procesor komandi i uređaj za odstupanje od trajektorije. Ostali elementi smešteni su u operativnom centru i u tureli.

Metak sa potkalibarnim projektilom kalibra 20 mm španske firme »SANTA-BARBARA«⁸

Španska firma »SANTA-BARBARA« razvila je metak sa potkalibarnim projektilom kalibra 20 mm namenjen za brodske topove MEROKA. Ovaj metak bi se mogao efikasno primeniti za odbranu od protivbrodskih raketnih projektila, ali i za gađanje ciljeva na kopnu. Kompletan metak je dugačak 200 mm, a masa mu je 280 g, od čega je 100 g masa projektila. Prečnik penetratora je 12 mm, a masa 75 g. Sa početnom brzinom od 1300 m/s penetrator probija čeličnu ploču debljine 30 mm (čelik čvrstoće 100 daN/mm²) na udaljenosti od 1500 m. Ovaj metak ima električnu ini-

cijalnu kapislu, ali se može proizvoditi i verzija za topove kao što je OERLIKON S TG.

Streljački metak sa pancirnim zrnom kalibra 5,56 mm španske firme »SANTA-BARBARA«⁹

Španska firma »SANTA-BARBARA« razvila je novi pancirni streljački metak 5,56×45 mm. Kompletan metak je dugačak 57,4 mm, a masa mu je 11,8 g. Masa mesingane čaure je 5,7 g a dužine 44,7 mm. Prečnik inicijalne kapisle tipa BERDAN je 4,5 mm. Zrno dužine 23 mm i mase 4,65 g ima jezgro od volfram-karbida i košuljicu od mesinga 90/10. Barutno punjenje mase 1,7 g je od progresivnog dvobaznog streljačkog baruta (tip 369). Sa pritiskom u barutnoj komori od 3800 do 4200 Bara postiže se početna brzina zrna od 867 m/s i energija od 1500 J. Maksimalni domet zrna odgovara NATO standardima za municiju kalibra 5,56 mm, a preciznost na 100 m je 100 mm.

Američka bespilotna letelica »UAV«¹⁰

Sekretarijat za odbranu SAD izabrao je američku firmu McDONNELL DOUGLAS da izradi studiju razvoja za malu bespilotnu letelicu sa daljinskim upravljanjem UAV.

McDONNELL DOUGLAS MISSILE SYSTEMS Co u saradnji sa firmom SKY TECHNOLOGY Inc konstruisaće malu letelicu sa reaktivnim pogonom, koja će stajati vertikalno oslanjajući se

⁸ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 8, str. 888.

⁹ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 8, str. 888.

¹⁰ Prema podacima iz: DÉFENCE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 106, str. 8.

na repni deo. Ona će moći da uzleti vertikalno, da se kreće translatorno u horizontalnom letu i da aterira na svoj zadnji deo. U cilju demonstracionog prikazivanja biće razvijen prototip u prirodnoj veličini. Konceptija »stajanje na repu« kombinuje fleksibilnost i prednost vertikalnog poletanja i sletanja (VTOL) letelice sa rotirajućim nosećim površinama sa brzinom i trajanjem leta vazduhoplova koji imaju nepokretna krila.

UAV će moći da operiše sa nepripremljenih terena i zatvorenih zona kao i sa paluba malih brodova bez lansirnih uređaja i kompleksa oprema za spasavanje. Ova letelica imaće dužinu 2,10 m, razmah krila 2,25 m, ukupnu masu 107,5 kg a koristan teret 22,6 kg. Njena brzina krstarećeg leta biće preko 273 km/h, a minimalna brzina 104 km/h.

Korišćenje asura od staklenih vlakana za obnavljanje razrušenih PSS u SAD¹¹

Sudeći po podacima iz vojnih publikacija, u SAD se nastavljaju radovi za ostvarivanje kompleksnog programa RRR (Rapid Runway Repair — brza opravka poletno-sletnih staza) koji predviđa uvežbavanje najoptimalnijih načina remonta oštećenih PSS. Dve naučnoistraživačke organizacije ministarstva odbrane SAD (Engineering and Services Laboratory i Navy Civil Engineering Laboratory), posle više od 11 godina zajedničkih naučnoistraživačkih i opitno-konstruktorskih radova, predložile su novi način obnavljanja PSS korišćenjem čvrstih sklapajućih asura, izrađenih od staklenih vlakana. Dimenzija svake asure je u raširenom stanju 9,2×16,5 m. Kako su predviđali američki stručnjaci u početnoj fazi istraživanja, ove asure su trebale da pred-

stavljaju monolitne ploče, smeštene u blizini PSS u vazduhoplovnim bazama. Međutim, kasnije su odabrali tip asura koje se mogu sklapati (kao »harmonika«), čime se znatno pojednostavljuje čuvanje i prevoženje.

Ispitivanje asura vršeno je na sledeći način: na betonskoj PSS (u jednoj od bivših američkih vazduhoplovnih baza) eksplozivom su napravljena tri kratera. U toku radova na obnavljanju najpre je pomoću bagera uklonjeno ispušćenje po obodu kratera. Zatim je taj krater buldožerom zasipan šljunkom čije su rezerve specijalno pripremljene za te svrhe. Površinski sloj je nabijan pomoću vibratora, potom su na nasuti krater stavljane asure koje su za neoštećeni deo PSS pričvršćivane klinovima.

Za ispitivanje su korišćeni avioni F-16 i F-4 iz baze Englin koji su obavili preko 500 poletanja, sletanja, ruliranja i zaustavljanja na PSS koja je obnovljena na takav način.

Centar za razvoj metoda borbenog korišćenja taktičkog lovačkog vazduhoplovstva SAD u bazi Englin, (Florida) odobrio je rezultate ispitivanja i preporučio je korišćenje asura od staklenih vlakana za opravku oštećenih PSS. Na osnovu toga zaključena su dva ugovora. Jedan je predviđao kupovanje 38 asura za organizovanje procesa obuke u vazduhoplovnim bazama taktičke vazduhoplovne komande, a drugi — preko 900 jedinica za blagovremeno uskladištavanje u cilju obezbeđenja brzog sprovođenja mera na obnavljanju razorenih PSS za vreme rata.

Primerbe na novi nemački ogrtač za ličnu NHB zaštitu¹²

Kada je video u svojoj jedinici novi ogrtač, koji je lična NHB zaštita vojnika, jedan čitalac časopisa WEHR-

¹¹ Prema podacima iz: ZARUBEŽNOE VOENNOE OBOZRENIE 1991, br. 6, str. 76.

¹² Prema podacima iz: WEHRTECHNIK 1991, br. 11, str. 64.

TECHNIK zapitao se: kako je moguće da moderna armija sa razvijenom tehnologijom kao što je Bundesver nabavi džakove za đubre i proglasi ih kao ogrtače za NHB zaštitu, koji će u budućnosti biti sastavni deo lične opreme svakog vojnika?



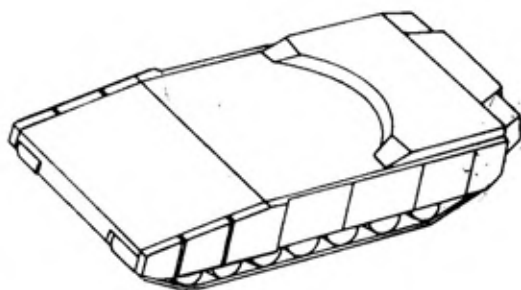
»Džak za đubre« je napred otvoren i pruža znatno manju zaštitu od dosadašnjih ogrtača. Osim toga vojnik ne može da izvršava svoje zadatke (posluživanje oružja) uz ovakvu zaštitu. Ako to radi, novi ogrtač bi se brzo raspao, jer tanka plastika nije baš naročito otporna.

Očigledno je da ni funkcija zatvarača na prednjoj strani nije dobra. Konačno se postavlja i pitanje kako Bundesver može da plati preko 50 DM za ovaj »džak za đubre«, kada običan džak za đubre u trgovinama košta manje od 1 DM. Na kraju se isti čitalac nada da

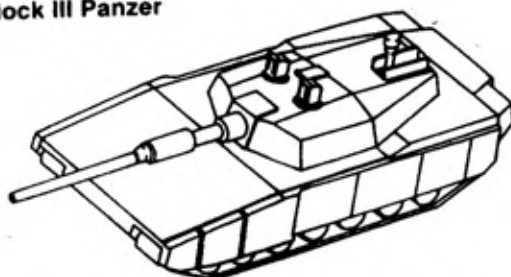
će se ovaj novi artikal ABH zaštititi ipak ispitati ili podvrći eksperimentalnom korišćenju u jedinicama, ili će to biti samo neko prelazno rešenje.

Novi američki program razvoja oklopnih borbenih vozila¹³

Američka armija je krajem 1990. god. počela sa realizacijom plana modernizacije oklopnih sredstava KoV. Pod nazivom ARMoured SYSTEM MODERNIZATION se planira izrada 4 prototipa oklopnih sredstava na unificiranoj oklopnoj šasiji tenka BLOCK III i to: tenka, samohodne haubice, inženjerskog vozila i borbenog vozila pešadije, a na šasiji oklopnog vozila M-2 BRADLEY-PT raketni lovac tenkova i oklopno vozilo za podršku muni-

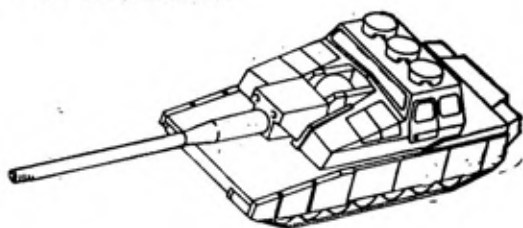


Block III Panzer

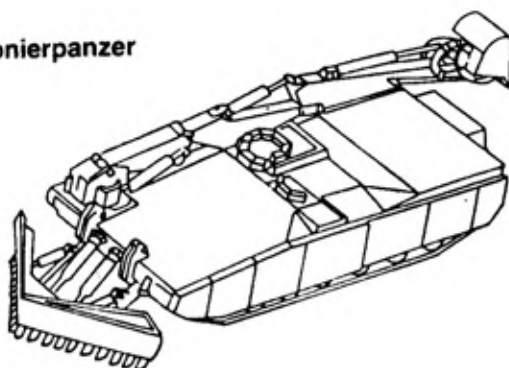


¹³ Prema podacima iz: TRUPPENDIENST 1991, br. 5, str. 464 i 465.

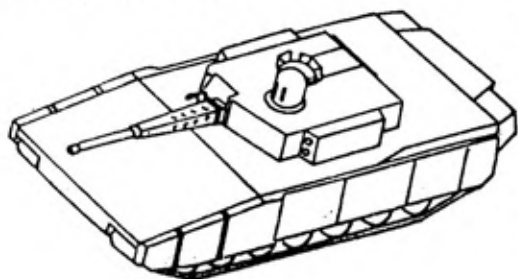
Neue Panzerhaubitze



Pionierpanzer



Zukünftiger Schützenpanzer



cijom. Predviđena je izrada modela u razmeri 1:1, a zatim prototipova do 2001. godine.

Tri američka koncerna: GENERAL DYNAMICS, GENERAL MOTORS i TELEDYNE CONTINENTAL MOTORS učestvuju na konkursu izrade prototipa unificirane šasijske tenka BLOCK III koji treba da zameni tenk M-1 ABRAMS i bude šasija ostalim varijantama oklopnih sistema. Prototipovi bi trebalo da budu završeni do 1994. godine.

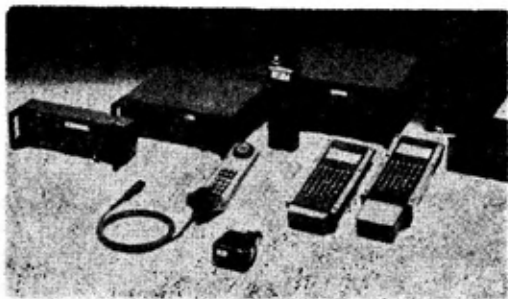
U daljoj fazi realizacije prednost se daje finalizaciji prototipa tenka BLOCK III sa kalibrom topa ne manjim od 140 mm, sa tri člana posade i automatskim punjenjem kao i sa drugim najsavremenijim sistemima. U daljoj fazi se predviđaju ispitivanja sa prototipom elektromagnetnog i elektrotermičkog topa (realizacija u prvoj deceniji 2000. godine). Planom je predviđena serijska proizvodnja 1946 tenkova BLOCK III, dok bi se broj jedinica ostalih varijanti oklopnih sistema odredio kasnije.

Familija VVF radio-primopredajnika »PR4G« francuske firme »THOMSON-CSF«¹⁴

Familija VVF radio-uređaja PR4G obuhvata četiri konfiguracije: prenosne, prevozne, vazduhoplovne i ručne radio-uređaje, uključujući i sisteme za planiranje i distribuciju frekvencija i ključeva (programatori, punjači). Familija radio-uređaja PR4G predviđena je za rad u opsegu 30 do 88 MHz sa kanalnim rasterom od po 25 kHz. Uređaji imaju mogućnost rada na fiksnoj frekvenciji uz analogni (FM) prenos, rada na fiksnoj frekvenciji uz digitalni prenos (16 kb/s), rada sa frekvencijskim skakanjem i mogućnost slobodnog traženja kanala. Prenosna varijanta ima mogućnost izbora izlazne RF snage 0,4 ili 4 W. Napaja se iz baterije 10,5 do 32 V. Autonomija uređaja uz korišćenje litijumske baterije je 2 h, ili 12 h ako se uređaj napaja iz NiCd baterije. Izlazna RF snaga prevozne varijante je 0,4 ili 40 W, a uređaj se napaja iz jednosmernog izvora 18 do 33 V. Vazduhoplovni radio-uređaj ima izbor RF izlazne snage 0,5 i 10 W, a napaja se iz jednosmernog izvora od 28 V. Izlazna RF snaga ručnog uređaja je 0,1, 1 i 4

¹⁴ Prema podacima iz: SIGNAL 1991, novembar, str. 28.

W, napaja se iz baterije 7,5 V (24 h li-tijumska, 12 h NiCd). Masa prevozne varijante je 12 kg, prenosne 6,9 kg, vaz-duhoplovne 8,2 kg, a ručne 0,8 kg. U svim uređajima iz familije koristi se ugrađena kriptozastita, frekvencijsko skakanje od nekoliko stotina hopova u sekundi, a u režimu slobodnog biranja frekvencija, uređaji automatski biraju opseg rada u kom nema radio-ometanja (slučajnog ili namernog). Na uređajima se mogu programirati po sedam kanala ili mreža koji se pamte u internoj me-



moriji uređaja za više od godinu dana. Uređajima iz familije PR4G može se kompletno upravljati sa mesta izdvo-ženog do 3 km. U uređajima je zastup-ljeno i selektivno pozivanje, što obezbe-đuje vezu tačka-tačka između bilo koja dva učesnika u vezi (mreži), dok ostali učesnici nastavljaju rad u konferencij-skoj vezi. Svaki od učesnika u vezi ras-polaže sa devet nivoa prioriteta. Kon-trolna stanica u mreži prekida vezu da bi se prenela naredjenja ili upozorenja višeg prioriteta.

VF/VVF primopredajnik »HAWK« američke firme »HARRIS«¹⁵

HAWK je jedini VF radio-primopredajnik koji pokriva i VVF opseg od 144 do 172 MHz. Takođe je i VF opseg

¹⁵ Prema podacima iz: DEFENSE ELECTRO-NICS 1991, maj, str. 17.

ovog uređaja proširen na 32 MHz, tako da uređaj može da radi i u paru sa VVF uređajima u donjem delu VVF opsega. U uređaj je ugrađena kriptozastita. Ure-



đaj je lak i robustne izrade, tako da se može koristiti u otežanim borbenim us-lovima, bilo u pustinjskim manevrima ili na moru.

Američko-italijanski tim za novi radar¹⁶

Američka firma MARTIN MARI-ETTA i CONTRAVES ITALIANA u za-jedničkom nastupu na konkursu za no-vi radar namenjen protivvazdušnoj za-štiti jedinica kopnene vojske SAD na-javili su novi radarski senzor za jedi-nice na prvim vatrenim linijama.



Tehničko rešenje ovog radara za-sniwa se na radaru SHORAR koji je

¹⁶ INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 8, str. 888.

razvila firma CONTRAVES ITALIANA. Radar je modularnog tipa i smešten je na američko dvoosovinsko terensko vozilo. Na posebnoj jednoosovinskoj prikolici smešten je elektroagregat sa rezervoarima za gorivo. Isto terensko vozilo na koje se ugrađuju blokovi radara vuče prikolicu sa elektroagregatom.

Sam radar, iako dvodimenzionalan, nije predviđen za dalji razvoj. Nova je samo njegova primena kao osnovnog senzora za jedinice KoV gde u sprezi sa radarom STINGER, prema uveravanjima iz firme MARTIN MARIETTA, čini nepotrebnim izdatkom uvođenje trodimenzionalnog radara za odbranu jedinica na prvim vatrenim linijama.

NIU »VOJSKA«, 11002 Beograd, Birčaninova 5
Telefoni: 645-020 i 656-122, lokali: 22-584 i 22-788
Telefax: 644-042, žiro-račun: 40823-849-0-2393

NARUDŽBENICA

Pretplaćujem(o) se na časopise za period od 1. januara do 30. juna 1994. godine, i to:

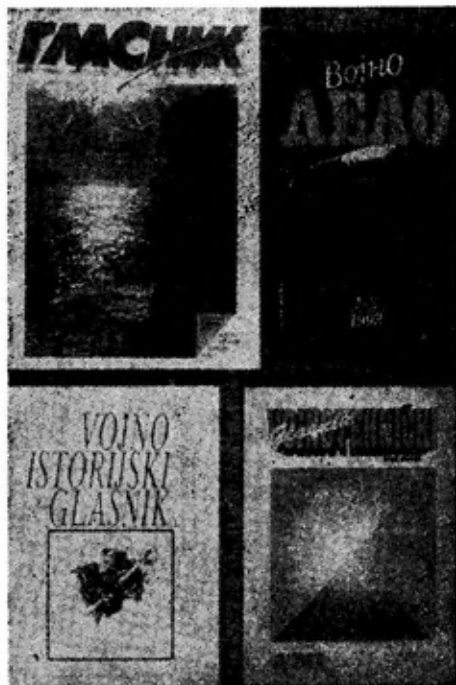
kompleta

1. VOJNO DELO (opštevojni, teorijski časopis) izlazi dvomesečno. Polugodišnja pretplata: za pojedince 8,00 n. dinara, za ustanove 24,00 n. dinara.

2. NOVI GLASNIK (vojno-stručni intervidovski časopis VJ) izlazi dvomesečno, u koloru sa posebnim dodatkom uz svaki broj. Polugodišnja pretplata: za pojedince 21,00 n. dinara, za ustanove 63,00 n. dinara. Za pretplate prispele do 25. marta ODOBRAVA SE PO-PUST od 5,00 n. dinara

3. VOJNOTEHNIČKI GLASNIK (stručni i naučni časopis VJ) izlazi dvomesečno. Polugodišnja pretplata: za pojedince 8,00 n. dinara, za ustanove 24,00 n. dinara

4. VOJNOISTORIJSKI GLASNIK (časopis Vojnoistorijskog instituta) izlazi četvo-romesečno. Polugodišnja pretplata: za pojedince 8,00 n. dinara, za ustanove 24,00 n. dinara



Broj primeraka časopisa koji naručujete upisati u narudžbenicu i poslati na adresu: NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5, 11002 Beograd. Za pretplate fizičkih lica ne dostavljamo fakture. Poručioци uplaćuju iznos pretplate na žiro-račun: 40823-849-0-2393 (sa naznakom za koji časopis) i šalju primerak uplatnice uz narudžbenicu.

U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

Časopis slati na adresu:

Kupac

(prezime i ime, naziv ustanove i broj telefona)

Mesto

ul.

br.

Dana

1994. godine

M. P.

Potpis naručioca

Pretplatne cene iz ove narudžbenice važe do 15. aprila 1994. godine.

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i obrazovanju pripadnika oružanih snaga.

Članak koji se dostavlja Redakciji mora biti kompletan, tj. treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru. U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni. U kratkom sadržaju — sižeu, treba izneti suštinu članka, najviše u desetak redova.

Članak treba da sadrži uvod, kratak sadržaj, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim proredom). Tekst članka mora biti jezički i 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. 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. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane. Članak se obavezno dostavlja u dva primerka.

Spisak grafičkih priloga sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicije na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11002 Beograd, Birčaninova 5, VE-1.

LIKOVNO-TEHNIČKI UREDNIK

Slobodan Mihailović

LEKTOR

Dobriša Miletić, prof.

KORICE

Mihajlo Stankić, dipl. inž.

KOREKTOR

Anđelija Kosanović

SEKRETAR REDAKCIJE

Branka Stojakov
(telefon 656-122 lokal 23-156)