IZDAVAČKI SAVET:

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

General-major
mr SAVA PUSTINJA, dipl. inž.

General-major
RADOJICA KADIJEVIĆ, dipl. inž.

General-major
mr MILAN ZAKLAN, dipl. inž.

Pukovnik
dr JUGOSLAV KODŽOPELJIĆ, 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 SORONDA, dipl. inž.

Pukovnik
mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILOŠ ĆOLAKOVIĆ, dipl. inž.

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

Pukovnik
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.

Potpukovnik
mr SAŠA MILUTINOVIĆ, dipl. inž.

Potpukovnik
mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.

Major
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

Major
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.

●

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Pukovnik
mr ŽIVOJIN GRUJIĆ, dipl. inž.

TEHNIČKI UREDNIK
SLOBODAN MIHAJLOVIĆ

LEKTOR
DOBRILA MILETIĆ, prof.

KORICE
MIHAJLO STANKIĆ, dipl. inž.

KOREKTOR
JOVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.

SEKRETAR REDAKCIJE
BRANKA STOJAKOV

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5, VE-1. Telefoni: centrala 656-122, lokali: odgovorni urednik 23-156, sekretar 23-156, pretplata 22-788, žiro račun: Vojnoizdavački i novinski centar (za Vojnotehnički glasnik) 60823-849-2393 Beograd. Polugodišnja pretplata: za pojedince — 3.000.000 dinara, a za ustanove, preduzeća i druge organizacije — 9.000.000 dinara. Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna štamparija — Beograd, Generala Ždanova 40 b.

YU ISSN 0042-8469

IZDAJE
TEHNIČKA UPRAVA GENERALŠTABA
VOJSKE JUGOSLAVIJE

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJE

VOJNOTEHNIČKI *glasnik*



6

GODINA XLI ● NOVEMBAR—DECEMBAR 1993.

SADRŽAJ

Mr Nenad Dodić, dipl. inž. 609 Savremeni pristup estimaciji parametara servosistema

Mr Dragan Simić, potpukovnik, dipl. inž. 621 Upravljačko-prikazivački podsistemi savremenih vojnih aviona

Nikola Lekić, kapetan I klase, dipl. inž. 638 Mogućnost merenja dijagrama usmerenosti paraboličnih antena radio-relejnih uređaja

Dr Duško Radić, major, dipl. inž. 646 Frekventni kriterijumi za nastajanje IM produkata u prijemniku radara

Mr Miodrag Vasiljević, major, dipl. inž. 652 Mere zaštite u elektromagnetskom obezbeđenju

Mr Nikola Bračika, potpukovnik, dipl. inž. 664 Planiranje popune nastavnih jedinica u uslovima ograničenja

Dr Nikola Žegarac, kapetan I klase, dipl. inž. 673 Analiza mogućnosti primene dijagnostike na savremenim tenkovskim motorima

Dr Milan Šunjevarić, pukovnik, dipl. inž. **Zdravko Ponoš**, kapetan, dipl. inž. 682 Satelitski telekomunikacioni sistemi u vojnoj primeni

NOVE KNJIGE

Mr Branko Vasić, dipl. inž. 698 Metode povišenja efektivnosti ispitivanja za ocenu pouzdanosti tehnoloških sistema

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

M. Stankić, dipl. inž. 701 Mikroprocesori visokih performansi

B. Janković, dipl. inž. 710 Uređaji za termoviziju

P. Marjanović 711 Oklopna vozila pešadije

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

718 Blizinski upaljač britanske firme THORNEMI za raketu PAPIER-2000

718 Razvoj protivelektronskih mina

719 Američka mina M-68 PDM za sprečavanje gonjenja

720 Austrijski minoistraživač AN-19/2

720 Nemački sistem za dekontaminaciju INDECON

721 Britansko terensko vozilo SUPACAT-Mk 2

722 Terensko teretno vozilo UNIMOG U-2150 L nemačke firme MERCEDES-BENZ

722 Američko transportno vozilo BMY

723 Novo češkoslovačko vatrogasno gusenično vozilo

723 Digitalni video primopredajni sistem DVITS američke firme HARRIS

724 Ručna VVF radio-stanica PRC-624 američke firme TADIRAN

724 Ručni VVF radio-uređaj belgijske firme BAMS

724 Digitalni VF prijemnik WJ-8711 američke firme WATKINS-JOHNSON

725 Nova klasa mikrostrip antena razvijena u GEORGIA TECH RESEARCH INSTITUTE

725 Teleskopska jarbol antena STILETTO američke firme WILL BURT

726 Italijanski radar za otkrivanje nevidljivih aviona

727 Vizuelni trenažer BT-61 švedske firme SAAB

727 Vežbovni torpedo HOTTORP američke firme ALLIANT TECHSYSTEMS

728 Američki automatizovani robotski sistem u procesu proizvodnje vazduhoplovnih konstrukcija

Mr Nenad Dodić,
dipl. inž.

SAVREMENI PRISTUP ESTIMACIJI PARAMETARA SERVOSISTEMA

U radu je dat prikaz savremenog mernog sistema, postupka merenja, kao i dvaju računskih metoda estimacije parametara sistema naročito pogodnih za servosisteme. Prikazana oprema, postupci i metode omogućavaju da se do ocena parametara dođe kada ne postoji mogućnost da se oni neposredno ili posredno mere. Dati su praktični saveti kako da se celokupni postupak estimacije parametara izvede, kao i ilustrativni primer iz prakse.

Uvod

Poznavanje matematičkih modela procesa i sistema, kao i brojčanih vrednosti parametara koji se javljaju u tim modelima, ima veliki praktičan značaj, naročito za tehničke delatnosti. To omogućuje ispitivanje osobina sistema bez vršenja velikog broja laboratorijskih merenja, ispitivanje ponašanja sistema u hipotetičkim uslovima rada — korišćenjem računarske simulacije, sintezu upravljačkih sistema korišćenjem savremenih naučnih metoda, itd.

Čak i jednostavnim tehničkim procesima, kada bi se opisivali s velikom matematičkom strogošću, odgovarali bi vrlo složeni matematički modeli (stohastički, nelinearni, nestacionarni modeli visokog reda, sa raspodeljenim parametrima). Uvođenjem niza pretpostavki, mogu se dobiti znatno jednostavniji modeli. Tako se većina procesa u praksi opisuje linearnim kontinualnim stacionarnim matematičkim modelima niskih redova (npr. 3. ili nižeg reda), kada jednačina ponašanja ima oblik:

$$\sum_{i=0}^{n} a_i d^i y(t)/dt^i = \sum_{i=0}^{m} b_i d^i u(t)/dt^i \,, \quad m <= n \,,$$

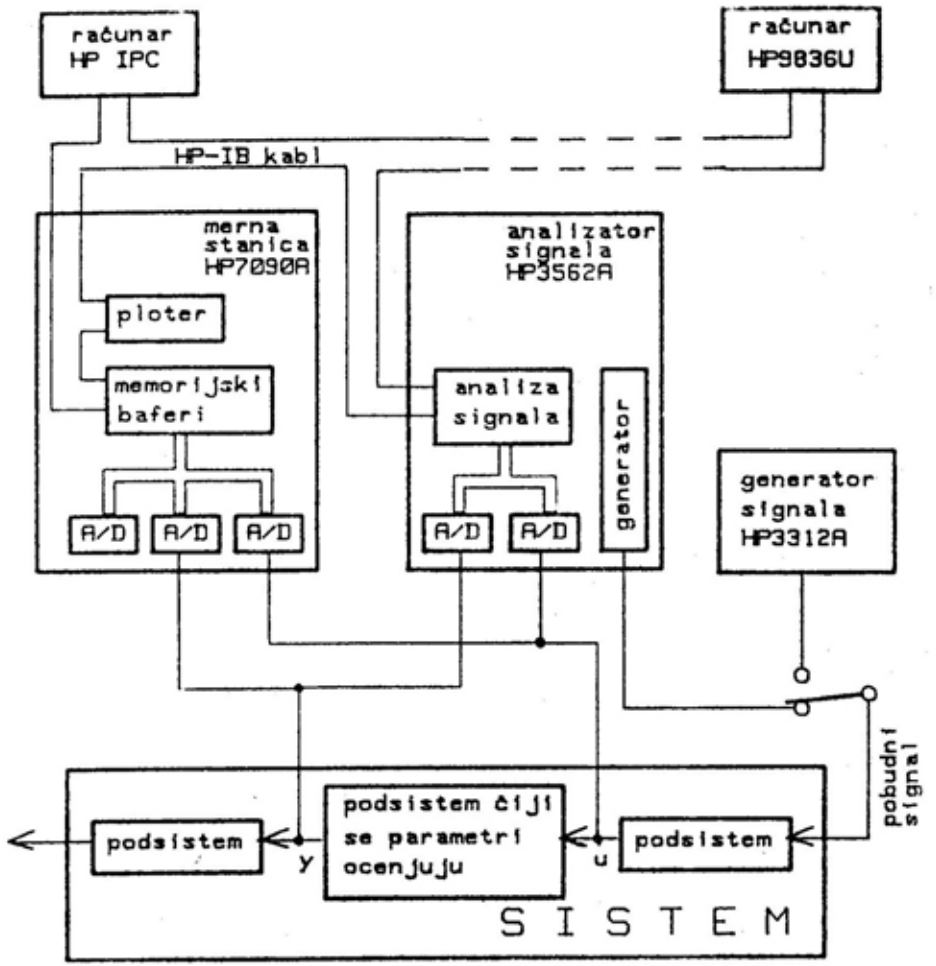
Koeficijenti a_i, b_i su parametri linearnog kontinualnog matematičkog modela. Oni se mogu predstaviti kao funkcije određenih parametara procesa koji imaju fizički smisao (npr. koeficijent protoka ventila, moment inercije obrnutog tela, vremenska konstanta elektromotora, i sl.). Vrednosti nekih parametara procesa (sistema) može da specificira proizvođač određenih komponenti, mogu se neposredno ili posredno izmeriti određenim instrumentima ili se mogu odrediti na osnovu snimljenih statičkih karakteristika. Problem nastaje kada se vrednosti parametara ne mogu odrediti na navedene načine. Onda je neophodno meriti signale određenih veličina u toku dinamičkog rada sistema, a zatim primenom određenih grafičkih, grafoanalitičkih ili analitičkih (računskih) metoda ,na osnovu obavljenih merenja, oceniti vrednosti nepoznatih parametara.

Navedeni problem se u literaturi naziva problem estimacije (ocene) parametara i razvijen je veliki broj metoda koji ga rešava. Savremeni pristup rešavanju problema estimacije parametara podrazumeva korišćenje digitalnog računara i precizne i brze merne opreme, koja se može povezati sa računarom radi prenosa podataka. Tek u tom slučaju mogu se primeniti novi računski postupci estimacije parametara, koji daju rezultate visoke tačnosti.

U ovom radu biće reči samo o estimaciji parametara linearnih kontinualnih sistema.

Merna oprema

Na slici 1. prikazan je jedan sistem, koji omogućuje realizaciju različitih postupaka estimacije parametara. Sastoji se od sledećih komponenti: HP3312A — generator periodičnih signala, HP-7990A — mernih 3-kanalna stanica sa baferima za pamćenje signala i digitalnim ploterom, HP3562A — analizator signala koji meri frekventne karakteristike sistema, poseduje generator belog i obojenog šuma, HP IPC — prenosni računar za prikupljanje, obradu i prikaz rezultata merenja, HP9836U — stoni računar koji se koristi za estimaciu parametara na osnovu izvršenih merenja. Na slici je prikazano vezivanje opreme na sistem koji se ispituje. Pobudni signal iz generatora dovodi se na određenu ulaznu tačku sistema, a snimaju se, odnosno dovode u analizator signala, ulaz i izlaz sistema (ili podsistema) čiji se parametri ocenjuju. Znatno jevtinija alternativa za ovaj merni sistem bila bi: prenosni PC-računar 386 sa ugrađenom pločicom koja ima analogne ulaze i izlaze (npr. Burr-Brown PCI-20000) i navedeni analizator signala.



Sl. 1 — Merni sistem

Prilikom pripreme signala za merenje treba voditi računa da se izvori šumova i smetnji eliminišu ili da se bar njihov uticaj što više smanji. Takođe, treba obezbediti stabilne izvore resursa (goriva, energije, fluida), kako zbog njihovog manjka sistema ne bi ulazio u nelinearni režim rada. Signale do mernog sistema treba dovoditi oklopljenim kablovima, a mase mernih uređaja i elektronskog dela sistema treba međusobno povezati, kako bi se smanjili šumovi merenja.

Generisanje pobudnog signala

Izbor oblika pobudnog signala vezan je za metodu estimacije parametara koja će se koristiti. Ako se, na primer, koristi metoda Čidembare (literatura [3], [4], najbolja pobuda je odskočna funkcija. Ako se meri frekventna karakteristika i vrši estimacija parametara u frekventnom domenu, može se sistem pobuđivati nizom signalnih funkcija različitih frekvencija, s tim da frekvencije budu ravnomerno raspoređene unutar intervala frekvencija u kome se očekuju interesantne promene frekventne karakteristike sistema. Najbolje je da frekvencija ima eksponencijalni priraštaj (sa eksponentom 10), tako da bude 10 do 20 izmerenih tačaka po dekadi Bodeovog dijagrama. Radi dobijanja frekventne karakteristike sistem se može pobuđivati obojenim šumom (praktično to je pseudoslučajni šum ograničenog frekventnog opsega), koji ima, približno, ravni frekventni spektar sve do frekvencije koja je 3 puta veća od propusnog ospega sistema koji se meri, a da je za veće frekvencije spektar približno nula. Ovakav pobudni signal se preporučuje i kada se koriste mnoge druge metode estimacije parametara: različite gradijentne metode, metoda instrumentalnih promenjivih, metoda najveće verodostojnosti, itd.

Bez obzira na metodu, pobudni signal ili skup signala koji se koriste tokom eksperimenta treba da pobuđuju sve modove sistema, a to će se postići ako je frekventni spektar signala značajno velik na intervalu frekvencija širem od propusnog opsega sistema. Sa gornjom granicom ovog intervala ne treba preterivati. Ograničenje nameće frekvencija odabiranja s kojim se merenja vrše, jer, po Šenonovoj teoremi, signal neće moći da se rekonstruiše iz diskretnog snimka (izmerene sesvence signala), ukoliko sadrži harmonike viših učestanosti od polovine frekvencije odabiranja, pa gornja granica frekventnog spektra pobudnog signala treba da bude manja od polovine frekvencije odabiranja.

Nivo pobudnog signala treba da obezbedi što linearniji rad sistema. Znači ne sme da bude toliko veliki da se pojavi energetski deficit sistema i zasićenje, ali ni toliko mali da uticaj nelinearnosti tipa neosetljivosti, suvog trenja, mrtvog hoda, histerezisa i sličnih (a koje se ispoljavaju u okolini nulte tačke) ne postane dominantan u ponašanju sistema.

Izbor frekvencije odabiranja i vremenskog intervala merenja

Frekvenciju odabiranja treba izabrati tako da se ulaz i izlaz posmatranog sistema mogu verno rekonstruisati na osnovu izmerenih sekvenci ulaza i izlaza. Preporučuje se da frekvencija odabiranja bude bar 10 puta veća od propusnog opsega posmatranog sistema. Gornju granicu određuje brzina rada merne opreme. Dužina merenja treba da obezbedi dovoljno informacija o ponašanju sistema. Praktičan savet: pri merenju odskočnog odziva interval merenja treba da je od 1,3 do 6 puta veći od vremena smirenja, a pri merenju odziva na pseudoslučajni signal (obojeni šum) da bude 3 do 5 puta veći od

vremena smirenja sistema, a ako se koriste metode estimacije parametara koje sporo konvergiraju i veći (npr. 10 vremena smirenja za metodu instrumentalnih promenljivih).

Proizvod frekvencije odabiranja, trajanja merenja i broja signala koji se mere ograničen je raspoloživom memorijom za smeštaj podataka. Pri merenju frekvencije karakteristike treba pravilno izabrati interval učestanosti i broja prolaza. Donja granica intervala učestanosti treba da je što niža, da bi se precizno odredilo statičko pojačanje sistema, ali treba voditi računa da se smanjivanjem donje granice raste vreme merenja. Gornja granica treba da je dovoljno visoka (barem jednaka trostrukom propusnom opsegu), da na izmerenoj frekventnoj karakteristici budu uočljivi svi modovi sistema koji su od interesa. Ukoliko je u sistemu prisutan šum koji nije zanemarljiv, potrebno je izabrati pet ili više prolaza, kako bi se osrednjavanjem smanjila greška zbog šuma.

Metode estimacije parametara

Ovde će biti izložene dve metode — metoda Čidambare i metoda aproksimacije izmerene frekventne karakteristike kompleksnom racionalnom funkcijom. Razumevanje i korišćenje ovih metoda ne zahteva posebno predznanje iz teorije slučajnih procesa, ocenjivanja i identifikacije sistema, kao što je to slučaj npr. sa metodama koje imaju bajesovski pristup ili se baziraju na modelu šuma merenja. S druge strane, one se mogu upotrebiti za rešavanje mnogih praktičnih problema. U slučajevima kada se, zbog prirode i nivoa šuma ili zbog prirode sistema (neopravdanost linearizacije) dobijaju velika odstupanja vrednosti ocena od očekivanih vrednosti parametara, treba koristiti složenije i sofisticiranije metode (vidi npr. [1] za linearne i [2] za nelinearne sisteme).

Metoda Čidambare

Ova metoda zasniva se na pretpostavkama da je izmereni odziv sistema identičan rešenju prethodno navedene jednačine ponašanja sistema za zadati ulaz, da je $m=n-1$ i da ulaz i izlaz sistema teže konstantnim vrednostima s porastom vremena (sistem mora biti stabilan). Jednačina ponašanja može se transformisati u pogodnu kanoničnu formu, iz koje slede izlazi koji se u ovoj metodi koriste (videti [3] ili [4]. Postupak dobijanja ocena $\hat{a}_i$, b_i parametara a_i, b_i je sledeći:

1. Posmatrani sistem (podsistem) se pobuđuje tako da ulaz $u(t) \to u_N = \text{const.}$ kada $t \to \infty$ (najbolje je da ulaz bude odskočna funkcija) i mere se $u(k\Delta t)$, $y(k\Delta t)$, $k=0.1, \ldots, T$, pri čemu se T bira tako da je $u(t) \cong \text{const}$, $y(t) \simeq \text{const}$ za $t > T\Delta t$.

2. Izračunavaju se:

$$B_1 = -y_N/u_N$$

$$x_1(t) = \int_0^t [y(t) + B_1 u(t)]\,dt,$$

$$B_j = -x_{j-1,N}/u_N,$$

$$x_j(t) = \int_0^t [x_{j-1}(t) + B_j u(t)]\,dt,$$

$$j = 2,3, \ldots, n$$

$x_{j,N}$ su vrednosti $x_j(t)$ u stacionarnom stanju.

3. Izračunavaju se:

$$\hat{a}^T(t) = \int_0^t [y(t) - y_N]\,[x_N - x(t)]^T dt < \int_0^t [x(t) - x_N]\,[x_N - x(t)]^T dt,$$

gde su:

$$\hat{a}^T = [\hat{a}_{n-1}\ \hat{a}_{n-2} \ldots \hat{a}_0],$$

$$x^T(t) = [x_1(t)\ x_2(t) \ldots x_n(t)],$$

$$x^T_N = [x_{1,N}\ x_{2,N} \ldots x_{n,N}],$$

4. Koristeći vezu:

$$B_{k+1} = [b_{n-k} - \sum_{j=1}^{k} \hat{a}_{n-k+j} B_j]/\hat{a}_0,$$

$$k = 0,1, \ldots, n-1$$

izračunavaju se ocene b_j, čime je postupak završen.

Ova metoda zahteva dosta raspoložive računarske memorije, jer treba pamtiti vrednosti $x_j(t)$, $j=1,2,\ldots,n$ za $t\in(0,T\Delta t)$. Integraljenje metodom trapeza daje zadovoljavajuću tačnost, ukoliko se za korak integraljenja usvoji Δt i ako je frekvencija odabiranja $2\pi/\Delta t$ usvojena u skladu sa prethodno datim preporukama.

Prednost metode Čidambare nad drugim metodama estimacije parametara jeste što je ona matematički jednostavna i što je generisanje odskočne funkcije jednostavno. Nedostaci su što mora biti $m=n-1$, a to ne odgovara uvek strukturi posmatranog sistema, kao i što je metoda osetljiva na šum, pa se njeno korišćenje preporučuje samo kad je šum mali.

Metode aproksimacije frekventne karakteristike kompleksnom racionalnom funkcijom

Frekventna karakteristika linearnog sistema je kompleksna racionalna funkcija:

$$F(j\omega)=\frac{\sum_{i=0}^{m} b_i(j\omega)^i}{\sum_{i=0}^{n} a_i(j\omega)^i}=\frac{N(j\omega)}{D(j\omega)}$$

koja ima iste koeficijente kao i prethodno data jednačina ponašanja. Neka su F'_k izmerene vrednosti frekventne karakteristike za učestanosti ω_k, $k=1,\ldots,N$. Ocene koeficijenata a_i, b_i mogu se dobiti iz uslova da:

$$J=\sum_{Kz1}^{N}|e(j\omega_k)|^2$$

gde je:

$$e_k=e(j\omega_k)=\frac{F'_k-F(j\omega_k)}{F'_k},\ k=1,2,\ldots,N$$

ima minimalnu vrednost. Ovaj problem je nelinearan. Umesto J može da se minimizira J_2:

$$J_2=\sum_{k=1}^{N}|[F'_k-F(j\omega_k)]D[j\omega_k)_g|^2w(\omega_k),$$
$$g=1,2,3,\ldots$$

gde je:

$$w(\omega_k)=\frac{p^2(\omega_k)}{|D(j\omega_k)_{g-1}F'_k|^2}=w_k,$$
$$k=1,2,\ldots,N.$$

$p(\omega)$ je težinska funkcija koja se bira tako da daje veću težinu merenim tačkama na onim intervalima učestanosti ω koji su značajni za ponašanje sistema, a na kojima ima malo izmerenih tačaka. Postupak minimizacije J_2 je iterativan, g je broj iteracije. Da bi problem imao jedinstveno rešenje, usvaja se $a_0=1$ (ako se ne fiksira vrednost jednog koeficijenta, prilikom rešavanja se javlja homogeni sistem linearnih jednačina).

Postupak minimizacije J_2, kao i težinska funkcija, detaljno su objašnjeni u [5]. Primena ove metode za identifikaciju sistema, kada red sistema nije unapred poznat, data je u [6].

Postupak estimacije parametara a_i, b_i metodom aproksimacije izmerene frekventne karakteristike kompleksnom racionalnom funkcijom je sledeći:

1. Izmeri se frekventna karakteristika za N frekvencija, u skladu sa prethodno datim preporukama;

2. Definiše se težinska funkcija $p(\omega)$. $p(\omega)\equiv1$ obično daje zadovoljavajuće rezultate;

3. Ukoliko se radi o modelu koji ima r nultih polova, vrši se transformacija izmerenih vrednosti:

$$F'_k\leftarrow(j\omega)^rF'_k,\ k=1,2,\ldots,N.$$

Ova transformacija je neophodna zbog pretpostavke $a_0=1$.

4. Rešava se sistem jednačina:

$$Mx = c$$

gde su:

$$M = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 \\ M_3 & M_4 \end{bmatrix}$$

$$x^T = (\hat{b}_0\ \hat{b}_1 \ldots \hat{b}_m\ \hat{a}_1\ \hat{a}_2 \ldots \hat{a}_n)$$

$$c^T = (S_0\ T_1\ S_2\ T_3 \ldots 0\ U_2\ 0\ U_4 \ldots)$$

$$M_1 = \begin{bmatrix} V_0 & 0 & -V_2 & 0 & V_4 & \ldots \\ 0 & V_2 & 0 & -V_4 & 0 & \ldots \\ V_2 & 0 & -V_4 & 0 & V_6 & \ldots \\ 0 & V_4 & 0 & -V_6 & 0 & \ldots \\ . & . & . & . & . & \\ . & . & . & . & . & \\ . & . & . & . & . & \end{bmatrix}$$

$$M_2 = \begin{bmatrix} T_1 & S_2 & -T_3 & -S_4 & T_5 & \ldots \\ -S_2 & T_3 & S_4 & -T_5 & -S_6 & \ldots \\ T_3 & S_4 & -T_5 & -S_6 & T_7 & \ldots \\ -S_4 & T_5 & S_6 & -T_7 & -S_8 & \ldots \\ . & . & . & . & . & \\ . & . & . & . & . & \\ . & . & . & . & . & \end{bmatrix}$$

$$M_3 = \begin{bmatrix} T_1 & -S_2 & -T_3 & S_4 & T_5 & \ldots \\ S_2 & T_3 & -S_4 & -T_5 & S_6 & \ldots \\ T_3 & -S_4 & -T_5 & S_6 & T_7 & \ldots \\ S_4 & T_5 & -S_6 & -T_7 & S_8 & \ldots \\ . & . & . & . & . & \\ . & . & . & . & . & \\ . & . & . & . & . & \end{bmatrix}$$

$$M_4 = \begin{bmatrix} U_2 & 0 & -U_4 & 0 & U_6 & 0 & \ldots \\ 0 & U_4 & 0 & -U_6 & 0 & U_8 & \ldots \\ U_4 & 0 & -U_6 & 0 & U_8 & 0 & \ldots \\ 0 & U_6 & 0 & -U_8 & 0 & U_{10} & \ldots \\ . & . & . & . & . & . & \\ . & . & . & . & . & . & \\ . & . & . & . & . & . & \end{bmatrix}$$

pri čemu su:

$$V_h = \sum_{k=1}^{N} \omega_k^h w_k\ ,\quad h = 0, 2, 4, \ldots$$

$$U_h = \sum_{k=1}^{N} \omega_k^h (R'^2_k + I'^2_k) w_k\ ,\quad h = 2, 4, 6, \ldots$$

$$S_h = \sum_{k=1}^{N} \omega_k^h R'_k w_k\ ,\quad h = 0, 2, 4, \ldots$$

$$T_h = \sum_{k=1}^{N} \omega_k^h I'_k w_k\ ,\quad h = 1, 3, 5, \ldots$$

Formati matrica su: M: (n+m+ +1) x (n+m+1), M_1: (m+1) x (m+1), M_2: (m+1) x n, M_3: n x (m+1), M_4: n x n. x i c su n+m+1-vektori.

Tako se nalaze ocene a_i, $i=1,2,\ldots,$ n, b_i, $i=0,1,\ldots,m$ ($a_0=1$). U prvoj iteraciji ($g=1$) usvaja se $D(j\omega)_{g-1} \equiv 1$, a u sledećim iteracijama se ovaj član sračunava na osnovu koeficijenata a_i dobijenih u prethodnoj iteraciji.

5. Posle svake iteracije sračunava se J. Postupak se ponavlja sve dok razlika između J iz dve poslednje iteracije ne postane dovoljno mala. Umesto da se ispituje ovaj uslov, može se unapred fiksirati broj iteracija. U većini slučajeva se, nakon 6 iteracija, dobija dobar rezultat.

6. Ukoliko iterativni postupak nije završen, ide se ponovo na tačku 4. Ukoliko je završen, a ukoliko je $r>0$, dobijena frekventna karakteristika $F(j\omega)$ deli se $(j\omega)^r$, što se svodi na pomeranje koeficijenata a_i: $a_i \leftarrow a_{i-r}$, $i=n,n-1,\ldots,r$ i anuliranja $a_i=0$, $i=0,1,\ldots,r-1$. Na taj način dobija se konačan rezultat.

Dobra strana ove metode jeste što se ponašanje rezultujućeg modela dobro slaže sa ponašanjem realnog sistema u frekventnom domenu (poseduju približno iste filterske karakteristike), pod uslovom da su vrednosti F'_k dobro izmerene, da ne sadrže veliki šum (što se postiže velikim brojem prolaza kod merenja na sistemu sa izraženim šumom) ili da je srednja vrednost šuma u merenjima F'_k (približno) jednaka nuli (što se postiže merenjem za veliki broj frekvencija ω_k). Nedostaci: mora se pose-

dovati kvalitetan analizator signala, merenje frekventne karakteristike dugo traje, metoda predstavlja formalnu aproksimaciju frekventne karakteristike kompleksnom krivom, pa se može desiti da rešenja a_i, b_i odgovaraju nestabilnom modelu, iako je realni sistem stabilan. U tom slučaju treba smanjiti n i/ili m i zadovoljiti se jednostavnijim matematičkim modelom.

Estimacija parametara i provera rezultata

Bez obzira na to koja se metoda estimacije parametara koristi, poželjno je pridržavati se sledećih uputstava:

1. Prilikom eksperimentalnog ispitivanja treba snimiti što više sekvenci ulaza i izlaza sistema, za različite oblike pobudnih signala. Snimiti, po mogućnosti, i frekventnu karakteristiku, čak i kada se ne koristi metoda aproksimacije frekventne karakteristike.

2. Ponoviti postupak estimacije parametara za veći sroj izmerenih sekvenci, pa pronaći srednju vrednost ocena parametara (ovo nije neophodno za metodu aproksimacije frekventne karakteristike, s obzirom da se analizator vrši nekoliko prolaza merenja i odgovarajuće usrednjavanje). Srednje vrednosti ocena su, po pravilu, tačnije od pojedinačnih ocena, mada ima izuzetaka (kod metoda koje su osetljive na prisustvo šuma).

3. Proveriti da li se dobijene ocene parametara nalaze unutar očekivanih (prihvatljivih) granica, s obzirom na fizičku prirodu procesa (sistema). Naravno, ako ne postoji ni gruba predstava o vrednostima parametara, ova tačka se mora izostaviti.

4. Za dobijene ocene parametara treba odrediti odzive modela za različite snimljene ulaze. Proveriti slaganje ovih odziva sa odgovarajućim snimljenim izlazima sistema. Izračunati frekventnu karasteristiku modela sistema (koristeći dobijene ocene parametara) i uporediti sa snimljenom frekventnom karakteristikom. Dobro slaganje modela i sistema u vremenskom domenu (za različite tipove ulaza) i frekventnom domenu garantuje da su dobijene ocene parametara zadovoljavajuće tačne.

Primer

Ispitivana je obrtna platforma, koju pokreće jednosmerni elektromotor, preko reduktora. Direktno na vratilo

Tabela 1

Merenja realizovana na servosistemu

RED. BR. EKSP.	VRSTA ULAZA U	$\|U\|_{max}$ [V]	VRSTA MERENJA	PERIOD ODAB. Δt [s]	BR. MERENIH TAČAKA
1-9	odskočna funkcija	1;2;3 4;5	odskočni odziv, izlaz je U_{tg}	0,003	1000
10-28	slučajan signal	3	odziv na filtrirani beli šum frekv. opsega (0,23) rad /s; izlaz je U_{tg}	0,005	1000
29	sinusna funkcija	3	frekventna karakteristika $U_{tg}(j\omega)/U(j\omega)$	-	41

elektromotora postavljen je tahogenerator koji daje napon U_{tg}, proporcionalan ugaonoj brzini obrtanja motora. Elektronika motora vrši proporcionalnu regulaciju struje rotora i PI-regulaciju ugaone brzine motora. U reduktoru postoji izražen mrtav hod. Ulaz u servosistem je napon U proporcionalan zadatoj ugaonoj brzini motora i na taj ulaz se prilikom merenja dovodi pobudni signal.

Jednačina ponašanja servosistema je:

$$d^2U_{tg}/dt^2 + a_1 dU_{tg}/dt + a_0 U_{tg} = \\ = b_0 U + b_1 dU/dt, \quad a_2 = 1$$

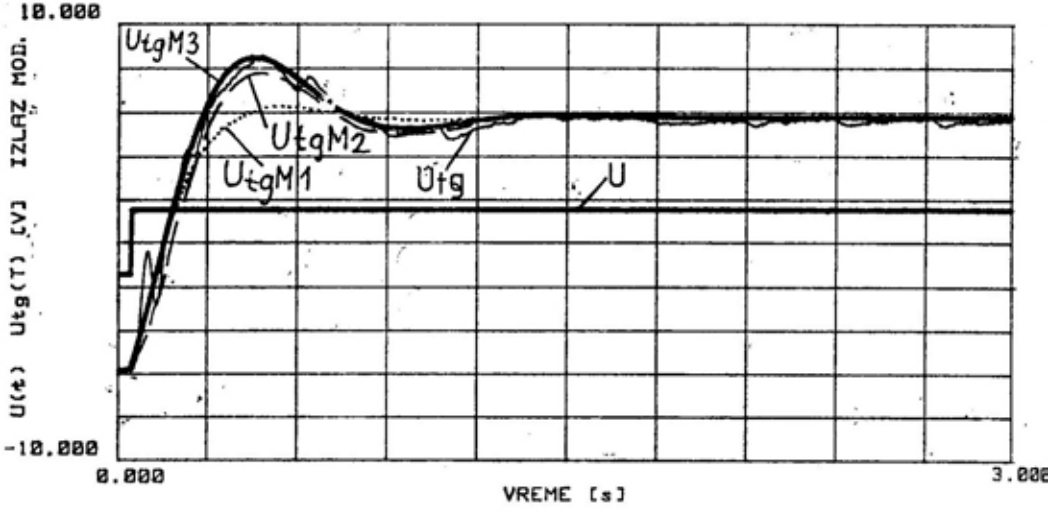
Detaljniji matematički opis ovog servosistema može se naći u [7] ili [8]. Vršen je veći broj merenja na servosistemu — vrsta i broj merenja (eksperimenta) dati su u tabeli 1. Na slici 2. prikazana je odskočna pobuda (U) i odskočni odziv (U_{tg}). Na slici 3. prikazan je Bodeov dijagram sa izmerenom frekventnom karakteristikom (označeno sa »mereno«). Na ovom dijagramu uočljiv je skok frekventne karakteristike na $\omega = 50$ rad/s. Na toj učestanosti amplituda izlaza je mala (za dB manja od izlaza u stacionarnom režimu). Ovaj skok je posledica mrtvog hoda reduktora: pri visokim učestanostima pobude, pomeranja vratila elektromotora su mala, reduktor se kreće, uglavnom, u zoni mrtvog hoda, pa je motor praktično rasterećen od inercionog opterećenja platforme. Na slici 4. prikazan je frekventni spektar obojenog šuma kojim je pobuđivan sistem pri merenjima 10—28. Frekventni spektar je zanemarljiv za učestanosti veće od 20 rad/s, .to smanjuje uticaj mrtvog hoda reduktora na izgled odziva servosistema. Na odskočnom odzivu je evidentan šum, koji je pretežno posledica nepreciznosti izrade zupčanika reduktora i mrtvog hoda reduktora.

Na 9 izmerenih sekvenci odskočnog odziva primenjena je metoda Čidambare. Rezultati su dati u tabeli 2. s_1 i s_2 su polovi, a s^0 nula prenosne funkcije servosistema. Četiri poslednje kolone su statistike:

$$E^i = [\sum_{k=1}^{1000} e_i^2(k\Delta t)\ ]/U^2_{max},\ i^{/1000},$$

$$i = 1,1,\ldots,9.$$

$$e_i(t) = U^i_{tgm}(t) - U^i_{tg}(t),$$



Sl. 2 — Odskočni odzivi

$U_{max,i}$ je maksimalna vrednost ulaza pri i-tom eksperimentu. Indeks i označava broj eksperimenata, U^i_{tg} je snimljeni napon tahogeneratora u i-tom eksperimentu, a U^i_{tgM} je odziv modela:

$$d^2U_{tgM}/dt^2+\hat{a}_1dU_{tgM}/dt+\hat{a}_0U_{tgM}=$$
$$=\hat{b}_0U+\hat{b}_1dU/dt,\ a_2=1$$

na ulaz snimljen u i-tom eksperimentu,

$$E^i=[\sum_{k=1}^{1000} e_i^2(k\Delta t)\ ]/1000,$$
$$i=10, 11, \ldots, 28.$$

$$E^*=[\sum_{i=10}^{28}\sum_{k=1}^{1000} e_i^2(k\Delta t)\ ]/19000,$$

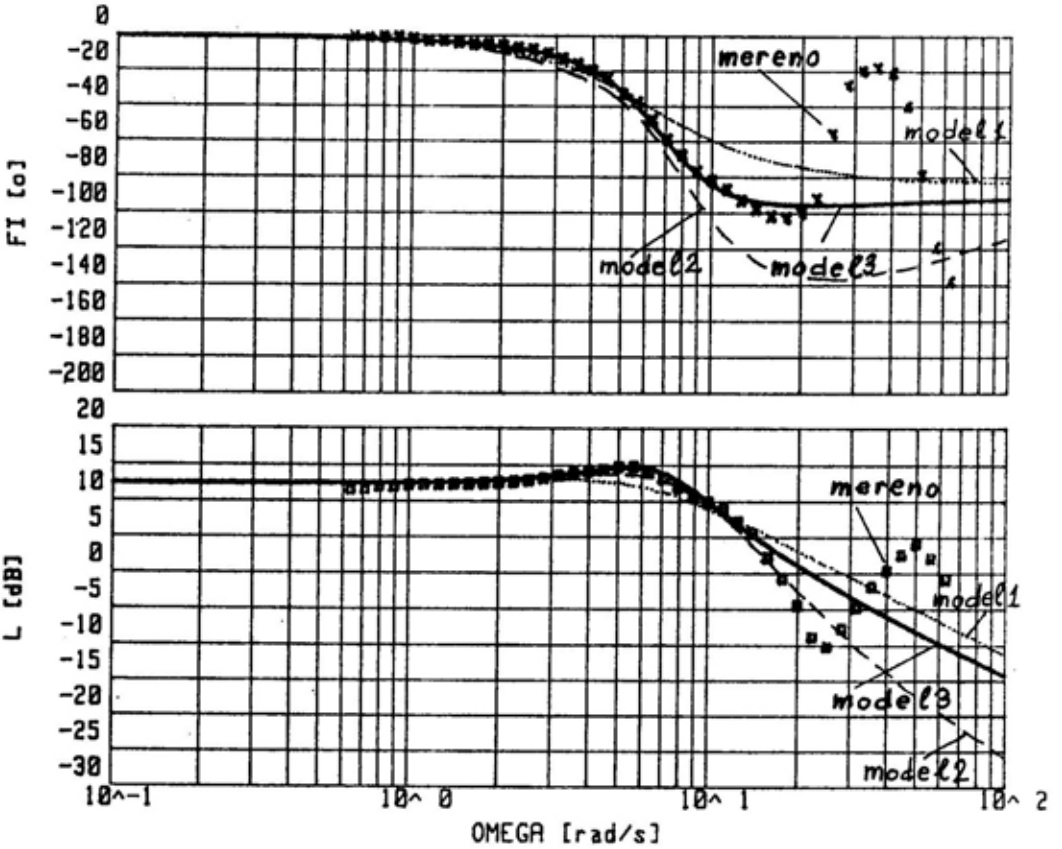
$$E^{**}=[\sum_{i=1}^{9}\sum_{k=1}^{1000} e_i^2(k\Delta t)\ ]/U^2_{max,i}/9000,$$

$$E^F=[\sum_{k=1}^{41} |F(j\omega_k)-F'(j\omega_k)|^2]/40,$$

$\omega_k \in [0{,}628;\ 62{,}8]$ rad/s,
$k=1, 2, \ldots, 41.$

Srednje vrednosti ocena parametara, odgovarajući polovi i nula, kao i odgovarajuće statistike su:

$\bar{\hat{a}}_0=38{,}4557;\ \bar{\hat{a}}_1=9{,}93496;\ \bar{\hat{a}}_2=1;$
$\bar{\hat{b}}_0=145{,}520;\ \bar{\hat{b}}_1=24{,}256;$
$\sigma_{a0}=21{,}9576;\ \sigma_{a1}=3{,}52046;$
$\sigma_{b0}=83{,}3478;\ \sigma_{b1}=17{,}2289;$
$s^*_{1/2}=-4{,}967\pm j3{,}712;\ s^0=-5{,}999$
$E^*=3{,}056;\ E^{**}=0{,}2396;\ E^F=0{,}468;$



Sl. 3 — Frekventne karakteristike

Tabela 2

Ocene parametara metodom Čidambare

br. eksp	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_1$	$\hat{b}_0$	$\hat{b}_1$	$s^*_{1/2}$	s^o	E^I	E^*	E^{**}	E^F
1	3,20871	7,72826	12,1204	25,9897	-7,288/-0,4403	-2,144	0,0610	11,22	0,2054	1,218
2	60,9428	10,6664	227,417	13,7508	-5,154 ± j5,686	-16,54	0,0386	1,924	0,0634	0,4715
3	16,2502	5,70709	62,8928	14,9160	-2,853 ± j2,847	-4,216	0,120	6,268	0,1336	1,0381
4	38,0593	5,36358	143,009	4,92525	-0,325 ± j2,125	-29,04	0,0796	4,563	0,0827	0,2405
5	28,4577	13,1072	107,652	44,8216	-10,36/-2,747	-4,163	0,132	7,094	0,1011	0,4558
6	63,8035	7,57083	241,092	4,0976	-3,785 ± j7,033	-58.84	0,0241	0,989	0,0389	0,0797
7	67,1753	10,5907	259,077	18,0994	-5,296 ± j6,256	-14,31	0,0466	1,651	0,0439	0,2063
8	31,9942	14,1454	118,821	18,0994	-11,319/-2,827	-2,614	0,0849	7,435	0,1085	0,5776
9	36,2085	14,5352	137,595	46,3394	-11,343/-3,192	-2,969	0,0938	7,402	0,1073	0,5382

Odskočni odziv modela za srednje vrednosti ocena parametara prikazan je na slici 2 (U_{tgM1}), a odgovarajuća frekventna karakteristika na slici 3 (označeno sa »model 1«). Odskočni odziv modela za ocene parametara, dobijene na osnovu merenja broj 6, prikazan je na slici 2 (U_{tgM2}), a odgovarajuća frekventna karakteristika na slici 3 (»model 2«).

Velika rasturanja ocena prikazuju da je metoda veoma osetljiva na šum. Velike vrednosti E^*, E^{**}, E^F pokazuju da su ocene pristrasne (njihova matematička očekivanja nisu jednaka stvarnim vrednostima parametara) i da ponašanje modela znatno odstupa od ponašanja servosistema, što se i moglo očekivati s obzirom na to da je prisutan znatan šum u sistemu. Ipak, rezultat dobijen na osnovu 6. merenja je prihvatljiv, što se može objasniti slučajnim potiranjem uticaja šuma u jednačinama metode Čidambare.

Metodom aproksimacije frekventne karakteristike dobijeni su sledeći rezultati:

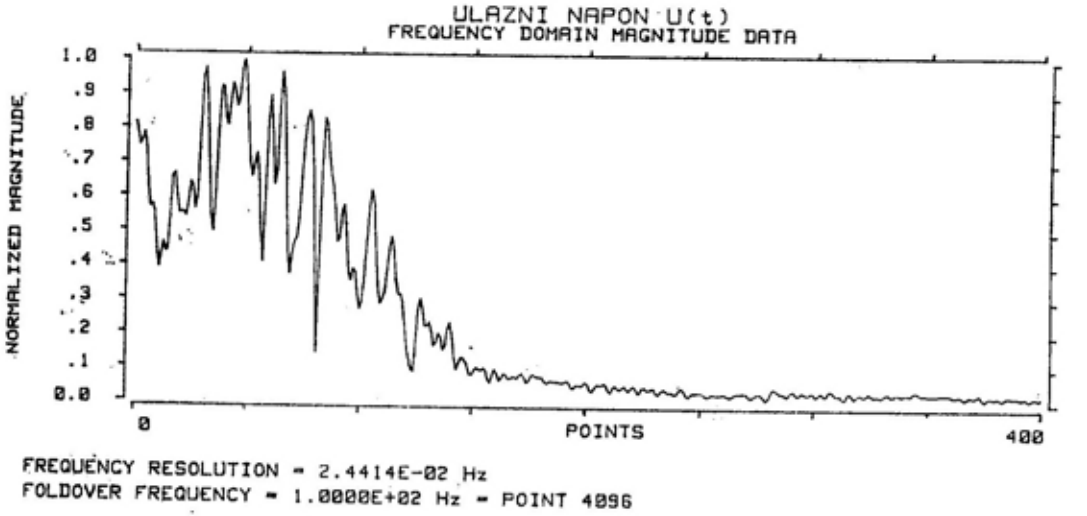
$\hat{a}_0=45{,}1011$; $\hat{a}_1=6{,}59005$; $\hat{a}_2=1$;
$\hat{b}_0=171{,}210$; $\hat{b}_1=17{,}5059$;
$s^*_{1/2}=-3{,}295\pm j5{,}852$; $s^0=-9{,}780$;
$E^*=0{,}698$; $E^{**}=0{,}01308$;
$E^F=0{,}01404$

Odskočni odziv modela za vrednosti ocena parametara dobijene metodom aproksimacije frekventne karakteristike prikazan je na slici 2 (U_{tgM3}), a odgovarajuća frekventna karakteristika na slici 3 (označena sa »model 3«).

Male vrednosti statistika, kao i dobro slaganje odziva modela i sistema, kao i frekventnih karakteristika modela i sistema pokazuju da su dobijene ocene parametara dobre. Postoje jedino značajnija odstupanja frekventnih karakteristika u oblasti visokih učestanosti, gde je veliko slabljenje sistema, što je posledica nelinearnog ponašanja zbog mrtvog hoda reduktora, a što nema velikog uticaja na ponašanje modela.

Zaključak

Ovaj rad ukazuje na značaj i ozbiljnost problema estimacije parametara. Dati su praktični saveti kako pri-



Sl. 4 — Frekventni spektar obojenog šuma

premiti potrebna merenja, kako izabrati pobudne signale, frekvenciju i vremenske intervale snimanja signala, na osnovu iskustava stečenih u toku teorijskog proučavanja ove problematike i laboratorijskog rada. Algoritamski su izložene dve relativno jednostavne metode estimacije parametara, koje za mnoge sisteme mogu dati upotrebljive rezultate.

Literatura:

[1] N. M. Dodić: Estimacija parametara jednog elektrohidrauličnog servosistema za pokretanje platforme borbenog sredstva — magistarski rad, Mašnski fakultet, Beograd 1990.

[2] N. K. Sinh, B. Kuszta: Modeling and identification of dynamic systems, Van Nostrand Reinhold Co, New York 1984.

[3] M. R. Chidambara: A new canonical form of state-variable equations and its application in the determination of a mathematical model of unknown system, Int. Journal of Control, Vol. 14, No. 5, p. 897—909.

[4] D. Lj. Debeljković: Osnovi teorije identifikacije objekata i procesa, Mašinski fakultet, Beograd 1987.

[5] N. M. Dodić: Određivanje prenosne funkcije Sistema na bazi izmerenih vrednosti frekventne karakteristike, Naučno-tehnički pregled, god. XXXVII, 1987, br. 9, str. 24—28.

[6] N. M. Dodić: Jedan prilaz identifikaciji sistema, zbornik radova XXXIII konferencije ETAN, VII sveska, str. 123—130, Beograd 1989.

[7] N. M. Dodić, A. B. Vuličić, M. M. Dunjić: Estimacija parametara električnog servosistema, zbornik radova XXXV konferencije ETAN, VIII sveska, str. 59—66, Beograd 1991.

[8] N. M. Dodić: Estimacija parametara servosistema u sistemima za upravljanje vatrom klasične PVO — elaborat, reg. br. VTI-02-0083, VTI VJ, Beograd 1991.

Mr Dragan Simić,
potpukovnik, dipl. inž.

UPRAVLJAČKO-PRIKAZIVAČKI PODSISTEMI SAVREMENIH VOJNIH AVIONA

Radi optimizacije radnih uslova i smanjenja opterećenja pilota u razvijenim zemljama zapada, nakon sedamdesetih godina intenzivno se pristupa integraciji upravljanja i prikazivanja. Uvođenjem upravljanja po principu »ruke na ručici gasa i pilotskoj palici«, višenamenske tastature i upravljanja glasom omogućeno je integrisano upravljanje napadno-navigacijskim sistemom, a uvođenjem elektronskih prikazivača omogućeno je integrisano prikazivanje parametara i stanja. Automatizacija upravljanja, prikazivanjem parametara i stanja, rasterećuje pilota i omogućava njegovu maksimalnu koncentraciju na izvršenje borbenog zadatka.

Uvod

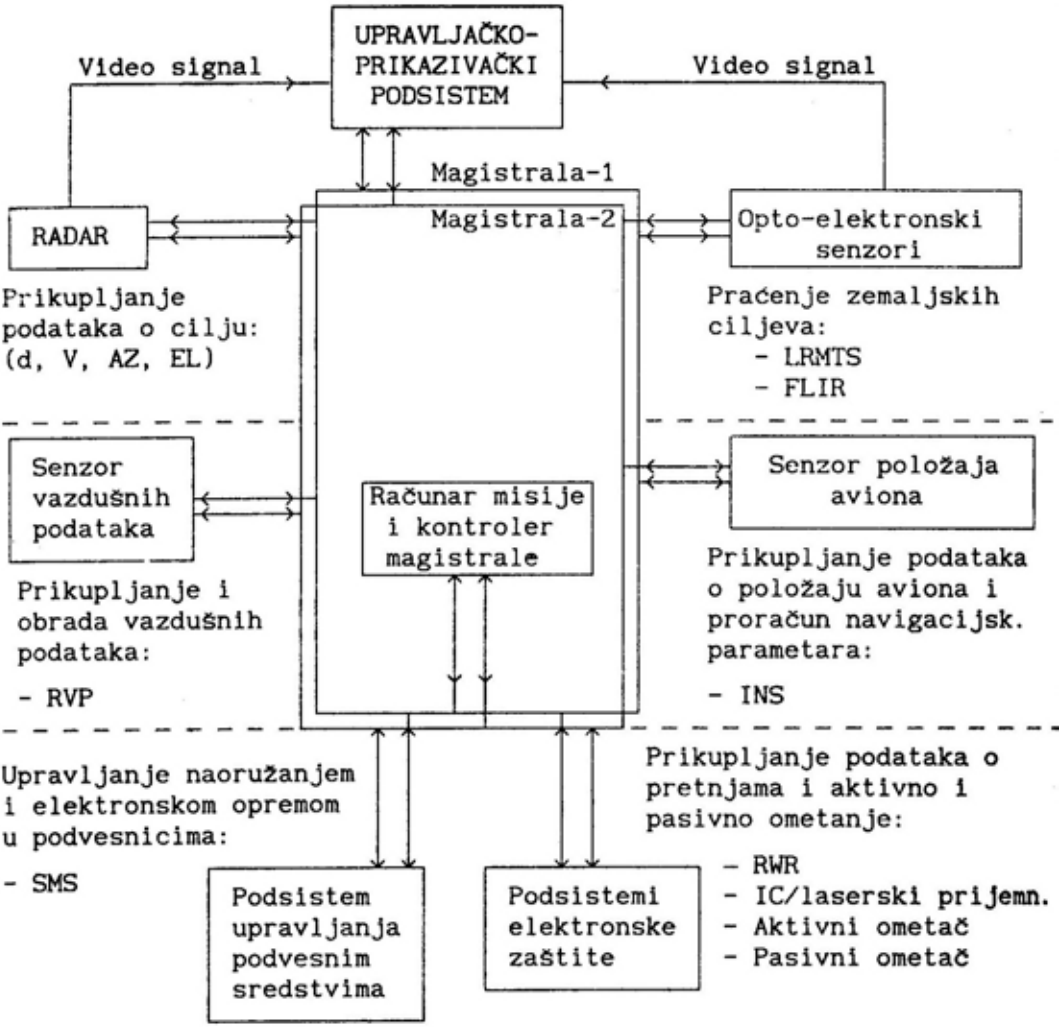
Upravljanje avionskim sistemima i podsistemima i prikazivanje parametara i stanja, u realnom vremenu, vrši se pomoću upravljačkih i prikazivačkih elemenata instaliranih u pilotskoj kabini. Pod pojmom upravljačkih elemenata podrazumevaju se pilotska palica, ručica gasa, upravljačke kutije, tastature, preklopnici, prekidači i tasteri, dok se pod pojmom prikazivačkih elemenata podrazumevaju svi konvencionalni elektro-mehanički pokazivači, elektronski prikazivači, signalni paneli i signalne sijalice.

Upravljački i prikazivački elementi predstavljaju interfejs između pilota i aviona, pa dizajn upravljačko-prikazivačkog podsistema (u daljem tekstu UPP) direktno utiče na radne uslove, odnosno opterećenje pilota. Zbog toga je, pri razvoju prethodnih generacija aviona, dizajnu UPP-a uvek posvećivana odgovarajuća pažnja. Međutim, kod savremenih višenamenskih vojnih aviona, zbog njihove opremljenosti izuzetno velikim brojem složenih sistema i podsistema i složenosti upravljanja, kao i zbog izuzetno velikog broja informacija koje je, u realnom vremenu i u zavisnosti od režima leta, potrebno prikazati pilotu, dizajnu UPP-a mora se posvetiti izuzetno velika pažnja. U protivnom, pilot bi bio preopterećen upravljanjem i praćenjem parametara i stanja, što bi imalo vrlo negativni uticaj na uspešnost izvršenja borbenog zadatka (misije).

Svi upravljački i prikazivački elementi, koji se koriste na savremenim višenamenskim vojnim avionima, predstavljaju jedan podsistem u okviru napadno-navigacijskog sistema (u daljem tekstu NNS). NNS predstavlja centralni sistem arhitekture integrisanih elektronskih sistema aviona, povezanih posredstvom serijskih magistrala podataka (1553B ili »GINA«).

U opštem slučaju, NNS obuhvata sve senzore, podsisteme (računare) i kontrolere (magistrala i naoružanja) koji omogućavaju uspešno izvršenje dejstava po ciljevima u vazduhu i na zemlji (moru). U zavisnosti od namene, odnosno opremljenosti konkretnog aviona NNS može biti manja ili više složena. Jedna uprošćena šema NNS-a prikazana je na slici 1.

Definisanje novog pristupa projektovanju UPP-a (baziranom na maksimalnom opterećenju aviona), pregled razvoja UPP-a, predlozi mogućih rešenja upravljačkog i prikazivačkog dela UPP-a i predlog rešenja za automatsko upravljanje prikazivanjem osnovni su ciljevi ovog članka.



RVP - računar vazdušnih podataka,

INS - inercijalni navigacijski sistem,

SMS - računar za upravljanje podvesnim sredstvima (Stores Management System),

RWR - prijemnik upozorenja na ozračenost radarom (Radar Warning Receiver),

LRMTS - laserski daljinomer/tragač markiranog cilja (Laser Ranger/ Marked Target Seeker),

FLIR - termovizijski sistem za noćno osmatranje zone ispred aviona (Forward Looking Infra Red).

Sl. 1 — Uprošćena blok-šema NNS-a

Razvoj upravljačko-prikazivačkih podsistema

U razvijenim zapadnim zemljama sve do šezdesetih godina, a u drugim zemljama i znatno duže, na avionima su se isključivo koristili klasični pokazivači (konvencionalni elektro-mehanički pokazivači) i klasični načini upravljanja (posebne konvencionalne upravljačke kutije za svaki podsistem). U takvim uslovima stepen integracije upravljanja i prikazivanja bio je minimalan, a uvođenjem novih sistema i podsistema broj klasičnih pokazivača i upravljačkih kutija neprestano je rastao. Na taj način, u pilotskoj kabini, instalirano je nekoliko desetina pokazivača i upravljačkih kutija uz obilje prekidača i signalnih sijalica. Ovako dizajnirana pilotska kabina dovodila je do značajnog povećanja psihosiziČkog opterećenja pilota, što se vrlo negativno odražavalo na uspešnost izvršenja borbenih zadataka.

Radi poboljšanja radnih uslova, odnosno smanjenja opterećenja pilota, nakon šezdesetih, a posebno nakon sedamdesetih godina, u razvijenim zapadnim zemljama pristupa se integraciji UPP-a. Uvođenjem upravljanja po principu »ruke na ručici gasa i pilotskoj palici« (HOTAS — Hands On Throttle And Stick), višenamenske tastature i upravljanja glasom obezbeđeno je integrisano upravljanje NNS-om, a uvođenjem elektronskih prikazivača omogućeno je integrisano prikazivanje parametara i stanja.

Pri definisanju i integraciji upravljačkog dela UPP-a poseban značaj ima ugao nagiba pilotskog sedišta, koji zavisi od manevarskih osobina aviona, odnosno maksimalnog opterećenja kojem pilot pri manevrisanju aviona može biti izložen. S obzirom na to da savremeni višenamenski borbeni avioni treba da imaju izuzetno velike manevarske mogujnosti oni se projektuju za opterećenja od 10g i više. Pri ovako velikim opterećenjima u slučaju klasičnih sedišta, koja se u odnosu na vertikalnu osu aviona ugrađuju pod uglom oko 13°, kod pilota bi došlo do gubitka svesti, zbog čega istraživanje optimalnog ugla ugradnje sedišta postaje prioritetno. Prvi avion sa nagnutim sedištem od 30° bio je F-16. Međutim, istraživanja su ubrzo pokazala da nagib sedišta manji od 45° ne pruža nikakva merljiva poboljšanja otpornosti tela pilota na opterećenja. Dalja istraživanja pokazala su da je za potpunu eliminaciju uticaja opterećenja na telo pilota, pri opterećenjima od 10g i više, potreban nagib pilotskog sedišta od 75° i više. Međutim, pri ovako velikim nagibima sedišta pojavljuje se problem izbacivanja pilotskog sedišta, kao i značajnog smanjenja mogućnosti vizuelne kontrole zadnje polusfere aviona. Radi prevazilaženja ovih problema, dalja istraživanja bila su usmerena na razvoj sedišta promenljive geometrije, za koje je karakteristično to da za bilo koji položaj sedišta pozicija pilotskog oka i njegovih ramena ostaje nepromenjena. Na taj način, pri promeni nagiba sedišta, zone koje pilot može da dohvati rukama ostaju nepromenjene, ali se sa povećanjem ugla nagiba pojavljuje sve veća redukcija vidljivosti instrumentalne table. Međutim, bez obzira na navedeni nedostatak sedišta sa promenljivom geometrijom, činjenica je da ovo sedište, uz usavršavanje anti-g pilotskog odela, predstavlja optimalno rešenje za savremene višenamenske borbene avione.

Sa druge strane, primena sedišta promenljive geometrije favorizuje primenu bočne pilotske palice, ugrađene na desnom pultu, u odnosu na tradicionalnu pilotsku palicu ugrađenu u sredini kabine. Bočna pilotska palica je povoljnija zbog toga što se desna ruka pilota može nasloniti na posebno izvedeni naslon ili slobodni deo desnog pulta, što olakšava upravljanje pri velikim faktorima opterećenja, a obezbeđuje se i veće vidno polje na centralnoj instrumentalnoj tabli. Bočna pi-

lotska palica koristi se na avionima F-16 i RAFAL i početna iskustva su vrlo povoljna.

Primenom sedišta promenljive geometrije, pilotske palice na desnom pultu i ručice gasa na levom pultu, uz ugradnju odgovarajućih upravljačkih elemenata na pilotskoj palici i ručici gasa, ostvaren je savremeni koncept upravljanja avionom i podsistemima NNS-a po principu »HOTAS«. Ugradnjom velikog broja prekidača (tastera) na pilotskoj palici i ručici gasa, obezbeđeno je integrisano upravljanje svim vitalnim funkcijama podsistema NNS-a. Ovakav način upravljanja optimizira radne uslove pilota smanjujući njegovo opterećenje i potrebu da, u kritičnim fazama izvršenja borbenih zadataka, skreće pogled sa cilja na upravljačke elemente u pilotskoj kabini.

Dalja integracija upravljanja podsistemima NNS-a obuhvatila je uvođenje višenamenske tastature koja omogućava centralizovano upravljanje i testiranje podsistema NNS-a, unošenje podataka pre i u toku leta, kao i upravljanje prikazivanjem parametara i stanja avionskih sistema i podsistema na elektronskim prikazivačima. Trend je da se, radi što većeg rasterećenja pilota, upravljanje prikazivanjem parametara i stanja što više automatizuje, uz zadržavanje mogućnosti da pilot u bilo kom momentu ručno ili glasom može preuzeti upravljanje.

Upravljanje glasom, koje je već realizovano na nekim savremenim vojnim avionima, predstavlja jedan novi kvalitet u okviru integrisanog upravljanja NNS-om i omogućava dodatno smanjenje opterećenja pilota.

U doglednoj budućnosti se očekuje da će se primenom veštačke inteligencije (za generisanje i prikazivanje formata prikazivačkih stranica i kontrolu stanja pilota), interaktivnog sistema upravljanja i upozorenja glasom i upravljanja pogledom (korišćenjem okulomera za detekciju pomeraja oka) postići još veći stepen integrisanog upravljanja NNS-om, čime bi se opterećenje pilota svelo na minimalno moguću meru.

U pogledu integracije prikazivačkog dela UPP-a, početkom šezdesetih, naročito nakon sedamdesetih godina, uvode se elektronski prikazivači, koji su omogućili da se na relativno malom prostoru prikaže velika količina informacija.

Radi očuvanja kontinualnog kontakta pilota sa spoljnom scenom, uz prikazivanje najbitnijih informacija, u njegovom vidnom polju, početkom šezdesetih godina u V. Britaniji, na bazi katodne cevi, razvijen je gornji elektronski prikazivač (HUD — head up display). HUD je optoelektronski uređaj koji omogućava da se skup simbola, generisan na katodnoj cevi, posredstvom optike za kolimaciju i polupropusnog refleksnog ogledala, prikaže u vidnom polju pilota, tj. superponira na spoljnu scenu [1], [2], [3]. Na HUD-u se prikazuju osnovne pilotažno-navigacijske informacije (stvarna i vertikalna brzina, radio ili barometarska visina, kurs, uglovi propinjanja i valjanja, napadni ugao, itd.) koje su neophodne u svim režimima leta, kao i informacije koje se koriste u režimu dejstava, podrežima V-V (topovi i rakete) i V-Z (topovi, rakete i bombe). HUD je zamenio jednostavne žiro-stabilisane nišane, obezbeđujući znatno tačnije informacije za dejstva svim vrstama naoružanja. Prve generacije HUD-a imale su relativno malo vidno polje, oko 10° vertikalno i oko 15° horizontalno. Početkom sedamdesetih godina GEC Avionics je, za potrebe noćnih dejstava, razvio rasterski HUD na kojem je prikazivana slika terena ispred aviona koju je generisao termovizijski sistem (FLIR). Pri korišćenju ovoga HUD-a manevri na maloj visini bili su strago zabranjeni, jer pilot nije mogao videti ništa što je izvan vidnog polja HUD-a. Potreba za što većim vidnim poljem, pri noćnim napadima na maloj visini, forsirala je razvoj difrakcionog holograf-

skog HUD-a kojim je obezbeđeno horizontalno vidno polje od oko 30°. Prvi dirakcioni holografski HUD razvio je Hughes Aircraft, a testiran je na avionu »Viggen« 1977. godine. S obzirom na izuzetno široko vidno polje i dobre karakteristike ovoga HUD-a našao je široku primenu na savremenim višenamenskim vojnim avionima.

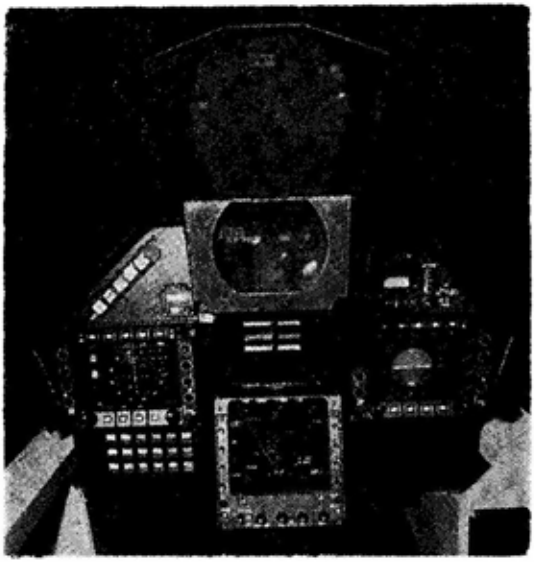
Zbog potrebe proširenja i vertikalnog vidnog polja HUD-a na nekim savremenim vojnim avionima, neposredno ispod HUD-, uvode se i elektronski prikazivači u visini glave pilota (HLD — head level disploy) [4]. HLD predstavlja optoelektronski uređaj koji omogućava da se slika spoljne scene, snimljena LLLTV (Low Light Level TV) kamerom ili termovizijskim sistemom (FLIR) i prikazana na katodnoj cevi, posredstvom optike za kolimaciju, prikaže u vidnom polju pilota. Ova slika obično je superponirana sa sintetičkim podacima koji pružaju osnovne pilotažno-navigacijske informacije, kao i informacije bitne za upozorenja pilota i zaštitu aviona.

S obzirom na veliki broj informacija koje treba prikazati pilotu, kao i ograničenost broja informacija koje se mogu prikazati na HUD-u i HLD-u, na savremenim vojnim avionima uvode se i donji elektronski prikazivači (HDD — head down display). HDD je višenamenski elektronski prikazivač, monohromatski ili u boji, kurzivnog i/ili rasternog tipa, na kojem se može prikazati sintetička slika, radarska slika, digitalna mapa, itd. Prvobitni i današnji HDD realizovani su na bazi katodnih cevi, mada se u bliskoj budućnosti (primenom displeja na bazi tečnog kristala ili LED dioda, odnosno elektroluminiscencnih displeja na bazi tankog filma) očekuje njihova zamena sa ravnim (panel) displejima. Prvi višenamenski monohromatski HDD (MFD-Multi Function Display) proizveden je 1970. godine, a prvi višenamenski kolor HDD, realizovan na bazi katodne cevi sa »shadow« maskom, proizveden je 1978. godine.

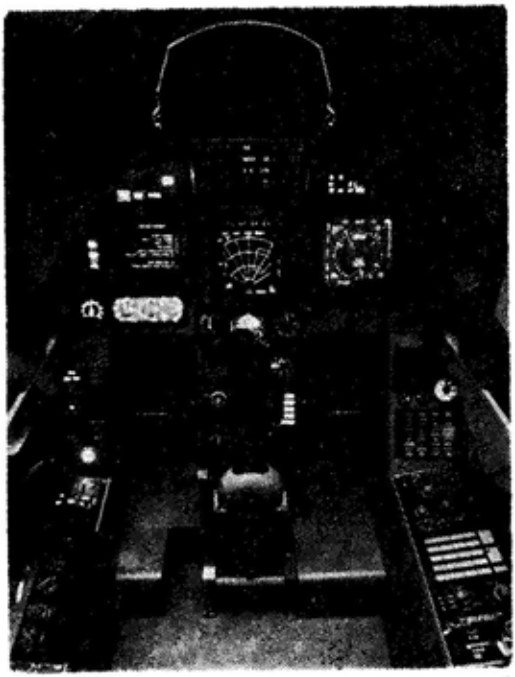


Sl. 2 — Elektronski prikazivač na kacigi pilota (HMD)

Poslednjih godina, na savremenim vojnim avionima, pojavljuje se i elektronski prikazivač na kacigi pilota (HMD — helmet mounted display) [3]. HMD daje kolimatorsku prezentaciju pilotažno-navigacijskih i nišanskih parametara i izvan vidnog polja HUD-a i izuzetno je pogodan za vazdušnu borbu na malim rastojanjima. Trend je da HMD zameni HUD, a što se u doglednoj budućnosti može i dogoditi, mada se oni još uvek tretiraju kao dva komplementarna elektronska prikazivača. Međutim, zbog većeg i preciznijeg optoelektronskog dela, kruto vezanog za strukturu aviona HUD, u odnosu na HMD, obezbeđuje veću tačnost dejstava nevođenim projektilima, zbog čega se njegova primena očekuje i na narednim generacijama aviona. HMD je prikazan na slici 2.



Sl. 3a.



Sl. 3b.

Sl. 3. Varijante prikazivačkog dela UPP-a

U slučaju otkaza prethodnih elektronskih prikazivača (zbog otkaza magistrala, generatora simbola ili samih elektronskih prikazivača) na savremenim vojnim avionima uvodi se i pomoćni elektronski prikazivač (SIP — stand-by instrument panel ili GYHP — get yoy home panel) [5] [6]. SIP (GYHP), realizovan na bazi katodne cevi ili tečnog kristala, obezbeđuje osnovne informacije neophodne pilotu za bezbedan povratak na matični aerodrom.

Uvođenjem elektronskih prikazivača naglo je smanjen broj klasičnih pokazivača i nastoji se da se oni, u bliskoj budućnosti, potpuno izbace iz upotrebe. Pri projektovanju aviona novije generacije, u razvijenijim zapadnim zemljama, prisutna je tendencija da se sve informacije prikazuju na jednom HUD-u ili kombinovanom HUD-HLD elektronskom prikazivaču i dva do tri HDD (RAFAL, EAP, EFA, MIRAŽ-2000, F-16, F-18, IAS-39 itd). Varijanta prikazivačkog dela UPP-a sa HUD-HLD i tri HDD prikazana je na slici 3a, a varijanta sa HUD i tri HDD na slici 3b.

Međutim, i pored već ostvarenog visokog stepena integracije prikazivačkog dela UPP-a, intenzivno se radi na istraživanju načina njegove dalje integracije. Cilj istraživača je da se svi postojeći elektronski prikazivači integrišu u jedan elektronski prikazivač, koji objedinjava sve njihove informacije u jednu veliku sliku (»Big Picture«) sličnu slici na TV ekranu. Ova slika trebalo bi da obuhvati celu širinu kabine i prekrije površinu od oko 2000 cm^2, koja je oko deset puta veća od površine najvećeg od trenutno korišćenih elektronskih prikazivača. Realizacijom »velike slike« svi podaci koji su bitni za dati režim leta bili bi prikazani na jednom velikom ekranu realizovanom na bazi katodne cevi ili tećnog kristala.

Dakle, može se konstatovati da je tehnološki razvoj UPP-a u velikoj ekspanziji, što dovodi do toga da trenutno primenjene tehnologije relativno brzo zastarevaju, te se zamenjuju novijim. Zbog toga, pri projektovanju UPP-a, neophodno je koristiti fleksibilna i mo-

dularna hardversko-softverska rešenja, a što savremene arhitekture integrisanih elektronskih sistema aviona upravo i omogućavaju.

Radi istraživanja i realizacije optimalne arhitekture UPP-a, kao i istraživanja iz oblasti upravljanja prikazivanjem i »real time« prikazivanja parametara i stanja avionskih sistema i podsistema, koriste se funkcionalni modeli kabine. Ova istraživanja se izvode u laboratorijskim uslovima, što omogućava postupno i sistematsko definisanje interfejsa pilot-avion. Ovakav koncept prihvaćen je u svim razvijenijim zapadnim zemljama, jer omogućava realizaciju optimalnog UPP-a uz minimizaciju broja letova aviona, potrebnih za njegovu verifikaciju.

Prikazivački deo UPP-a

Kod savremenih borbenih aviona, u opštem slučaju, mogu se koristiti različite arhitekture prikazivačkog dela UPP-a. Pri definisanju optimalne arhitekture prikazivačkog dela UPP-a, za neki konkretni avion, potrebno je poći od:

— namene aviona i borbenih zadataka (misija) koje on treba da izvršava;

— arhitekture napadno-navigacijskog sistema (NNS);

— dizajna pilotske kabine (nagiba sedišta, položaja pilotske palice i ručice gasa i arhitekture upravljačkog dela UPP-a);

— minimalnog broja potrebnih informacija koje se, u najsloženijim misijama, moraju prikazati pilotu;

— karakteristika i mogućnosti elektronskih prikazivača, i

— zahtevane pouzdanosti prikazivačkog dela UPP-a.

S obzirom na to da definisanje optimalne arhitekture prikazivačkog dela UPP-a, za neki konkretni avion, prevazilazi okvire i nije cilj jednog ovakvog članka, predlog jedne od mogućih arhitektura prikazivačkog dela UPP-a može se dati i na osnovu prethodnog definisanja funkcija koje prikazivački deo UPP-a treba da ostvari, kao i pouzdanosti sa kojom to treba da uradi.

Funkcije prikazivačkog dela UPP-a, za neki savremeni borbeni avion, mogle bi se definisati na sledeći način:

— generisanje rasterskih i kurzivnih video-signala za rad gornjeg elektronskog prikazivača (HUD-a), elektronskog prikazivača u visini glave pilota (HLD) i dva donja elektronska prikazivača (HDD);

— multipleksiranje i miksovanje video-signala, čime se omogućava da se bilo koji izlaz, sintetizovanog video-signala, iz displej-procesora može prikazati na bilo kojem elektronskom prikazivaču, kao i miksovanje bilo kojeg video-signala, iz nekog optoelektronskog sistema, sa sintetizovanim video-signalom;

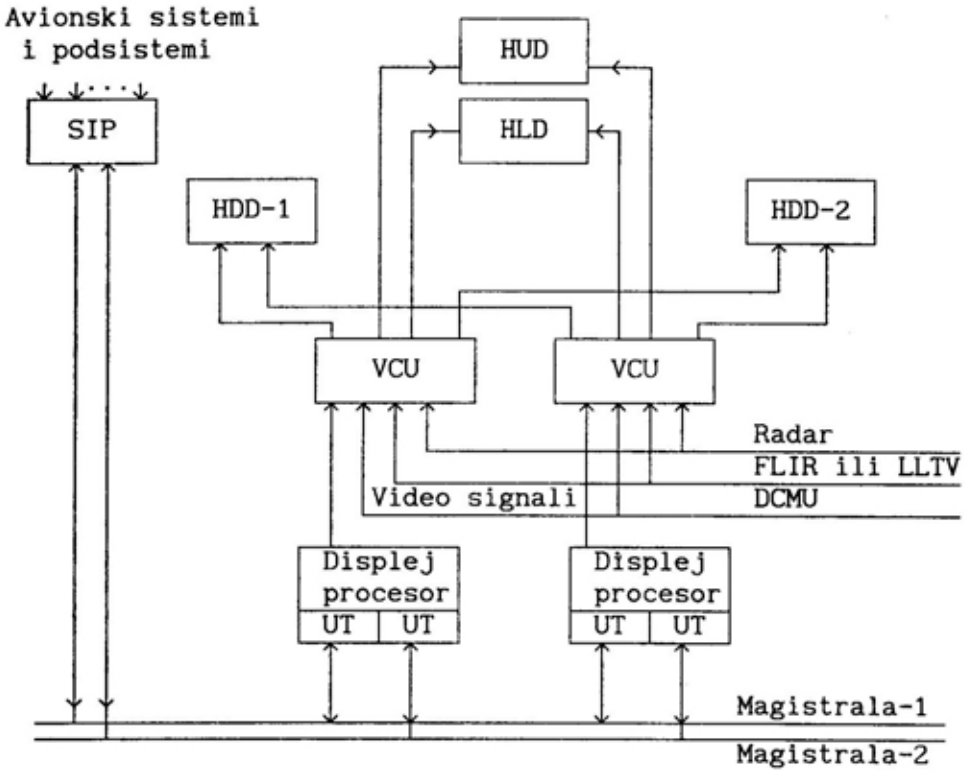
— generisanje glavnog sinhronizacionog impulsa za sinhronizaciju svih izvora video-signala.

Zahtevi pouzdanosti prikazivačkog dela UPP-a, za neki savremeni borbeni avion, mogli bi se definisati na sledeći način:

— pri automatskoj detekciji otkaza jednog elektronskog prikazivača, prikazivački deo UPP-a, na osnovu prethodno definisanih prioriteta, treba da omogući takvu rekonfiguraciju prikazivanja prema kojoj se format prikazivača koji je otkazao premešta na prvi po prioritetu niži prikazivač, a format prikazivača sa najnižim prioritetom ne prikazuje. Za razmatrani prikazivački deo UPP-a zahteva se sledeći redosled prioriteta prikazivača, odnosno premeštanja njihovih formata HUD → HLD → → HDD-1 → HDD-2 →. Prema tome, u slučaju otkaza HUD-a treba izvršiti takvu rekonfiguraciju prikazivanja, pri čemu se format HUD-a prikazuje na

HLD, format HLD-a na HDD-1, format HDD-1 na HDD-2, a format HDD-2 ne prikazuje. Međutim, treba omogućiti da se, po potrebi, a na osnovu intervencije pilota, format prethodno prikazivan na HDD-2 može prikazati na nekom od raspoloživih elektronskih prikazivača. Ovako definisani redosled prikazivanja omogućava brzo i lako prilagođenje pi-

cije na HLD, zbog čega, u takvoj situaciji, »task upravljanja prikazivanjem« treba da inicira, a »task za generisanje formata« da izostavi sve nišanske informacije. Nakon otkaza HUD-a, otkaz nekog od preostalih elektronskih prikazivača dovodi do dalje redukcije prikazanih informacija. Međutim, i u takvoj situaciji sve informacije, odnosno svi



VCU - jedinica za upravljanje video signalima,

DCMU - jedinica digitalne mape u boji,

UT - udaljeni terminal.

Sl. 4 — Arhitektura prikazivačkog dela UPP-a

lota na promene izazvane otkazima elektronskih prikazivača. Međutim, u nekim situacijama ni jednostavno prebacivanje formata sa prikazivača na prikazivač ne bi imalo smisla. Na primer, pri otkazu HUD-a nepotrebno je prebacivati njegove nišanske informa-

formati moraju biti raspoloživi za prikazivanje;

— za otkaze elektronskih prikazivača koji se ne mogu detektovati automatski treba obezbediti ručnu rekonfiguraciju prikazivanja (što obavlja pilot);

— u slučaju otkaza svih elektronskih prikazivača, najbitnije informacije, neophodne za bezbedan povratak na matični aerodrom, prikazivati na pomoćnom elektronskom prikazivaču (SIP-u);

— pri potpunom otkazu jednog od modula prikazivačkog dela UPP-a, treba obezbediti prikazivanje svih informacija neophodnih za uspešan završetak misije. Ovakav zahtev nameće potrebu redundovanja (dupliciranja) modula prikazivačkog dela UPP-a;

— pri potpunom otkazu dva različita modula, treba obezbediti prikazivanje svih informacija neophodnih za uspešan završetak misije;

— pri potpunom otkazu više različitih modula, potrebno je obezbediti prikazivanje svih informacija neophodnih za uspešan završetak misije, ali pri tome imati u vidu da ispunjenje ovog zahteva umnogome može da zavisi i od vrste i složenosti tekuće misije;

— pri potpunom otkazu dva identična modula, na pomoćnom elektronskom prikazivaču (SIP-u), treba obezbediti prikazivanje svih osnovnih informacija, koje su neophodne za bezbedan povratak na matični aerodrom.

Na slici 4. dat je predlog jedne od mogućih arhitektura prikazivačkog dela UPP-a [7], koja omogućava ostvarenje postavljenih funkcija uz ispunjenje postavljenih zahteva o pouzdanosti.

S obzirom na redundovanost (dupliciranost) magistrala podataka, displej procesora, udaljenih terminala, kontrolnih jedinica za upravljanje video signalima i elektronskih prikazivača, predložena arhitektura predstavlja jedno vrlo savremeno i pouzdano rešenje. Pored toga, displej procesori su dvoprocesorske konfiguracije i svaki od njih je funkcionalno podeljen na četiri dela koji izvršavaju sledeće zadatke (taskove): prethodnu obradu podataka, generisanje formata za prikazivanje, upravljanje prikazivanjem i komuniciranje sa avionskim sistemima i podsistemima preko magistrala podataka. Pri tome, jedan od procesora je namenjen za komuniciranje sa avionskim sistemima i podsistemima, prethodnu obradu podataka i upravljanje prikazivanjem dok je drugi procesor namenjen za generisanje formata za prikazivanje i realizaciju liste prikazivanja, tj. prikazivanje formata na odgovarajućim elektronskim prikazivačima u skladu sa zahtevima dobijenim od »taska za upravljanje prikazivanjem«. Podaci od avionskih sistema i podsistema, primljeni preko magistrale podataka, posredstvom UT prosleđuju se u zajedničku memoriju, a analogno-diskretni signali, primljeni preko analogno-diskretnog interfejsa, digitalizuju se (konvertuju) i memorišu u istu memoriju. U okviru CPU modula koristi se mikroprocesor kapaciteta 1 MOPS i 128K reči stranično organizovanog PROM-a. Modul za generisanje kurzivnih simbola, rasterske slike i miksovanje video-signala sadrži: podmodul generatora simbola (GS), koji upravlja programom za crtanje simbola i bojama, te njihovom sjajnošću; podmodul generisanja rasterske slike; podmodul miksovanja sintetičkih simbola i video-signala od radara, optoelektronskih senzora i jedinice digitalne mape u boji i podmodul interfejsa prema elektronskim prikazivačima (tzv. jedinica za upravljanje video signalima — VCO), koji omogućava povezivanje elektronskih prikazivača sa odgovarajućim generatorima simbola i prekljućivanje video-signala u normalnim uslovima i uslovima otkaza pojedinih elektronskih prikazivača. Prisustvo ove jedinice omogućava jednostavno povezivanje i prekljućivanje video-signala, čime se minimizira potrebna avionska instalacija i pruža mogućnost jednostavnog proširenja NNS-a, bez modifikacija displej-procesora.

Kombinovani monohromatski elektronski prikazivač (holografski HUD i kolimatorski HLD postavljen ispod HUD-a) obezbeđuje maksimalno horizontalno i vertikalno vidno polje, čime se omogućava da se veliki broj infor-

macija prikaže u optimalnom vidnom polju pilota. HUD i HLD mogu da rade u kurzivnom i/ili rasterskom modu i omogućavaju borbenu upotrebu aviona u dnevnim i noćnim uslovima (prikazivanjem spoljne scene snimljene LLLTV kamerom ili FLIR-om). Na HUD-u se prikazuju sintetičke pilotažno-navigacijske i nišanske informacije, a pri noćnim dejstvima i termovizijska slika FLIR-a. HLD služi za prikazivanje video signala od optoelektronskih senzora i TV vođenih projektila sa odgovarajućim sintetičkim simbolima u vidu overleja.

Donji elektronski prikazivači (HDD) jesu višenamenski prikazivači u boji i mogu da rade u kurzivnom i/ili rasterskom modu, odnosno da prikazuju sintetičke simbole, slike od optoelektronskih senzora ili, pak, njihovu kombinaciju. Levi HDD obično predstavlja interfejs »čovek-avion« i na njemu se prikazuju informacije prikupljene od avionskih sistema (motora, goriva, hidro, naoružanja, itd.) ili koje je uneo pilot. Desni HDD se koristi za prikazivanje radarske slike u boji i informacija o položaju i smeru, horizontalnoj situaciji i radarskoj, laserskoj i IC ozračenosti aviona.

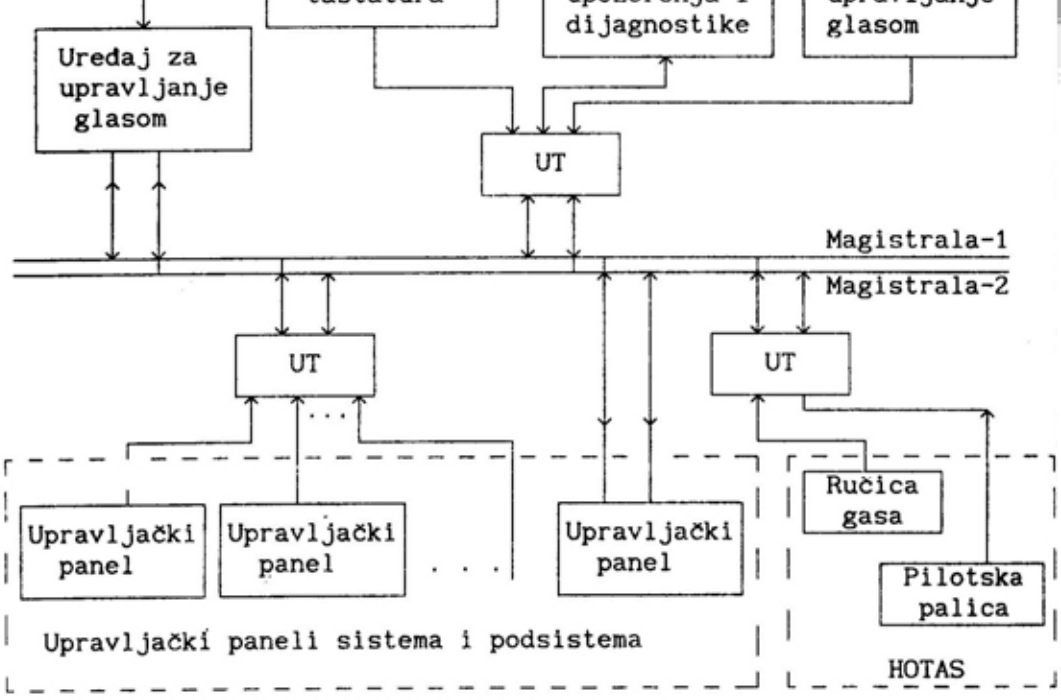
Upravljački deo UPP-a

Na savremenim borbenim avionima, u okviru upravljačkog dela UPP-a, koriste se sledeći upravljački elementi:

— prekidači i tasteri na pilotskoj palici i ručici gasa;

— višenamenska tastatura;

— tastatura upozorenja i dijagnostike;



Sl. 5 — Arhitektura upravljačkog dela UPP-a

— upravljački paneli pojedinih sistema i podsistema, i

— audio-signal iz mikrofona i taster na pilotskoj palici, koji omogućavaju neposrednu komunikaciju pilota sa »taskom za upravljanje prikazivanjem«.

Predlog jedne od mogućih arhitektura, upravljačkog dela UPP-a, prikazan je na slici 5 [7].

Prekidači i tasteri na pilotskoj palici i ručici gasa

Ugradnjom određenog broja prekidača i tastera na pilotsku palicu i ručicu gasa ostvaren je savremeni koncept upravljanja avionom i podsistemima NNS-a, po principu »HOTAS«. Ugradnjom prekidača (tastera) za: dejstvo topovima, otpuštanje bombi, lansiranje raketa, upravljanje glavom tragača rakete, izbor radarskih modova, trimovanje aviona, upravljanje glasom, upravljanje nosnim točkom, punjenje goriva u vazduhu, itd. na pilotskoj palici, a prekidača (tastera) za: upravljanje radarskom antenom, vazdušnim kočnicama, predaju radio-komunikacijskih informacija, upravljanje izborom naoružanja, upravljanje sistemom za legitimisanje, markiranje radarskih ciljeva, izbor moda rakete, upravljanje pasivnim ometanjem i optoelektronskim senzorima, itd., na ručici gasa, obezbeđuje se integrisano upravljanje svim vitalnim funkcijama podsistema NNS-a, zadržavajući ruke isključivo na pilotskoj palici i ručici gasa.

Višenamenska tastatura

Višenamenska tastatura omogućava izbor režima (faze) leta i prikazivačkih formata i unošenje podataka pre i u toku leta, a može biti nerekonfigurabilnog i rekonfigurabilnog tipa.

Poređenjem ove dve varijante višenamenske tastature, može se konstatovati sledeće:

— u pogledu broja formata, koji se može birati, rekonfigurabilna tastatura pruža znatno veće mogućnosti;

— nerekonfigurabilna tastatura ima veći broj jednofunkcionalnih tastera, a rekonfigurabilna manji broj višefunkcionalnih tastera zbog čega je, ova druga, znatno manjih dimenzija i manje mase;

— nerekonfigurabilna tastatura, izborom faze leta, omogućava automatski izbor formata za sve elektronske prikazivače, dok rekonfigurabilna tastatura obično ne poseduje tu mogućnost, mada bi se ona mogla relativno lako implementirati;

— za izbor formata, podformata i parametara i unošenje podataka rekonfigurabilna tastatura zahteva nešto veće angažovanje pilota, što sa stanovišta opterećenja pilota nije beznačajno;

— u pogledu unošenja i izmene podataka obe tastature imaju iste mogućnosti, ali dok rekonfigurabilna tastatura omogućava verifikaciju podataka na svom displeju, kod nerekonfigurabilne tastature to se obično izvodi posredstvom određenog elektronskog prikazivača.

Na osnovu ove uporedne analize očigledno je da rekonfigurabilna tastatura predstavlja jedno savremenije, fleksibilnije i moćnije rešenje.

Tastatura upozorenja i dijagnostike

Ova tastatura obuhvata niz tastera (pushbuttons), za signalizaciju i upravljanje (tzv. signalnih tastera), ugrađenih po obodu instrumentalne table. Uloga ove tastature je da se, u slučaju otkaza nekog sistema ili podsistema, odnosno prekoračenja normalnog radnog opsega nekog od parametara, paljenjem odgovarajućeg signalnog tastera pilot upozori na određenu opasnost i inicira korekciona aktivnost (automatski ili od strane pilota). Upravljanje se može izvesti tako da u slučaju paljenja nekog

od signalnih tastera pilot pritiskom na njega, na određenom elektronskom prikazivaču, dobije odgovarajuće korekcione informacije po kojima treba da postupi, kako bi prevazišao nastalu situaciju. Međutim, upravljanje se može i automatizovati, tako da se pri paljenu signalnog tastera automatski aktivira i korekciona procedura, što sa stanovišta opterećenja pilota predstavlja mnogo povoljnije rešenje.

Upravljački paneli

S obzirom na ograničenost upravljačkih funkcija koje se mogu realizovati preko višenamenske tastature, kao i složenost i zahtevanu pouzdanost upravljanja koju nameću pojedini avionski sistemi i podsistemi, upravljanje određenim brojem avionskih sistema i podsistema realizuje se preko posebnih upravljačkih panela. Posebni upravljački paneli obično se koriste za upravljanje: sistemom komandi leta, radarom, elektro-mehaničkim podsistemima aviona, radio-komunikacijskim podsistemom, podsistemom za legitimisanje, sistemom naoružanja, kao i podsistemima namenjenim za izvršenje specifičnih misija (izviđanja, protivelektronske zaštite, i sl.).

Upravljanje glasom

Za upravljanje prikazivanjem formata, na savremenim vojnim avionima, sve češće se koristi i upravljanje glasom. Za ovo upravljanje koriste se audio-signal sa pilotskog mikrofona, taster na pilotskoj palici i uređaj za upravljanje glasom. Taster omogućava da pilot, pritiskom na njega, preuzme upravljanje formatima glasom sa mikrofona, ignorišući postojeće formate generisane po »difoltu« ili od »taska za upravljanje prikazivanjem«. Uređaj za upravljanje glasom treba da ima mogućnost analize i prepoznavanja glasa, te generisanja odgovarajućih poruka koje se preko magistrale podataka predaju displej-procesoru, odnosno »tasku za upravljanje prikazivanjem«.

Upravljanje prikazivanjem

Za neki konkretni avion, pre nego što se pristupi definisanju upravljanja prikazivanjem parametara i stanja, u realnom vremenu, potrebno je definisati:

— opšte zahteve upravljanja prikazivanjem;

— arhitekturu i funkcije prikazivačkog dela UPP-a;

— arhitekturu i funkcije upravljačkog dela UPP-a;

— načine prekljućenja video-signala.

Polazeći od arhitektura i funkcija prikazivačkog i upravljačkog dela UPP-a, predloženih u poglavljima prikazivački i upravljački deo UPP, mogu se definisati opšti zahtevi upravljanja prikazivanjem i načini prekljućenja video-signala.

Opšti zahtevi upravljanja prikazivanjem

Sve veća primena digitalnih računara dovela je do značajnog povećanja broja informacija koje se mogu prikazati pilotu. Istovremeno, dostignuća u oblasti računarske grafike omogućila su uvođenje elektronskih prikazivača, kod kojih se na relativno malom prostoru može prikazati velika količina informacija. Međutim, zbog ograničenog broja elektronskih prikazivača koji se može ugraditi u pilotsku kabinu i obilja informacija koje se mogu prikazati pilotu, izuzetno je bitno da se u određenom trenutku prikazuju samo one informacije koje su za tekući režim leta, odnosno tekući borbeni zadatak, najvažnije.

Skupovi simbola i informacija koji su potrebni u režimima poletanja,

letanja, krstarenja, prodiranja, navigacije i borbenih dejstava vazduh-zemlja (topovima, raketama i bombama) i vazduh-vazduh (topovima i raketama) u opštem slučaju su različiti. Zbog toga, pre nego što se pristupi definisanju upravljanja prikazivanjem, potrebno je da se za svaki elektronski prekidač i svaki režim leta izvrši izbor optimalnog skupa simbola i informacija. Ova skupovi simbola i informacija nazivaju se stranicama (formatima), pa se sa pravom može reći da se prikazivanje vrši prema unapred definisanoj stručnoj organizaciji. Prema tome, pod pojmom upravljanja prikazivanjem podrazumeva se upravljanje formatima elektronskih prikazivača, i ono treba da obezbedi:

— fleksibilnu konfiguraciju prikazivačkih formata;

— što veću automatizaciju upravljanja;

— mogućnost narušavanja postojećeg automatizma upravljanja, preuzimanjem upravljanja (ručno ili glasom) od strane pilota;

— automatsku i efikasnu rekonfiguraciju prikazivačkog dela UPP-a u slučaju određenih otkaza;

— selektivnu raspoloživost informacija, čak i u uslovima određenih otkaza;

— laku rekonfiguraciju prikazivačkih formata, shodno ulozi i borbenom zadatku aviona;

— jednostavno praćenje avionskih sistema i podsistema;

— minimalni protok informacija na magistrali podataka, i

— primenljivost na bilo koji avion i bilo koji prikazivački deo UPP-a ovog tipa.

Pri realizaciji »taska za upravljanje prikazivanjem« najpogodnije je koristiti »tabelarno upravljanje« [8] koje, pri promeni tekućeg borbenog zadatka, omogućava laku rekonfiguraciju prikazivanja. Ovaj pristup upravljanju prikazivanjem omogućava da se, izmenom vrednosti u odgovarajućim tabelama elektronskih prikazivača, izvrši laka i brza rekonfiguracija prikazivačkih formata. U periodu neposredno nakon startovanja motora, obično se na elektronskim prikazivačima prikazuje određena unapred definisana (default) kombinacija prikazivačkih formata koja omogućava praćenje, ali ne utiče na rad avionskih sistema i podsistema.

Načini priključenja video-signala

U okviru prikazivačkog dela UPP-a koriste se video-signali od radara, optoelektronskih senzora, digitalne mape u boji i sintetički video- signali iz displej-procesora. Za preključivanje video-signala, odnosno promenu elektronskih prikazivača na kojima se vrši njihov prikaz, obično se koriste tehnike softverskog preključivanja i konvencionalnog multipleksiranja [7].

Softversko preključivanje video-signala koristi se samo za sintetičke video-signale generisane u displej-procesorima i omogućava promenu njihovog izlaznog kanala. Ovo preključivanje realizuje se u displej-procesorima na taj način što procesor (task) za generisanje prikazivačkih formata, izvršavajući listu prikazivanja (listu simbola definisanih za dati format) generisane linije, simbole i likove unosi u određenu frejm memoriju. Pri tome, svakoj frejm memoriji dodeljuje se jedan izlazni kanal, a svaki generisani format može se upisati u bilo koju od raspoloživih frejm memorija, čime se na vrlo jednostavan način ostvaruje preključivanje video-signala. Da bi se od memorisanih linija, simbola i lukova formirala odgovarajuća slika ,koja se može pri-

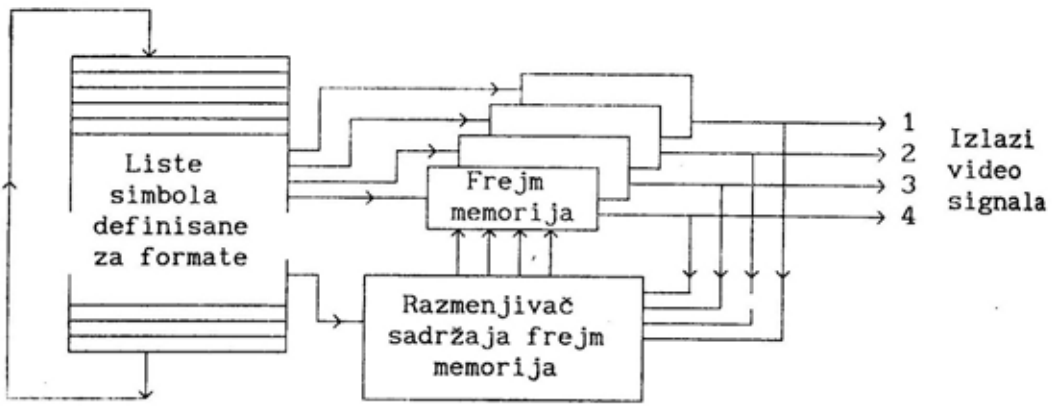
kazati na elektronskim prikazivačima, sadržaj frejm memorije mora se očitavati standardnom televizijskom brzinom. Softversko preključivanje video-signala, u odnosu na konvencionalno multipleksiranje, ima prednost u tome što potrebna prekidačka kola redukuje na apsolutni minimum, uz očuvanje potrebnog nivoa pouzdanosti.

Princip softverskog preključivanja video-signala prikazan je na slici 6.

korišćenjem konvencionalnih prekidača video-signala i upravljačkih jedinica video-signala, može se postići visoka pouzdanost preključivanja svih navedenih video-signala.

Predlog rešenja automatskog upravljanja prikazivanjem

Nakon definisanja opštih zahteva za upravljanje, arhitektura i funkcija



Sl. 6 — Softversko preključivanje video-signala

Za preključivanje video-signala generisanih od radara, opto-elektronskih senzora (LLLTV kamera ili FLIR-a) i jedinice digitalne kolor mape koriste se konvencionalni prekidači video-signala i/ili upravljačke jedinice video-signala (VCU), realizovane sa multipleksorima (MX), demultipleksorima (DMX). Predlog jedne od mogućih arhitektura upravljačke jedinice video-signala prikazan je na slici 7. U slučaju otkaza dela VCU koji upravlja preključivanjem video-signala od radara optoelektronskih senzora i jedinice dngitalne kolor mape, softverskim preključivanjem sintetičkih video-signala (unutar displej procesora) i preko VCU omogućeno je preključivanje sintetičkih video-signala na sve elektronske prikazivače. Dedundovanjem preključivanja, tj. istovremenim

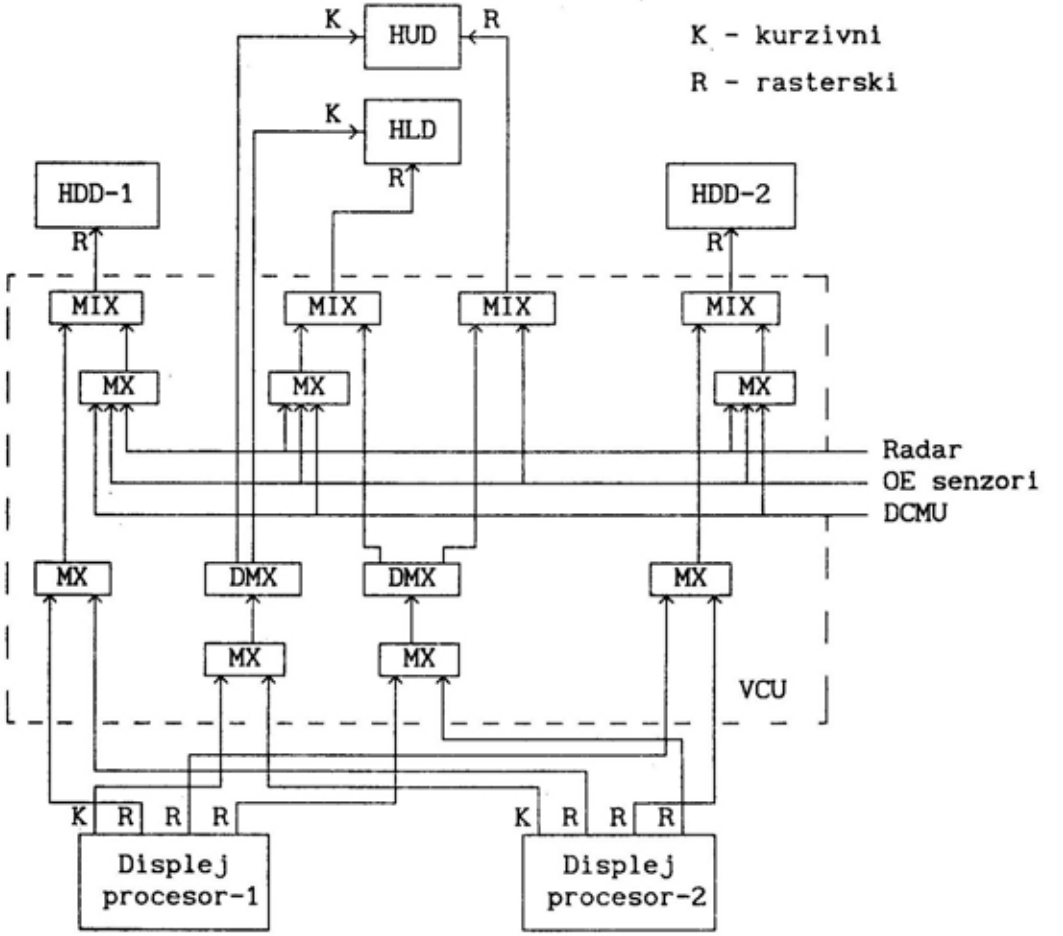
prikazivačkog dela UPP-a i mogućih načina preključenja video-signala, može se pristupiti definisanju i realizaciji automatskog upravljanja prikazivanjem.

Automatsko upravljanje prikazivanjem najjednostavnije je realizovati kao tabelarno upravljani proces, odnosno kao proces koji ,na osnovu sekvencijalnog pretraživanja određenog broja prethodno definisanih tabela stanja (statusa), omogućava izbor prikaivačkih formata, kao i izbor izlaznih kanala na kojima se ti formati pojavljuju [7].

Efikasnost i pouzdanost ovako realizovanog upravljanja zavisi, pre svega, od sveobuhvatnosti i jednoznačnosti prethodno definisanih tabela stanja. Zbog toga, pri realizaciji automatskog upravljanja prikazivanjem, posebnu pa-

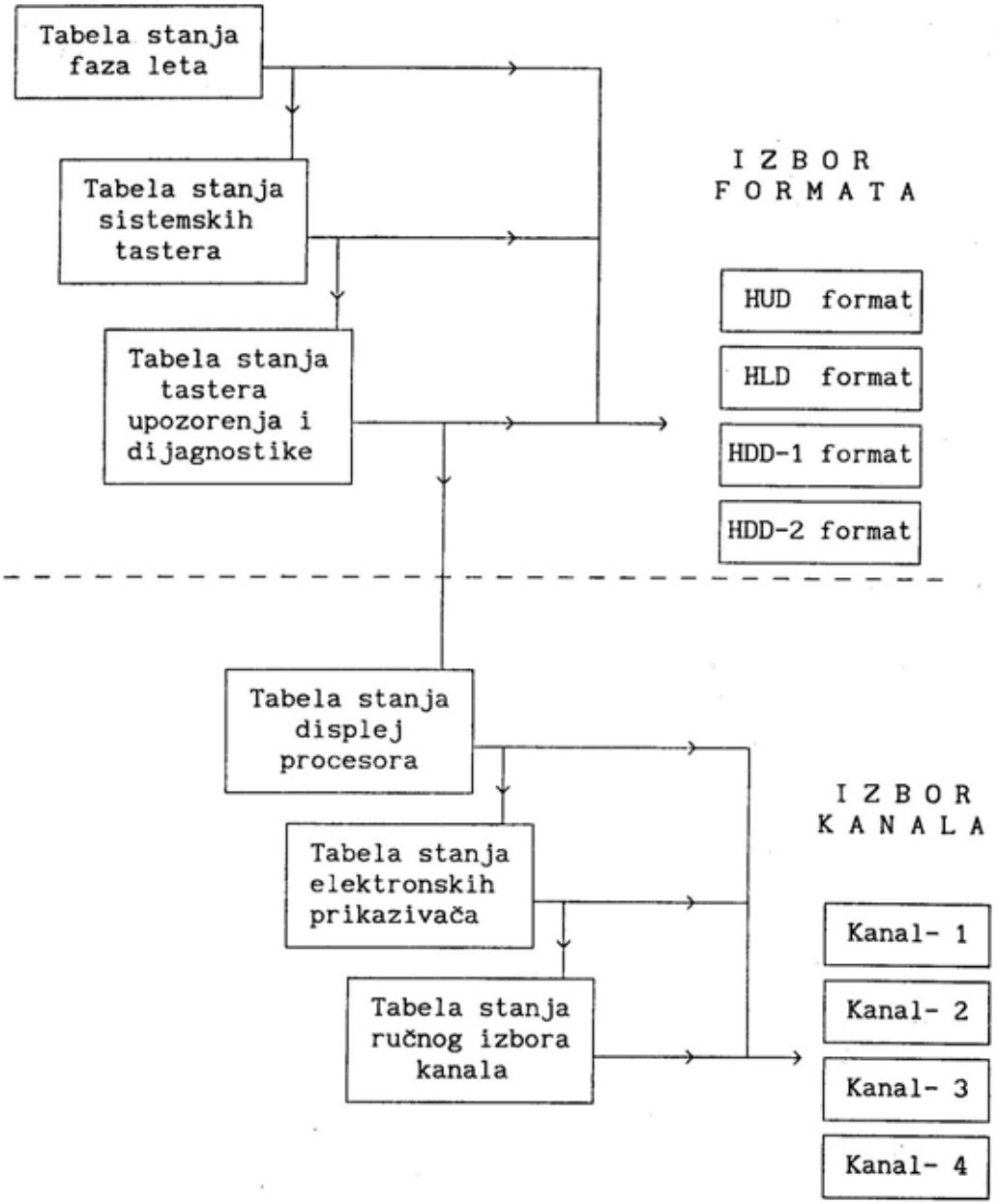
žnju treba posvetiti definisanju i generisanju tabela stanja. Pri tome, neophodno je analizirati rad avionskih sistema i podsistema u svim mogućim stanjima (npr. fazama leta, modovima rada, otkazima, itd.) i to, kako sa stanovišta prikazivačkih formata, koji se zahtevaju za uspešno izvršenje pojedinih misija, tako i sa stanovišta pouzdanosti koja se zahteva od pojedinih funkcija u okviru pojedinih faza leta.

Za automatsko upravljanje prikazivanjem, odnosno izbor prikazivačkih formata i izlaznih kanala, potrebno je koristiti sledeće tabele stanja: faza leta, sistemskih tastera, tastera upozorenja i dijagnostike, → displej procesora, elektronskih prikazivača i ručnog izbora kanala. Skup korišćenih tabela stanja i način izbora formata i izlaznih kanala prikazan je na slici 8.



Sl. 7 — Predlog arhitekture upravljačke jedinice video-signala

Definisanje navedenih tabela stanja prevazilazi okvire ovog članka i ima smisla samo u slučaju realizacije upravljanja prikazivanjem za neki konkretni avion.



Sl. 8 — Tabele stanja i način izbora formata i kanala

Zaključak

Imajući u vidu uvek prisutni stav projektanta aviona da se, radi što uspešnijeg izvršenja borbenih zadataka, posadi aviona moraju obezbediti što optimalniji uslovi rada, smanjenje psihofizičkog opterećenja posade aviona, realizovano kroz integraciju upravljanja i prikazivanja, konačni je cilj.

Način upravljanja (avionskim sistemima-podsistemima i prikazivanjem) i prikazivanja (parametara i stanja) direktno utiče na opterećenje posade aviona, pa definisanje upravljačko-prikazivačkog podsistema, isticanje faktora koji utiču na njegovo definisanje, kao i definisanje njegovog mesta i uloge u okviru napadno-navigacijskog sistema dobija odgovarajući značaj.

Definisanjem novog pristupa projektovanju UPP-a (baziranom na maksimalno predviđenom opterećenju aviona) i predlozima rešenja prikazivačkog i upravljačkog dela UPP-a i automatskog upravljanja prikazivanjem, koji su dati u ovom članku, olakšava se definisanje optimalne arhitekture upravljačko-prikazivačkog podsistema za bilo koji konkretni avion.

Radi dalje optimizacije radnih uslova posade aviona, istraživanja treba usmeriti na oblast algoritama veštačke inteligencije, koji bi omogućili da se posada aviona u što većoj meri isključi iz petlje za upravljanje avionom, avionskim sistemima-podsistemima i prikazivanjem, te maksimalno koncentriše na izvršenje tekućeg borbenog zadatka.

Za istraživanja i razvoj optimalnih arhitektura UPP-a koriste se funkcionalni modeli kabine, koji rade u uslovima simuliranog leta aviona,, simuliranog i/ili stimuliranog rada podsistema ostalog dela napadno-navigacijskog sistema, te realnog podsistema upravljanja i prikazivanja. Ova istraživanja izvode se u laboratorijskim uslovima, što omogućava postupno i sistematsko definisanje i testiranje interfejsa pilot-avion. Ovakav koncept je prihvaćen u svim razvijenim zapadnim zemljama, jer omogućava da se realizuje optimalna arhitektura upravljačko-prikazivačkog podsistema, uz minimizaciju broja letova, potrebnih za njegovu verifikaciju. Jedan funkcionalni model kabine, orijentisan prema savremenim višenamenskim avionima, realizovan je i u našoj zemlji u VTI VJ Žarkovo.

Literatura:

[1] Marconi Avionics, Head-Up-Display /Weapon aiming computer/ Navigation system, type 911-D, Tehnical specification, mart 1979.

[2] GEC-Marconi, Electronic company, Heda-Up--Display, F-16, Set lecture notes, februar 1979.

[3] Advisory Group for Aerospace Research and Development (AGARD), Conference proceedings No.-329, Advanced avionics and the military aircraft man/machine interface, juli 1982.

[4] Thomson-CSF, Division equipments avioniques, Contribution to YCA 90 programme, Multidisplay system, tehnical proposal, maj 1986.

[5] GEC-Avionics limited, Airborne display division, Publication No. 29/3108/2/0986, Specification for Veapon delivery/Navigation system type 1018, oktobar 1986.

[6] GEC-Avionics, Get Yoy Home Panel, brochure No. 270/3/014, juli 1984.

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

[8] Mr. R. S. Kalawsky, British Aerospace publics limited company, Aircraft group, Kingston-Brough division, Display management in futher military aircraft, 1983.

Nikola Lekić,
kapetan I klase, dipl. inž.

MOGUČNOST MERENJA DIJAGRAMA USMERENOSTI PARABOLIČNIH ANTENA RADIO-RELEJNIH UREĐAJA

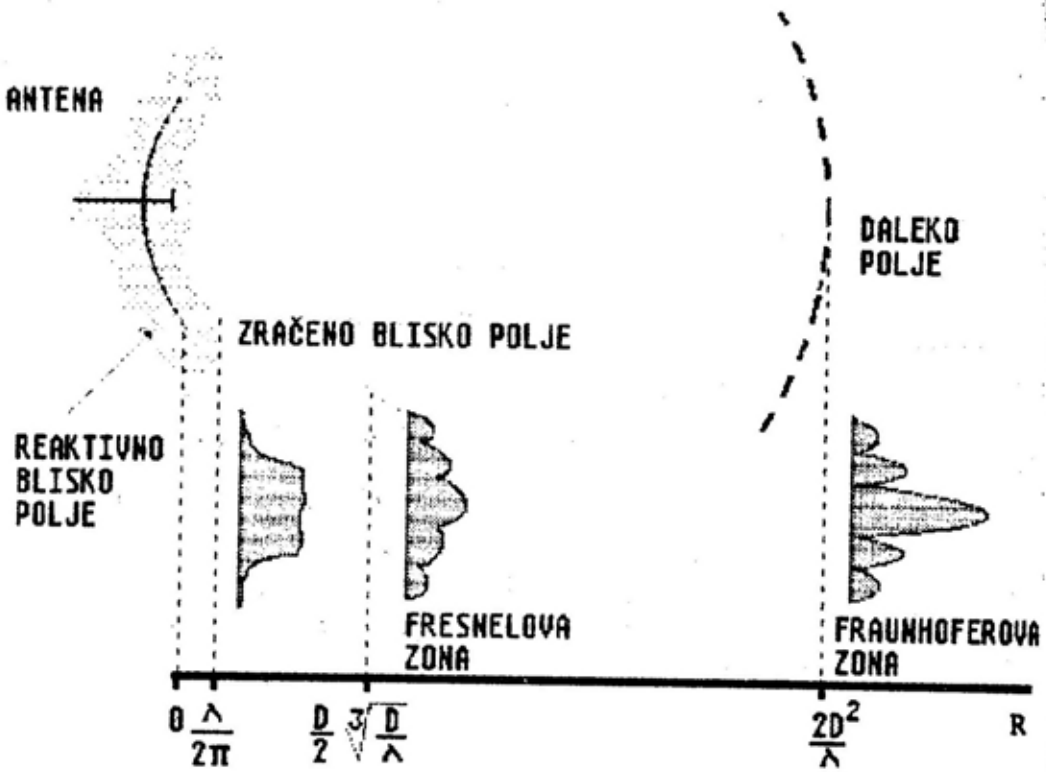
U radu su opisane metode merenja dijagrama usmerenosti paraboličnih radio-relejnih antena. Ukazano je na osnovne probleme koji se pojavljuju u realizaciji tih metoda.

Uvod

Parabolične antene predstavljaju najčešće upotrebljavan tip antena centimetarskih talasa, zbog čega imaju veliku primenu kod radio-relejnih veza.

U analizi radio-relejnih sistema nužno je poznavanje parametara upotrebljenih antena, pre svega dobitka i dijagrama usmerenosti.

U toku eksploatacije ,antene radio-relejnih uređaja izložene su inten-



Sl. 1 — Podela prostora oko antene na zone

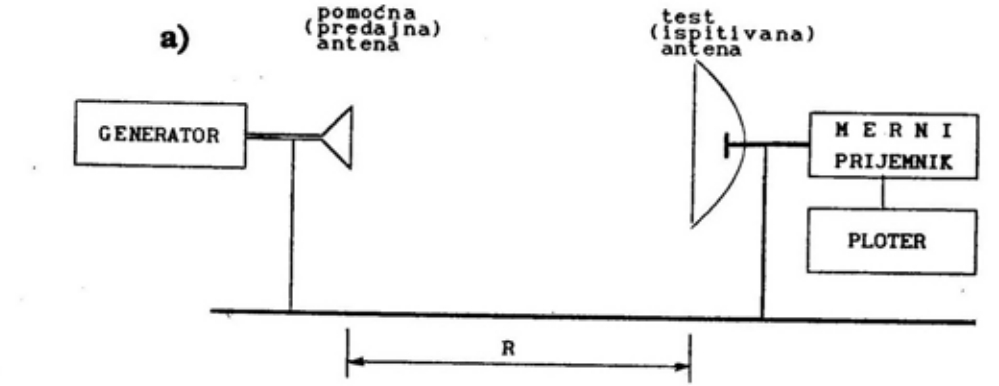
(D — najveća dimenzija otvora antene, λ — talasna dužina, R — rastojanje od antene)

zivnim klimo-mehaničkim naprezanjima. Rezultat tih uticaja su moguće deformacije i oštećenja reflektora, dielektričnog poklopca, mehanička promena položaja primarnog izvora, i dr. U tom slučaju dolazi do degradiranja karakteristika antena, koji se ogleda u vidu smanjenja dobitka, povećanju širine dijagrama usmerenosti, povećanju nivoa bočnih lepeza dijagrama usmerenosti, promeni smera maksimuma dijagrama usmerenosti, i slično. Korišćenje takvih antena ima za posledicu smanjenje kvaliteta ostvarene radio-relejne veze, te povećanu verovatnoću slučajnog ili namernog ometanja.

Zbog toga, nameće se potreba poznavanja stvarnih karakteristisa antena, što je moguće dobiti jedino merenjem.

Merenje dijagrama usmerenosti može se realizovati i metodom merenja u dalekom polju, bliskom polju i Fresnelovoj zoni, što je posledica podele polja oko antene, slika 1.

U radu su prikazane osnovne karakteristike metoda i istaknuti su neki problemi koji se javljaju u procesu merenja dijagrama usmerenosti.



Sl. 2

a) Merenje u dalekom polju
b) Projekcija niskog mernog mesta

Merenje dijagrama usmerenosti u dalekom polju

Merenje dijagrama usmerenosti u dalekom polju svodi se na osvetljavanje test (ispitivanje) antene, ravnim elektromagnetskim talasom, slika 2a. Rotiranjem test-antene po horizontalnoj i vertikalnoj ravni vrši se merenje dijagrama usmerenosti. Izmeren dijagram usmerenosti prikazuje se za horizontalnu ili vertikalnu ravan u pravouglom ili polarnom koordinatnom sistemu, slika 3.

Dimenzioniranje antenskog mernog mesta zasniva se na razmatranju sledećih uslova [1, 2]:

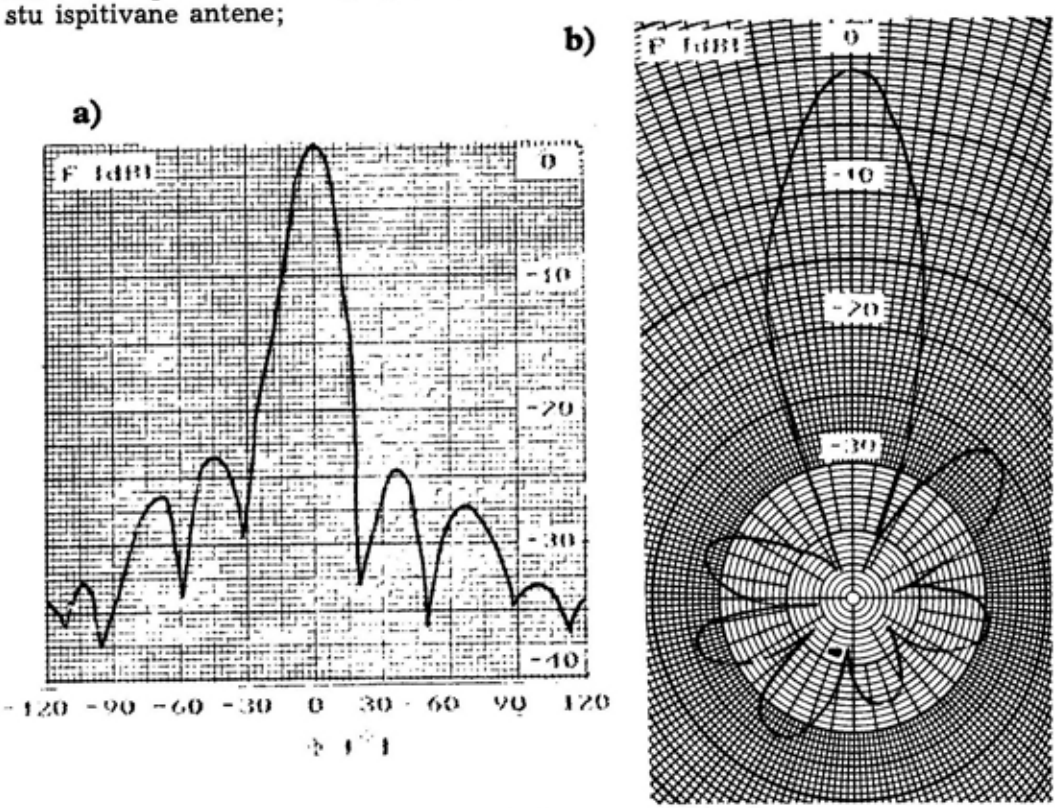
— eliminisanje sprege reaktivnim poljem ili zbog raspršenja i zračenja;

— razmak između pomoćne predajne i test-antene mora biti tolika da je zakrivljenost faznog fronta minimalna;

— dijagram usmerenosti pomoćne predajne antene mora osigurati konstantnu amplitudu i fazu polja na mestu ispitivane antene;

netskih talasa stranih smetajućih polja.

Razmotrićemo najvažniji uslov koji je potrebno ostvariti, a to je daleko polje na mestu ispitivane antene. Za



Sl. 3

a) Dijagram usmerenosti u pravouglom koordinatnom sistemu
b) Dijagram usmerenosti u polarnom koordinatnom sistemu

— međusobnim položajem pomoćne i test-antene treba eliminisati, ili osigurati, dozvoljen nivo reflektovanih elektromagnetskih talasa i elektromag-

primer, neka je prečnik otvora parabolične antene 1.5 m i 2 m, a frekvencije 5.5 GHz i 13 GHz. U tom slučaju dobijaju se sledeće vrednosti, tabela 1:

Tabela 1

Frekvencija	f [GHz]	5.5		8.3		13	
Talasna dužina	λ [m]	0.054		0.036		0.023	
Prečnik antene	D [m]	1.5	2	1.5	2	1.5	2
Granica dalekog polja	R [m]	83.3	148.1	125	222.2	195.6	347.8

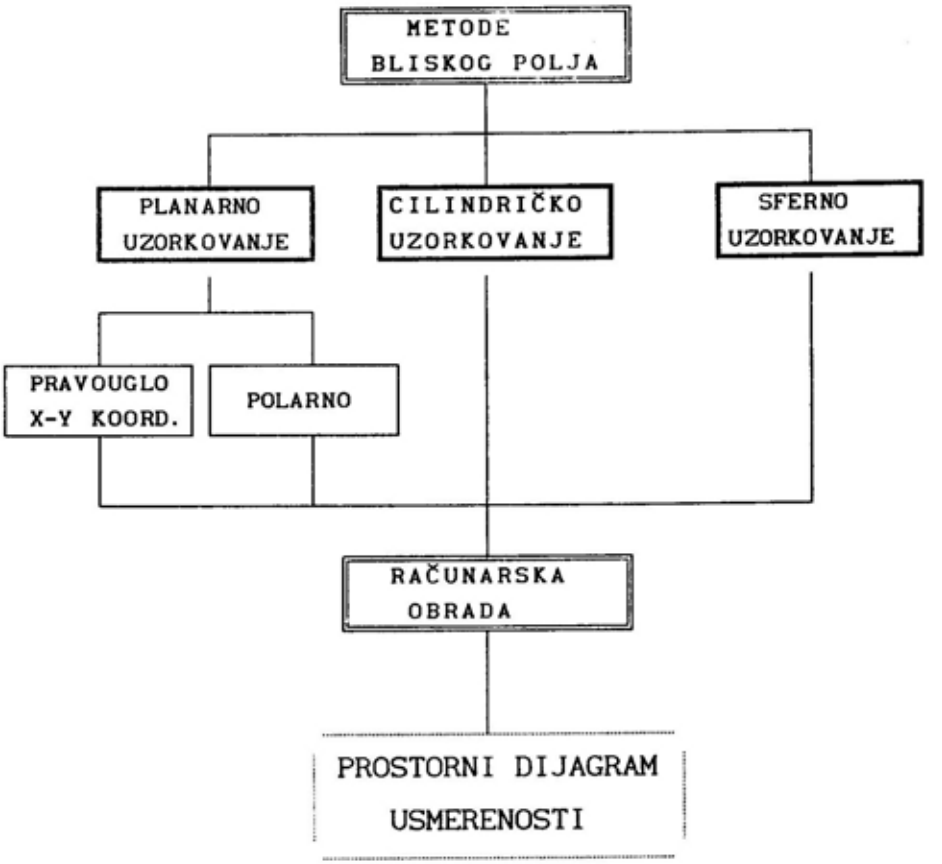
Iz tabele vidimo da su potrebna rastojanja za ostvarivanje kriterijuma dalekog polja velika i da je veoma teško ostvariti antenski poligon tih dimenzija, slika 2b. Prostor u delu 1 i 2 mora biti kontrolisane hrapavosti. Prostor 3 mora biti bez objekata koji bi mogli prouzrokovati refleksiju, raspršenje ili difrakciju. Takvi objekti su zidani objekti, drveće, žbunje, žičane ograde, stubovi, vozila, itd.

U slučaju da možemo ostvariti potrebno rastojanje za daleko polje, pre svakog merenja potrebno je proveriti da li se u delu prostora, gde će se nalaziti test-antena, promene polja nalaze u granicama dozvoljenim u odnosu na zadatu tačnost merenja dijagrama usmerenosti. To se obavlja sondiranjem polja u ravni ispitivane antene. Ukoliko to nije ostvareno, pristupa se promeni razmaka i visine pomoćne ili ispitivane antene, promeni pomoćne antene, te postavljanjem i pomeranjem difrakcionih pregrada, uz sistematsko sondiranje polja. U praksi, podešavanje mernog mesta je dugotrajan i složen proces.

Merenje u elektromagnetski gluvoj komori, za antene ovih dimenzija nije moguće, jer potrebno rastojanje u raspoloživim komorama nije moguće ostvariti.

Metode merenja u bliskom polju

Jedan od načina prevazilaženja problema koji nastaju pri realizaciji me-



Sl. 4 — Vrste mernih metoda bliskog polja

renja dijagrama usmerenosti u dalekom polju je merenje na bližim rastojanjima.

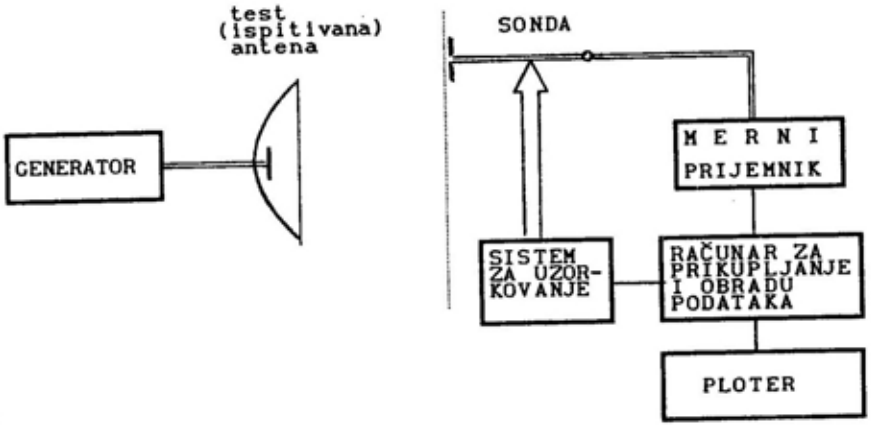
Metode merenja u bliskom polju zasnivaju se na merenju polja antene (amplitude i faze) na rastojanju od nekoliko talasnih dužina od otvora antene, te njihovoj naknadnoj obradi s ciljem određivanja osnovnih karakteristika antena, među koje spada i odbijanje prostornog dijagrama usmerenosti, [1, 3].

U zavisnosti od oblika površine po kojoj se vrši uzorkovanje bliskog polja antene, postoji planarna, cilindrička i sferna metoda merenja, slika 4.

na metoda, kod koje imamo dosta složen proces obrade.

Kod ovih metoda veoma su strogi zahtevi za tačnost uzorkovanja (tipično 0.01 λ), te su sistemi za uzorkovanje veoma komplikovani i skupi. Za merenje pozicije koriste se merni potenciometri, selsini, optokoderi i, u poslednje vreme, laseri.

Za razliku od dijagrama usmerenosti u horizontalnoj ili vertikalnoj ravni, prostorni dijagram pruža uvid u karakteristiku zračenja antene u celom prostoru. Na takvom dijagramu uočavaju se pojedinosti koje se ne vide iz dijagrama datog za jednu ravan, a mogu da

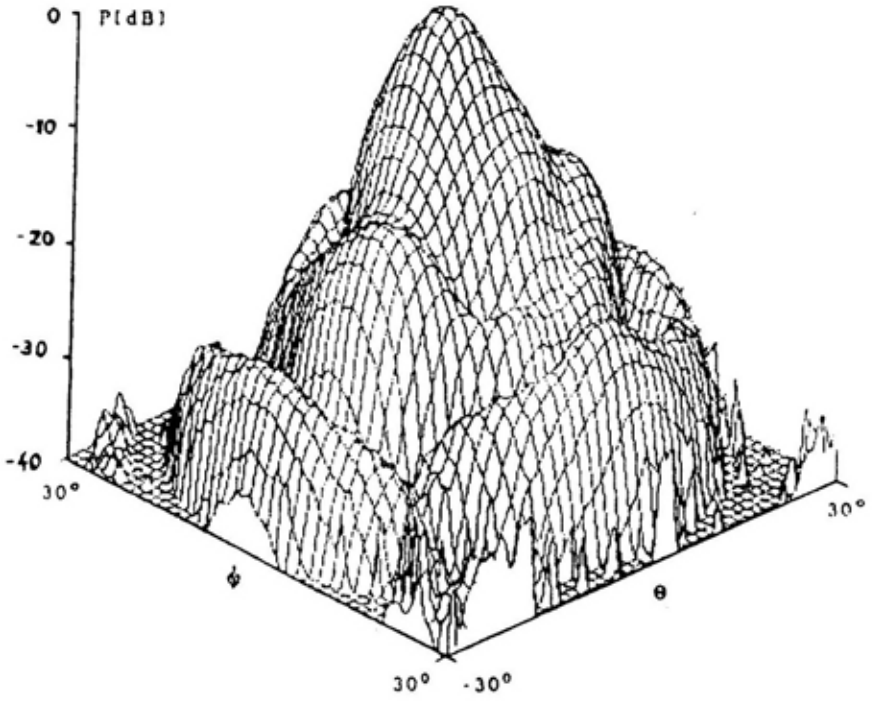


Sl. 5 — Merni sistem za merenje u bliskom polju

Navedene metode su primenjive za merenje radio-relejnih antena, jer se merenje može sprovoditi u zatvorenom prostoru, kao što je elektromagnetska gluva komora i na taj način eliminisati veliki deo problema koji se pojavljuje pri merenju na otvorenom mernom mestu u dalekom polju. Vodeći računa o tome da se najčešće koriste parabolične radio-relejne antene sa kružnim otvorom, uskim dijagramom usmerenosti, jednakim u vertikalnoj i horizontalnoj ravni, mogući izvor je planarna metoda sa uzorkovanjem u pravouglim ili polarnim koordinatama, jer je kasnija obrada jednostavnija, ili sferposluže za procenu ugroženosti radio-relejnog sistema od ometanja iz okolnog prostora, slika 6.

Merenje u Fresnelovoj zoni

Metoda merenja primenljiva na parabolične antene je metoda mikrotalasne holografije [5, 6]. Osnovna karakteristika ove metode jeste da se merenje izvodi u Fresnelovoj zoni, što je definisano odnosom između prečnika otvora antene D i talasne dužine λ (rastojanje između $\frac{D}{\lambda}\sqrt{D/\lambda}$ i dalekog polja).



Sl. 6 — Prostorni dijagram usmerenosti

Metoda se zasniva na merenju mikrotalasnog holograma u Fresnelovoj zoni. Hologram antene dobija se uzorkovanjem polja antene i njegovim sumiranjem sa referentnim signalom, koji se može voditi koaksijalnim kablom, slika 7. Dobijeno interferenciono polje predstavlja hologram, koji se može meriti amplitudnim prijemnikom. Uzorkovanje se vrši u ugaonom opsegu koji je jednak ±5 širina dijagrama usmerenosti ,dok je rastojanje između ispitivane antene i pomoćne reda 10% potrebne razdaljine za daleko polje. Za pomeranje antene moguće je koristiti konvencionalno antensko postolje, s mogućnošću pomeranja po azimutu i elevaciji.

Prikupljeni podaci se obrađuju i rezultat obrade je kompleksna pobuda antene (distribucija amplitude i faze) u ravni fokusa, slika 8.

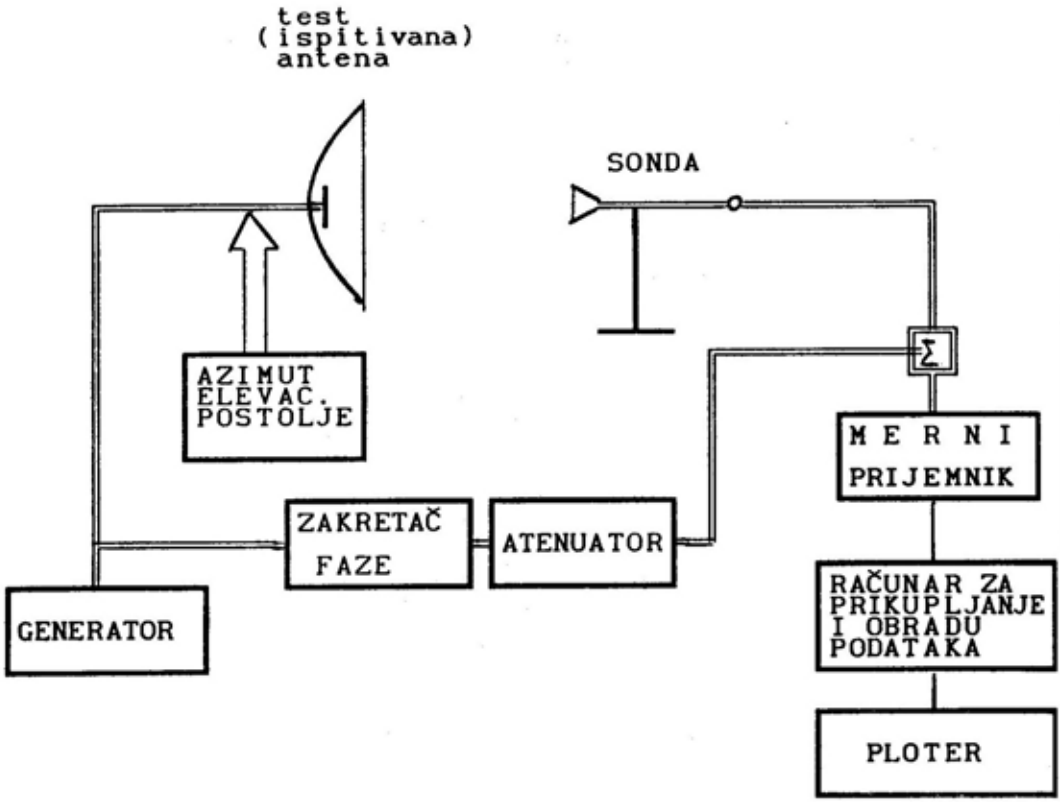
Na osnovu tako dobijene pobude antene, daljom obradom moguće je dobiti:

— prostorni dijagram zračenja;

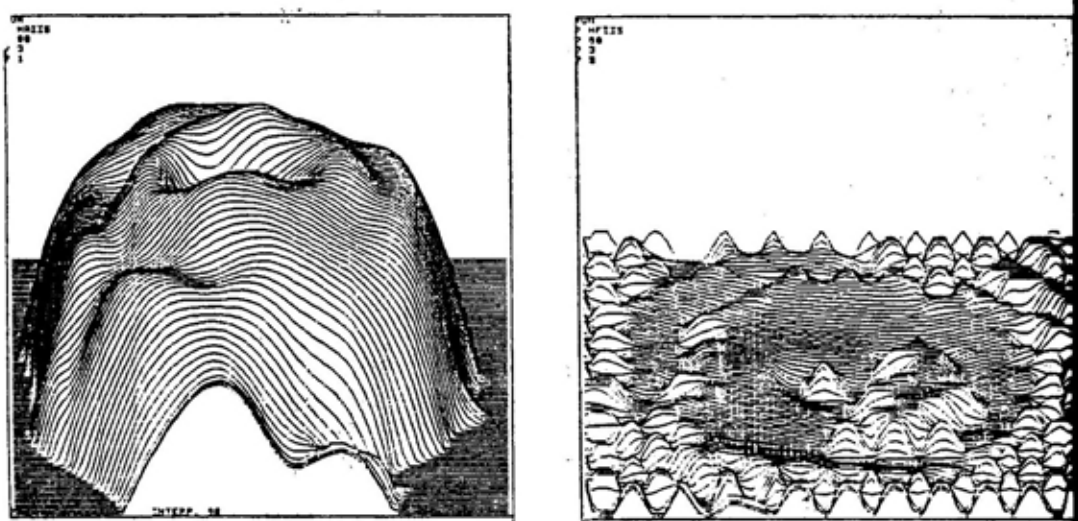
— analizom distribucije faze moguće je otkriti greške površine reflektora ,ili odstupanje položaja pobudnog elementa;

— moguće je analizirati uticaj dielektričnog poklopca, i sl.

Iz tih razloga ova metoda je vrlo perspektivna. U uslovima ograničenog prostora omogućava merenje i većih antena. Sem toga, omogućava dijagnostiku antena. Merna oprema, u odnosu na mernu opremu potrebnu za realizaciju metode merenja u dalekom polju, gotovo je ista. Razlika je u programskoj podršci koja je potrebna pri obradi mikrotalasnog holograma antene.



Sl. 7 — Merni sistem za merenje mikrotalasnog holograma



Sl. 8 — Rekonstruisana pobuda antene
a)Distribucija amplitude; b) Distribucija faze

Zaključak

Poznavanje karakteristika radio-relejnih antena veoma je važno, bilo u procesu eksploatacije ili razvoja.

Merenje dijagrama usmerenosti u dalekom polju, principijelno je najjednostavnije. Međutim, praktična realizacija je uslovljena postojanjem uređene površine — antenskog poligona. U našem slučaju, potrebne dimenzije su reda stotinu metara i razvoj takvog mernog poligona je u vezi sa velikim troškovima.

Zbog toga, sve više se primenjuju metode merenja u bliskom polju. Za radio-relejne antene, pogodna je metoda uzorkovanja bliskog polja po planiranoj, ili po sfernoj površini. Merenje je moguće izvesti u elektromagnetski gluvoj komori. Problem je u dosta složenom sistemu za uzorkovanje i potrebnoj programskoj podršci za prikupljanje i obradu izmerenih podataka.

Merenje u Fresnelovoj zoni i primena mikrotalasne holografije naročito je pogodna za radio-relejne antene. Merenje se izvodi na kraćim rastojanjima, a dobijeni rezultat je rekonstruisana pobuda antene, na osnovu koje je moguće dobiti prostorni dijagram usmerenosti. Posebna pogodnost ove metode je da se na osnovu rekonstruisane pobude mogu dobiti i podaci koji se mogu iskoristiti u dijagnostici antena.

Literatura:

[1] A. W. Rudge, K. Milne, A. D. Oliver, P. Knight, »The Handbook of Antenna Desing«, Peter Perginus Ltd, 1982, London, Uk.

[2] Hollis, J. S., Lyon, T. J., Clyton, L. »MICROWAVE ANTENNA MEASUREMENTS« Scientific-Atlanta, Inc, July 1970, Atlanta, Georgia, USA.

[3] Yaghjan A. D. »An owerview of near-field antenna measurements«, IEEE Trans. Antennas and Propngation, 1986., Vol. 34, No. 1, 30—45.

[4] Yahua R. S., Mark S. G., »Far-Field Patterns of Spaceborne Antennas from Plane-Polar Near-Field Measurements«, IEEE Trans. Antennas and Propagation, 1985., Vol. 33, No. 6, 638-648.

[5] Bennet J. C., Anderson A. P., McInes A. Whitaker, A. J. T. »Microwave holographic metrology of large reflector antennas«, IEEE Transaction on Antena and Propagation, Vol. AS-24, 1976, 195—303.

[6] Lekić N., Rekonstrukcija pobude antene na osnovu izmerenog hologrma Fresnelovoj zoni, XXXIII ETAN, Novi Sad, 1989, V sveska, 79—85.

Dr Duško Radić,
major, dipl. inž.

FREKVENTNI KRITERIJUMI ZA NASTAJANJE IM PRODUKATA U PRIJEMNIKU RADARA

U članku je prikazana metoda za dobijanje frekventnih kriterijuma za mogućnost nastanka smetnji u vidu intermodulacionih produkata u prijemniku radara ili bilo kom drugom prijemniku kod kojeg su ulazna visokofrekventna kola, frekventno gledajući, relativno širokopojasna. Posebno su dati kriterijumi za nastajanje intermodulacionih produkata do petog reda u visokofrekventnom pojačavaču i mešaču prijemnika.

Uvod

Prijemnici rada su superheterodini prijemnici, a prema blok-shemi ulaznih visokofrekventnih blokova mogu se svrstati u prijemnike sa visokofrekventnim pojačivačem (VFP) i prijemnike bez VFP [1]. U daljem radu biće razmatran superheterodini prijemnik, s jednim mešanjem, ali se razvijena metoda rešavanja problema elektromagnetne kompatibilnosti (EMK) može primeniti i na prijemnike s više mešanja. Za usvojeni prijemnik uvek će vredeti da je centralna frekvencija međufrekventnog pojačavača ω_{mf} manja od frekvencije signala lokalnog oscilatora.

Iz literature [2] poznato je da se nepovoljno dejstvo elektromagnetskog okruženja na prijemnik ostvaruje preko onih kola prijemnika koja imaju nelinearnu amplitudnu karakteristiku. Ovo dejstvo ostvaruje se kroz menjanje pojačanja ili slabljenja i kroz generisanje novih signala, takozvanih intermodulacionih produkata (IM), koji predstavljaju nenamerne smetnje.

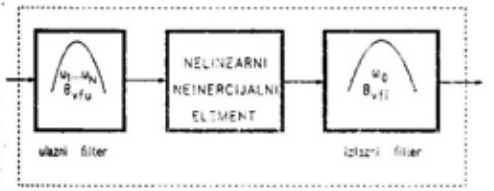
Od navedenih sklopova prijemnika radara nelinearnu amplitudnu karakteristiku imaju VFP i mešač koji predstavljaju nelinearne inercijalne sklopove [2], pa zato rešavanje prenosa signala kroz njih predstavlja izuzetno složen problem. U dostupnoj literaturi [2 i 3] data je jedna od metoda za rešavanje ovog problema koja predviđa razdvajanje nelinearnog inercijalnog sklopa na serijsku vezu linearnog inercijalnog sklopa i nelinearnog neinercijalnog sklopa. Rešavanjem prenosa signala parcijalno kroz pojedini sklop, rešava se ukupni prenos signala.

Visokofrekventni pojačavač

Mogućnost i uslovi nastajanja IM produkata u VFP određena je frekventnim karakteristikama samog VFP. Simulacijom na računaru potrebnih frekventnih karakteristika VFP i razvojem programa za utvrđivanje frekventnih kriterijuma, izvršena je frekventna analiza mogućnosti nastajanja IM produkata u VFP. Program za utvrđivanje frekventnog kriterijuma baziran je na Dual Backtrack algoritmu [4], koji omogućava pronalaženje rešenja frekventnog kriterijuma za IM produkte visokih redova uz veliki broj ulaznih signala.

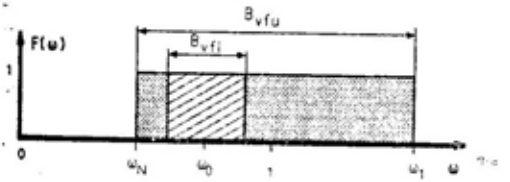
Kao što je pretpostavljeno, VFP se može predstaviti kao serijska veza ulaznog VF filtera s frekventnom širinom B_{vfu}, nelinearnog neinercijalnog elementa i izlaznog VF filtera s centralnom frekvencijom ω_0 i frekventnom ši-

rinom B_{vfi} (slika 1). Pretpostavit će se da je $B_{vfu} \geq B_{vfi}$, kao što je to obično i u praksi.



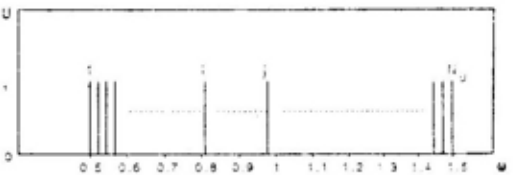
Sl. 1 — Blok-shema visokofrekventnog pojačavača

Da bi se mogao istražiti uticaj širina B_{vfu} i B_{vfi} i lokacije ω_0 u opsegu B_{vfu} na mogućnost nastajanja IM produkata u VFP, pretpostavlja se da su ulazni i izlazni filteri idealni i normalni u odnosu na sredinu B_{vfu}. Bitne frekventne karakteristike su: B_{vfu} — normirana širina frekventnog pojasa ulaznog filtera; B_{vfi} narmirana širina frekventnog pojasa izlaznog filtera; ω_0 — normirana frekvencija sredine B_{vfi}; ω_1 — normirana najviša frekvencija u B_{vfu}; ω_N — normirana najniža frekvencija u B_{vfu}. Međusobni odnos navedenih karakteristika prikazan je na slici 2.



Sl. 2 — Frekventni odnos filtera VFP

Polazi se od pretpostavke da na ulazu VFP deluje složeni ulazni signal sastavljen od N_u jednostavnih signala frekvencije ω_i, $i=1,2,\ldots,N_u$. Frekventni razmak između dva susedna signala konstantan je i manji od frekventne širine izlaznog filtera $B_{vfi} > \omega_{i+1} - \omega_i = \Delta\omega$. Verovatnoća pojavljivanja signala ista je i svi se pojavljuju istovremeno $p_i = p_j = 1$, $i,j = 1,2,\ldots,N_u$ (slika 3). Za potrebe simulacije uzeto je $\Delta\omega = 0.01$.



Sl. 3 — Ulazni skup S_s

Pod dejstvom takvog ulaznog signala na izlazu VFP pojaviće se složeni signal [5] sastavljen od sume jednostavnih signala, čije frekvencije ispunjavaju kriterijum:

$$\sum_1 a_i\omega_i = \omega_c \text{ uz } \omega_0 - B_{vfi}/2 \leqslant \leqslant \omega_c \leqslant \omega_0 + B_{vfi}/2 \qquad (1)$$

gde su:

$\omega_i \varepsilon B_{vfu}$, $a_i \varepsilon Z$, $i=1,2,\ldots,N_u$ i $c=0,1,2,\ldots N_{IM}$ — broj rešenja.

Kako bi ovako postavljeni kriterijum mogao imati beskonačno mnogo rešenja to je postavljeno ograničenje:

$$\sum_1 |a_i| = Q, \quad i=1,2,\ldots,N_u. \qquad (2)$$

Rešenja koja ispunjavaju postavljeni kriterijum i kod kojih je $Q=2,3,\ldots$ zovu se IM produkti Q-tog reda.

Upotrebom razvijenog programa za rešavanje frekventnog problema u okviru kojeg su za određeni red varirane širina frekventnog pojasa ulaznog filtera VFP, širina i lokacija izlaznog filtera VFP dobiveni su frekventni kriterijumi za nastajanje IM produkata do petog reda. U okviru brojnih izvršenih simulacija konstatovano je da širina frekventnog pojasa izlaznog filtera VFP ne utiče na mogućnost nastajanja IM produkata, već direktno utiče na broj generiranih IM produkata i to pod uslovom da je ispunjen frekventni kriterijum.

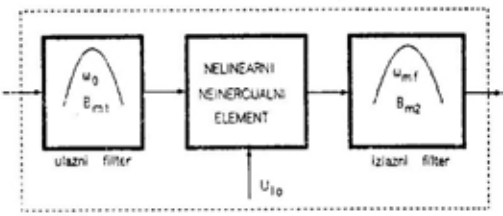
Iz provedene frekventne analize može se zaključiti da se u VFP, nezavisno od širine frekventnog pojasa ulaznog filtera, na njegovom izlazu uvek

mogu generisati IM produkti neparnih redova. Njihov broj zavisi od širina B_{vfu} i B_{vfi} i lokacije ω_0. Porastom neparnog reda raste i broj IM produkata. Isto tako, sa povećavanjem B_{vfu} i B_{vfi} broj IM produkata raste, a sa pomeranjem ω_0 ka rubovima B_{vfu} broj IM produkata pada. Za mogućnost generisanja IM produkata parnih redova, frekventni kriterijum je potrebna širina frekventnog pojasa ulaznog filtera VFP. Iz rezultata provedenih simulacija može se zaključiti da je taj kriterijum to cštriji, odnosno B_{vfu} veće, što je red parnog IM produkta niži. Za mogućnost nastajanja IM produkata drugog reda mora biti ispunjeno $B_{vfu} \geqslant 0.67$, a za IM produkte četvrtog reda mora biti ispunjeno $B_{vfu} \geqslant 0.4$. Porastom reda parnog IM produkta raste i broj IM produkata. Kao i kod IM produkata neparnih redova, broj IM produkata parnih redova direktno će zavisiti od veličina B_{vfu} i B_{vfi}. Broj IM produkata raste sa približavanjem ω_0 rubovima B_{vfu}.

Mešač

Mogućnost i uslovi nastajanja IM produkata u mešaču određena je frekventnim karakteristikama samog mešača. Računarskom simulacijom frekventnih karakteristika mešača, a uz korištenje razvijenog programa izvršena je frekventna analiza mogućnosti nastajanja IM produkata u mešaču.

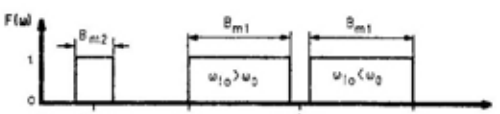
Kao što je pretpostavljeno, mešač se može predstaviti kao serijska veza ulaznog filtera mešača s frekventnom širinom B_{m1} unutar koje se nalazi frekvencija radnog kanala ω_0, nelinearnog neinercijalnog elementa u koji preko odvojenog ulaza dolazi signal lokalnog oscilatora ω_{lo} i izlaznog filtera iz mešača s frekventnom širinom B_{m2} (slika 4). Za potrebe frekventne simulacije mešača, a u cilju dobijanja frekventnih kriterijuma koji ograničavaju nastajanje IM produkata u mešaču, pretpostavljeno je da je izlazni filter iz mešača ustvari ulazni filter u međufrekventni pojačavač (MFP). Frekventne karakteristike ovog filtera su centralna frekvencija $\omega_{mf} < \omega_{lo}$ i frekventna širina izlaznog filtera manja ili jednaka frekventnoj širini ulaznog filtera $B_{m2} \leqslant B_{m1}$.



Sl. 4 — Blok shema mešača

Da bi mogao da se istraži uticaj širina B_{m1} i B_{m2} i veličine ω_{mf} na mogućnost nastajanja IM produkata u mešaču, pretpostavlja se da su ulazni i izlazni filter idealni i normirani u odnosu na $\omega_{lo}=1$.

Prema literaturi [5] ω_{lo} može biti veća ili manja od ω_0, to će se posebno analizirati svaki od ovih slučajeva. Bitne frekventne karakteristike ovakvog mešača su B_{m1} — normirana širina frekventnog pojasa ulaznog filtera; B_{m2} — normirana širina frekventnog pojasa izlaznog filtera; ω_1 — normirana gornja granična frekvencija u B_{m1}; ω_N — normirana donja granična frekvencija u B_{m1}; ω_0 — normirana centralna frekvencija radnog kanala i ω_{mf} — normirana centralna frekvencija međufrekventnog pojačavača. Međusobni odnos navedenih karakteristika prikazan je na slici 5.



Sl. 5 — Frekventni odnos filtera mešača

Polazi se od pretpostavke da na ulazu mešača deluje složeni ulazni signal sastavljen od sume N_u jednostavnih signala frekvencije ω_i, $i=1,2,\ldots,N_u$.

Frekventni razmak između dva susedna signala konstantan je i manji od frekventne širine izlaznog filtera $B_{m2} > \omega_{i+1} - \omega_i = \Delta\omega$. Verovatnoća pojavljivanja signala je ista i svi se pojavljuju istovremeno, $p_i = p_j = 1$.

Prema literaturi [6], na izlazu mešača pojaviće se složeni signal sastavljen od sume jednostavnih signala čija frekvencija ispunjava kriterijum

$$a_{lo} + \sum_i a_i \omega_i = \omega_j = \omega_{mf} \pm B_{m2}/2 \qquad (3)$$

gde su:

$$\omega_i \varepsilon B_{m1},\ a_i, a_{lo} \varepsilon Z,\ i = 1,2,\ldots,N_u\ i$$

$j = 0,1,2,\ldots$ — broj rešenja i a_{lo} — koeficijent uz $\omega_{lo} = 1$. Kako bi ovako postavljeni kriterijum imao beskonačno mnogo rešenja, to se postavlja ograničenje $|a_{lo}| + \Sigma|a_i| = Q$ $i = 1,2,\ldots,N_u$. Rešenja koja zadovoljavaju postavljeni kriterijum uz $Q = 2$ i $|a_{lo}| = 1$ nazivaju se smetnja na kanalu i smetnja na simetričnom kanalu. Sva ostala rešenja, kod kojih je $Q = 2,3,4,\ldots$, zovu se IM produkti Q-tog reda. Uređena Q-torka a_j, a_{lo} zovu se oblik IM produkta Q-tog reda.

U mešaču nastaju dve vrste IM produkta. Prva vrsta su IM produkti generisani od signala s ulaza mešača i kod njih je $a_{lo} = 0$. Druga vrsta su IM produkti generisani od ulaznih signala i od signala lokalnog oscilatora, i kod njih je $a_{lo} = 0$.

Variranjem širine frekventnog pojasa B_{m1}, B_{m2} i veličine ω_{mf} dobijeni su frekventni kriterijumi za nastajanje IM produkata do petoga reda u mešaču. U okviru izvršenih simulacija konstatovano je da širina frekventnog pojasa izlaznog filtera mešača B_{m2} ne utiče na mogućnost za nastajanje IM produkta u mešaču, već samo utiče na broj generisanih IM produkata i to pod uslovom da je ispunjen frekventni kriterijum.

Iz dobijenih rezultata proizlazi frekventni kriterijum za nastajanje IM produkata 2. reda u mešaču. Po tom kriterijumu širina frekventnog pojasa ulaznog filtera mešača mora da bude jednaka ili veća od centralne frekvencije međufrekventnog pojačavača, $(B_{m1} \geqslant \omega_{mf})$ da bi se na izlazu mešača mogao generisati IM produkt drugog reda. Dobijeni kriterijum ne zavisi od veličine ω_{lo} u odnosu na ω_0.

Kod IM produkta 3. reda uočava se velika razlika u mogućnosti nastajanja IM produkta, u zavisnosti od veličine ω_{lo} u odnosu na ω_0. Kod mešača sa $\omega_{lo} > \omega_0$ lak.e se generišu IM produkti nego kod mešača sa $\omega_{lo} < \omega_0$. Veličina ω_{mf} je u obrnuto proporcionalnoj vezi sa veličinom B_{m1}. U oba slučaja područje rada mešača u kojem se ne mogu javiti IM produkti trećeg reda ograničava IM produkt s $a_{lo} = \pm 1$.

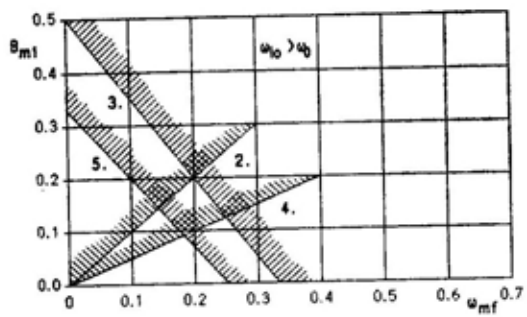
Za IM produkte 4. reda s $a_{lo} = \pm 1$ ne postoji frekventni kriterijum za mogućnost nastajanja. Ovi IM produkti mogu da se generišu nezavisno od veličine ω_{mf}, a sroj mogućih IM produkata određen je veličinom B_{m1} i B_{m2}. Ako se pretpostavi da je B_{m2} frekventna širina jednog kanala i da u svakom kanalu postoji samo jedan signal, tada je broj mogućih IM produkata N_{IM} određen odnosom B_{m1}/B_{m2}. IM produkti s $a_{lo} = 0$ i ± 2 mogu nastati tek ako je zadovoljen kriterijum da je $2B_{m1} \geqslant \omega_{mf}$. Dati frekventni kriterijum i broj generisanih IM produkata ne zavisi od veličine ω_{lo} u odnosu na ω_0.

Područje u kome ne mogu da se generišu IM produkti 5. reda za mešač s $\omega_{lo} > \omega_0$ ograničeno je IM produktom s $a_{lo} = -2$, a za mešač s $\omega_{lo} < \omega_0$ ograničeno je IM produktom s $a_{lo} = 3$. To područje je mešač s $\omega_{lo} > \omega_0$ puno je manje od područja mešača s $\omega_{lo} < \omega_0$, jer su maksimalne dozvoljene granice za prvi slučaj $\omega_{mf} = 0.25$ i $B_{m1} = 0.33$, a za drugi slučaj $\omega_{mf} = 0.33$ i $B_{m1} = 0.5$. Veličina B_{m1} je u obrnuto proporcionalnoj vezi s veličinom ω_{mf}.

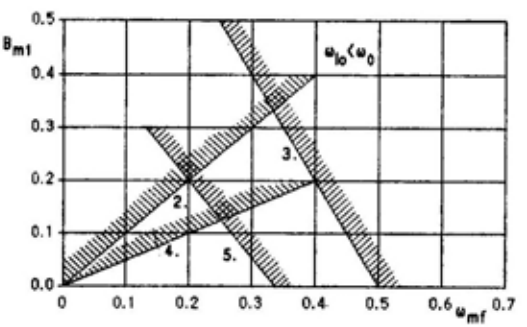
Objedinjavanjem svih dobijenih frekventnih kriterijuma za nastajanje IM produkta do petog reda u mešaču i

uzimanjem iz svakog reda samo onog oblika koji najviše ograničava područje u kome ne mogu da se generišu IM produkti, dobijaju se integralni frekventni kriterijumi za svaki tip mešača. Za mešač s $\omega_{lo}>\omega_0$ kriterijumi su dati na slici 6, a za mešač s $\omega_{lo}<\omega_0$ na slici 7. Na ovim slikama jedino nije prikazan IM produkt 4. reda s $a_{lo}=\pm 1$, jer za njega ne postoji frekventni kriterijum.

Na slici je šrafurom označeno područje gde se mogu generisati IM produkti i ono je uslovno nazvano zabranjeno područje. U nešrafiranom području ne mogu se generisati IM produkti i ono je uslovno nazvano slobodno područje.



Sl. 6 — Ukupni frekventni kriterijumi nastajanja IM produkata u mešaču kod kojega je $\omega_{lo}>\omega_0$



Sl. 7 — Ukupni frekventni kriterijumi nastajanja IM produkata u mešaču kod kojega je $\omega_{lo}<\omega_0$

Iz dobijenih rezultata, u zavisnosti od veličine ω_{lo} prema ω_0, uočava se velika razlika u veličini područja u kome ne mogu da se generišu IM produkti do petog reda — dozvoljeno područje. Gornja leva ograničenja stvaraju IM produkti parnih redova i ista su za obe vrste mešača, a gornja desna ograničenja stvaraju IM produkti neparnih redova i za mešače s $\omega_{lo}>\omega_0$ puno su oštrija nego kod mešača s $\omega_{lo}<\omega_0$ 1,3 puta veći može biti ω_{mf} i 1,4 puta može biti veći B_{mf} nego kod mešača s $\omega_{lo}>\omega_0$, a da se još uvek mešač nalazi u dozvoljenom području. Razlika u veličini dozvoljene površine je 1,85 puta u korist mešača s $\omega_{lo}<\omega_0$. Uzimajući u obzir i IM produkt 4. reda s $a_{lo}=\pm 1$ za koji ne postoji frekventni kriterijum, kriterijumi za nastajanje IM produkata parnih redova isti su za obe vrste mešača, dok su za neparne redove kriterijumi puno oštriji za mešače s $\omega_{lo}>\omega_0$.

Zaključak

Sa frekventnog aspekta na ispravan rad prijemnika u složenom elektromagnetskom okruženju bitno utiču, kako struktura samog prijemnika, tako i karakteristike njegovih sklopova. Pod strukturom se podrazumeva blok-šema, odnosno dali prijemnik ima ili nema visokofrekventni pojačavač i kako je mešač realizovan, (sa jednim ili više stepena mešanja). Veličina frekventnog opsega ulaznih filtera u visokofrekventni pojačavač i mešač utiče na mogućnost za generisanje i sam broj generisanih intermodulacionih produkata ,a veličina frekventnog opsega izlaznih filtera iz ovih sklopova utiče na broj generisanih intermodulacionih produkata. Frekvencija lokalnog oscilatora (veća ili manja od frekvencije radnog kanala) isto tako utiče na mogućnost generisanja intermodulacionih produkata. Povoljnija varijanta je ona kada je frekvencija lokalnog oscilatora manja od frekvencije radnog kanala. Isto tako, i izbor centralne frekvencije međufrekventnog pojačavača sitno utiče na mogućnost za generisanje i broj generisanih intermodulacionih produkata.

Literatura:

[1] S. M. Klič, Proetktirovanie SVČ ustroystv radiolokacionyh priemnikov, Sovetskde radio, Moskva, 1973.

[2] I. S. Stojanović, Osnovi telekomunikacija, »Građevinska knjiga«, Beograd, 1973.

[3] I. Zahradka, Djelovanje jakih izvankanalnih RF signala na radio-prijemnik, Radovi TVA, TŠC KoV JNA, Zagreb, 1981.

[4] S. Morito, H. M. Salkin, and D. E. Williams, Two backtrack algorithms for the radio frequency intermodulation problem, Appl. Math. Optimiz., vol. no. 6, pp 221—240, 1980.

[5] O. V. Golorin, Radio-priemnye ustroystva, Vyššaja škola, Moskva, 1987.

[6] M. Bajić, Radarske antene, CVTŠ KoV JNA, »General armije Ivan Gošnjak«, Zagreb, 1985.

Mr Miodrag Vasiljević,
major, dipl. inž.

MERE ZAŠTITE U ELEKTROENERGETSKOM OBEZBEĐENJU

U članku su obrađene sve vrste zaštite od previsokog dodirnog napona, uz poseban osvrt na to kom tipu NN mreže po svojoj suštini pripadaju. Takođe, navode se i ograničenja upotrebe tih mera.

Svi navedeni problemi analizirani su u odnosu na njihovu primenu u mrežama koje možemo sresti i u Vojsci Jugoslavije, iz čega proističu i određeni zaključci. U članku ima puno ilustracija (slika) koje se kod nas retko mogu naći u literaturi, posebno u onoj koja se eventualno bavi ovom problematikom u VJ.

Uvod

Kada govorimo o merama zaštite u elektroenergetskom (EEn) sistemu, mislimo, pre svega, na zaštitu od indirektnog napona dodira, pod čim se podrazumeva dodir delova nekog pogonskog sredstva koji u normalnom režimu rada nisu pod naponom već se taj napon može na njima pojaviti samo usled greške (kvara). To je potrebno posebno istaći jer postoji i zaštita od direktnog dodira, koja tretira zaštitu od dodira delova pogonskih sredstava koja jesu u normalnom pogonu pod naponom (aktivni strujni krugovi). Za nas, u Vojsci Jugoslavije, značajne su obe zaštite. Zato ćemo dati pregled tih mera sa svim najvažnijim osobinama, njihovu primenu i kritičku analizu.

Zaštita od direktnog dodira

Aktivni strujni krugovi pogonskih sredstava, koji su za vreme pogona pod naponom, moraju biti zaštićeni izolacijom ili moraju biti nedostupni za slučajni dodir. Zaštita od direktnog (slučajnog) dodira aktivnih delova provodi se na sledeće načine [1, 2]:

— zatvaranjem,
— položajem, i
— rasporedom.

Zatvaranje se provodi raznim pregradama, rešetkama, poklopcima, i sl., koje onemogućavaju da čovek nepažnjom dodirne delove pod naponom.

Zaštita položajem provodi se stavljanjem »aktivnih delova« (delova pod naponom) izvan čovekovog domašaja (najčešće ruke). To, konkretno, znači da se neizolovani delovi pogonskih sredstava moraju nalaziti na visini od 2,5 m od mogućeg čovekovog stajališta, a u horizontalnom smeru ili naniže na udaljenosti 1,25 m.

Zaštita rasporedom obuhvata mere kojima se aktivni delovi raspoređuju unutar nekog postrojenja ili uređaja, tako da se onemogući direktan dodir bez upotrebe nekog alata.

Sve navedene mere, najčešće kao kombinacija, prisutne su i kod nas u VJ.

Zaštita od indirektnog dodira

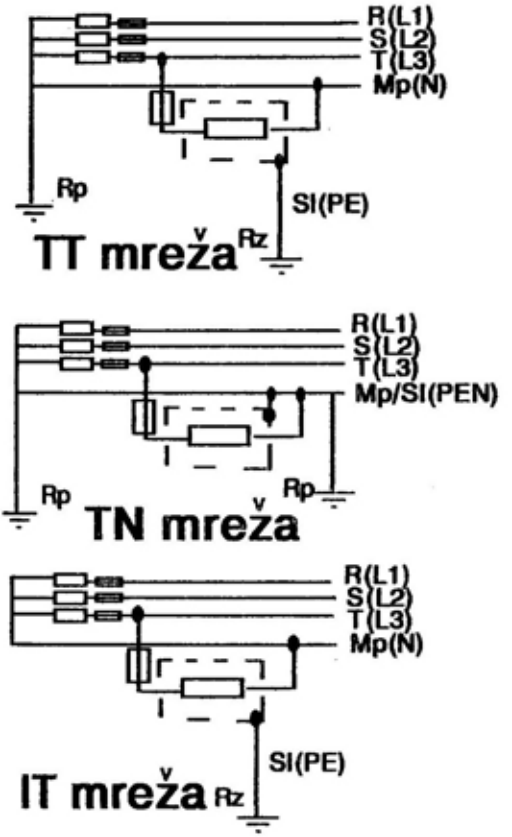
Suština zaštitnih mera u EEn sistemu odnosi se upravo na ovu vrstu zaštite. No, da bi se ona mogla potpuno razumeti potrebno je, pre toga, nešto više reći o nekim pojmovima koji se ovde koriste i susreću.

Tipovi niskonaponskih (NN) mreža

Koja će se zaštita od indirektnog dodira primeniti zavisi upravo od tipa

niskonaponske mreže. Sam pojam nn mreže je, inače, vezan za naponski nivo do 1 kV nazivnog napona, a to je napon koji se sreće kod trošila, a, isto tako, i kod naših pogonskih sredsrava i uređaja u VJ. Postoje sledeća tri tipa nn mreža [1, 2]:

— TT mreža (slova TT su početna slova latinske reči terre, što znači — zemlja, pa nam ta slova govore da su i el. izvor i masa pogonskog sredstva uzemljeni);



Sl. 1 — Tipovi mreža

— TN mreža (N je početno slovo latinske reči neutre, što znači — neutralno, pa sada ti simboli govore da je el. izvor uzemljen, a da je pogonsko sredstvo »nulovano«), i

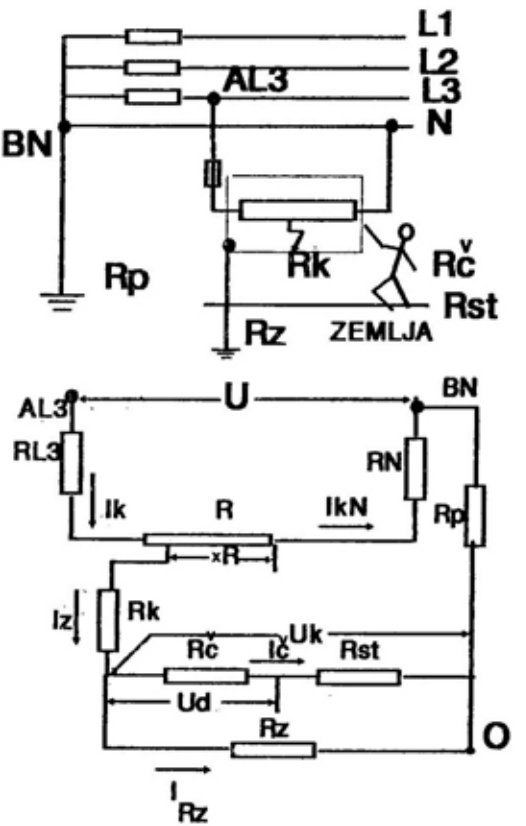
— IT mreža (I je početno slovo latinske reči isole, što znači — izolovano, pa sada ti simboli označavaju mrežu kod koje je izvor izolovan, a masa pogonskog sredstva uzemljena).

Svi ovi tipovi mreža prikazani su na slici 1.

Zaštitne mere od indirektnog dodira

U NN mrežama primenjuju se sledeće vrste zaštite od indirektnog dodira:

— zaštitno uzemljenje;
— strujna zaštitna sklopka (ZS ili FI sklopka);
— naponska zaštitna sklopka (ZN ili FN sklopka);
— nulovanje;
— sistem zaštitnog voda, i
— kontrolnici izolacije.



Sl. 2 — Uzemljeno pogonsko sredstvo sa nadomesnom shemom

Sve ove zaštitne mere imaju zaštitni vod. No, pored njih, postoje i zaštitne mere bez zaštitnog voda, i to:

— zaštitno izolovanje,
— primena malog napona, i
— zatšitno odeljivanje.

Ove zaštitne mere nisu vezane za pojedine tipove NN mreža.

Zaštitno uzemljenje

Ova vrsta zaštite primenjuje se u TT i IT mrežama. Kod TT mreže izvedeno je posebno pogonsko uzemljenje (uzemljenje el. izvora) i posebno uzemljenje trošila zaštitnim vodom, a kod IT mreže je razlika samo u tome što je električni izvor izolovan. Da bi objasnili ovu vrstu zaštite, pogledajmo sledeću sliku (sl. 2) jedne TT mreže [1]:

Na ovoj slici oznake imaju sledeće značenje: U — fazni napon, R — trošilo, Rz — zaštitno uzemljenje, Rk — otpor na mestu kvara, Rč — otpor čovečijeg tela, Rst — otpor stajališta, Rp — pogonsko uzemljenje, RL3 — otpor jedne faze, RN — otpor neutralnog voda, xR — otpor dela trošila gde je došlo do kvara, Ik — struja kvara, Iz — struja kroz zemlju, Ič — struja kroz čovečije telo, $I_{Rz}=Iz-Ič$, Ud — dodirni napon i Uk — napon greške.

Ne ulazeći u izvođenje, napisaćemo samo formulu za struju Iz [1, 3]:

$$Iz=\frac{U\,(xR+RN)}{(RL3+R-xR)\,(xR+RN)\,+\,(Rk+Rx+Rp)\,(RL3+R+RN)} \qquad (1)$$

gde je:

Rx=Rz u paraleli sa (Rč+Rst). Ukoliko se u ovom izrazu zanemare RL3 i RN, što je sasvim realno u odnosu na druge vrednosti otpora, i uzme najnepovoljnija situacija da je x=1 (do kvara došlo na početku trošila), dolazi se do sledeće relacije za struju Iz:

$$Iz=U/CRk+Rx+Rp),\ \text{pa je onda}$$

$$Ič=\frac{U}{(Rk+Rč+Rst+Rp)\,+\,(Rč+Rst)\,(Rk+Rp)/Rz} \qquad (2)$$

Najnepovoljniji slučaj bi se dogodio kada bi bilo Rst=0 (tlo na kome se stoji provodno) i Rk=0 (potpuna provodnost na mestu kvara). Tada je iz 2:

$$Ič=U/\{(Rč+Rp)+RčRp/Rz\} \qquad (3)$$

Ovaj izraz je vrlo interesantan, jer sada možemo iz njega uočiti nekoliko važnih stvari [1]:

— za idealno uzemljeno trošilo Rz=0, sledi da je Ič=0;

— praktično, isti rezultat dobija se i kada je idealno izolovano stajalište (Rst=∞) ili kada je trošilo izvedeno od dobrog izolovanog materijala (Rk=∞);

— ako se uzme da je otpor Rč=1600 oma, Rp=2 oma (što je realno), U=220 V i Ič=0.03 A (što se smatra stujom koja nije opasna po čoveka), dobije se iz izraza (3) da je:

$$Rz\leqslant\frac{Ič\,Rč\,Rp}{U-Ič(Rč+Rp)}\leqslant 0.56\ \text{oma} \qquad (4)$$

što je vrednost koju je gotovo nemoguće postići na terenu.

— ako je Rz beskonačno veliki otpor — nema uzemljenja, onda je iz (3):

$$Ič=U/(Rč+Rp)=220/(1600+2)=0.14\ \text{A} \qquad (5)$$

što je nedopustiva vrednost struje.

Iz svega toga sledi nekoliko važnih zaključaka:

1° OVA ZAŠTITNA MERA MOŽE SE USPEŠNO KORISTITI KOD TT MREŽA SAMO AKO ONE NISU »PREJAKE« ODNOSNO AKO NEMAJU TROŠILA VELIKE SNAGE KOJA BI UZIMALA VELIKU STRUJU.

Ako se pogleda slika 2, može se uočiti da je vrednost Rz određena pri-

bližno relacijom: $Rz \leqslant Ud/Ia$, gde je Ia struja aktiviranja zaštitnog organa (osigurača npr.) koja je jednaka kIn (k — faktor čija vrednost zavisi od upotrebljenog zaštitnog organa, a In — nazivna struja zaštitnog organa). Prema tome ,ako je u pitanju jaka mreža sa trošilima velike snage koja uzima veliku struju biće i Ia veliko, pa će biti potreban mali Rz da ne bi došlo do pojave velikog napona dodira Ud.

PRIMER: [3] Ud=50 V, k=3.5 (brzi instalacioni osigurači) i In=16 A sledi da je potreban $Rz \leqslant \frac{50}{3.5 \times 16} \leqslant 0.9$ oma, što je teško postići

2° BILO KAKVO UZEMLJENJE JE BOLJE NEGO DA GA UOPŠTE NEMA.

3° POGONSKO UZEMLJENJE, TAKOĐE, MORA IMATI MALU VREDNOST DA BI BIO ZADOVOLJEN USLOV $Rp=50/(kInmax)$, GDE SE SADA RAČUNA SA STRUJOM ZAŠTITNOG ORGANA KOJI ŠTITI NAJJAČE TROŠILO U MREŽI.

4° AKO JE ZAŠTITA IZVEDENA PREKO ZAJEDNIČKOG UZEMLJIVAČA (SPOJ ZAŠTITNOG I POGONSKOG UZEMLJENJA SA PROVODNOM VODOVODNOM MREŽOM [1] NPR. — SL. 3) ONDA SE MOŽE VIDETI DA ĆE TADA Rz BITI MOGUĆE IZVESTI LAKŠE:

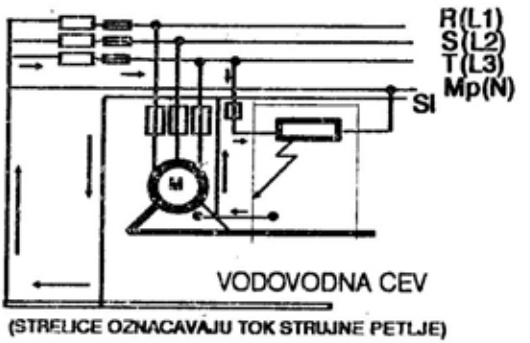
$Rpz \leqslant U/kIn$, gde je $Rpz=Rp+Rz$ (6)

Odavde se može lako odrediti vrednost za Rz ako se uzmu realne vrednosti za Rp=2 oma, U=220 V, k=3.5 (brzi instalacioni osigurači) i In=16 A (npr.):

$Rz \leqslant 220/(3.5 \times 16) - 2 = 1.92$ oma, što se sigurno lakše može postići nego u slučaju pojedinačnog uzemljivača (1°). Dakle, rešenje sa zajedničkim uzemljivačem je povoljnije.

Kod IT mreža (sl. 4) [1] može se izvesti sledeći izraz za struju Ič:

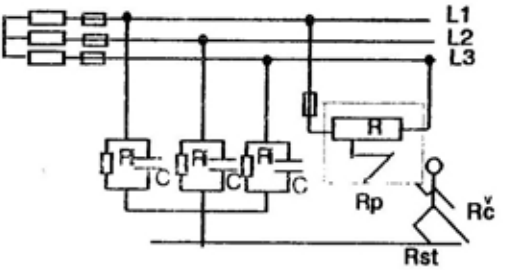
$$Ič = \frac{3U}{Rč} \times \{(1/Ri^2)/[(1/Rč + 3/Ri) + 9\omega^2C^2]\}^{1/2} \quad (7)$$



Sl. 3 — Spoj zaštitnog i pogonskog uzemljenja sa provodnom vodovodnom mrežom

gde je:

Ri — izolacioni otpor, C — kapacitet prema zemlji i $\omega=2\pi f$ (f je frekvencija struje u mreži i obično je 50 Hz).



Sl. 4 — IT mreža

Kod nadzemnih i instalacionih vodova je $C \cong 0$, pa je $Ič = 3U/(Ri + 3Rč)$. Za neke realne vrednosti U=220 V, Rč=1600 oma i $Ič \leqslant 0.03$ A bilo bi:

$Ri \geqslant (3U - 3IčRč)/Ič \geqslant 17200$ oma

Ako je, pak, Ri beskonačno velik, a C ne možemo zanemariti, onda je izraz za Ič sledeći:

$$Ič = \frac{3U\omega C}{(9Rč^2\omega^2C^2 + 1)^{1/2}} \quad (8)$$

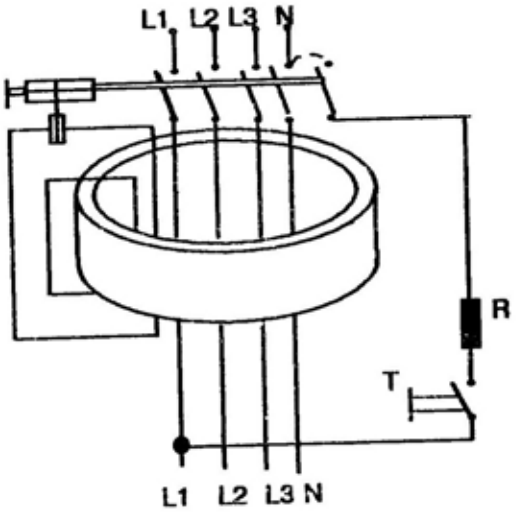
Za IT mrežu ,takođe, možemo dati neki zaključak u odnosu na ovu zaštitu, a on bi bio da: U IT MREŽAMA MORA BITI IZUZETNO DOBRO IZVEDENA IZOLACIJA.

— OGRANIČENJA UPOTREBE —

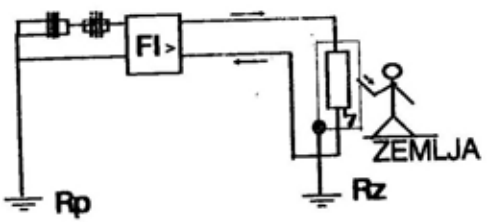
Kod TT mreža ova vrsta zaštite može se koristiti samo slaba trošila a kod IT mreža mora se voditi računa da bude dobro izvedena izolacija.

Strujna zaštita sklopa

Zaštita strujnom zaštitnom sklopkom je mera koja se, po svojoj prirodi, pre svega, koristi kod TT mreža, ali ćemo videti da se može upotrebiti i kod ostalih tipova mreža uz određene modifikacije [3]. To je važno znati jer je ovo jedna od najefikasnijih i najsigurnijih mera zaštite. Princip delovanja ove sklopke prikazan je na slikama 5 i 6 [1].



Sl. 5 — Strujna zaštitna sklopka (FI)



Sl. 6 — Princip delovanja FI sklopke

Kao što se vidi, u nekom trofaznom sistemu kalem obuhvata provodnike kroz koje protiču električne struje. Kod ravnomerno opterećenog trofaznog sistema njihov zbir je jednak nuli, pa je ukupni fluks, takođe, nula, te nema magnećenja jezgra a ni indukovanja elektromotorne sile u sekundarnom kolu elektromagneta koji bi isklopio strujni krug. No, kada se ravnoteža poremeti usled kvara na trošilu, te odvođenja dela struje kroz zemlju (sl. 6), ukupni fluks više nije nula već se javlja neka razlika (diferencija), usled čega dolazi do indikacije ems u navojku elektromagneta koji aktivira kotvu koja isključuje kontakte sklopke. Na ova jnačin je isključeno i trošilo sa mreže. Zbog toga što ova sklopka deluje na principu razlike struje (odnosno fluksa) u elektromagnetu naziva se i diferencijalna strujna zaštitna sklopka.

Inače, tipkalo T na slici 5 ima zadatak da omogući aktiviranje FI sklopke onda kada mi sami želimo da prekontrolišemo njen rad (što je sa slike sasvim jasno).

Kao podatak na sebi ova sklopka ima vrednost nazivne struje i podatak o struji diferencije koja je aktivira. Struje diferencije za koje se rade ove sklopke (Ikn) su: 0.03; 0.3 i 0.5 A. Odavde sledi važan zaključak koji, zapravo, i daje osnovni kvalitet ovoj vrsti zaštite, a taj je:

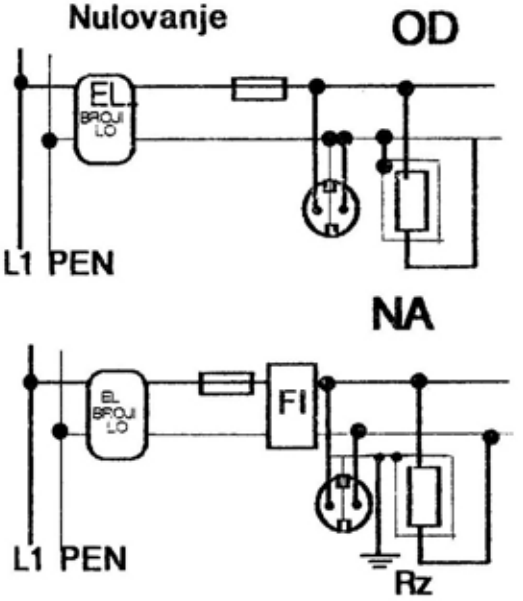
— VREDNOST OTPORA UZEMLJENJA KOJU JE POTREBNO POSTIĆI KOD TT MREŽA DA BI OVA VRSTA ZAŠTITE BILA EFIKASNA JE DALEKO VEĆA (samim tim lakše izvodljiva) NEGO KOD ZAŠTITE ZAŠTITNIM UZEMLJENJEM (što je bila osnovna mana te zaštite).

To se lako može pokazati na sledećem primeru:

— iz poznate relacije da je $Rz \leqslant Ud/Ia$, a pošto je ovde $Ia = Ikn$, sle-

di da je potrebno izvesti da Rz bude 1667 (Ikn=0.03 A), 167 (Ikn=0.3 A) ili 100 oma (Ikn=0.5 A). [3]

Ova zaštitna mera može se upotrebiti i kod ostala dva tipa mreže, ali sa određenim izmenama [1. 3]. Kod TN mreže (sl. 7) ova se mera može primeniti, ali pod uslovom da se izvede dodatno uzemljenje. Ukoliko se to ne bi izvelo onda bi se struja greške vratila kroz sklopku, pa je ona ne bi ni registrovala, odnosno ne bi se pojavio fluks koji treba da dovede do indukcije ems i aktiviranja sklopke.



Sl. 7 — Upotreba FI sklopke kod TN mreže

Sličan problem se javlja i kod IT mreže. Da bi se ovde stvorili uslovi da struja greške bude odvedena kroz zemlju, odnosno da bi se zatvorio strujni krug ove struje, mora se na izvoru (zvezdištu) napraviti neki otpor. Ali, da bi ova mreža ostala IT, taj »otpor« ne može biti ma kakav već jasno samo prividni, znači impedanca određene vrednosti. Pod tim se podrazumeva da zvezdište ostane »izolovano«, a da istovremeno postoje uslovi za provod struje greške. Ova vrsta zaštite se kod nas ne koristi, ali postoji, i to kao glavna mera, Francuskoj npr [3].

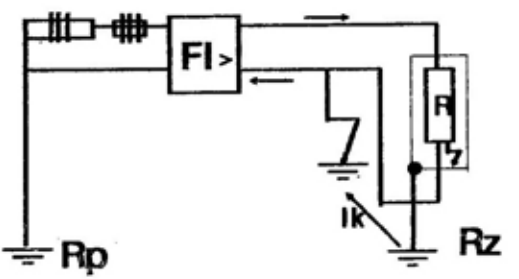
— OGRANIČENJA UPOTREBE —

Prvo ograničenje upotrebe je upravo ono što se odnosi na primenu ove zaštitne mere kod mreža TN i IT.

Drugo o čemu treba voditi računa jeste da otpor izolacije mora imati dovoljno veliku vrednost da ne bi došlo do pojave struje greške i kada kvara nema. Ta vrednost bi bila:

$Ri_{min} = U/Ikn$, te za standardne vrednosti Ikn bi bilo 7333,733 ili 440 oma.

Treće ograničenje se odnosi na to da kod projektovanja instalacija treba izbegavati da se jedna ovakva sklopka upotrebi za zaštitu većeg broja trošila. Dva su razloga za to: prvo, što bi u slučaju kvara na jednom trošilu iz pogona ispala i ostala, a drugi što uređaji imaju neke manje izolacione struje koje protiču prema zemlji, ali koje u sumi mogu već poprimiti vrednosti struja aktiviranja [1].

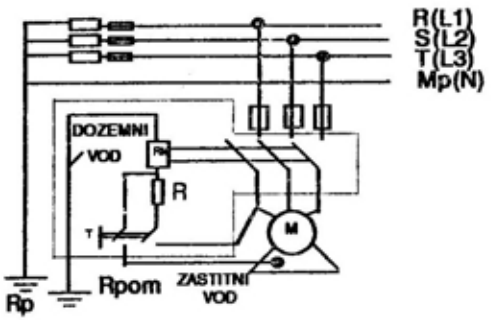


Sl. 8 — U slučaju dvostrukog kvara sklopka neće delovati

Četvrto ograničenje odnosi se na to da u slučaju dvostrukog kvara blizu trošila (sl. 8) najverovatnije ova zaštita neće reagovati [1, 3].

Naponska zaštitna sklopka

Ova vrsta zaštite primenjuje se i kod TN i kod TT mreže, dakle u kombinaciji sa nulovanjem ili zaštitnim uzemljenjem. Izgled sklopke je dat na slici 9 [3].



Sl. 9 — Naponska zaštitna sklopka (FN)

Sklopka treba da deluje kada dođe do pojave napona na kućištu trošila. koji »tera« struju kroz zaštitni vod i kalem Rkl do pomoćnog uzemljivača Rpom. Pri tome je struja vrlo malih iznosa. Glavna prednost ove zaštite je relativno velika vrednost otpora uzemljenja Rpom koja se zahteva. Na primer, za uobičajenu vrednost aktiviranja sklopke od 0.04 A i Rkl=400 oma, uz Ud=50 V se dobija:

$$Rpom=\frac{Ud-Ia\times Rkl}{Ia}=850\ oma \qquad (9)$$

Preporučuje se da ova vrednost ne prelazi 800 oma.

ZN sklopka mora biti zaštitno izolovana, što se postiže ugradnjom sklopke u izolaciono kućište. Inače, i ova sklopka (vidi sliku) ima tipku za kontrolu ispravnosti kao i ZS sklopka.

— OGRANIČENJA UPOTREBE —

Prvo što treba znati jeste da se Rpom ne sme nalaziti u naponskom levku drugih uzemljivača, jer bi u tom slučaju moglo doći do pojave napona na kućištu ili do pogrešnog okidanja sklopke. To, praktično, znači da od najbližeg uzemljivača Rpom treba da bude udaljen 10—20 m.

Drugo ograničenje odnosi se na to da se ne sme premostiti kalem otpornosti Rkl, eventualnim vezivanjem na nulti provodnik, jer tada sklopka najverovatnije neće delovati ili se, pak, može pojaviti napon na masi.

Nulovanje

To je zaštitna mera kod koje je vrlo važno osigurati dovoljno veliku struju kroz strujnu petlju kvara i zaštitni organ najbliži mestu kvara, kako bi zaštitni organ delovao i izbacio vod iz pogona. S obzirom na to, bilo bi [1]:

$$Ip\geqslant Ia=kIn,$$

gde je:

Ip struja prekida (ostale veličine su ranije definisane).

Da bi to bilo ispunjeno, mora postojati mali otpor petlje kvara.

Da bi imali dovoljno veliku struju, ukupni otpor uzemljenja mora imati vrednost Rp$\leqslant$2.0 oma, što je dobijeno pod uslovom da je Ud=50 V, Rk=5 oma (to je minimalna vrednost). Pri tome je značajno znati i dužinu do koje je ova zaštita efikasna i koja se naziva kritičnom dužinom. Ona se dobija iz izraza [1]:

$$Z=U/Ip\Rightarrow Z\leqslant U/Ip=U/kIn \qquad (10)$$

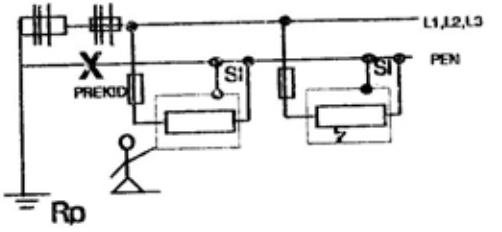
Ovde je Z impedancija kratkospojne petlje, koja je, uglavnom, radnog karaktera, pa vredi:

$$2\times\rho l/S\leqslant U/kIn\Rightarrow l_{kr}\leqslant\frac{U\,S}{2kIn\rho} \qquad (11)$$

Znači, za mesta kvara na većoj udaljenosti od l_{kr}, ova zaštita je neefikasna.

Pošto je ovde neutralni vod uzemljen (otud naziv nul vod ili »nula«), on se mora održavati na što nižem potencijalu bliskim nuli. To znači da mora biti uzemljen na kraju svake deonice od 200 m. Jedan od načina da se održi niski potencijal jeste i poboljšanje simetrije opterećenja. Takođe, ukupni otpor uzemljenja u prečniku 200 m oko izvora (trafostanice) mora biti do 5 oma.

Treba strogo voditi računa da se nulvod ne prekida ni na jednom mestu, jer bi u tom slučaju (slika 10) pogonsko sredstvo dobilo na masi pun fazni napon. Zato se zabranjuje i stavljanje osigurača u nulvod.

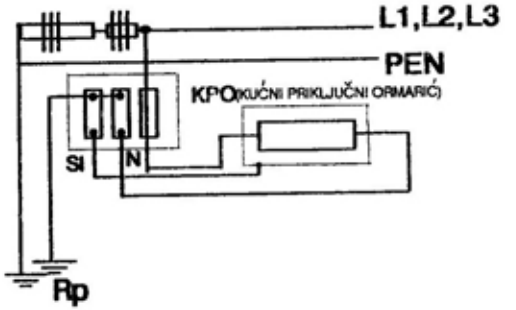


Sl. 10 — Prekid nulvoda — fazni napon na nulvodu

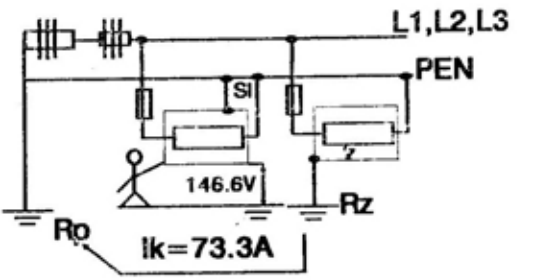
Nulovanje zaštitnim vodom na ulazu u neki objekat izvodi se kao na slici 11 [1]:

— OGRANIČENJA UPOTREBE —

Strogo je zabranjeno istovremeno koristiti zaštitno uzemljenje i nulovanje (slika 12). Tada se može na svim trošilima koja su nulovana pojaviti previsok dodirni napon [1].



Sl. 11 — Nulovanje sa zaštitnim vodom



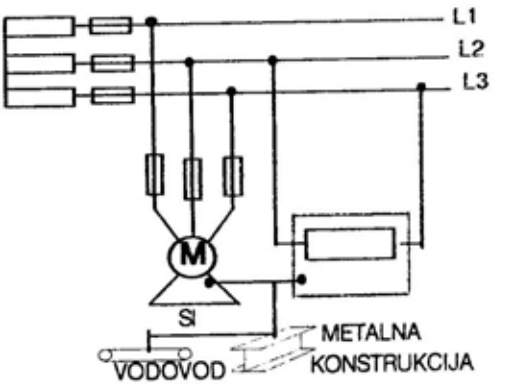
Sl. 12 — Opasnost upotrebe nulovanja i zaštitnog uzemljenja na istoj mreži

PRIMER: ako je neko trošilo dobro uzemljeno sa Rz=1 om, uz Rp=2 oma biće: Ip=U/(Rp+Rz)=73.3⇒Ud=IpRp =146.6 V i taj se napon prenosi duž celog neutralnog voda.

Takođe se mora voditi računa da ne dođe do istovremenog dodira trošila štićenog nulovanjem i onog štićenog izolovanim stajalištem (ili zaštitnim uzemljenjem), jer će se onda premostiti direktno fazni napon. Zato treba izbegavati upotrebu priključnica sa i bez zaštitnog kontakta u istoj prostoriji.

Sistem zaštitnog voda

Bez obzira na to što će na kraju biti data analiza zaštitnih mera s posebnim naglaskom na one mere koje su VJ najznačajnije, treba odmah reći da su sve mere vezane za IT mrežu od posebnog značaja. Tim pre se to odnosi na



Sl. 13 — Sistem zaštitnog voda

one zaštitne mere koje su upravo specifične samo za IT mrežu. To se, naravno, odnosi i na sistem zaštitnog voda. Sam princip zaštite je prikazan na slici 13.

Ovde se povezuju sva kućišta sa metalnim konstrukcijama objekata ili sa vodovodnom instalacijom ili, pak, sa uzemljivačem čiji je zadatak da se sve dovede na potencijal zemlje i ne sme se poistovetiti sa uzemljivačem kod TT mreže. Pri tome otpor uzemljenja sabirnog zaštitnog voda ne sme biti veći od 20 oma. Ukoliko je to neizvodljivo mora se postaviti zaštitni relej koji će isključiti celu instalaciju ako se pojavi veći napon od 50 V između sabirnog voda i zemlje. Ova zaštita zahteva kontrolu izolacije prema zemlji koja se provodi zvučno i svetlosno.

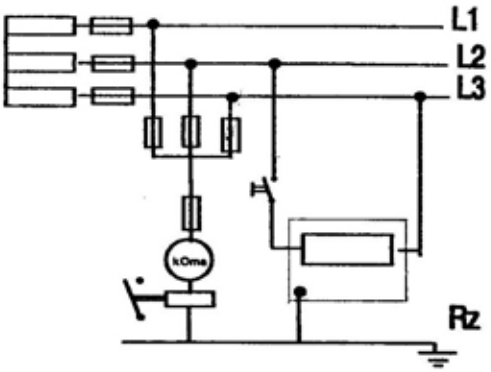
Ova vrsta zaštite koristi se kod instalacija kojima je nulta tačka strogo izolovana, a to je, uglavnom, kod manjih mreža koje su nama posebno interesantne npr. (elektroagregati).

— OGRANIČENJA UPOTREBE —

Ovde ne postoji nešto što bi predstavljalo posebno ograničenje upotrebe sem što treba istaći da u slučaju dvostrukog kvara ova zaštita nije efikasna, što je inače karakteristično za IT mrežu uopšte.

Kontrolnici izolacije

Ova mera prikazana je na slici 14, a slična je prethodnoj. Naime, pošto se radi o istom tipu mreže, gde se ona koristi kao i prethodna mera, jasno da će postojati velika sličnost među njima. Kod IT mreže u slučaju zemljospoja jedne faze neće se ništa dogoditi, jer strujni krug nema gde da zatvori. No, dobro je znati da se to ipak dogodilo, pored ostalog i zbog toga što se tada fazni napon može pojaviti na neutralnom provodniku kod četvorovodnih sistema. U tu svrhu upravo se i koriste kontrolnici izolacije koji mere izolacioni otpor (izolacioni nivo) i signaliziraju opasnost ili prekidaju glavni strujni krug.



Sl. 14 — Kontrolnik izolacije

Naravno, signalizacija se daje i kadada vrednost izolacionog nivoa padne ispod određene vrednosti. Inače, sama vrednost otpora izolacije se utvrđuje prema struji kroz čovekov organizam koja kod ovakvih sistema ima vrednost [1]:

$$Ič = 3U/(Riz + 3Rč) \qquad (12)$$

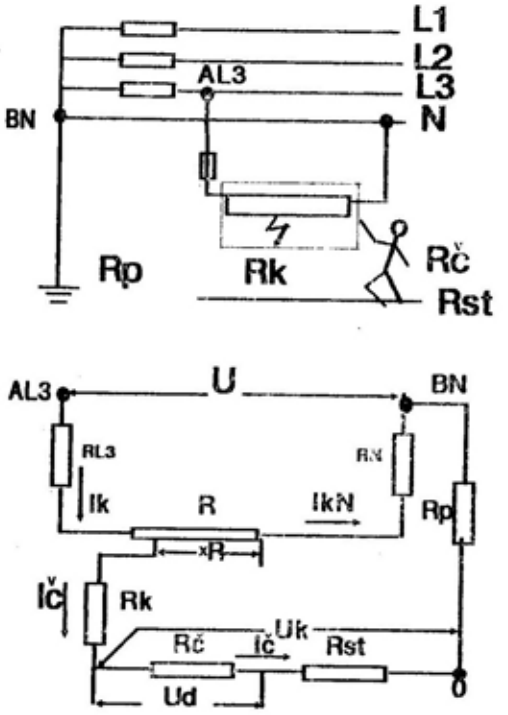
Zaštitno izolovanje

Sada će biti objašnjene mere koje nisu isključivo vezane za pojedini tip mreže već se mogu primeniti posebno ili u kombinaciji sa drugim merama. Jedna od takvih mera je i zaštitno izolovanje. Za ovu vrstu zaštite analiziraćemo sliku 15.

Struja kroz čovekov organizam određena je naponom i otporom i u ovom slučaju, uz $Rz = \infty$, iznosi približno:

$$Ič = U/(Rk + Rč + Rst + Rp), \qquad (13)$$

Da bismo smanjili ovu struju, realno možemo uticati na Rst i Rk. Na otpor mesta kvara Rk može se uticati poboljšanjem izolacije samog kućišta (mase), a na otpor stajališta Rst boljom izolacijom podloge. Pri tome treba na-



Sl. 15 — Neuzemljeno pogonsko sredstvo sa nadomesnom shemom

glasiti da lična sredstva zaštite (rukavice, čizme, i sl.) spadaju u dopunska zaštitna sredstva. Neki autori u dopunska sredstva ubrajaju i podloge, jer ih smatraju nepouzdanim [2]. Ova vrsta zaštite je najefikasnija ako se primeni na samo trošilo i njegove strujne krugove, a svakako se može preporučiti kao dopunska mera gde god je to moguće. No, moramo odmah napomenuti da se ne treba zanositi da ona može da zameni neku od osnovnih zaštitnih mera karakterističnih za pojedine tipove mreža.

— OGRANIČENJA UPOTREBE —

Kombinovanje ove mere sa zaštitnim uzemljenjem treba izbegavati. Ako je u istoj prostoriji s izolacionim podom više trošila koja su nadohvat ruke treba međusobno spojiti njihova kućišta (mase), što predstavlja izjednačavanje potencijala. Takođe, kod ove vrste zaštite moraju biti izolovani svi vodljivi delovi koji su u spoju sa zemljom, a nadohvat su ruke.

Primena malog napona

Sam pojam malog napona određen je na osnovu toga što se zna da je iznos struje opasne po čoveka 0.03 A, a da vrednost otpora čovekovog organizma iznosi cca 1600 oma. Iz toga sledi da je dozvoljeni napon:

$$Ud = Ič \times Rč = 48 \text{ V, odnosno} \quad (14)$$

50 V standardizovano

Prema tome, primena malog napona do najviše 42 V (može biti i 24 ili 12 V) po svojoj prirodi isključuje mogućnost izlaganja prevelikoj struji. Ova zaštita provodi se na taj način što ne postoji nikakva galvanska veza između mreže niskog napona i strujnih krugova malog napona. Zato se, kao izvori malog napona, javljaju:

— sigurnosni transformatori;

— pretvarači s električki odvojenim namotima;

— akumulatori, i

— galvanski elementi.

Jasno je da je i ova mera interesantna za VJ.

Kod sigurnosnih trafoa su primar i sekundar potpuno odeljeni izolacionom pregradom, a sekundarni strujni krugovi su neuzemljeni. Priključnice na sekundarnom delu su takve da u njih mogu da uđu samo specijalni utikači. Ova mera se često koristi kod nas u terenskim uslovima za napajanje slabih trošila i rasvete, a pri tome je sav instalacioni pribor izrađen za naponski nivo do 250 V.

— OGRANIČENJA UPOTREBE —

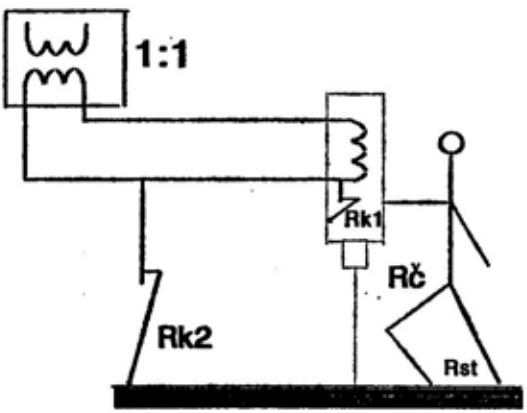
Kao izvor malog napona ne smeju se koristiti: autotransformatori, delitelji napona, ispravljači napajani iz au-

totrafoa i delitelja i pretvarači sa zajedničkim namotima [1,].

Nedostatak ove mere jeste što je zbog konstrukcionih i ekonomskih razloga ograničena snaga izvora na 5 kVA.

Zaštitno odeljivanje

Ova mera izvodi se, uglavnom, transformatorima nazivnog odnosa transformacije 1:1 uz galvansko odvajanje primarnog i sekundarnog namota. Pri tome se zaštita bazira na tome da u slučaju kvara stujni krug nema gde da se zatvori (slično kao kod IT mreže). To ilustruje slika 16.



Sl. 16 — Zaštitno odeljivanje

Odeljivački trafoi moraju imati čvrsto postavljenu priključnicu uz mogućnost priključka jednog trošila do max. 16 A. Pri tome najviši linijski napon na primeru sme da bude 500 V, a na sekundaru 380 V. Priključnica na sekundaru mora da bude bez zaštitnog kontakta.

— OGRANIČENJE UPOTREBE —

U slučaju zemljospoja priključnog voda, uz istovremeni kvar na trošilu, postoji mogućnost zatvaranja strujnog kruga, pa je otuda bitno koliko je veliki otpor stajališta sa svim dopunskim otporima.

Zaštitne mere u EEnOb VJ

Kada govorimo o zaštitnim merama u elektroenergetskom obezbeđenju VJ, treba znati koji je tip mreže zastupljen, odnosno koji je izvor električne energije korišćen za njeno napajanje [5]. Kao izvori električne energije u VJ se koriste: hemijski izvori električne energije (HIEE) i elektroagregati. Pri tome se misli na autonomne izvore koji se, uglavnom, koriste u terenskim uslovima rada, naime jasno je da se u stacionarnim uslovima rada koristi distributivna mreža. Ovde se, takođe, ne govori o električnim izvorima kao što su, eventualno, ispravljači i pretvarači, jer ih možemo smatrati kao »posrednike« u napajanju između mreže i trošila.

Kada je izvor električne energije HIEE, primarni ili sekundarni (akumulatori) svejedno, onda je svakako u pitanju mali napon koji ne prelazi 50 V. Kada je u pitanju elektroagregat (EA) kao izvor električne energije, onda je to izvor sa neuzemljenim zvezdištem, pa imamo tipičan primer IT mreže [5].

Zaključak

Može se konstatovati da postojeće rešenje zaštite od indirektnog dodira u mrežama VJ zadovoljava. No, ipak, s tim u vezi treba istaći još neke aspekte ovog problema.

Potrebno je razmotriti i zaštitu pomoću strujne zaštitne sklopke koja bi bila prilagođena za IT mrežu [3]. U tom smislu može se koristiti iskustvo koje postoji u električnoj distributivnoj mreži Francuske. Naime, prilagođenje o kome je reč ogleda se u tome da se na zvezdište transformatora (kao

izvora) veže impedancija Zt prema zemlji, pa je onda struja greške:

$$Ig = Ug/3Zt \qquad (15)$$

gde je:

$Ug = U/\sqrt{3}$, dok je uslov za uspešno delovanje zaštite $Ig > Ia$ (pogledati deo koji se odnosi na FI sklopku !) [3].

Pored ovih vrsta zaštite treba još naglasiti da u obzir mogu doći i zaštitne mere bez zaštitnog voda, kao što su izolacija i galvansko odvajanje pomoću odvojenih transformatora. Izolacija kao zaštitna mera treba da se koristi inače kao dopunska mera, bez obzira na osnovnu vrstu zaštite koja je, eventualno, primenjena.

Poseban problem može da predstavlja, u smislu zaštite od indirektnog dodira, priključenje na distributivnu mrežu u nekim vanrednim prilikama. Tu se, pre svega, misli na korišćenje razvoda sa elektroagregata čija se razvodna tabla koristi u te svrhe. Tada je obavezno da se zatšitne mere usklade, i tada treba poznavati karakteristike zaštitnih mera koje se primenjuju u distributivnoj mreži.

Literatura:

[1] Vjekoslav Srb, Električne instalacije i niskonaponske mreže (Tehnička knjiga — Zagreb, 1982).

[2] Dragutin Lj. Petrović, Električne instalacije (Tehničk knjiga — Beograd, 1981).

[3] Vasiljević Miodrag, Izbor kabela i tipa mreže za rad u posebnim uslovima (magistarski rad — ETF Zagreb, 1986).

[4] Nikola Lj. Nikolić, Opasnost i zaštita električne struje (Institut za dokumentaciju zaštite na radu — Niš, 1979).

[5] — — , Elektroagregati (TU SSNO — Beograd, 1970).

Mr Nikola Bračika,
potpukovnik, dipl. inž.

PLANIRANJE POPUNE NASTAVNIH JEDINICA U USLOVIMA OGRANIČENJA

Zadovoljenje potreba nastavnih jedinica VJ za popunom regrutima, u slučaju kada su zahtevi za popunom veći od mogućnosti popune, svodi se na izradu planova popune prema definisanom prioritetu jedinica i zahtevanih vojnoevidencionih specijalnosti (VES). Rešenje problema je višeznačno i zavisi od načina pridruživanja prioriteta.

Uvod

U sistemu vojne obaveze, proces popune VJ regrutima zauzima značajno mesto u planskom osposobljavanju kadrova i u odbrambenim pripremama društva u celini. Teorijski gledano, regrutni kontingent sposobnih i raspoloživih regruta za služenje vojnog roka trebalo bi da odgovara potrebama mirnodopske VJ. Međutim, u poslednjih nekoliko godina broj regruta raspoloživih za upućivanje u VJ je manji od mirnodopskih potreba. U ovakvoj situaciji sve jedinice ne mogu biti 100% popunjene i javlja se potreba za planiranjem takve popune gde će svakoj jedinici i VES-ti biti dodeljen neki prioritet popune. Tako će stepen popunjenosti jedinica biti zavisan od pridruženog prioriteta, a svi raspoloživi regruti biće raspoređeni. Primer na kojem je prikazan metod planiranja popune u slučaju kada su mogućnosti manje od potreba pretpostavljen je.

Teoretska postavka problema

Planiranju popune nastavnih jedinica VJ regrutima pristupa se kroz sagledavanje njihovih potreba za popunom u posmatranom periodu po strukturi VES-ti, s jedne strane, i mogućnosti za adekvatnom popunom regrutima odgovarajućih VES-ti s druge strane. Odnos između potreba i mogućnosti može biti takav da je:

$$M_i \geqslant = P_{ij} \text{ ili } M_i < P_{ij} \qquad (1)$$

Pri tome su:

M_i — mogućnosti popune i-tom VES-ti, a

P_{ij} — potrebe j-te jedinice za popunom i-tom VES-ti.

U opštem slučaju $i=1,2,\ldots,m$, a $j=1,2,\ldots,n$.

Problem se javlja u drugom slučaju, kada potrebe prevazilaze mogućnosti popune i gde je moguće definisati različite politike planiranja popune, koje će omogućiti popunu posmatranih jedinica, tako da njihovi zahtevi ostanu u manjoj ili većoj meri zadovoljeni. S obzirom na značaj nastavnih jedinica i VES-ti koje se u njima obučavaju, može im se dodeliti redosled popune prema njihovom značaju. U tom slučaju, redosled popune j-te jedinice i-tom VES-ti (K_{ij}) biće obrnuto proporcionalan nivou prioriteta, a prioritet se iskazuje koeficijentom značajnosti

$$\mu_{ij} = \frac{K_{ij}}{\text{Max}\,(K_{ij})}\ ; \quad (0 \leqslant \mu_{ij} \leqslant 1) \qquad (2)$$

gde je

Max (K_{ij}) — maksimalna vrednost redosleda popune.

Za $\mu_{ij}=0$ obezbeđuje se potpuna popuna, a za $\mu_{ij}=1$ najniži nivo popune s obzirom na raspoložive mogućnosti. Pri tome je moguće da više VES-ti i jedinice imaju isti redosled popune K_{ij}. Da bi koeficijent značajnosti μ_{ij} izražavao veličinu neudovoljenih potreba VES-ti po jedinicama, potrebno ga je iskazati kao normalizovani koeficijent značajnosti

$$\mu'_{ij}=\frac{\mu_{ij}}{\sum_{j=1}^{n}\mu_{ij}};\sum_{j=1}^{n}\mu'_{ij}=1) \tag{3}$$

Manjak regruta i-te VES-ti može se iskazati izrazom:

$$D_i=P_i-M_i=\sum_{j=1}^{n}P_{ij}-M_i \tag{4}$$

gde su:

P_i — potrebne jedinice za popunom i-tom VES-ti;

M_i — mogućnosti popune i-tom VES-ti;

P_{ij} — potrebe j-te jedinice za popunom i-tom VES-ti.

Moguće rešenje plana popune regrutima kojim se pojedinim jedinicama uskraćuje izvesni broj zahtevanih regruta, nalazi se raspodelom raspoloživog broja regruta, tako da vredi:

$$Mi=\sum_{j=1}^{n}P_i'_j=\sum_{j=1}^{n}P_{ij}-D_i \tag{5}$$

Pri tome je:

$P_i'_j$ — planirani broj regruta i-te VES-ti za popunu j-te jedinice tako da bude $P_i'_j\leqslant P_{ij}$.

Nadležna organizacijska jedinica GŠ VJ, koja vrši planiranje popune nastavnih jedinica regrutima, ceneći faktore koji definišu prioritete u popuni, određuje iznose redosleda popune K_{ij}, a preko njih se izražavaju normalizovani koeficijenti prioriteta μ_{ij}.

Zahtevi jedinica sa koeficijentom $\mu_{ij}=0$ zadovoljavaju se u potpunosti, a ostalim se uskraćuju iznosi δ_{ij}, tako da se pokriva manjak koji iznosi

$$D_i=\sum_{j=1}^{n}\delta_{ij} \tag{6}$$

Da bi se odredio nedostajući broj regruta δ_{ij} po VES-tima i jedinicama potrebno je odrediti koeficijent nepopunjenosti β_{ij} prema izrazu

$$\beta_{ij}=\frac{\mu_i'_j\cdot P_{ij}}{\sum_{j=1}^{n}\mu_i'_j\cdot P_{ij}};\ (\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\beta_{ij}=1) \tag{7}$$

Sada je manjak regruta po VES-tima i jedinicama moguće rasporediti prema izrazu

$$\delta_{ij}=\beta_{ij}\cdot D_i\ (\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\delta_{ij}=1) \tag{8}$$

a moguća popuna tada iznosi

$$P_i'_j=P_{ij}-\delta_{ij} \tag{9}$$

Pri tome mora biti zadovoljen uslov iskazan izrazom (5).

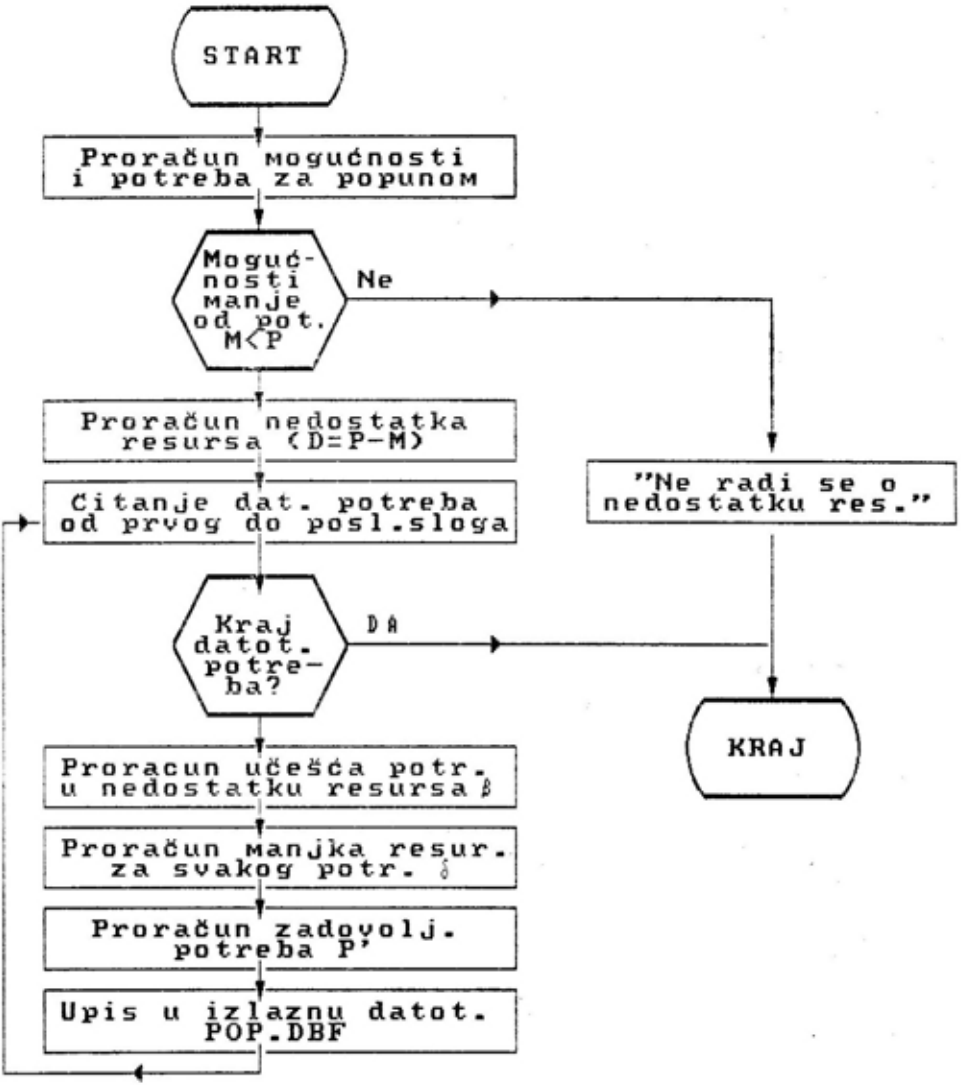
Konačno, popuna j-te jedinice i-tom VES-ti može se iskazati koeficijentom popune

$$\lambda_{ij}=\frac{P_i'_j}{P_{ij}};\quad (0\leqslant\lambda_{ij}\leqslant 1) \tag{10}$$

Za vrednosti $\lambda_{ij}=1$ obezbeđena je potpuna popuna, što odgovara koeficijenti znzačajnosti $\mu_i'_j=0$.

Računarski model plana popune i primer planiranja

U skladu sa teoretskom razradom problema planiranja popune nastavnih jedinica regrutima, izrađen je računarski model planiranja popune u uslovima nedostatka sposobnih i raspoloživih regruta za upućivanje na odsluženje vojnog roka. Listing programa izrađenog u programskom jeziku dBASE IV prikazan je u prilogu, a blok-dijagram na slici 1.



Sl. 1 — Algoritam planiranja popune u uslovima nedostatka resursa

U primeru koji sledi zahteva se popuna četiri nastavne jedinice sa jedanaest VES-ti prema podacima datim u tabeli 1.

Pri tome su:

MBRJ — matični broj nastavne jedinice;

VES — šifra vojnoevidencione specijalnosti;

PRIJ — redosled popune preko kojeg se iskazuje normalizovani koeficijent značajnosti μ'_{ij};

POT — potrebe jedinica za popunom regrutima po VES-ti.

Mogućnosti popune za posmatrani period, za koji se plan radi, iskazane su u tabeli 2, u kojoj je MOG — broj sposobnih i raspoloživih regruta za upućivanje na služenje vojnog roka u posmatranom planskom periodu.

Tabela 1

Potrebe nastavnih jedinica za popunom regrutima

V E S	MOG
11101	2000
11102	2500
11103	5000
11104	2400
11105	1500
11106	1000
12101	360
12102	220
12103	550
12401	460
12402	603
12403	762
UKUPNO	**17355**

Tabela 2

Mogućnosti popune regrutima

VES	MBRJ	PRIJ	POT
11101	0001	0	1198
	0002	2	499
	0004	2	298
	0003	3	242
	Svega:		2237
11102	0002	0	527
	0001	2	1087
	0003	3	769
	Svega:		2383
11103	0003	0	3081
	0004	2	1067
	0002	4	2337
	0001	5	1198
	Svega:		7683
11104	0002	1	850
	0003	4	410
	Svega:		1260
11105	0002	0	820
	0004	3	400
	Svega:		1220
12101	0001	1	100
	0002	2	150
	0003	3	130
	Svega:		380
12102	0001	2	85
	0003	2	94
	0004	3	106
	Svega:		285
12103	0002	2	329
	0004	3	274
	Svega:		603
12401	0001	1	234
	0002	2	195
	0003	3	83
	Svega:		512
12402	0002	2	342
	0004	4	281
	Svega:		623
12403	0001	2	243
	0002	5	374
	0004	6	193
	Svega:		810
U K U P N O :			17996

Tabela 3

Rezultati planiranja popune

V E S	MBRJ	POP
11101	0001	1198
	0002	482
	0003	229
	0004	288
	Svega	2197
11102	0001	1049
	0002	527
	0003	730
	Svega	2306
11103	0001	1094
	0002	2176
	0003	3081
	0004	1030
	Svega	7381
11104	0002	835
	0003	382
	Svega	1217
11105	0002	820
	0004	379
	Svega	1199
12101	0001	98
	0002	145
	0003	123
	Svega	366
12102	0001	82
	0003	91
	0004	101
	Svega	274
12103	0002	317
	0004	260
	Svega	577
12401	0001	230
	0002	188
	0003	79
	Svega	497
12402	0002	330
	0004	262
	Svega	592
12403	0001	234
	0002	342
	0004	173
	Svega	749
U K U P N O		17355

Rezultati proračuna smeštaju se u tabelu 3, a kolona POP sadrži proračunati broj regruta zahtevane VES-ti koji se, s obzirom na iskazane prioritete, mogu planirati za upućivanje u posmatrane nastavne jedinice.

Način proračuna popune pojedinih VES-ti za jedinicu sa matičnim brojem »0001« prikazan je u tabeli 4.

že se prikazivati na više načina. U tabelama 5, 6 i 7 prikazani su pregled popune jedinica po VES-ti, popune VES-ti, regruta u posmatranim jedinicama i popune rodova-službi u tim jedinicama. Moguće su i druge kombinacije pregleda, ako se uključe nivoi posmatranja (korpusi, armije i VJ kao celina).

Tabela 4

Proračun popune za jedinicu »0001«

VES	K_i	μ_i	μ_i'	P_i	$\mu_i' * P_i$	β_i	δ_i	P_i'	λ_i
11101	0	0.0	0.000	1198	0.000	0.000	0	1198	1.000
12101	1	0.2	0.077	100	7.700	0.011	2	98	0.980
12401	1	0.2	0.077	234	18.018	0.026	4	230	0.983
11102	2	0.4	0.154	1087	167.398	0.237	37	1050	0.966
12102	2	0.4	0.154	85	13.090	0.019	3	82	0.964
12403	2	0.4	0.154	243	37.422	0.053	9	234	0.963
11103	5	1.0	0.384	1198	461.230	0.654	103	1095	0.914
UKUPNO		2.6	1.000	4145	704.853	1.000	158	3987	0.962

Prikazani primer predstavlja, zapravo, prostu raspodelu jednorodnog resursa jednodimenzionalnog procesa optimalne raspodele u dinamičkom programiranju [3].

Naime, ako se kao funkcija cilja definiše

$$F(\lambda)_{Max} = \Sigma K_i \cdot P_i \cdot \lambda_i \qquad (11)$$

problem se svodi na iznalaženje skupa promenljivih $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_7$ za koji će $F(\lambda)$ imati maksimum uz uslov $\Sigma P_i \cdot \lambda_i = M$. Osim toga, promenljive λ_i moraju se naći u intervalu $0 \leqslant \lambda_i \leqslant 1$, a mogu se menjati nekim korakom (npr. 0.01).

Način iznalaženja optimalnog rešenja, koji je prikazan u tabeli 4, u odnosu na model dinamičkog programiranja (11), jednostavniji je, brži za proračun i lakše primenjiv u praksi, pa mu zato treba dati prednost.

Plan popune, zavisno od potreba planskih organa i njegove namene, mo-

Za dobijanje prikazanih i drugih pregleda nije potrebno mukotrpno programiranje, jer se oni mogu dobiti korišćenjem upitnog jezika SQL ili QBE i generatora izveštaja koje dBASE IV sadrži.

Iz totala tabela 5, 6 i 7 (poslednji red) uočava se da je planiranjem obezbeđenja popuna nastavnih jedinica od 96,44%.

Uporedni prikaz ulaznih i izlaznih rezultata (tabela 8) ukazuje na izvesnu neusklađenost iskazanih potreba sa veličinom i strukturom regrutnog kontingenta. Tako su mogućnosti popune VES-tima »11102«, »11104«, »11105« veće od potreba za popunom, a VES »11106« se i ne traži, iako postoje mogućnosti od 1000 regruta za njegovom popunom. Posledica toga je da će se izvesnom broju regruta morati promeniti VES, kako bi se zadovoljili zahtevi za popunom. Radi se o broju od 2704 regruta, što predstavlja zbir negativnih odstu-

Tabela 5

Pregled popune po VES-tima

V E S	MBRJ	PRIJ	POT	POP	K_POP
11101	0001	0	1198	1198	1.0000
	0002	2	499	482	0.9700
	0004	2	298	288	0.9700
	0003	3	242	229	0.9500
	S v e g a		2237	2197	0.9821
11102	0002	0	527	527	1.0000
	0001	2	1087	1049	0.9700
	0003	3	769	730	0.9500
	S v e g a		2383	2306	0.9677
11103	0003	0	3081	3081	1.0000
	0004	2	1067	1030	0.9700
	0002	4	2337	2176	0.9300
	0001	5	1198	1094	0.9100
	S v e g a		7683	7381	0.9607
11104	0002	1	850	835	0.9800
	0003	4	410	382	0.9300
	S v e g a		1260	1217	0.9659
11105	0002	0	820	820	1.0000
	0004	3	400	379	0.9500
	S v e g a		1220	1199	0.9828
12101	0001	1	100	98	0.9800
	0002	2	150	145	0.9700
	0003	3	130	123	0.9500
	S v e g a		380	366	0.9632
12102	0001	2	85	82	0.9600
	0003	2	94	91	0.9700
	0004	3	106	101	0.9500
	S v e g a		285	274	0.9614
12103	0002	2	329	317	0.9600
	0004	3	274	260	0.9500
	S v e g a		603	577	0.9569
12401	0001	1	234	230	0.9800
	0002	2	195	188	0.9600
	0003	3	83	79	0.9500
	S v e g a		512	497	0.9707
12402	0002	2	342	330	0.9600
	0004	4	281	262	0.9300
	S v e g a		623	592	0.9502
12403	0001	2	243	234	0.9600
	0002	5	374	342	0.9100
	0004	6	193	173	0.9000
	S v e g a		810	749	0.9247
U K U P N O :			17996	17355	0.9644

panja planirane popune od mogućnosti (tabela 8). Pored toga, javlja se potreba da se za 100 regruta promeni rod »11« u službe »21« ili »24«, što pokazuje analiza prikazana u tabeli 9.

Kritičkom analizom dobijenih rezultata planiranja iz tabele 5, 6 i 7 može se sagledati realnost planiranja popune i u kojoj meri plan zadovoljava iskazane potrebe kroz pridružene prioritete. Ukoliko se ukaže potreba za drugačijim stepenom popune jedinica, rodova-službi ili konkretnih VES-ti, plan se može korigovati variranjem vrednosti iz kolone PRIJ u tabeli 1.

Pored prikazanog načina iskazivanja prioriteta za popunom, mogu se od-

Tabela 6

Pregled popune po jedinicama

MBRJ	V E S	PRIJ	POT	POP	K_POP
0001	11101	0	1198	1198	1,0000
	12101	1	100	98	0.9800
	12401	1	234	230	0.9800
	11102	2	1087	1049	0.9700
	12102	2	85	82	0.9600
	12403	2	243	234	0.9600
	11103	5	1198	1094	0.9100
	S v e g a		4145	3985	0.9614
0002	11102	0	527	527	1.0000
	11105	0	820	820	1.0000
	11104	1	850	835	0.9800
	11101	2	499	482	0.9700
	12101	2	150	145	0.9700
	12103	2	329	317	0.9600
	12401	2	195	188	0.9600
	12402	2	342	330	0.9600
	11103	4	2337	2176	0.9300
	12403	5	374	342	0.9100
	S v e g a		6423	6162	0.9594
0003	11103	0	3081	3081	1.0000
	12102	2	94	91	0.9700
	11101	3	242	229	0.9500
	11102	3	769	730	0.9500
	12101	3	130	123	0.9500
	12401	3	83	79	0.9500
	11104	4	410	382	0.9300
	S v e g a		4809	4715	0.9805
0004	11101	2	298	288	0.9700
	11103	2	1067	1030	0.9700
	11105	3	400	379	0.9500
	12102	3	106	101	0.9500
	12103	3	274	260	0.9500
	12402	4	281	262	0.9300
	12403	6	193	173	0.9000
	S v e g a		2619	2493	0.9519
U K U P N O :			17996	17355	0.9644

Tabela 7

Pregled popune po rodovima-službama

ROD-SL	MBRJ	PRIJ	POT	POP	K_POP
11	0001	-	3483	3341	0.9592
	0002	-	5033	4840	0.9617
	0003	-	4502	4422	0.9822
	0004	-	1765	1697	0.9615
	S v e g a :		14783	14300	0.9673
21	0001	-	185	180	0.9730
	0002	-	479	462	0.9645
	0003	-	224	214	0.9554
	0004	-	380	361	0.9500
	S v e g a :		1268	1217	0.9598
24	0001	-	477	464	0.9727
	0002	-	911	860	0.9440
	0003	-	83	79	0.9518
	0004	-	474	435	0.9177
	S v e g a :		1945	1838	0.9450
U K U P N O :			17996	17355	0.9644

Tabela 8

Upotredni pregled potreba, mogućnosti i planirane popune po VES-tima

V E S	MOG	POT	POP	+/-
11101	2000	2237	2197	197
11102	2500	2383	2306	-194
11103	5000	7683	7381	2381
11104	2400	1260	1217	-1183
11105	1500	1220	1199	-301
11106	1000	0	0	-1000
12101	360	380	366	6
12102	220	285	274	54
12103	550	603	577	27
12401	460	512	497	37
12402	603	623	592	-11
12403	762	810	749	-13
UKUPNO	17355	17996	17355	0

Literatura:

[1] N. Bračika: »Automatizovani informacioni sistem regrutovnja i popune«, projekat, III uprava GŠ OS SFRJ, Beograd, 1990.

[2] M. Nikolić: »Modeliranje procesa u tehničkom obezbeđenju«; lekcija, TVA KoV, Zagreb, 1980.

Tabela 9

Upotredni pregled potreba, mogućnosti i planirane popune po rodovima-službama

ROD-SL	MOG	POT	POP	+/-
11	14400	14783	14300	-100
21	1130	1268	1217	87
24	1825	1945	1838	13
UKUPNO:	17355	17996	17355	0

nositi i na nastavne jedinice kao celine, rodove službe ili vrste jedinica, kao npr. jedinice vojne policije, granične jedinice, i sl. Ovakvi zahtevi takođe se mogu realizovati uz manje izmene u strukturi ulaznih podataka i programskoj proceduri.

Zaključak

U uslovima smanjenog regrutnog kontingenta, a značajnih potreba za popunom nastavnih jedinica regrutima, planiranje popune na prikazani način predstavlja efikasno i racionalno rešenje. Podaci o trenutnim potrebama nastavnih jedinica za popunom regrutima u posmatranom planskom periodu i raspoloživom brojnom stanju regruta slobodnih za upućivanje na odsluženje vojnog roka, obezbeđuju se sistemom izveštavanja u automatizovanom informacionom sistemu ljudstva, a prioriteti u popuni određuju se u zavisnosti od niza faktora koji su prisutni u trenutku izrade plana popune.

Prikazani računarski model omogućava dobijanje različitih pregleda vezanih za posmatrani plan, što učesnicima u planiranju omogućava sagledavanje stepena realnosti planiranja i korekcije dobijenog plana promenom pridruženih prioriteta.

[3] J. Petrić, Z. Kojić, L. Šarenac: »Operaciona istraživanja«; zbirka rešenih zadataka, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1980.

Listing programa POP_DEF.PRG

Strana: 1

```
*  ---------------------------------------------------------------------------
*     Program: POP_REG.PRG — popuna u uslovima nedostatka resursa
*
*     Autor   : Nikola Bračika
*  ---------------------------------------------------------------------------
PROCEDURE POP_DEF.PRG
   DECLARE A[4],C[3]
   STORE " " TO A[1],A[2],C[1],C[2]
   STORE 0   TO A[3],A[4],C[3],MAKS,SM,SMB,OST
   SELECT 3                          && Otvaranje izlazne datoteke "POP.DBF"
   USE POP.DBF
   ZAP
   SELECT 2                          && Otvaranje datoteke mogućnosti popune
   USE MOG.DBF
   SUM MOG TO S_MOG                  && Sagledavanje mogućnosti popune
   SELECT 1                          && Otvaranje datoteke potreba za popunom
   USE POT.DBF
   SUM POT TO S_POT                  && Sagledavanje potreba za popunom
   D=S_POT-S_MOG
   IF D<0                            && Sagledavanje odnosa POTREBE-MOGUĆNOSTI
      * 1,1 SAY "Resursi prevazilaze potrebe — KRAJ!"
      WAIT "Pritisni bilo koju tipku."
      RETURN
   ENDIF
   GO TOP
   DO WHILE .NOT. EOF( )
      COPY TO ARRAY A NEXT 1
      SKIP 1
      MAKS=MAX(MAKS,A[3])            && Nalaženje maks. koef. redosleda popune
   ENDDO
   IF MAKS=0
      * 1,1 SAY "Ne mogu svi potrošači imati najviši prioritet!"
      WAIT "Pritisni bilo koju tipku."
      RETURN
   ENDIF
   GO TOP
   DO WHILE .NOT. EOF( )
      COPY TO ARRAY A NEXT 1
      SKIP 1
      MI=A[3]/MAKS                   && Svođenje koef. značajnosti na interval [0,1]
      SM=SM+MI                       && Suma svedenih koef. značajnosti
   ENDDO
   GO TOP
   DO WHILE .NOT. EOF( )
```

```
      COPY TO ARRAY A NEXT 1
      SKIP 1
      MI=A[3]/MAKS
      MI1=MI/SM                    && Normalizacija svedenih koef. značajnosti
      SMB=SMB+MI1*A[4]             && Sum. produkata norm. korf. značajnosti i potreba
   ENDDO
```

Strana: 2

```
   GO TOP                          && Skok na početak datoteke "POT.DBF"
   DO WHILE .NOT. EOF( )
      COPY TO ARRAY A NEXT 1       && Kopiranje sloga datoteke "POT.DBF"
      SKIP 1                       && Skok na sledeći slog
      MI=A[3]/MAKS
      MI1=MI/SM
      BETA=MI1*A[4]/SMB            && Nalaženje koef. učešća u deficitu
      DELTA=BETA*D+OST             && Proračunati deficit po potrošaču
      DEL=INT(DELTA+.5)            && Zaokruživanje na ceo broj
      OST=DELTA-DEL                && Ostatak od zaokruženja
      C[1]=A[1]                    && Popunjavanje radne zone C elementima izlaznog sloga
      C[2]=A[2]                    &&    — " —
      C[3]=A[4]-DEL                &&    — " —
      SELECT 3                     && Prelazak na izlaznu datoteku "POP.DBF"
      APPEND FROM ARRAY C          && Upis sadržaja radne zone C u izl. datoteku
      SELECT 1                     && Povratak na ulaznu datoteku "POT.DBF"
   ENDDO                           && Ponavljanje do kraja datoteke "POT.DBF"
   CLOSE DATABASES                 && Zatvaranje svih datoteka
RETURN
* --- Kraj programa POP_DEF.PRG ----------
```

Dr Nikola Žegarac,
kapetan I klase, dipl. inž.

ANALIZA MOGUĆNOSTI PRIMENE DIJAGNOSTIKE NA SAVREMENIM TENKOVSKIM MOTORIMA

U ovom radu prezentirana je studija o mogućnostima primene dijagnostike na savremenim tenkovskim motorima, sa posebnim osvrtom na motor tipa V46—KT1 domaće proizvodnje. Definisani su nivoi utvrđivanja tehničkog stanja: opšti, parcijalni i potpuni. Izvršena je selekcija dijagnostičkih parametara i metoda pogodnih za dijagnostiku. Razvijen je algoritam za utvrđivanje tehničkog stanja motora.

Uvod

Savremeni tenkovski motori odlikuju se posebnim mogućnostima primene u specifičnim uslovima eksploatacije guseničnih vozila. Inače su poznati uslovi pri kojima se koriste borbena gusenična vozila, a to su, pre svega, po bespuću, peskovitom i travnatom terenu, mokrom i vlažnom terenu, kretanje po snegu, ledu i sličnim uslovima.

Među osnovnim pokazateljima kvaliteta savremenih tenkovskih motora, pored njihovih spoljašnjih karakteristika, ekonomičnosti u potrošnji goriva i maziva, tehnologičnosti, cene materijala i izrade, pogodnosti u eksploataciji i dr. od posebnog je značaja njihova pogonska sigurnost i vek eksploatacije. Pod pogonskom sigurnošću motora podrazumeva se karakteristika koja izražava verovatnoću trajanja rada motora bez kvarova i otkaza u radu, a u granicama vremenskog intervala određenog tehničkim zahtevima motora ili na neki drugi način [1], [2].

Vek eksploatacije motora ili vozila u celini karakteriše trajanje njegovog rada u datim uslovima eksploatacije, a u toku rada odražava se radna sposobnost pojedinih podsistema.

U toku eksploatacije motora dolazi do manjeg ili većeg odstupanja radnih karakteristika od polaznih po pojedinim podsistemima motora.

Ukoliko se te karakteristike udaljavaju više od polaznih, utoliko se više remeti pravilan rad motora i njegova radna sposobnost [3], [4]. Zbog toga postoje realne mogućnosti za nastajanje neispravnosti koje sprečavaju delimično ili potpuno pravilan rad motora. Uzroci njegovog nastanka mogu biti različiti.

Utvrđivanje tehničkog stanja motora, zavisno od funkcionalno-eksploatacionih karakteristika guseničnih vozila usko je vezano za primenu automatizacije. Korišćenje elektronike u svim oblastima otvara nove mogućnosti primene dijagnostike savremenih tenkovskih motora i guseničnih borbenih vozila.

Istraživanja u ovoj oblasti mogu se svesti na nekoliko nivoa, koji zbog funkcionisanja motora (vozila) kao sistema moraju biti adekvatno povezani. Sistem za kontrolu, nadzor i monitoring motora mora sadržavati podsistem: za prijem informacija i programe za upravljanje, izvršenje, praćenje, regulaciju, kontrolu, blokiranje, samoprilagođavanje i optimizaciju, što zavisi od kompleksnosti dijagnostike.

Radi sagledavanja uloge i značaja tehničke dijagnostike kod savremenih

tenkovskih motora, dijagnostika treba da obezbedi:

— kontinuirano praćenje tehničkog stanja, analizu funkcionalnih parametara i sigurnost rada motora;

— dijagnosticiranje kvarova motora sa preporukama za njihovo otklanjanje, i

— kompjutersku kontrolu i nadzor motora radi uštede goriva i maziva i poboljšanje upravljivosti guseničnih vozila.

Razmatrani nivoi dijagnostike tehničkog stanja motora

U ovom radu razmatrane su različite mogućnosti primene tehničke dijagnostike na savremenom tenkovskom motoru V46-TK1 (domaće proizvodnje): opšti, parcijalni i potpuni nivo utvrđivanja tehničkog stanja motora. Razmišlja se o mogućnostima da se klasična instrument-tabla kod vozača zameni elektronskim monitorom. Bila bi mu osnovna namena da pokazuje tehničko stanje motora (normalno, zadovoljava i ne zadovoljava), nivo goriva, maziva, tečnosti za hlađenje, tehničko stanje ostalih uređaja i opreme na tenku. Time bi se mogle sprečiti havarije, neispravnosti i otkazi u radu motora. Najava dolaska u područje kritičnih vrednosti pojedinih mernih parametara može biti optička, zvučna, govorna ili blokirajuća, koja se može različito manifestovati, upozoravajuće ili čak zaustavljanje motora.

Najvažniji podaci mogu se dobiti preko tastera za određenu funkciju ili se mogu pojavljivati pojedinačno kao trajni displej, zavisno od toga kako je informacioni sistem projektovan.

Kontrola i nadzor pojedinih dijagnostičkih parametara vrši se za vreme rada, a nekih i pre početka rada motora, kao: količina goriva i maziva, napon izvora za napajanje, neutralni položaj — da li je motor odvojen od transmisije vozila, provera sistema za kočenje, i slično.

U radnom režimu motora potrebno je kontrolisati mnogo više parametara. Uglavnom se kontrolišu pritisci ulja za podmazivanje motora i goriva na određenim mernim mestima u sistemu za ubrizgavanje goriva, pritisci ubrizgavanja u cilindrima motora, potpritisak vazduha ispred kompresora za prehranjivanje motora, pritisak vazduha iza kompresora, temperature ulja za podmazivanje motora i tečnosti za hlađenje motora, temperature goriva na određenim mernim mestima u sistemu za ubrizgavanje, temperature izduvnih gasova, temperatura vazduha ispred i iza kompresora, merenje protoka goriva, maziva i tečnosti za hlađenje, merenje vibracionih parametara na mernim mestima motora koja su unapred definisana, itd. [3], [5]. Navedene veličine mere se u zavisnosti od brzine obrtanja i opterećenja motora, a izbor nivoa utvrđivanja tehničkog stanja motora vezan je za finansijske mogućnosti. U tom slučaju mora se voditi računa koliki su troškovi i cena koštanja dijagnostičkog sistema u odnosu na cenu motora.

Za merenje mernih veličina neophodno je obezbediti razne vrste indikatora, davača i veoma osetljivih instrumenata, najčešće senzorskog tipa, skupocene elektronske uređaje i opremu.

Paralelno sa monitoringom razvijaju se uređaji koji dijagnosticiraju mehaničke, električne i hidrauličke kvarove ili se koncipiraju da imaju mogućnosti za kontinuirano praćenje stanja. Time se postiže mogućnost samoregulacije ili se dobija informacija o mogućim uzrocima neispravnosti i načinu njihovog otklanjanja. Na taj način sprečava se mogućnost pojave havarijskih oštećenja, smanjuju troškovi održavanja i povećava pogonska sigurnost tenkovskog motora. Tako se može organizovati kvalitetnija eksploatacija i održavanje motora.

Uvođenje kompjuterizacije za dijagnostičke potrebe tenkovskih motora predstavlja delimično isključivanje psihofizičkih napora vozača i posada, a poslovi kontrole, upravljanja, sinhronizacije i optimizacije se automatski obavljaju.

Primeni masovnije dijagnostike tenkovskih motora prethodila bi temeljnija teorijska i laboratorijska ispitivanja. Time bi se došlo do određenih saznanja i formiranja baza podataka koje bi bile polazna osnova za primenu dijagnostike u uslovima eksploatacije. Osim toga, pokazalo bi se koliko su pogodne dijagnostičke metode, selektirani dijagnostički parametri, davači, merni uređaji i oprema za dijagnostičke potrebe u realnim uslovima rada motora.

Pored nesumnjivih prednosti dijagnostike, postoje i određeni nedostaci. Nedostaci dolaze do izražaja u postupku primene ili usvajanja, a ogledaju se u:

— povećanju cene motora;

— zahtevu za većim nivoom obučenosti i uskospecijalističkog znanja iz pojedinih oblasti, i

— potrebi za specijalnim elektronskim elementima i senzorima prilagođenim za dijagnostičku namenu.

Povezivanje elektronike i mikroračunara, od čega bi se sastojala kontrolna jedinica motora, praćeno je određenim problemima.

Polazi se od davača (senzora) za registraciju određenih parametara, te kompjuterskih čipova koji te informacije procesiraju u upotrebljive podatke kao i uslova okoline u kojima se nalaze. Inače su senzori najslabija karika u sistemu dijagnostike, posmatrajući njihovu pouzdanost i vek upotrebe.

Algoritam za utvrđivanje tehničkog stanja motora

Na slici 1 prikazan je algoritam za utvrđivanje tehničkog stanja tenkovskog motora V46-TK1. Ovaj motor predstavlja takav sistem kod kojeg se otkazi i neispravnosti mogu razvrstati po podsistemima motora: sistem za napajanje gorivom, klipnocilindrična grupa motora, usisni i izduvni kolektor i turbokompresor, uređaj za puštanje motora u rad sabijenim vazduhom, sistem za podmazivanje motora i sistem za hlađenje i zagrevanje motora. Predviđena su tri nivoa utvrđivanja tehničkog stanja motora: opšti, parcijalni i potpuni pri određenim režimima rada motora. Prikazani su dijagnostički parametri i metode koje se mogu koristiti za potrebe dijagnostike.

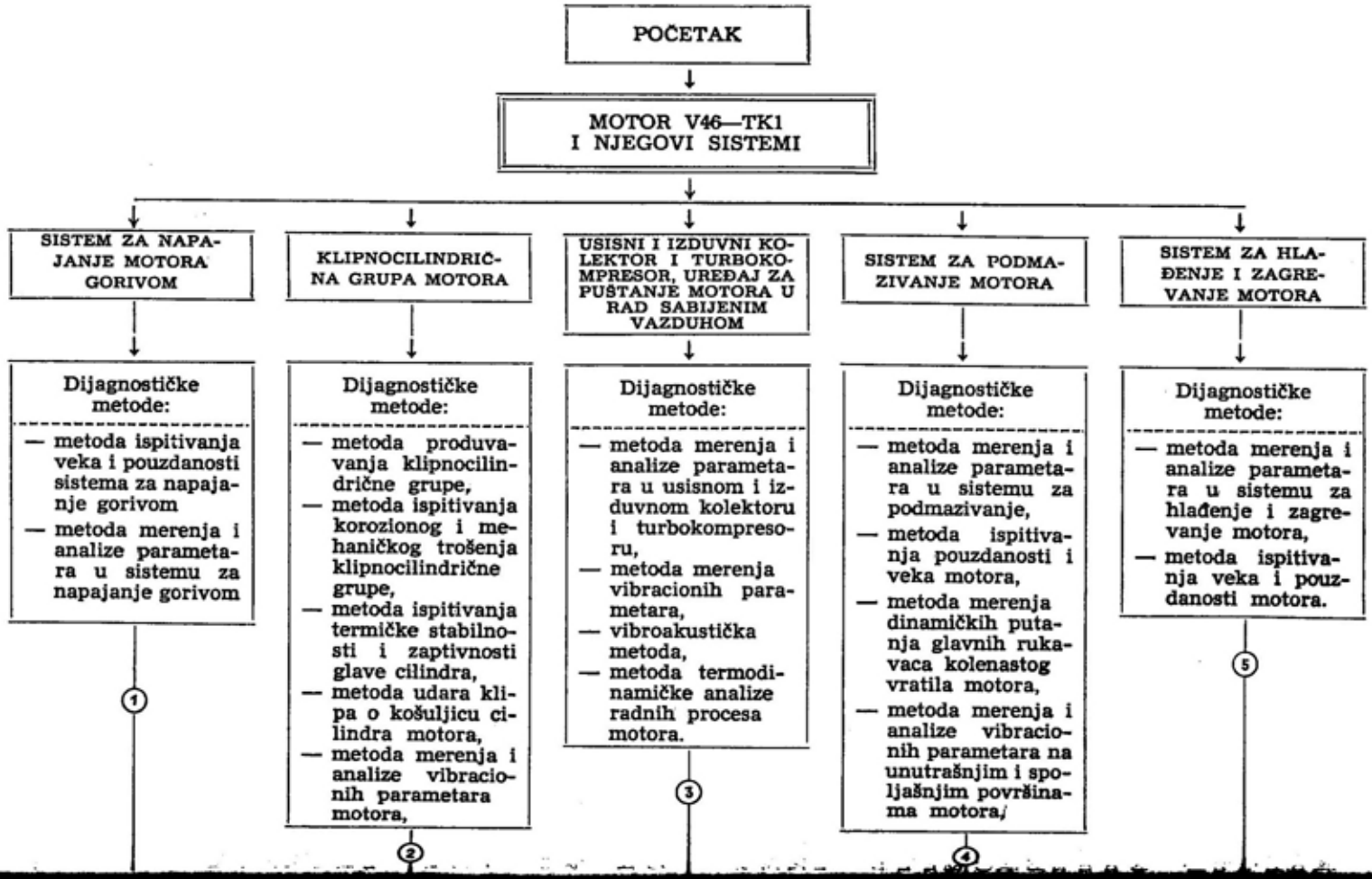
Kod opšteg nivoa, na osnovu opštih karakteristika motora, utvrđuje se da li su promatrani parametri u području: normalno, zadovoljava i ne zadovoljava. U ovom slučaju, merenja funkcionalnih parametara motora vršila bi se kontinuirano uz konstatacije stanja bez ulaženja u analizu uzroka otkaza i neispravnosti. To znači da bi dijagnostički sistem imao zadatak sigurnosne (kontrolne) jedinice.

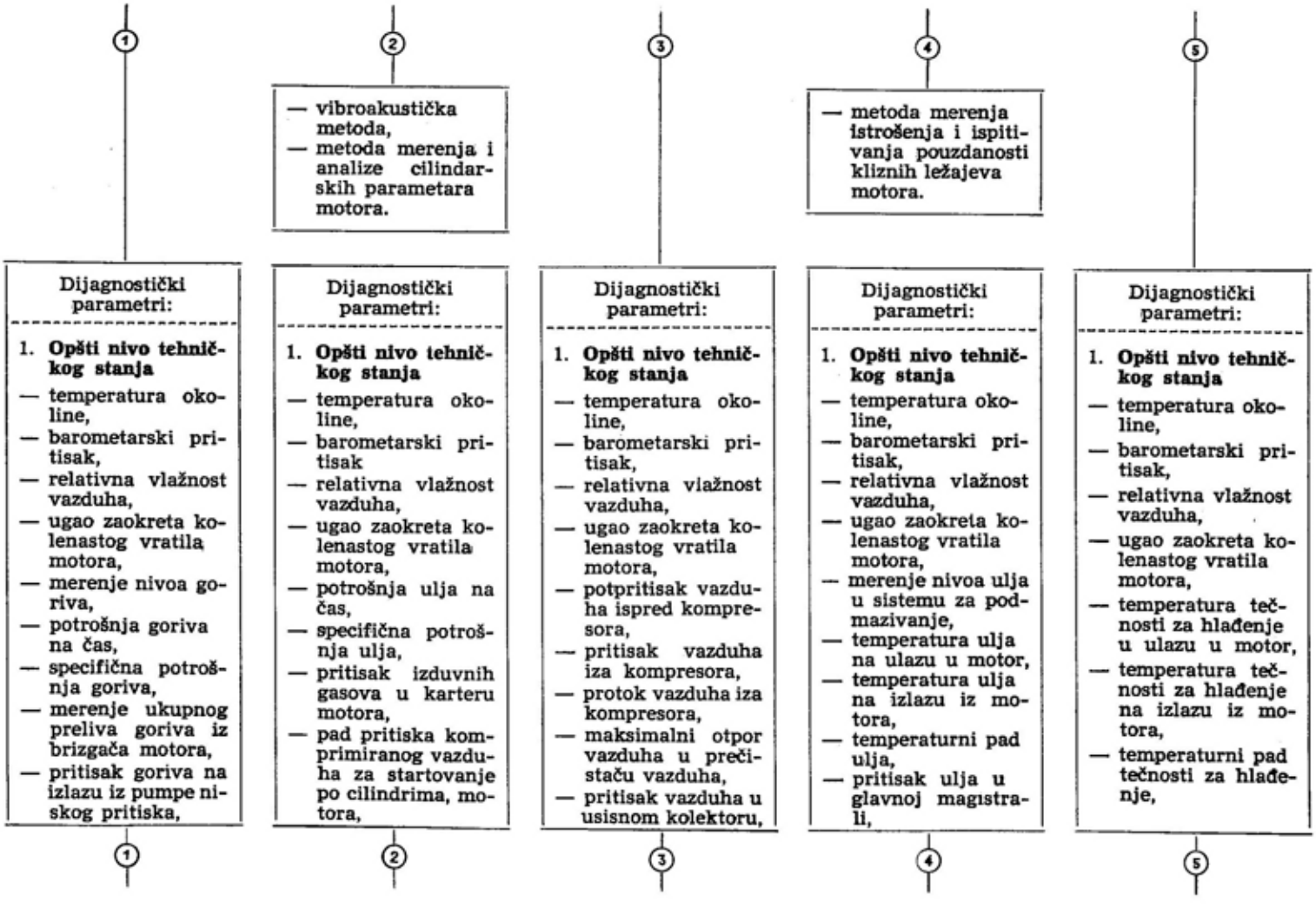
Parcijalni nivo utvrđivanja tehničkog stanja motora objedinjuje sva merenja funkcionalnih parametara motora iz opšteg nivoa i dijagnostičke parametre i metode koji su predviđeni za parcijalni nivo kontrole. U ovom slučaju dijagnostika stanja motora povezuje se sa uzrocima otkaza i neispravnosti.

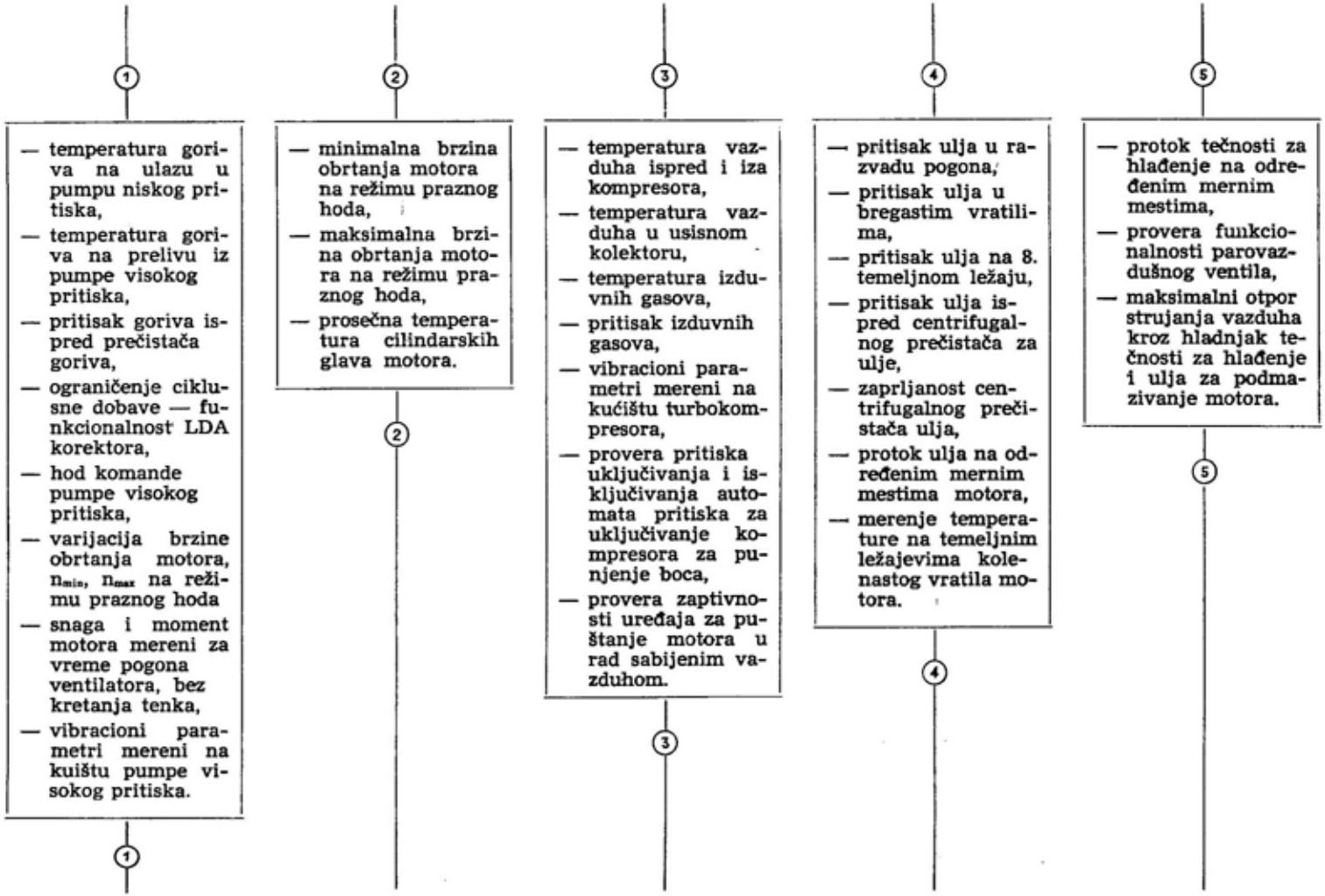
Potpuni nivo utvrđivanja tehničkog stanja motora je, ujedno, i najsloženiji. Obuhvata kontinuirano merenje složenih motorskih parametara, monitoring i nadzor, te povratnu regulaciju sistema.

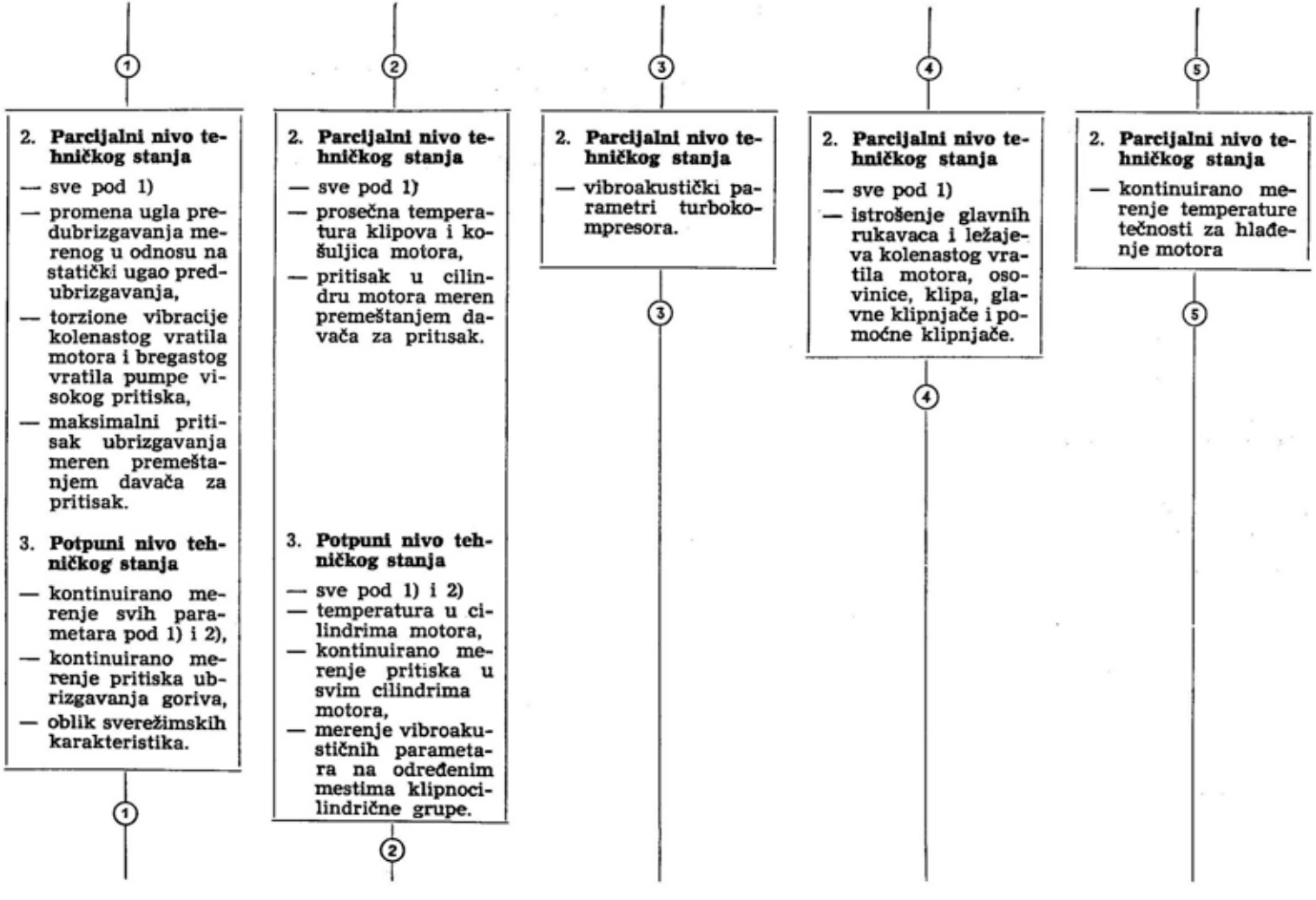
Dijagnostički sistem bi predstavljao ekspertni sistem (veštačka intelegencija) koji treba da omogući generisanje svih odluka sa sistemom zaključivanja i objašnjenja procesa rezonovanja pri akviziciji podataka. U procesima merenja motorskih parametara, pored merenja sporopromenljivih veličina, vršilo bi se i merenje brzopromenljivih veli-

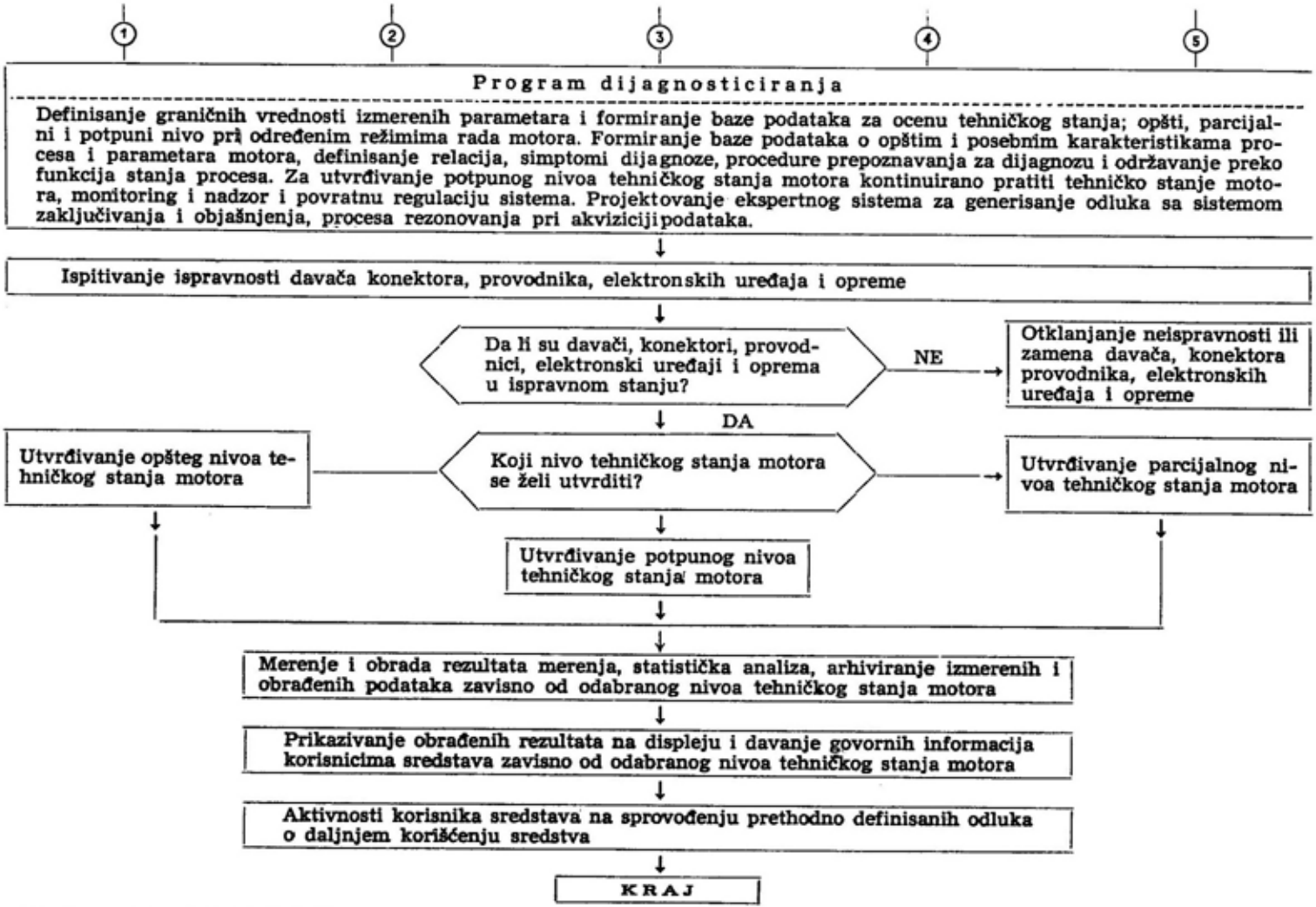
SL. 1. ALGORITAM ZA UTVRĐIVANJE TEHNIČKOG STANJA MOTORA V46—TK1 I NJEGOVIH SISTEMA




1
Dijagnostički parametri:
1. Opšti nivo tehničkog stanja
— temperatura okoline,
— barometarski pritisak,
— relativna vlažnost vazduha,
— ugao zaokreta kolenastog vratila motora,
— merenje nivoa goriva,
— potrošnja goriva na čas,
— specifična potrošnja goriva,
— merenje ukupnog preliva goriva iz brizgača motora,
— pritisak goriva na izlazu iz pumpe niskog pritiska,
1
2
— vibroakustička metoda,
— metoda merenja i analize cilindarskih parametara motora.
Dijagnostički parametri:
1. Opšti nivo tehničkog stanja
— temperatura okoline,
— barometarski pritisak
— relativna vlažnost vazduha,
— ugao zaokreta kolenastog vratila motora,
— potrošnja ulja na čas,
— specifična potrošnja ulja,
— pritisak izduvnih gasova u karteru motora,
— pad pritiska komprimiranog vazduha za startovanje po cilindrima, motora,
2
3
Dijagnostički parametri:
1. Opšti nivo tehničkog stanja
— temperatura okoline,
— barometarski pritisak,
— relativna vlažnost vazduha,
— ugao zaokreta kolenastog vratila motora,
— potpritisak vazduha ispred kompresora,
— pritisak vazduha iza kompresora,
— protok vazduha iza kompresora,
— maksimalni otpor vazduha u prečistaču vazduha,
— pritisak vazduha u usisnom kolektoru,
3
4
— metoda merenja istrošenja i ispitivanja pouzdanosti kliznih ležajeva motora.
Dijagnostički parametri:
1. Opšti nivo tehničkog stanja
— temperatura okoline,
— barometarski pritisak,
— relativna vlažnost vazduha,
— ugao zaokreta kolenastog vratila motora,
— merenje nivoa ulja u sistemu za podmazivanje,
— temperatura ulja na ulazu u motor,
— temperatura ulja na izlazu iz motora,
— temperaturni pad ulja,
— pritisak ulja u glavnoj magistrali,
4
5
Dijagnostički parametri:
1. Opšti nivo tehničkog stanja
— temperatura okoline,
— barometarski pritisak,
— relativna vlažnost vazduha,
— ugao zaokreta kolenastog vratila motora,
— temperatura tečnosti za hlađenje u ulazu u motor,
— temperatura tečnosti za hlađenje na izlazu iz motora,
— temperaturni pad tečnosti za hlađenje,
5


1
— temperatura goriva na ulazu u pumpu niskog pritiska,
— temperatura goriva na prelivu iz pumpe visokog pritiska,
— pritisak goriva ispred prečistača goriva,
— ograničenje ciklusne dobave — funkcionalnost LDA korektora,
— hod komande pumpe visokog pritiska,
— varijacija brzine obrtanja motora, n_{min}, n_{max} na režimu praznog hoda
— snaga i moment motora mereni za vreme pogona ventilatora, bez kretanja tenka,
— vibracioni parametri mereni na kuištu pumpe visokog pritiska.
1
2
— minimalna brzina obrtanja motora na režimu praznog hoda,
— maksimalna brzina obrtanja motora na režimu praznog hoda,
— prosečna temperatura cilindarskih glava motora.
2
3
— temperatura vazduha ispred i iza kompresora,
— temperatura vazduha u usisnom kolektoru,
— temperatura izduvnih gasova,
— pritisak izduvnih gasova,
— vibracioni parametri mereni na kućištu turbokompresora,
— provera pritiska uključivanja i isključivanja automata pritiska za uključivanje kompresora za punjenje boca,
— provera zaptivnosti uređaja za puštanje motora u rad sabijenim vazduhom.
3
4
— pritisak ulja u razvadu pogona,
— pritisak ulja u bregastim vratilima,
— pritisak ulja na 8. temeljnom ležaju,
— pritisak ulja ispred centrifugalnog prečistača za ulje,
— zaprljanost centrifugalnog prečistača ulja,
— protok ulja na određenim mernim mestima motora,
— merenje temperature na temeljnim ležajevima kolenastog vratila motora.
4
5
— protok tečnosti za hlađenje na određenim mernim mestima,
— provera funkcionalnosti parovazdušnog ventila,
— maksimalni otpor strujanja vazduha kroz hladnjak tečnosti za hlađenje i ulja za podmazivanje motora.
5


1
2. Parcijalni nivo tehničkog stanja
— sve pod 1)
— promena ugla predubrizgavanja merenog u odnosu na statički ugao predubrizgavanja,
— torzione vibracije kolenastog vratila motora i bregastog vratila pumpe visokog pritiska,
— maksimalni pritisak ubrizgavanja meren premeštanjem davača za pritisak.
3. Potpuni nivo tehničkog stanja
— kontinuirano merenje svih parametara pod 1) i 2),
— kontinuirano merenje pritiska ubrizgavanja goriva,
— oblik sverežimskih karakteristika.
1
2
2. Parcijalni nivo tehničkog stanja
— sve pod 1)
— prosečna temperatura klipova i košuljica motora,
— pritisak u cilindru motora meren premeštanjem davača za pritisak.
3. Potpuni nivo tehničkog stanja
— sve pod 1) i 2)
— temperatura u cilindrima motora,
— kontinuirano merenje pritiska u svim cilindrima motora,
— merenje vibroakustičnih parametara na određenim mestima klipnocilindrične grupe.
2
3
2. Parcijalni nivo tehničkog stanja
— vibroakustički parametri turbokompresora.
3
4
2. Parcijalni nivo tehničkog stanja
— sve pod 1)
— istrošenje glavnih rukavaca i ležajeva kolenastog vratila motora, osovinice, klipa, glavne klipnjače i pomoćne klipnjače.
4
5
2. Parcijalni nivo tehničkog stanja
— kontinuirano merenje temperature tečnosti za hlađenje motora
5


1
2
3
4
5
Program dijagnosticiranja
Definisanje graničnih vrednosti izmerenih parametara i formiranje baze podataka za ocenu tehničkog stanja; opšti, parcijalni i potpuni nivo pri određenim režimima rada motora. Formiranje baze podataka o opštim i posebnim karakteristikama procesa i parametara motora, definisanje relacija, simptomi dijagnoze, procedure prepoznavanja za dijagnozu i održavanje preko funkcija stanja procesa. Za utvrđivanje potpunog nivoa tehničkog stanja motora kontinuirano pratiti tehničko stanje motora, monitoring i nadzor i povratnu regulaciju sistema. Projektovanje ekspertnog sistema za generisanje odluka sa sistemom zaključivanja i objašnjenja, procesa rezonovanja pri akviziciji podataka.
Ispitivanje ispravnosti davača konektora, provodnika, elektronskih uređaja i opreme
Da li su davači, konektori, provodnici, elektronski uređaji i oprema u ispravnom stanju?
NE
Otklanjanje neispravnosti ili zamena davača, konektora provodnika, elektronskih uređaja i opreme
DA
Koji nivo tehničkog stanja motora se želi utvrditi?
Utvrđivanje opšteg nivoa tehničkog stanja motora
Utvrđivanje parcijalnog nivoa tehničkog stanja motora
Utvrđivanje potpunog nivoa tehničkog stanja motora
Merenje i obrada rezultata merenja, statistička analiza, arhiviranje izmerenih i obrađenih podataka zavisno od odabranog nivoa tehničkog stanja motora
Prikazivanje obrađenih rezultata na displeju i davanje govornih informacija korisnicima sredstava zavisno od odabranog nivoa tehničkog stanja motora
Aktivnosti korisnika sredstava na sprovođenju prethodno definisanih odluka o daljnjem korišćenju sredstva
KRAJ

čina, kao što je tok pritiska u cilindrima, u usisnim i izduvnim cevovodima, hod igle brizgača, trenutne ugaone brzine obrtanja kolenastog vratila motora, parametri vibracija motora, i sl. [6].

Zaključak

Prezentirana je studija o mogućnostima utvrđivanja tehničkog stanja savremenih tenkovskih motora.

Razvijen je algoritam za utvrđivanje tehničkog stanja motora domaće proizvodnje tipa V46-TK1. Definisani su nivoi dijagnostike: opšti, parcijalni i potpuni. Tokom iznalaženja mogućnosti za dijagnostiku obrađeni su dijagnostički parametri i metode koje se mogu koristiti u dijagnostičke svrhe. Pri tome su korišteni rezultati vlastitih istraživanja i stečena iskustva [6].

Dalji razvoj i modernizacija tenkovskih motora učiniće probleme dijagnostike još složenijim jer se usavršavaju pojedini podsistemi motora, pa čak i potpuno menjaju npr. klasični sistem — za ubrizgavanje (pumpa visokog pritiska — cevovod — brizgač). Sadašnji trend razvoja sistema za ubrizgavanje je: pumpa-brizgač i elektronsko ubrizgavanje sa servo-pogonom.

Imajući u vidu stvarne potrebe i ogromne mogućnosti koje pruža dijagnostika, intenzivno se radi na zadacima da se kod nas dijagnostika tenkovskih motora primeni i uslovima eksploatacije.

Literatura:

[1] Tehnička uprava SSNO: Tenk M-84 TU-1/2 Opis, rukovanje, osnovno i tehničko održavanje, Beograd, 1988.

[2] Tehnička uprava SSNO: Tenk M-84 TU-1/2 Radionično održavanje i remont, Beograd, 1988.

[3] Žegarac N.: Dijagnostika kliznih ležajeva u dizel-motoru, Doktorska disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1989.

[4] Ilarionov A. V.: Espslatacionie svojstva automobilja, Mašinostroenie, Moskva, 1986.

[5] Genkin M. D., Sokolova A. G.: Vibroakustičeskaja diagnostika mašin i mehanizov, Mašinostroenie, Moskva, 1987.

[6] Jankov R., Smailagić T., Stajić.: Rezultati istraživanja i razvoja kompjuterizovanog ultrabrzog sistema za ispitivanje motora i drugih dinamičkih objekata, Nauka i motorna vozila, Beograd, 1987.

Dr Milan Šunjevarić,
pukovnik, dipl. inž.

Zdravko Ponoš,
kapetan, dipl. inž.

SATELITSKI TELEKOMUNIKACIONI SISTEMI U VOJNOJ PRIMENI

U članku je dat pregled najznačajnijih satelitskih telekomunikacionih sistema u vojnoj primeni. Izložene su moguće klasifikacije satelita prema karakterističnim parametrima (orbita, radio-emisija, pripadnost, funkcija). S obzirom na broj i značaj satelita koji imaju ili mogu imati vojnu primenu, najviše prostora u članku posvećeno je satelitskim sistemima SAD.

Uvod

Analizirajući izvore koji tretiraju primenu satelitskih, kako komunikacionih, tako i ostalih sistema, u vojne svrhe, dolazi se do zaključka da ne postoji sistem koji nije interesantan kao potencijalno vojni. Vojni telekomunikacioni satelitski sistemi mnogih zemalja koncipirani su kao podsistemi nacionalnih satelitskih sistema, odnosno koriste njihove resurse. Tako, na primer, francuski vojni telekomunikacioni sistem Syracuse koristi resurse na satelitima Telecom. To, praktično, znači da ni jedna klasifikacija satelita ne isslјučuje vojnu primenu. Naravno, od posebnog su značaja sistemi koji su isključivo u vojnoj primeni, i zato im je u radu posvećena posebna pažnja.

Jedno od prvih pitanja sa kojim su se susreli autori ovog članka odnosi se na realnost i opravdanost praćenja i analiziranja satelitskih sistema sa aspekta bezbednosti zemlje.

Raspoloživi podaci nesumnjivo ukazuju na rast kvantiteta i kvaliteta satelitskih komunikacionih sistema u vojnoj primeni. Kičma sistema C3I savremenih armija upravo su satelitske telekomunikacije. Značajniji vojni potencijali u svetu danas teško mogu biti efikasno upotrebljeni bez oslonca na satelitske komunikacione sisteme. To se, svakako, odnosi i na multinacionalne snage koje svojom jačinom i rasporedom mogu predstavljati opasnost za bezbednost SRJ.

Bez poznavanja satelitskih komunikacija nemoguće je rekonstruisati sistem veza potencijalnog agresora i odrediti osetljive tačke u sistemu sa stanovišta EI i PED. Specifičnosti satelitskih telekomunikacija zahtevaju da se za EI i PED definišu realni ciljevi.

Potrebno je imati u vidu činjenicu da će se realnost pojedinih zahteva vremenom menjati. Pri tome je olakšavajuća okolnost da pri uvođenju novih satelitskih sistema postoji prelazna faza zbog potrebe da se eksploatiše veliki broj zemaljskih terminala prilagođenih starim sistemima. Osim toga, najbolju potvrdu da su satelitski komunikacioni sistemi ranjivi, dao je analizirajući rat u Golfu, viceadmiral Jerry Tuttle, šef odeljenja za elektronsko ratovanje u štabu za pomorske operacije (US Naval Operations). Izjavio je da je od posebnog značaja činjenica da im Iračani nisu ometali UHF satelite [1].

Klasifikacija satelita

Klasifikaciju satelita moguće je izvršiti na sledeći način [7, 8]:

Klasifikacija prema parametrima orbite

a) oblik orbite:

— kružna
— eliptična

b) inklinacija:

— ekvatorijalna (inklinacija je 0°)
— polarna (inklinacija je 90°)
— inklinirana (inklinacija između 0° i 90°)

c) period obilaska oko Zemlje

— periodične orbite:
— sinhrone (period obilaska satelita oko Zemlje jednak je periodu rotacije Zemlje)
— subsinhrone (period obilaska satelita je ceo broj puta manji od perioda rotacije Zemlje)
— supersinhrone (period obilaska satelita je ceo broj puta veći od perioda rotacije Zemlje).
— neperiodične orbite

d) visina orbite:

— niske orbite (do 1000 km)
— srednje orbite (1000 do 20.000 km)
— visoke orbite (preko 20.000 km)

Prema CCIR Vol. II »Space Research« postoji i podela na:

— niske
— geostacionarne (35.786 km)
— jako izdužene eliptične orbite.

Klasifikacija po poreklu i pripadnosti sistemu

a) internacionalni (INTELSAT, INMARSAT, INTERSPUTNIK)
b) regionalni (ARABSAT, EUTELSAT)
c) nacionalni.

Klasifikacija po vrsti radio-emisija i postupku višestrukog pristupa

U Prilogu 1. data je načelna arhitektura satelitskog komunikacionog sistema sa po jednom predajnom i prijemnom stanicom.

U satelitskim komunikacijama koristi se standardna klasifikacija i označavanje radio-emisija, kako je definisana Međunarodnim pravilnikom o radio-komunikacijama. Prva tri od pet simbola korišćenih za označavanje emisija imaju sledeće značenje:

— prvi simbol označava vrstu modulacije glavnog nosioca;
— drugi simbol označava prirodu signala koji moduliše glavni nosilac;
— treći simbol označava vrstu informacije koju treba preneti.

U satelitskim komunikacijama koriste se sledeći postupci višestrukog pristupa satelitu [4, 8]:

— FDMA (Frequency Division Multiple Access)
— TDMA (Time Division Multiple Access)
— CDMA (Code Division Multiple Access)
— SCPC (Single Channel Per Carrier)

U Prilogu 2. slikovito je prikazana organizacija kanala kod FDMA, TDMA i CDMA. Frekvencijsko-vremenski resursi kod satelitskih telekomunikacionih sistema mogu biti fiksno raspoređeni prema zemaljskim stanicama — Fiksed Assignment (Prilog 2, sl. a) i b)) ili u skladu sa promenljivim zahtevima zemaljskih stanica — Demmand Assignment (Prilog 2, sl. c) i d)). U drugom slučaju koristi se DAMA višestruki pristup (Demand Assign Multiple Access).

Klasifikacija po funkciji

Međunarodnim pravilnikom o radio-komunikacijama definisani su sledeći satelitski servisi-službe:

a) fiksna satelitska služba

b) mobilna satelitska služba:

— pomorska mobilna

— kopnena mobilna

— vazduhoplovna

c) radio-difuzna satelitska služba

d) radio-determinaciona satelitska služba:

— pomorska radio-navigaciona

— vazduhoplovna radio-navigaciona

e) satelitska služba istraživanja Zemlje:

— meteorološka

— geodezijska

— služba zemaljskih resursa

— služba prikupljanja podataka

f) služba istraživanja kosmosa

g) služba kosmičkih operacija

h) međusatelitska služba

i) satelitska služba tačnog vremena i frekvencije

j) amaterska satelitska služba.

Klasifikacija prema kategoriji korisnika — vojni/civilni

Klasifikacija satelita na vojne i civilne zvanično ne postoji. Rat u Golfu pokazao je da čak i oni sateliti koji su deklarisani kao civilni imaju vojnu primenu. Brigadni general Philip Bracher USAF potvrdio je to, izjavivši: »Angažovali smo sve aktivne satelite koje smo imali u kosmosu«. Također je potvrđeno da je u ratu u Golfu preko 25% satelitskih komunikacija bilo oslonjeno na komercijalne sisteme Inmarsat i Intelsat [1].

I pored svega navedenog, postoje frekvencijski opsezi koji su dodeljeni za vojnu primenu. To su opsezi: 225 — 400 MHz (UHF opseg), 1,525 — 1,670 GHz (1,5 GHz opseg), 3,4 — 4,2 GHz (4/6 GHz opseg), 7,250 — 8,4 GHz (7/8 GHz opseg), 17,7 — 21,2 GHz (20/30 GHz opseg).

Vojni satelitski sistemi SAD

Opšti podaci

Advent predstavlja prvi poznati satelitski vojni projekat. Bio je namenjen za ratno vazduhoplovstvo SAD (US Air Forces), ali je 1962. obustavljen zato što je masa projektovanih satelita prevazilazila mogućnosti rakete-lansera.

SAD su, nakon odustajanja od Adventa, u saradnji sa Velikom Britanijom krenule u Initial Defense Communication Satellite Program (IDSP). Taj program podrazumevao je da se, pomoću rakete Titan IIIC, u geostacionarnu orbitu postavi više malih satelita (50 kg). U toku 1966. lansirano je 9 satelita iz programa IDSP, a 1967. i 1968. još 19 satelita. Na zemlji i brodovima bilo je instalirano 35 terminala. Sistem je radio u opsegu 8/7 GHz. Međutim, sateliti su imali probleme sa stabilizacijom, tako da su se pomerali i po 20° dnevno.

Oslanjajući se na iskustva sa IDSP, SAD su krenule u realizaciju globalnog vojnog satelitskog telekomunikacionog sistema Defence Satellite Communication System (DSCS).

Zanimljivo je da su SAD u toku sedamdesetih godina realizovale još dva eksperimentalna sistema: Lincoln Experimental Satellite (LES) i Tactical Satellite Communications (TACSAT).

Krajem sedamdesetih Ministarstvo odbrane SAD (DoD), preko Agencije za odbrambene telekomunikacije (Defense Communication Agency -DCA), sačinilo je neku vrstu preseka vojnih satelitskih komunikacija SAD koji je organizovan u globalni telekomunikacioni sistem pod

---

Napomena: postupci višestrukog pristupa, vrste modulacije i ostali tehnički aspekti satelitskih telekomunikacija nisu detaljnije analizirani u ovom radu. Navedena problematika zahteva da bude posebno obrađena.

nazivom Military Satellite Communicacations (MILSATCOM). Sistem MILSATCOM podeljen je, prema klasama korisnika, na tri podsistema:

— Defence Satellite Communication System (DSCS)

— Tactical Satellite System (TSS)

— Strategic Satellite System (SSS).

Zanimljiva su iskustva korišćenja satelitskih komunikacionih sistema u ratu u Golfu. Naime, konstatovano je da raspoloživi satelitski sistemi nisu bili u mogućnosti da zadovolje potrebe angažovanih korisnika. Brigadni general Philip Bracher -USAF izjavio je: »Imali smo malo UHF transpondera« [1]. U istom tonu je i izjava brigadnog generala Roscoe Cougilla (USCENTCOM/ /CCJ6) da treba zameniti dotrajale DSCS satelite sa većim brojem novih satelita koji treba da obezbede komandovanje i upravljanje vojnim sistemima širom sveta (worldwide command and control coverage), kao i da postoji potreba za većim korišćenjem komercijalnih satelita.

Istovremeno je konstatovana potencijalna ranjivost postojećih UHF satelitskih sistema i, u skladu sa tim, potreba da se koriste sistemi višeg nivoa zaštite kao što su Milstar i UHF Follow-On. U tom smislu zanimljiva je već spomenuta izjava viceadmirala Jerrya Tuttlea, šefa za kosmičko i elektronsko ratovanje u štabu US mornarice da je od izuzetnog značaja činjenica da Iračani nisu ometali UHF satelite.

Rat u Golfu afirmisao je i korišćenje laganih, malih, relativno jeftinih satelita u negeostacionarnim, uglavnom niskim orbitama. U literaturi se pominju i pod nazivom »mikrosateliti«. Njihov razvoj, s obzirom na to da zahteva manja ulaganja, predstavlja izazov za male zemlje, čak i univerzitete.

Tako je, na primer, razvijeno više mikrosatelita na Univerzitetu u Surreyu, V. Britanija, od kojih je prvi UoSAT-1 lansiran 6. oktobra 1981. raketom NASA DELTA iz vazduhoplovne baze u Kaliforniji. Postavljen je u polaznu orbitu na visini 550 km. UoSAT-2 je lansiran u martu 1984. u polaznu orbitu na visini 700 km [10].

Navedeni sateliti se brzo lansiraju i stavljaju u operativnu upotrebu, a posebno je značajna elastičnost s obzirom na promenu komunikacionih zahteva. Poznato je da su, za vreme rata u Golfu, bili lansirani sateliti *Microsat*, teški svega 22,5 kg i *MACSAT (Multiple Access Communication Satellite)* mase 67,5 kg. Već u maju 1990. lansirana su prva dva MACSAT satelita koji su bili korišćeni za potrebe tajnih i izviđačkih akcija US marinaca. U kontekstu diskretnog ruskog angažovanja u ratu u Golfu spominje se i ruski vojni satelitski komunikacioni sistem sa »lakim« satelitima *»Gonetz«* [1].

Korišćenje izviđačkih satelita omogućeno je zahvaljujući korišćenju usluga satelitskih komunikacionih sistema, koji su obezbedili da se maksimalno skrati vreme potrebno da se informacija od izviđačkog satelita prosledi preko centra za obradu do korisnika.

U ratu u Golfu, za prenos slika od izviđačkih satelita (sateliti iz serije KH i AFP) do centra Fort Belvoira (Virdžinija) korišćen je Satellite Data System (SDS) [9]. Nacionalni centar za interpretaciju fotografija (National Photographic Interpretation Centar) potčinjen Upravi za nauku i tehnologiju — DS&T/CIA (Langley — Virdžinija) vršio je obradu satelitskih snimaka, a rezultati obrade dostavljani su posredstvom DSCS sistema komandnom centru u Rijadu.

Isti satelitski komunikacioni sistemi korišćeni su za prenos podataka dobijenih od satelita za elektronsko izviđanje (Magnum, Vortex, White Cloud) i satelita za radarsko osmatranje (Lacrosse). Obradu podataka dobijenih od satelita za elektronsko izviđanje vršile su stanice Agencije za nacionalnu bezbednost (NSA) u Fort Meaeu (Maryland).

Najnoviji satelitski sistem Constant Source treba da svede na minimum vreme potrebno za prenos slike od osmatračkih satelita i izviđačkih aviona TR-1A do korisnika.

Defence Satellite Communications System (DSCS)

Defence Satellite Communications System (DSCS) ključni je podsistem odbrambenog (vojnog) komunikacionog sistema SAD (Defence Communications System). DSCS je globalni telekomunikacioni satelitski sistem SAD koji obezbeđuje komunikacijski servis za potrebe:

— Bele kuće (White House Communications Agency — WHCA);

— Ministarstvo odbrane SAD i komandi odgovarajućeg nivoa uključujući brodove ratne mornarice (Navy) i mobilne kopnene snage (Ground Mobile Forces);

— Ministarstva spoljnih poslova SAD (Diplomatic Telecommunications System — DTS);

— svetskog vojnog komandnog i upravljačkog sistema (Worldwide Military Command and Control System — WWMCCS);

— Agencije za nacionalnu bezbednost (National Security Agency);

— Automatske digitalne komunikacione mreže (Automatic Digital Network AUTODIN);

— Automatske mreže za prenos govora (Automatic Voice Network — AUTOVON);

— Korisnika sistema za brzi prenos podataka (High Data-Rate Users — HDRU);

— NATO i Velike rBitanije.

DSCS I faza bila je operativna u julu 1967, a zaokružena je lansiranjem 26 satelita u periodu 1966—1968.

Od 1971. lansirano je 14 satelita iz *DSCS II faze*, ali su 4 satelita pala prilikom ulaska u orbitu. Sateliti iz II faze pozicionirani su u geostacionarnu orbitu sa mogućnošću prepozicioniranja na drugu ekvatorijalnu poziciju jednom u toku životnog veka, ako je brzina pomeranja maksimalno 15 stepeni dnevno, ili više puta ako je prihvatljiva manja brzina pomeranja (zavisno od raspoložive energije). Sateliti su opremljeni kao multikanalni repetitori i poseduju prijemnu i predajnu antenu za globalno pokrivanje, kao i primopredajne antene za uskopojasno i regionalno pokrivanje.

Prvi satelit iz *DSCS* III *faze* lansiran je u oktobru 1982. Kosmički segment DSCS III faze sadrži 6 satelita pozicioniranih u geosinhronoj ekvatorijalnoj orbiti: 4 radna (pozicionirani iznad Atlantika, istočnog i zapadnog Pacifika i Indijskog okeana) i 2 rezervna. Pozicije radnih satelita su 12°W, 135°W, 175° E i 60° E, dok pozicije rezervnih nisu poznate.

Prema raspoloživim informacijama sateliti iz ove faze su još uvek operativni. Planirano je bilo da se zemaljski segment sastoji od preko 200 stanica za sve rodove vojske. Fiksne stanice se rade sa antenama prečnika 18 m, prevozne sa antenama 10 m, a brodske sa antenama prečnika 1,2 m.

U odnosu na prethodne faze, sateliti iz treće faze imaju veći broj kanala, upravljiv antenski snop, solid-state pojačavač, zaštitu od efekata nuklearnog zračenja. Komandni, kontrolni i komunikacijski linkovi su zaštićeni od ometanja, a višesnopne (multibeam) antene i oprema za lociranje ometača omogućuju podešavanje antenskog snopa tako da poništava efekat ometanja.

Satelit poseduje: dve prijemne i dve predajne antene za globalno pokrivanje, jednu predajnu antenu za tačkasto (spot) pokrivanje, jednu prijemnu višesponu antenu (sa 61-im snopom) i dve predajne višesnopne antene (sa po 19 snopova).

Šestokanalni transponderi rade u SHF opsegu (up-link u opsegu 7.900—8.400 MHz i down-link u opsegu 7.250—7.750 MHz) sa up-down translacijom 725 MHz (za kanale 1-5) i 200 MHz (za kanal 6).

U UHF (SCT) opsegu sateliti imaju up-link u opsegu 300—400 MHz, a down-link u opsegu 225—260 MHz. Jednokanalni UHF transponder na DSCS III satelitima koristi se u sistemu AFSATCOM.

Sistem DSCSIII i višestrukim pristupom na bazi tehnike proširenog spektra.

Prema podacima iz literature planirane su i faze DSCSIII-U i DSCSIV. Faza DSCSIII-U karakteriše se napuštanjem FDMA i korišćenjem postupka višestrukog pristupa na bazi vremenske raspodele TDMA. Planirano je i dinamičko upravljanje višesnopnim antenama i/ili faziranim antenskim nizom. Predviđa se i upotreba izrazito usmerenih antena za opseg 30/20 GHz.

U fazi DSCSIV predviđa se, za potrebe fleksibilnije komutacije, obrada signala na satelitu koja podrazumeva spuštanje signala u osnovni opseg. Sistem treba da koristi višestruki pristup TDMA i da omogućava veliki kapacitet digitalnog prenosa informacija.

Tactical Satellite System (TSS)

Taktički satelitski sistem (TSS) namenjen je za obezbeđenje satelitskih komunikacija za potrebe:

— mobilnih kopnenih snaga (Ground Mobile Forces — GMF);

— taktičkih mornaričkih snaga (Tactical Naval Forces — TNF) i

— taktičkih vazduhoplovnih snaga (Tactical Air Forces — TAF).

Pred TSS su postavljeni zahtevi da svojim korisnicima obezbedi veze otporne na elektronsko izviđanje i ometanje.

U okviru TSS poznati su sistemi FLTSATCOM i LEASATCOM, a prema raspoloživim podacima, i sistem UFO pripada TSS-u.

Pri planiranju razvoja novih generacija TSS računa se na definitivno napuštanje UHF opsega i prelazak u EHF opseg. Planira se da uzlazne veze budu u opsegu 45 GHz, a silazne u opsegu 20 GHz.

Fleet Satellite Communications System (FLTSATCOM)

FLTSATCOM program započela je američka mornarica 1971. Sistem je trebalo da obezbedi višekanalnu UHF komunikaciju prvenstveno za potrebe mornarice, ali i za avijaciju i nuklearne snage. Po osnovnoj zamisli sistem je trebalo da poseduje 4 satelita u geostacionarnoj orbiti za globalno pokrivanje. Zbog kašnjenja prvog lansiranja od 1975. do 1978, Mornarica SAD je koristila usluge Marisata. Sateliti iz sistema FLTSATCOM postavljeni su na geostacionarnu orbitu na pozicije 23°W, 100°W, 75°E i 172°E. Ostvareno je globalno pokrivanje (70° N-70° S). Lansiran je bio i peti-rezervni satelit, ali neuspešno. Međutim, u nekim izvorima spominju se još dva satelita iz sistema FLTSATCOM pozicionirana nad istočnim Pacifikom na pozicijama 105°W i 100°W. Sateliti su teški po 912 kg, u orbiti, i imaju izračenu snagu 5 kW.

Prema dostupnim podacima svaki FLTSATCOM satelit ima po 23 kanala:

— devet kanala širine 25 KHz za vezu među terminalima za prenos podataka koje generiše vokoder ili odgovarajući terminal, sa kapacitetom 2400 Bit/s;

— dvanaest kanala širine 5 KHz za prenos podataka sa brzinom signalizacije 75 boda sa FSK modulacijom;

— jedan kanal širine 500 KHz koji omogućava ostvarenje 14 nezavisnih veza sa protokom 75 Bit/s i

— jedan kanal širine 25 KHz za globalno radio-difuzijsko pokrivanje za prenos signala poziva terminalima na Zemlji radi sa TDM sa protokom 1200 Bit/s sa 15 vremenskih prozora.

U nekim izvorima pominje se podatas o 42 kanala.

Veza u smeru zemaljski centar — satelit ostvarena je u SHF opsegu (3—30 GHz), a veza satelit — zemaljska stanica održava se u UHF opsegu (240—400 MHz).

Od još tri planirana, uspešno su lansirana dva satelita (decembar 1986. i septembar 1989) opremljena za rad u E opsegu sa brzim hopingom.

Leased Satellite (LEASAT)

LEASAT sistem koncipiran je da sa 4 satelita obezbedi komunikaciju širom Zemlje za potrebe Ministarstva odbrane SAD i da preuzme korisnike FLTSATCOM sistema. LEASAT-1 lansiran je 30. 08. 1984, a LEASAT-2 08. 11. iste godine. LEASAT-3, koji je lansiran 12. 04. 1985. nije uspešno postavljen u planiranu nisku orbitu, pa je kvar otklonjen 27. 08. 1985. uz pomoć Space Shuttlea prilikom lansiranja LEASAT-4. Kako je 06. 09. 1985. izgubljen UHF signal sa LEASAT-4, lansiran je LEASAT-5 u januaru 1990.

Sateliti su pozicionirani iznad SAD, Atlantika, Pacifika i Indijskog okeana. Zemaljski segment sastoji se od: glavnog operativno-kontrolnog centra (El Segundo, Kalifornija), satelitskih kontrolnih centara (Guam, Havaji, Stockton — Kalifornija i Norflok — Virdžinija).

U UHF opsegu (240—400 MHz) sateliti imaju po 12 transpondera i koriste helikoidalne antene, a poseduju i difuzne antene. SHF opseg (7.250—7.500 MHz i 7.975—8.025 MHz) koristi se za telemetriju, komandovanje i radio-difuziju za Mornaricu SAD. Kod radio-difuzije up-link je u UHF opsegu, a emitovanje sa satelita se vrši u UHF i SHF opsegu.

UHF Follow-on (UFO)

Prema planu UHF Follow-on (UFO), Communications Satellite Programme trebalo je da zameni FLSATCOM i LEASAT satelite i da od 1992. postane primarni satelitski komunikacioni sistem za potrebe Mornarice SAD. Sistem je predviđen za rad u SHF opsegu, tako da, u prelaznoj fazi, koristi postojeće zemaljske stacionarne i mobilne stanice iz FLSATCOM i LEASAT sistema.

Sateliti imaju po 39 kanala sa višestrukim pristupom po DAMA sistemu. Prema dostupnim podacima, sa lansiranjem četvrtog satelita prelazi se u EHF opseg sa primenom tehnika za zaštitu od ometanja. Zanimljivo je da se, i pored primene tehnika za zaštitu od ometanja, primarni značaj daje kapacitetu sistema.

Planirano je da se po dva satelita postave nad okeanom i nad SAD, a jedan treba da bude rezervni u orbiti i još jedan na Zemlji.

Strategic Satellite System (SSS)

Strategijski satelitski sistem (SSS) obezbeđuje veze komandovanja sa strategijskim snagama, uključujući nuklearne snage i veze za potrebe nadgledanja u kritičnim situacijama.

Komunikacijski servis se obezbeđuje za potrebe:

— Vrhovne komande (National Command Authorities -NCA);

— Nuklearnih snaga (Nuclear Capable Forces);

— Obaveštajnih organa komandi združenih sastava i specifičnih komandi (Critical Inteligence Communication of Unified and Specified Command).

Pred sistem je postavljen zahtev da ima zaštitu od ometanja i veliku verovatnoću preživljavanja nuklearne eksplozije.

U okviru SSS-a nalazi se sistem AFSATCOM i novi sistem MILSTAR.

U planvima razvoja SSS predviđeno je da uzlazne veze budu u opsegu 45 GHz, a silazne u opsegu 20 GHz i/ili 40 GHz. U svakom slučaju, razvoj sistema SSS biće koordinisan sa razvojem sistema TSS zbog potrebe međusobnog uvezivanja. Osim toga, prelazak na nova rešenja (viši frekvencijski opseg, druge vrste višestrukog pristupa, i sl.) uvodiće se postepeno sa prelaznim periodom u kojem će se koristiti postojeća tehnička rešenja i oprema koja je u naoružanju.

Air Force Satellite (AFSATCOM)

AFSATCOM je satelitski komunikacioni sistem koji koristi višekanalne UHF transpondere na FLTSATCOM i SDS satelitima, a jednokanalne transpondere ima instalirane i na DSCS satelitu. Radi u UHF opsegu. Obezbeđuje veze komandovanja strategijskim nuklearnim snagama SAD. Verovatno će se korisnici AFSATCOM-a preseliti na MILSTAR.

Milstar Satellite Communication System (MILSTAR)

Ratno vazduhoplovstvo SAD pokrenulo je krajem 1981. razvoj novog satelitskog komunikacionog sistema -Milstar Satellite Communication System. Milstar je značio početak nove ere satelitskih komunikacija karakterisanih prelaskom u EHF opseg, fleksibilnošću i otpornošću na ometanje. Rad u EHF opsegu omogućava prednosti rada sa uskim antenskim snopom, čak uz upotrebu malih — praktičnih antena. Zahvaljujući primeni prenosa u proširenom spektru, procesiranju signala na satelitu i upravljanju nulom antenskog snopa u smeru ametajućeg signala, kod ovog sistema je minimizirana mogućnost ometanja. Sistem Milstar omogućava komunikaciju satelit — satelit. Na taj način rešen je problem komuniciranja između predajne i prijemne zemaljske stanice koje ne »vide« isti satelit, a bez retranslacije preko zemaljskih stanica.

Planirano je da se lansira 8 satelita, uključujući jedan rezervni. Četiri radna satelita treba da budu postavljena u geosinhronu orbitu, a tri u eliptičnu polarnu orbitu. Prvo lansiranje je trebalo da bude obavljeno 1992. Prema nekim informacijama bilo je planirano da se lansira 10 satelita, ali je posle polemike u Senatu program smanjen na 6 ili 4 satelita.

Predviđeno je da korisnici Milstara, kao strategijskog i taktičkog satelitskog komunikacijskog sistema, budu ne samo RV SAD, nego i RM SAD i KoV SAD, zbog čega je posebno financiran razvoj zemaljskih uređaja prema vlastitim potrebama. RV SAD investiralo je u razvoj terminala za ugradnju na B-52, B-1B, E-3A, AWACS i E-4.

Tracking and Data Relay Satellite (TDRS)

Tracking and Data Relay Satellite (TDRS) sistem razvijen je za NASA-u, a projektovan je za potrebe komuniciranja između satelita, Zemlje i svemirskih brodova. Lansiranjem trećeg satelita u martu 1989. zaokružen je sistem TDRS — dva radna i jedan rezervni satelit. Sateliti su teški po 2259 kg sa snagom 1,7 KW. Pozicije satelita su: TDRS CENTRAL na 79°W, TDRS EAST na 41°W i TDRS WEST na 171°W. Sistem se kontroliše iz Goddard Space Flight centra u Grenbeltu, Marylend, a druga emaljska stanica jej u White Sandosu, New Mexico [6].

TDRS sateliti rade sa višestrukim i jednostrukim pristupom u S i Ku opse-

gu, sa brzinama prenosa podataka od 100 bit/s do 300 Mbit/s.

U Ku opsegu predajna frekvencija je 15,0034 GHz, a prijemna 13,775 GHz. U S opsegu predajna frekvencija je 2,287 GHz, a prijemna je 2,106 GHz. Za potrebe praćenja položaja (tracking servisa) satelita u niskim orbitama i svemirskih brodova emituje se signal u X opsegu na frekvenciji 8,212 GHz.

TDRS se koristi i za potrebe LANDSAT-a kao posredni komunikacioni sistem (LANDSAT ima i mogućnost direktne komunikacije sa zemaljskom stanicom u X opsegu).

Navstar GPS system

NAVSTAR je globalni navigacioni sistem koji se sastoji od 18 radnih i 3 rezervna satelita na visini 20.187 km. Pozicionirani su tako da se sa svake tačke na Zemlji vide 3—7 satelita i obezbeđuju određivanje vlastite pozicije u tri dimenzije. Sistem NAVSTAR emituje na dva kanala — 1575,42 MHz (L1) i 1227,6 MHz (L2). Kanal L1 obezbeđuje korisnicima tačnost određivanja pozicije u okviru 150 m. Drugi navigacioni signal emituje se na L1 i L2 kanalu i obezbeđuje korisnicima tačnost određivanja pozicije 15 m. Sistem poseduje mehanizam »selektivne raspoloživosti« (Selective Availability — SA) koji omogućava neovlašćenim korisnicima određivanje pozicije sa potpunom preciznošću. Deklarisana preciznost ostvarena je primenom frekvencijskog diverziteta i potrebnom širinom kanala na koji način je rešen problem kašnjenja i doplerovog pomaka.

NAVSTAR je odigrao jednu od ključnih uloga u ratu u Golfu. Međutim, kako nije bilo mogućnosti da se angažovane snage opreme potrebnim brojem prijemnika sa SA opcijom, to je SA mehanizam isključen. Jedinice su opremljene sa SLGR prijemnicima (Small Lightweight GPS Receiver — »slugger«) koji su pružali tačnost određivanja pozicije od 25 m. Rat u Golfu dao je zamah razvoju ručnog (hand-held) uređaja koji je nazvan Precision Lightweight GPS Receiver — »plugger«, i uređaja za avijaciju Miniaturised Airborne GPS Receiver (MAGR) — »magger«. Istovremeno sa razvojem novih uređaja sa SA opcijom, razvijaju se i razne tehnike korekcije greške koje omogućavaju zadovoljavajuću preciznost uređaja bez SA opcije.

Ostali vojni satelitski sistemi

Satelitski sistemi Zajednice nezavisnih država

Poznato je da satelitski sistemi Zajednice nezavisnih država, u daljem tekstu satelitske sisteme Rusije, nije moguće podeliti prema korisnicima na civilne i vojne.

Smatra se da polovina od 150 ruskih satelita, koji su bili u operativnoj upotrebi sredinom 1988, spada u komunikacione satelite. Osnovu ruskog satelitskog komunikacionog programa čine sateliti iz sistema *MOLNIJA*. Kako se povećava broj satelita iz sistema MOLNIJA, a kako nema podataka da raste njihova upotreba za civilne komunikacije i difuziju, može se tvrditi da se koriste za državne i vojne komunikacije. Program MOLNIJA započeo je 1965 a iz serije MOLNIJA-1 krajem 1975 bilo je zadejstvovano 33 satelita. Iz serije MOLNIJA-2, od 1971. stavljeno je u operativni rad 15 satelita. Serija MOLNIJA-3 od 1974. ima 4 satelita.

Ruski svemirski brodovi, koji se koriste za lansiranje satelita, imaju veću nosivost nego brodovi zapadnih zemalja. Osim toga, 1987. poleteo je brod *Energia*, nosivosti 270 tona.

MOLNIJA sateliti postavljaju se u orbitu u toku 12 sati, sa perigejom 500 km nad južnom hemisferom, i apogejom 4.000 km nad severnom hemisferom. Do 1976. sistem MOLNIJA sadržavao je tri satelita pomaknuta po 120,

a od 1976. postavljaju se četiri satelita pomaknuta po 90° (sateliti MOLNIJA-1 ubačeni su između satelita MOLNIJA 2 i 3).

Sateliti MOLNIJA prave dve orbite dnevno — jednu nad Zajednicom nezavisnih država, a drugu nad Severnom Amerikom. Orbitalni parametri optimizirani su za maksimalni komunikacijski period nad prostorom od Moskve do Vladivostoka.

Sateliti iz serije MOLNIJA-1 nose jedan aktivni transponder 40 W i dva rezervna transpondera. Rade u frekventnom opsegu 1,0/0,8 GHz. Antene na satelitu su parabole sa prečnikom 1 m. Satelit je težak 1600 kg, dugačak 3,4 m, prečnika 1,6 m. Ima 6 solarnih panela koji obezbeđuju 500—700 W. Sateliti iz serije MOLNIJA-2 u odnosu na MOLNIJU-1 imaju drugačiju konfiguraciju solarnih baterija koje obezbeđuju snagu od 1 kW. Parabolična antena zamenjena je horn-antenom, a transponder radi u opsegu 6/4 GHz. Sateliti iz serije MOLNIJA-3 nose tri transpondera po 40 W, koji rade u opsegu 6/4 GHz. Od 1976. imaju antenski sistem koji se sastoji od 4 helikoidalne antene.

Rusi poseduju i jeftine satelite u niskim orbitama koji se koriste za »posebne« aktivnosti. Krajem šezdesetih aktivirali su dva takva sistema i smatra se da su još operativni. Prvi od ovih sistema imao je tri satelita mase po 900 kg i imali su kružnu orbitu na visini 800 km. Projektovane orbite omogućavaju da predajnik sa Zemlje, bilo gde u svetu, ima nekoliko prilika tokom 24 sata da preda informaciju satelitu koji će je kasnije proslediti na odredište. U toku izvođenja borbenih dejstava ovi sateliti se koriste za skoro real-time komunikaciju među elementima borbenog poretka.

Za satelite iz drugog od navedenih sistema poznato je da imaju kružnu orbitu na visini od 1.500 km i teški su 40 kg.

Rusi rade na satelitskom komunikacionom sistemu sa satelitima koji imaju sinhronu orbitu. Prvi ruski satelit sa sinhronom orbitom bio je Cosmos 637, lansiran 1974, a godinu dana kasnije u ekvatorijalnu sinhronu orbitu lansiran je satelit Molnija 1S. Smatra se da su dva navedena satelita eksperimentalni, a da je lansiranjem satelita *Raduga*, krajem 1975. započela era ruskih sinhronih komunikacionih satelita.

Za razliku od satelita iz serije MOLNIJA-1, koji rade u UHF opsegu, sateliti iz serije MOLNIJA-3, Raduga i kasnije lansirani sateliti iz klase GORIZONT rade u SHF opsegu.

Prvi iz klase geostacionarnih višenamenskih komunikacionih satelita *VOLNA* lansirana je 1980. Ovi sateliti rade u frekvencijskom opsegu dodeljenom za pomorsku satelitsku službu. Locirani su iznad Atlantskog, Tihog i Indijskog okeana.

U februaru 1989. Rusi su lansirali šest vojnih taktičkih komunikacionih satelita, pod nazivom COSMOS 1994 do 1999.

Kao što je već navedeno, potpuno je operativan i sistsem *Gonetz*, koji poseduje »lake« satelite.

U člancima o ratu u Golfu pominje se da su Rusi koristili osmatračke satelite iz serije »Kosmos« i »Resurs« (angažovali su 14 satelita iz serije Kosmos — generacije 3, 4 i 5, sa vekom od 14 do 200 dana) [8].

Velika Britanija — SKYNET

Britanci su od prvog uspešnog lansiranja Skyneta-1 u novembru 1969. imali više neuspeha u programu Skynet.

Skynet-2, zamišljen kao standby satelit, pao je prilikom lansiranja u avgustu 1970. Skynet-2A, koji je trebalo da zameni ostareli Skynet-1, pao je prilikom ulaska u orbitu krajem 1973.

Skynet-2B uspešno je lansiran krajem 1974. i ako nije bio potpuno operativan, funkcionisao je krajem 1988. Radi u opsegu 7/8 GHz sa dva kanala (20 MHz i 2 MHz).

Kako NATO i DSCS sateliti nisu mogli zadovoljiti potrebe britanskih OS, posebno kraljevske mornarice, početkom osamdesetih britansko ministarstvo odbrane donelo je odluku da se lansiraju dva nova satelita (Skynet-4A u decembru 1988 — kasnio zbog pada Shuttlea 1986. i Skynet-4B u februaru 1989).

Skynet-4 ima 4 redundantna kanala u SHF opsegu (7/8 GHz) koji pokrivaju Evropu i severni Atlantik. U UHF opsegu (250/300 MHz) Skynet-4 ima jedan redundantan transponder, a eksperimentalno radi u EHE opsegu (44 GHz). Sistem je otporan na elektronsko ometanje.

Zemaljski segment sistema Skynet sastoji se od fiksnih, prevoznih-brodskih i mobilnih stanica.

Skynet sistem je korišćen u operaciji Pustinjska oluja.

Francuska — SYRACUSE

SYRACUSE je francuski satelitski komunikacioni sistem koji se naslanja na satelite Telecom. Razvoj je započet 1983. godine i do lansiranja prvog satelita Telecom 1, krajem 1984, zemaljska mreža bila je kompletirana. Postavljene su 4 fiksne zemaljske stanice u Francuskoj, opremljeno je 20 brodova francuske RM i uveden je u naoružanje veliki broj mobilnih stanica. Višestruki pristup satelitu ostvaren je sistemom CDMA, a podaci su kriptozaštićeni. Transponderi rade u opsegu 8/7 GHz. Oblast pokrivanja prijemnih i predajnih antena je identičan i obuhvata prostor od srednjeg istoka do istočnih obala severne i južne Amerike [3].

Drugi Telecom satelit lansiran je 1988, a iste godine odlučeno je da se lansiraju 3 satelita za sistem Syracuse 2.

NATO

NATO satelite razvili su Lora Western Development Lebs. i British Space and Communications Division. NATO sateliti — I saze postali su operativni šezdesetih godina kroz američki satelitski program »US Defense Communications Satellite Program — IDSP«. Navedeni program obuhvatao je dve zemaljske stanice MASCOT i 27 satelita.

NATO — II faza obuhvatila je 12 zemaljskih stanica i dva satelita srednjeg kapaciteta, slična britanskom satelitu Skynet-1.

NATO — III faza sa follow-on satelitima projektovana je kao kosmički segment komunikacionog sistema NATO »NATO Integrated Communications Systema — NICS«. Za potrebe NICS definisan je frekvencijski plan na transponderima — tri kanala širine 17 MHz, 85 MHz i 550 MHz u X-opsegu. Prva dva opsega namenjena su za pokrivanje Evrope, a treći za vezu među obalama Atlantika. U skladu sa takvom podelom koncipirani su i antenski snopovi. Projektovani životni vek satelita iznosi 7 godina sa 29% verovatnoće da prežive definisani period [1, 2].

Iz NATO-III faze lansirani su sateliti NATO-IIIA u aprilu 1976, NATO-IIIB u proleće 1977, NATO-IIIC u novembru 1978. i NATO-IIID u maju 1981.

NATO-IV faza kasnila je tako da je NATO-IVA satelit lansiran u januaru 1991, a i lansiranje NATO-IVB predviđeno je bilo za početak devedesetih godina.

Komercijalni satelitski sistemi u vojnoj primeni

MARISAT

Pomorski satelitski sistemi MARISAT razvila je i stavila u funkciju 1976. General Comsat Corp., sa namerom da obezbedi telekomunikacioni servis za

trgovačke brodove i obalsku industriju. Međutim, korisnici sistema postali su i američka ratna mornarica (oko 600 plovnih objekata RM SAD opremljeno je za rad u sistemu MARISAT) i britanska ratna mornarica (od 1981). Sistem poseduje tri satelita. Dva su u sinhronim orbitama na visini 36.000 km i locirani su iznad Pacifika i Indijskog okeana. Treći je lociran iznad američkog kontinenta. Svaki od satelita iz sistema MARISAT radi u tri frekvencijska opsega :UHF za američku i britansku mornaricu, L i C opsezi za komercijalne pomorske i mobilne zemaljske korisnike.

Comsatov centar u Clarksburgu, Maryland je glavni komandni i kontrolni centar za sistem MARISAT. Obalske stanice, locirane u Southburyu, Connecticutu, Santa Paulau i Yamaguchiu, omogućavaju korisnicima sistema MARISAT uključivanje u svetske telekomunikacione mreže (telefonske ,telex, data. . .).

INMARSAT

Međunarodna korporacija *INMARSAT* formirana je 1979. sa kapitalom Comsata (SAD), SSSR-a, Velike rBitanije i Japana. INMARSAT, kao globalni pomorski satelitski sistem iznajmljuje svoje kapacitete i raznim drugim korisnicima, uključujući industrju,špedciju, i sl. Komercijalni status sistema i relativno jeftina oprema malog gabarita za zemaljsku stanicu, uslovili su da sistem ima mnogo raznovrsnih korisnika, što potvrđuje mogućnost da su posredni korisnici i armije nekih zemalja. Već je spomenuto da je sistem našao primenu i u ratu u Golfu.

Deo kapaciteta INMARSAT-a koristi se za mobilnu satelitsku telefoniju.

INMARSAT koristi iznajmljene kapacitete na satelitima Intelsat V, Marecs, Marisat, firme Comsat General i Evropske kosmičke agencije. U atlantskom regionu aktivna su dva satelita — istočni i zapadni (nasledili satelit Marecs na 334°E), u indijskom regionu Intelsat V na 63°E, a u pacifiku Intelsat V na 177,5°E (nasledio Marisat na 176,5°E).

Brodske stanice ostvaruju prenos telegrafije u TDM/TDMA 2ΦPSK načinu rada, a telefoniju sa FM/FDMA načinom rada. Obalske stanice upravljaju radom brodskih stanica, odnosno dodeljuju slobodne radio-kanale unutar raspoloživih 339 parova frekvencija sa rasterom 25 kHz. Po svakom kanalu moguće je obavljati dvosmernu telefonsku i telegrafsku komunikaciju, prenos faksimila i podataka sa protokom 56 kBit/s.

Frekvencijski plan sistema INMARSAT kada koristi INTELSAT V je sledeći:

— satelit ka brodu — — — — 1535 — 1542,5 MHz;

— brod ka satelitu — — — — 1636,5 — 1644,5 MHz;

— satelit ka kopnu — — — — 4192,5 — 4200,5 MHz;

— kopno ka satelitu — — — 6417,5 — 6425,0 MHz.

U eksploataciju su uvedeni minijaturni prenosni terminali raznih proizvođača za komunikaciju u sistemu INMARSAT. Terminali su dimenzija LAP-TOP računara, a antene su sličnih dimenzija ili manje.

INTELSAT

Intelsat je globalni satelitski komunikacioni sistem. Preko 150 zemalja koristi sistem Intelsat. O njemu postoji obilje podataka, s obzirom na civilni karakter sistema. U ovom članku posve-

ćuje mu se izvesna pažnja s obzirom na značaj sistema i na činjenicu da su, prema nekim informacijama, kapaciteti sistema korišćeni u zalivskom ratu.

Lansiranjem Intelsata I (Rada Ptica) 1965. otvorena je era komercijalnih geostacionarnih satelita. U međuvremenu sistem je prošao razvojni put do V, V-A i VI generacije. Sistem predstavlja okosnicu međunarodnog TT i TV saobraćaja. Za potrebe globalnog pokrivanja sistem je organizovan po regionima koji nose imena okeana. Sateliti se zanavljaju, a oni koji su u međunarodnom saobraćaju stavljeni van funkcije zbog nedovoljnog kapaciteta, koriste se za domaći saobraćaj zainteresovanih zemalja članica organizacije Intelsat. U orbitu su postavljeni i rezervni sateliti (57°E, 179°E, 322°E, 338,5°E), a određena je i pozicija za »penzionisane« satelite (između 1°E i 7°E i između 31°E i 322°E).

Sateliti iz generacije Intelsat V imaju kapacitet 25000 telefonskih kanala i 2 TV kanala. Navedeni kapacitet postignut je četvorostrukim korišćenjem opsega 6/4 GHz i korišćenjem novog opsega 14/11 GHz. Četvorostruko korišćenje raspoloživog opsega od 500 MHz u području 6/4 GHz postignuto je dvostrukim korišćenjem frekvencija prostornom izolacijom snopova zračenja i dvostrukim korišćenjem frekvencija polarizacionom izolacijom snopova zračenja antena, odnosno korišćenjem suprotnih kružnih polarizacija.

Kod Intelsata V moguće je ostvarivanje veza na 6/4 GHz, 6/11 GHz i 14/4 GHz. U FDM/FM/FDMA načinu rada, radi se sa različitim kapacitetima od 12 do 972 kanala širine opsega od 1,25 do 36 MHz (devet različitih širina). U sistemu se radi sa: FDM/FM/FDMA, FM/TV, SPADE/PSK, SCPC/PSK, CMF, TDMA/DSI načinima rada.

Nove generacije sistema Intelsat (V-A i VI) karakterisane su dinamičkom komunikacijom većeg broja uskih snopova u toku TDMA/DSI rama prema zemaljskim stanicama koje trenutno emituju.

Zaključak

Analizirajući publikovane i ostale raspoložive podatke o novim i planiranim satelitskim sistemima, kao i iskustva o upotrebi satelitskih sistema u skorijim ratovima (rat za Foklande, Pustinjska oluja, rat u bivšoj Jugoslaviji) moguće je izvući zaključke o trendu razvoja i načinu upotrebe satelitskih komunikacionih sistema u vojnoj primeni.

Satelitske komunikacije našle su primenu na svim nivoima rukovođenja i komandovanja. Intencija je da se usluge koje pružaju satelitski sistemi (komunikacioni, navigacioni, izviđački, meteorološki) stave na raspolaganje, ne samo komandama operativno-strategijskog nivoa i specijalnim snagama, već i nižim taktičkim jedinicama, borbenim sistemima, letelicama, plovnim objektima svih kategorija, pa čak i vojniku. To, naravno, ne isključuje upotrebu zemaljskih komunikacionih sistema i sredstava, već se komunikacije organizuju kao komplementarne ili redundantne.

Prelazak na više frekvencijske opsege (SHF, EHF), uz odgovarajuću tehnologiju, donosi prednosti rada sa manjim snagama i antenama i veće kapacitete sa manjim terminalima. Međutim, UHF opseg i dalje ostaje atraktivan za mobilne zemaljske stanice koje se ugrađuju na vozila i za ručne — prenosne stanice, zbog relativno jednostavnih antena i jeftinih terminala.

Opredeljenje je da se prelazak na nove sisteme vrši evolutivno radi mak-

simalnog iskorišćenja instaliranih potencijala u kosmosu i stanica na Zemlji, odnosno primaran značaj se daje kapacitetu svih instaliranih sistema. To se odnosi i na komercijalne satelitske sisteme. Jedan od zaključaka iz rata u Golfu bio je da jedinice treba opremati i laganim, jeftinim terminalima za komunikaciju preko komercijalnih satelitskih sistema koji imaju rešeno globalno,svetsko pokrivanje [1]. U tom smislu zanimljive su i informacije koje govore da se sa zapada vrši pritisak na Rusiju da iznajmi deo kapaciteta na komunikacionim satelitskim sistemima, za koje je već rečeno da su istovremeno i civilni i vojni. Međutim, za takav aranžman Rusi nemaju rešen problem tarifiranja.

Snage UNPROFOR-a na prostorima bivše Jugoslavije koriste, pored ostalog, komercijalni satelitski sistem Inmarsat, kao i navigacioni sistem NAVSTAR GPS.

Zaštita satelitskih komunikacija od elektronskog izviđanja i ometanja (zaštićeni sistemi prenosa, postupci višestrukog pristupa, obrada signala na satelitu, formiranje antenskog dijagrama sa nulom u smeru ometajućeg signala...) visok su prioritetni zahtev pri projektovanju satelitskih komunikacionih sistema.

Obrada signala na satelitu, osim značaja koje ima sa stanovišta elektronskog izviđanja i ometanja, omogućava i da sistem racionalno odgovori dinamičkim promenama komunikacijskih zahteva zemaljskih stanica.

Satelitski sistemi za globalno pokrivanje sa rezervnim satelitima u orbiti su kičma svetskog (worldwide) komunikacionog sistema i predviđeni su da prežive nuklearni rat. Mali, jeftini sateliti (tzv. mikrosateliti) u niskim orbitama sa kratkim životnim vekom, koji se lako lansiraju i koji se mogu brzo prilagoditi komunikacijskim zahtevima, afirmisali su se u ratu u Golfu. Taktika upotrebe je slična kao kod tzv. špijunskih satelita — satelit primi informaciju prilikom nailaska iznad zemaljske predajne stanice, a emituje je u trenutku mogućeg kontakta sa prijemnom zemaljskom stanicom ili sa drugim satelitom. Navedeni koncept je poznat pod nazivom store-and-forward data applications.

Na kraju, poznavanje satelitskih komunikacionih sistema potencijalnog agresora nesumnjivo pruža mogućnost da se odrede ranjive tačke u sistemu. Tehnološka i tehnička inferiornost, svakako, predstavljaju ograničavajući faktor za EI i PED na satelitske komunikacione sisteme. Međutim, neke od ranjivih tačaka osetljive su i na protivelektronska borbena dejstva (PEBD).

Literatura:

[1] JANES Millitary Communications 1992/93.

[2] JANES C3I Systems 1992/93.

[3] Military Satellite Communications, P. Houzelot, Electrical Communications, Vol. 65. No 3, 1992.

[4] Digitalne telekomunikacije, G. Lukatela.

[5] SIGNAL, Februar 1981.

[6] Ku-band Satellite Communication Via TDRSS, R. B. Landon, H. G. Raymond.

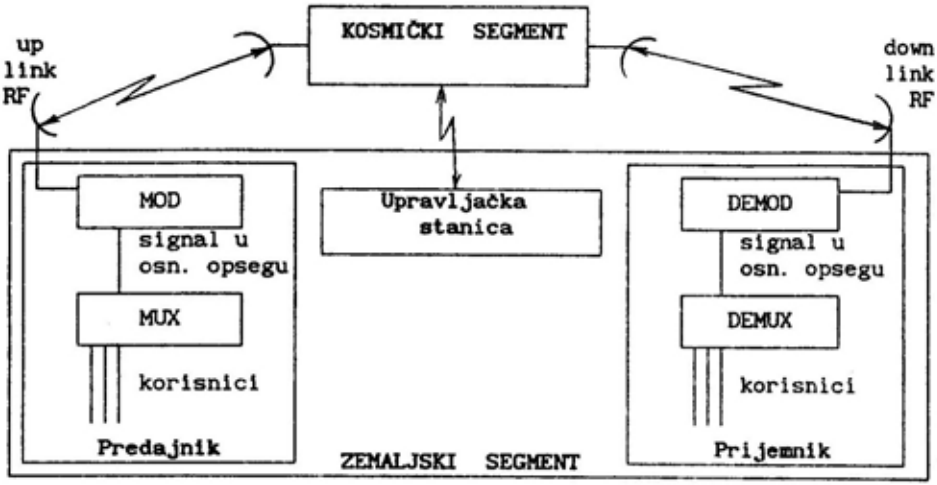
[7] Međunarodni pravilnik o radiokomunikacijama i preporuke CCIR.

[8] Introduction to Satellite Systems, Barry Evans, Satelite Communications Seminar, Bienheim, 1990.

[9] Le renseignement durant la guerre du Golfe, Jacques, F. Land, Revue Militaire Suisse.

[10] Mikrosatellites — a New Species of Satellite, Martin Sweeting, Graduate Scientist & Engineer Vol. 11 No. 7.

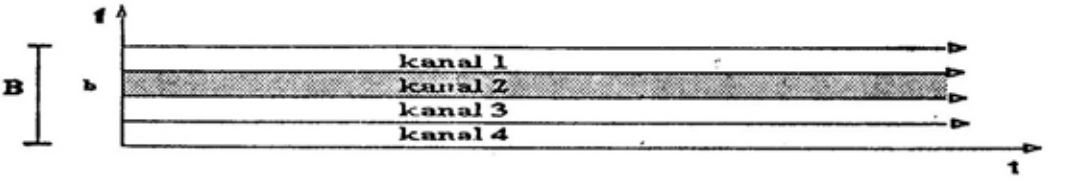
T I P O V I
SIGNALA KOD SATELITSKIH KOMUNIKACIJA



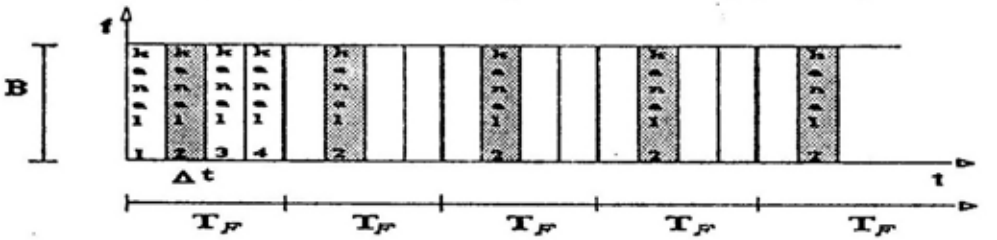
TIP SIGNALA	SIGNAL U OSNOVNOM OPSEGU	RF SIGNAL
ANALOGNA TELEFONIJA	jedan telefonski kanal (0,3-3,4 KHz)	SCPC/FM ili SCPC/CFM B=22,5; 30 ili 45 KHz
	FDM multipleks B=12 do 4,5 x n KHz (n=12 do 1092 kanala)	SSB/AM (B= osnov.opseg) FDM/FM ili FDM/CFM B=1,25 MHz (12 kanala) do 36 MHz (1092 kanala)
DIGITALNA TELEFONIJA	jedan kanal PCM 64 Kbit/s ADPCM 32 Kbit/s	SCPC/PSK (B=22,5 ili 45 KHz)
	TDM multipleks do 34 Mbit/s	TDM/PSK
TELEGRAFIJA TELEKS	FDM multipleks 50 do 300 Boda telegrafija ili teleka kanal po telefonskom kanalu (npr. 24 x 50 Boda/kan)	kao analogna telefonija
ANALOGNA TELEVIZIJA	B=0 - 5 MHz	SCPC/FM B=18 ili 30 MHz
PODACI	-male brzine: 2,4; 6,4; 9,6 i 32 Kbit/s -ISDN: 64 Kbit/s -srednje i velike brzine: n x 64 Kbit/s (n=2 do 31) - 2 Mbit/s	TDM/PSK SCPC/PSK

POSTUPCI VIŠESTRUKOG PRISTUPA

Frequency Division Multiple Access (FDMA)



Time Division Multiple Access (TDMA)

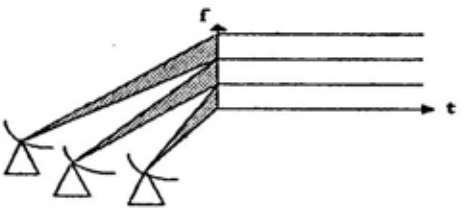


Code Division Multiple Access (CDMA)

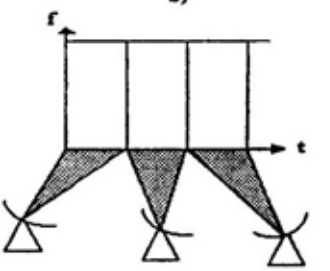


RASPODELA FREKVENCIJSKO-VREMENSKIH RESURSA
(Fiksna i po zahtevu)

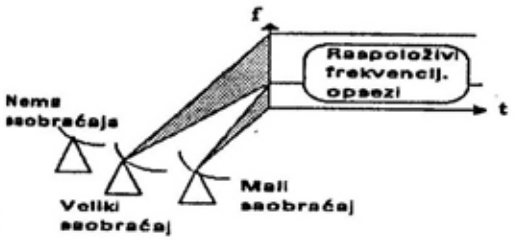
a)



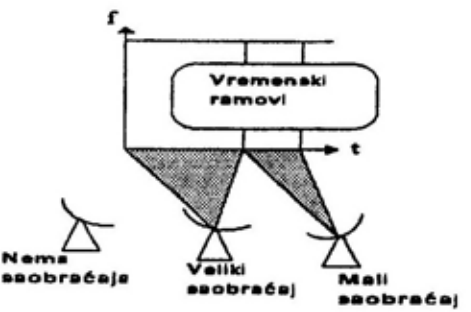
b)

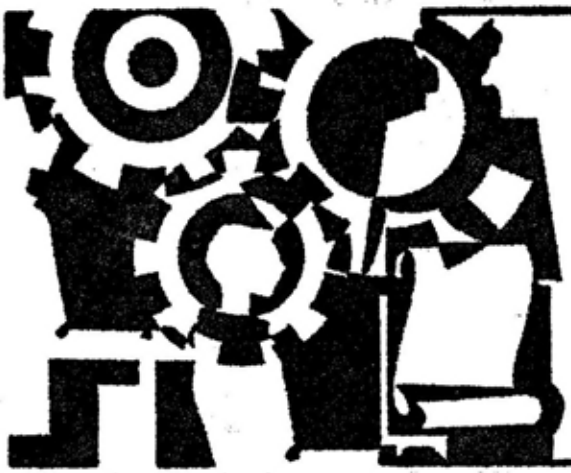


c)



d)





nove knjige

METODE POVIŠENJA EFEKTIVNOSTI ISPITIVANJA ZA OCENU POUZDANOSTI TEHNOLOŠKIH SISTEMA

U izdanju NIRO »Održavanje mašina i opreme — OMO« objavljena je monografija METODE POVIŠENJA EFEKTIVNOSTI ISPITIVANJA ZA OCENU POUZDANOSTI TEHNOLOŠKIH SISTEMA, autora Dr Ljubiše Papića, docenta Tehničkog fakulteta u Čačku Univerziteta u Kragujevcu i šefa Laboratorije za efektivnost sistema — LESI.

Autor se problemima u oblasti pouzdanosti tehničkih sistema i ispitivanja proizvoda, dijagnostike i održavanja tehnološke opreme, ispitivanja operacija i primene statističkih metoda u proizvodnji, proizvodne metrologije i upravljanja kvalitetom proizvoda bavi od 1980. Radeći u predmetnim područjima do sada je objavio u naučnim časopisima i saopštio na naučnim konferencijama više od 70 naučnih i stručnih radova u zemlji i inostranstvu. U izdanju matične kuće publikovao je dve knjige i 17 skripti. Organizovao je veći broj seminara, držao je predavanja po pozivu u zemlji i inostranstvu, radio je u istraživačkim timovima na većem broju projekata, zatim u domaćim i inostranim naučnim organizacijama, redakcijama i izdavačkim savetima.

Ova monografija posvećena je problemima povišenja efikasnosti metoda ispitivanja pouzdanosti i u njoj su uopštena teorijska i praktična istraživanja autora koja je sproveo od 1986. do 1992.

U knjizi se razmatra veliki kompleks pitanja povezan sa problemom ubrzanih ispitivanja pouzdanosti. Pri tome se ubrzavanje ispitivanja ne postiže forsiranjem (uvećanjem) opterećenja, što, u krajnjem slučaju, uvek iskrivljuje realnu sliku procesa gubitaka radne sposobnosti, nego smanjenjem obima uzoraka i trajanja ispitivanja koja se sprovode u normalnim uslovima. Važno je naglasiti da se donošenje odluke o izboru plana skraćenih ispitivanja vrši na osnovu informacije o tačnosti i verodostojnosti dobijenih ocena pokazatelja pouzdanosti. Na taj način istraživač unapred može da osigura dozvoljenu grešku u oceni pokazatelja pouzdanosti.

Pored toga ,autor detaljno razmatra savremene metode skraćivanja ispitivanja automatizacijom registrovanja

podataka o otkazima i njihove obrade, što omogućuje dobijanje ocene pokazatelja pouzdanosti u režimu »real time«.

Osnovni cilj ove knjige predstavlja razvoj koncepta povišenja efikasnosti ispitivanja za ocenu pouzdanosti tehnoloških sistema u industriji. Korišćenjem priznatih naučnih metoda: analize, sinteze, dijagnoze, planiranja ispitivanja, eksperimenta, prognoze i simulacije — u knjizi je dato nekoliko novih naučnih rezultata, mnoštvo aplikacija u praksi, razvijeno više algoritama i programskih paketa koji omogućavaju efektivno korišćenje računara u procesu modernizacije tehnoloških sistema na osnovu pouzdanosti, pri projektovanju, proizvodnji i eksploataciji.

Knjiga je namenjena za univerzitetsku nastavu iz područja »Efektivnost sistema« na dodiplomskim i poslediplomskim studijama. Takođe, knjiga se preporučuje širokom krugu stručnjaka u privredi i vojnoj industriji koji se bave problemima razvoja, konstrukcije, tehnologije, proizvodnje, ispitivanja, upravljanja kvalitetom, dijagnostike i održavanja.

Navodimo sadržaj pojedinih poglavlja:

- Uvodna razmatranja
- Dijagnostika tehnoloških sistema na osnovu fluktuacionog termodinamičkog modela

— Proces uhodavanja tehnoloških sistema

— Adaptacija tehnoloških sistema u prelaznom procesu

— Fluktuacioni termodinamički model uhodavanja tehnološ. sistema

— Opšti postupak dijagnostike tehnoloških sistema na osnovu fluktuacionog termodinamičkog modela

- Analiza važnosti elemenata tehnoloških sistema u smislu pouzdanosti

— Uvod. Definicije i oznake

— Važnost elemenata u smislu pouzdanosti tehnoloških sistema

— Važnost komponenti u smislu operativne gotovosti

- Analiza uzroka otkaza tehnoloških sistema metodom stabla otkaza

- Analiza načina, posledica i stepena kritičnosti otkaza elemenata tehnoloških sistema

— Osnovne postavke za analizu načina, posledica i kritičnosti otkaza

— Analiza načina, posledica i kritičnosti otkaza korišćenjem teorije nepreciznih skupova

- Razvoj postupka efektivnih ispitivanja za ocenu pouzdanosti tehnoloških sistema

— Značaj postupka efektivnih ispitivanja za ocenu pouzdanosti tehnoloških sistema

— Mogući pristupi ubrzanju ispitivanja za ocenu pouzdanosti tehnoloških sistema

— Osnovni pravci razvoja postupaka efektivnih ispitivanja za ocenu pouzdanosti tehnoloških sistema

— Planovi skraćenih ispitivanja za ocenu pouzdanosti tehnoloških sistema

— Izbor optimalnog plana skraćenih ispitivanja za ocenu pouzdanosti tehnoloških sistema

— Predlog nove metodologije

- Razvoj planova ispitivanja za ocenu pouzdanosti tehnoloških sistema prema kriterijumu gotovosti

— Postavka problema

— Slučaj eksponencijalne raspodele vremena bezotkaznog rada i opravki tehnoloških sistema

— Slučaj proizvoljne raspodele vremena bezotkaznog rada i opravki tehnoloških sistema

- Informacioni sistem dinamičkog upravljanja pouzdanošću tehnoloških sistema
- Automatizacija postupka (»on line«) ocene pouzdanosti tehnoloških sistema na osnovu vremenske slike stanja

— Prikaz objekta istraživanja

— Međuzavisnost pojave otkaza i složenost sistema

— Istraživanje uticaja pojave otkaza na pouzdanost sistema

— Analiza mogućnosti automatizacije registrovanja otkaza sistema

— Razvoj kriterijuma za izbor pojave otkaza koji bi se mogli registrovati.

Obim knjige je 230 strana i može se naručiti kod NIRO »OMO« Tošin bunar 161, p. p. 18, 11701 Novi Beograd.

Mr Branko Vasić, dipl. inž. maš.



prikazi iz inostranih časopisa

MIKROPROCESORI VISOKIH PERFORMANSI*

Četiri kompanije — Intel, AMD, Cyrix i IBM — nude najmanje 14 varijanti procesora iz klase 386 i 486, sa brzinama 16 do 66 MHz. Samo Intel preko 100 varijanti mikroprocesora 80×86, dok se za ovu godinu planira 25 verzija 486-tice. Tu je, naravno, i već poznati Pentium (ili Pencium, P5, 586) dugo očekivani Intelov čip kao i neki novi klonovi čipa 80×86, koje tokom 1993. obećavaju ostali proizvođači. Trka za najbrži procesor unela je na tržište konfuziju, ali donosi i niže cene PC sistema.

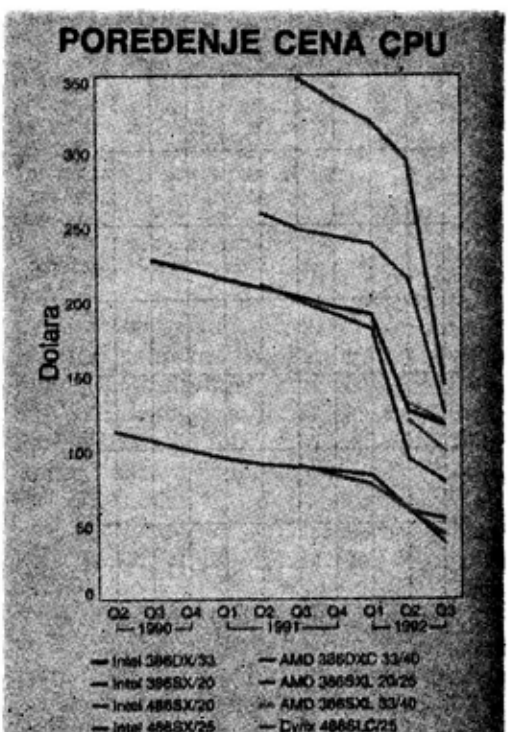
Izbor se više ne može zasnivati ni na ceni ni na performansama. Potrošnje struje, prisustvo matematičkog koprocesora i stepen integrisanosti u velikoj meri određuju kako će se CPU nositi s vašim dragocenim aplikacijama. Zar je onda čudno što je kupac PC računara zbunjen. Najzbunjeniji su individualni korisnici i oni u malim firmama. »Da li je 386/45 brži od 486SX /20? Takve odluke su tvrd orah i za profesionalne prodavce računara. Poseban predmet zablude je razlika između SX i DX klasa čipova. Jedan iskusni prodavac kaže da sve to i ne pokušava da razjasni svojim mušterijama — samo se trudi da im ponudi sistem koji će najbolje odgovoriti njihovim potrebama. Procvat ponude mikroprocesora dobrim delom je rezultat utrkivanja sve većeg broja proizvođača za mesto na tržištu, ali je ta raznolikost i odgovor na istinske potrebe korisnika. Na primer, novi Intelov procesor 486SL, koji troši malo struje, namenjen je prevashodno notebook računarima, gde su ranije dugotrajnost baterije i visoke performanse bili pojmovi koji su se uzajamno isključivali. Cyriov procesor DRu², koji uskoro treba da se pojavi, prodavati će se kao direktna dogradnja (nožica na nošicu) iz klase 486SX za korisnike Intelovih 386DX mašina. Da bi se napravio pravi izbor sistema, neophodno je poznavanje skrivenih jakih i slabih strana kako postojećih tako i tek najavljenih procesora. Potrebno je znati i odnos cena i performansi, kao i koji CPU nudi najbolje mogućnosti dogradnje. Srećom pitanje kompatibilnosti se ne postavlja. Magazin BYTE je intervjuisao brojne izvore i sproveo niz

* Prema podacima iz časopisa: BYTE.

testova sa čipovima Intela, AMD-a, Cyrixa. Niko nije pomenuo problem kompatibilnosti. Predsednik kompanije »Acer Amerika« je izjavio da je AMD 100% kompatibilan sa Intelom. Po rečima Džona Petersona iz Tandya »kompatibilnost je apsolut«. Tandy ima potpuno poverenje u Cyrixov 486SLC i koristi ga za svoj 3800 HD notebook PC. Najozbiljniji problem uočen u našim testiranjima je nesposobnost nekih starijih programa da prepoznaju novije mikroprocesore.

Pokretačke sile

Konkurencija je ubrzala razvoj mikroprocesora. Dok je Intel držao celosupno tržište procesora 80×86, mogao je sebi dozvoliti duže razvojne cikluse. Sada AMD i Cyrix proizvode procesore koji konkurišu postojećim Intelovim jedinicama ili nude bolje performanse. i to često po nižoj ceni. I IBM proizvodi unapređenje verzije procesora 386SX i 486SX, koristeći licencu koju je otkupio od Intela. Po tom ugovoru, IBM ima pravo da ih koristi za svoje sisteme ili da prodaje matične ploče sa tim čipovima. Takva konkurencija je stvorila kupovno tržište za proizvođače PC i doprinela sniženju cena sistema. Jedan američki proizvođač matičnih ploča kaže da je AMD kao konkurent naterao Intel da iz temelja izmeni cenovnik 386 familije čipova. Slika 1 pokazuje uticaj konkurencije na Intelov cenovnik. Cena 16 MHz 386DX procesora pala je za oko 20% od kraja 1988. do drugog kvartala 1991. godine, kada je AMD izbacio svoj 386DXL. Od tada do danas Intel je smanjio cenu 386DX za 43 posto, za trostruko kraće vreme. Projektovanje mikroprocesora koji će biti poslednja reč tehnologije nije ni malo lak posao. Cyrix je potrošio 10 miliona dolara da bi izneo 486SLC i 486DLC na tržište, što je tričava suma u odnosu na 250 miliona koje je uložio Intel u razvoj svog procesora 486. Međutim, veličina mikroprocesorskog tržišta deluje primamljivo. Dataquest, firma koja se bavi istraživanjem tržišta, procenjuje da je celokupno CPU tržište (uključujući čipove koji ne spadaju u klasu 80×86) u periodu od 1990. do 1991. vredelo gotovo 4 milijarde dolara, od čega je 70% pripadalo Intelu i AMD-u. I novi proizvodi odnose veliki deo kolača, kako u malim tako i u velikim tržišnim segmentima, u šta se AMD uvero. ADM je izbacio prvi klon Intelovog procesora 386 nakon duge sudske bitke sa Intelom. Presuda je odlučila da AMD ima pravo da prodaje svoj CPU na osnovu ugovora koji je potpisan u vreme kada je procesor 286 bio na vrhuncu. Od tada je AMD veoma uspešan na tržištu 386-ice — kompa-



Sl. 1 — Ovaj grafikon prikazuje kako su proizvođači kompatibilnih čipova, kao što je AMD, uticali na CPU tržište. Otkako je AMD stupio na scenu, u martu 1991, Intel je snizio cenu 33 MHz 386DX čipa sa $208 na $107. Sve Cyrix-ove cene uključuju i poseban matematički koprocesor

nija je planirala da do kraja 1992. godine proda preko 2 miliona mikroprocesora iz klase 386, što čini gotovo 50% udela tržišta.

AMD je predstavio sistem sa 50 MHz 486DX čipom, koji koristi zaštićeni Intelov mikrokod. Predsednik kompanije Džeri Sanders izjavljuje da će početkom 1993. izbaciti ovaj CPU na tržište, bilo tako što će dobiti pravo na korišćenje mikrokoda sudskim putem ili tako što će napisati novi mikrokod.

Diversifikacija PC sistema stvorila je priliku za nove projekte mikroprocesora. Nekadašnja filozofija »jedan čip za sve namene« zamenjena je procesorima projektovanim prema specifičnim potrebama. 386 i 486 procesori iz klase SL koji troše malo struje koriste se gotovo isključivo za prenosive (portabl) sisteme koji rade na baterije. Jeftini procesori iz klase SX postali su uobičajni za ulazne desktop sisteme. Klase 486 DX sa visokim performansama opslužuje high-end radne stanice i servere. A u poslednje vreme, visoko integrisani CPU iz klase 8086 i 286 sve su popularniji izbor za novu kategoriju »ručnih« (hand-held) računara.

BYTE je razgovarao sa 20 vodećih svetskih proizvođača PC računara. Samo 25% je izjavilo da sarađuje isključivo sa Intelom. Neki su najavili, mada još ne isporučuju, sisteme sa čipovima koji nisu proizvedeni u Intelu. Drugi, opet, kao, na primer, Dell nameravaju da i dalje posluju isključivo sa Intelom. »Intelovi čipovi nude performanse koje nam trebaju i cene koje smo spremni platiti«, kaže jedan direktor Della.

Koliko je važno znati šta se krije iza imena-oznake?

Proizvođači čipova se i ne trude da korisnicima omoguće direktna poređenja. U stvari, kao da njihovi stručnjaci za marketing namerno stvaraju zbrku. Na primer, Cyrix je svoje čipove nazvao 486SLC i 486 DLC. Međutim, ovi čipovi nemaju matematički koprocesor, imaju drugačiji raspored nožica i mnogo manji keš od Intelove 486-tice. Ipak, podržavaju set naredbi 486-ice, dok intidžer množenje obavljaju četiri puta brže od mikroprocesora klase 386.

Proizvođači i prodavci PC znaju u čemu je razlika, ali većina korisnika ne zna. Cyrixovi mikroprocesori su »386-ice sa znatno unapređenim performansama«, kaže predstavnik Acera, i nastavlja da 486SLX ima performanse za oko 20—30% sporije od intelovog čipa 486SX, što potvrđuju i testovi obavljeni u BYTE-ovoj laboratoriji.

Direktor marketinga u kompaniji Mylex (proizvođač sistemskih ploča) tvrdi da Cyrixove cene nisu konkurentne cenama procesora 386 koji dolaze iz Intela ili AMD-a. Naime, 40 MHz Cx486DLC je dvostruko sporiji od 40 MHz procesora AM386DXL (mada je u Cyrixovu cenu uključen zaseban matematički koprocesor). Korisnik bi, verovatno, radije platio još 100$ i dobio istinsku 486 mašinu.

Ipak, mnoge kompanije — Tandy, Tandon, CompuAdd i U.K Opus — koriste Cyrix procesor. »Za nas je Cyrix nova avantura,« kaže Peterson iz Tanmyja, imajući na umu prijem kod potencijalnih kupaca. Tandy se odlučio za Cx486SLC, jer je odgovarao njihovim zahtevima, kako svojim performansama tako i cenom.

Predstavnici Intela su svesni da se ljudi teško snalaze u moru raznovrsnih mikroprocesora. Zato su uveli poseban sistem za merenje performansi, verujući da će tako rasvetliti situaciju: to je iComp (Intel Comparative Microprocessor Performance), test brzine koji jednim indeksom izražava ukupne performanse mikroprocecsora. Osnovna CPU platforma, 25 MHz 486SX ima index 100. Test je namenjen brzom rangiranju, pre svega, Intelovih procesora, ali se može primeniti i na sve ostale kompatibilne procesore.

Konvencija po kojoj se imenuju procesori dodatni je izvor zabune. Proizvod čije ime sadrži 486 (ili samo 4), ili nema jasne indikacije da se radi o Cyrixovom čipu, odvešće kupca na krivi put. Na primer, CompuAdd ima čitav niz Intel i Cyrix mašina, uključujući i 425SLC, 425SX, 433i i 433SLC. Prosečan kupac, verovatno, neće razlikovati da dve od ovih mašina imaju Cyrixove procesore. Intel će i ubuduće imati problema sa nazivima, jer američki zavod za patente ne prihvata kao zaštitni znak ime koje se sastoji od tri broja (npr. 586). Dakle, ništa ne stoji na putu ostalim proizvođačima da svoje čipove takođe nazovu 586, u nameri da stvore konfuziju koja njima ide na ruku.

Mogućnosti dogradnje

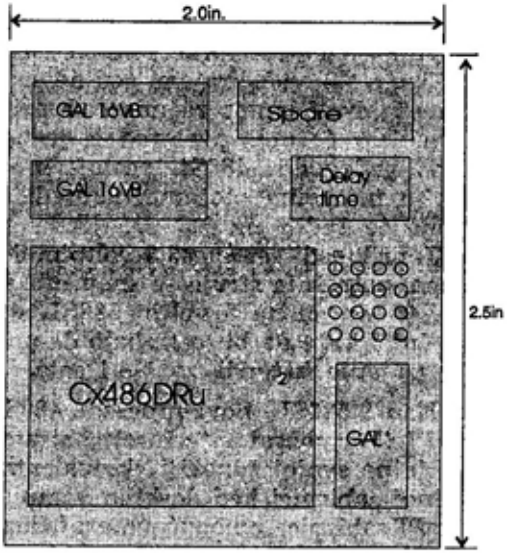
Pri izboru mikroprocesora, treba voditi računa o mogućnosti dogradnje, performansama i ceni. Pronalaženje prave kombinacije ovih elemenata usko je vezana za oblik sistema kome je namenjen. Mogućnost dogradnje najvažnija je za desktop korisnike — mada se i na portabl sistemima već viđaju OverDrive utičnice, tako da se na Intel 486SX sistem može instalirati 486DX CPU.

Dogradnja omogućava da vaš stari sistem drži korak sa stalnim unapređenjem performansi mikroprocesora, a da pri tome ne morate menjati celo kućište. Za nekoliko stotina dolara 16 MHz 486SX PC računar možete pretvoriti u 50 MHz 486DX. Međutim, još uvek je mali broj korisnika koji su se odlučili za dogradnju, jer se poslednji tržišni ciklus još nije završio. Drugim rečima, oni koji su kupili modele koji se mogu dograditi još nisu osetili veliku potrebu za unapređenjem performansama.

Intel je napravio pionirski potez kada je uveo dogradnju u obliku jednog čipa, takozvani OverDrive procesor, koji udvostručuje unutrašnji radni takt procesora i povećava ukupne performanse za oko 50%. Pre pojave Over Drive čipa, dogradnja je ostvarivana zamenom matične ploče ili instalacijom dodatne kartice ili ploče. »Ljudi nisu hteli da daju 2000$ više za AST premium (koji se mogao dograditi preko dodatne kartice) kada su za 1500$ mogli kupiti novu matičnu ploču. Međutim, sa čipom koji dvostruko ubrzava rad mikroprocesora, dogradnja je postala jedan od ključnih elemenata pri kupovini.

Intelovi konkurenti tek sada ulaze na tržište dogradnji. Cyrix je nedavno predstavio verziju čipa 486DLC, DRu², koji se koristi kao dogradnja za IBM i Compaq 386DX/20 sisteme (Slika 2). U Cyrixu kažu da će DRu2 raditi i sa ostalim 386DX sistemima, mada iz mehaničkih razloga — dvostruko je viši od čipa Intel 486DX — nekim PC računarima neće odgovarati. Opcije čipa 486DLC koje zahtevaju hardversku podršku, kao što je keš ili upravljanje strujom, neće raditi optimalno, ali će povećanje performansi ipak biti značajno. Najznačajniji elemenat ubrzanja biće Cyrixova tehnologija udvostručenog radnog takta, koja će omogućiti da čip podešen na 20 MHz ostvari unutrašnju frekvenciju od 40 MHz.

BYTE je testirao prototipsku 33 MHz verziju DRu² na računaru IBM PS/2 Model 80. Sve u svemu, pokazao je 28% bolje performanse u odnosu na 16 MHz Intel 386DX. Video ubrzanje je variralo od 5% kod skrolovanja do čak 59% kod grafike. Ukupno unapređenje video performansi iznosi 35%. Kao što je i očekivano, testiranje diska na mašinskom nivou (low-level) pokazalo je najmanje poboljšanje — samo 10%. Mada su se datoteke učitavale i za 22% brže, opšti test koji je zahtevao direktno učitavanje i zapisivanje pokazao je poboljšanje od samo 1%, budući da to zavisi od brzine drajva, a ne od procesora.



Sl. 2 — Cyrix-ov cip DKu² je direktna zamena (nožica na nožicu) za Intel 386DX/20. Glavni mikroprocesor je najveći kvadrat u donjem levom uglu. Ostale jedinice na pločici 2x2.5 inča su pomoćni čipovi

Za sada Cyrix namerava da ovaj čip prodaje direktno velikim kupcima i ne planira maloprodaju. Procenjuju da će DRu² koštati između 200 i 300$.

U kompjuterskoj industriji vlada izvesni skepticizam u pogledu broja korisnika koji će se odlučiti za dogradnju. Zamenik direktora marketinga u Cyrixu kaže da ako se samo 1% od 30 miliona 386DX mašina dogradi, Cyrix će imati dovoljno veliko tržište. I AMD očekuje da tržište za dogradnju bude unosno — kompanija je javno izjavila da će podržati OverDrive utičnicu koju već imaju 486SX mašine.

Brzina kao doprinos poboljšanju ukupnih performansi

Razlike u performansama između 386 i 496 čipova takođe stvaraju zabunu. AMD se drži jedan korak ispred Intelovih linija 386SX i 386DX, tako što uspeva da izbaci brže verzije svojih procesora 386SXL i 386DXL pre Intela.

Cyrix tvrdi da je ostvario ubrzanje performansi pomoću aritmetičke jedinice koja obavlja intidžer množenje. Zamenik predsednika kompanije Microslate, koja proizvodi pen-računare, kaže da je testirao brzinu procesora Cyrix 486LSC i da se pokazao za 1,8 do 1,9 puta bržim od procesora Intel 386SX pri istoj frekvenciji. Pri testiranju sa aplikacijom, razlika je bila još uočljivija. Pen-sistemi firme Microslate popularni su među korisnicima geografskih sistema. Cyrix je već uveliko predstavio novu verziju popularnog čipa Cx486, Cx486S2/50. Za razliku od 486LC i 486DLC, 50 MHz Cx486S2/50 sa udvostručenim radnim taktom odgovara 486 utičnici. Pošto nema matematički koprocesor, naziva se ekvivalentom čipa 486SX.

Cyrix tvrdi da će Cx486S2/50 imati unapređenje performanse zahvaljujući write-back kešu koji daje veći protok (throughput) sa manje keš. Cx486S2/50 će koristiti 2KB keša, što je ekvivalentno Intelovom write-through kešy od 8KB. Write-through keš procesor koristi samo kod read operacija, dok write odlazi direktno u mnogo sporiju glavnu memoriju. Kod write-back tehnike procesor zapisuje promene u keš memoriju sve dok je ne napuni. Tada se ceo memorijski blok kopira u glavnu memoriju brzom blok-move operacijom. Na ovaj način postiže se znatno ubrzanje. Cyrix tvrdi da će performanse prosečne aplikacije biti jednake onim koje daje 50 MHz procesor Intel 486DX2, dok će performanse grafike biti unapređene za oko 10%.

Cyrixov čip moći će da pristupa memoriji u jednom ciklusu, a ne u dva. Cena procesora Cx486S2/50 će biti oko 250$ za proizvođače sistema.

Odavno prisutno u minikompjuterskim i mainframe okruženjima, profiliranje instrukcija se javlja i kod mikroprocesora. Profiliranje instrukcija je analiza relativne frekvencije instrukcija koje koriste određene aplikacije. Sa ovim informacijama, inženjeri mogu

podesiti arhitekturu tako da je za češće korišćene instrukcije potrebno manje ciklusa, čak i po cenu da se koristi više ciklusa za izvršenje ređih instrukcija, čime se znatno unapređuju performanse.

Intel uveliko koristi profiliranje instrukcija pri projektovanju novih procesora i tako stvara ogromnu bazu podataka koja sadrži putanje instrukcija različitih komercijalnih aplikacija. Rezultat Intelovog profiliranja instrukcija je i uočena razlika u upotrebi instrukcija kod aplikacija pisanih jezikom C++ i onih pisanih drugim jezicima, što, opet, ukazuje na blisku vezu na polju komercijalnih alatki za razvoj softvera. Intel i ostali će se možda odlučiti da svoju arhitekturu podese prema frekvenciji instrukcija iz ovog jezika.

Performanse sa baterijama

Performanse dobijaju sasvim drugu dimenziju u areni prenosivih računara, gde su štednja struje i visok stepen integrisanosti ključni faktori. Intel je planirao predstavljanje porodice 486SL koja troši malo struje. Prva dva mikroprocesora radiće na 25, odnosno 33 MHz, i oba imaju ugrađen matematički koprocesor. Intel kaže da je 486SL fizički manji i ima veći stepen integrisanosti nego 386SL, što će omogućiti proizvođačima da smanje dimenzije notebook matičnih ploča za oko 60%. 25 MHz čip već se proizvodi, dok se 33 MHz verzija planirana za prvi kvartal 1993. tek afirmiše na tržištu. 486SL (slika 3) predstavlja značajan napredak u odnosu na 386SL. Intel tvrdi da se performanse kreću od 11 MIPS-a za 25 MHz 486SL, do 14 MIPS-a za 33 MHz verziju (radi upoređenja, najbrži 386SL (25 MHz) ima brzinu 5,2 MIPS).

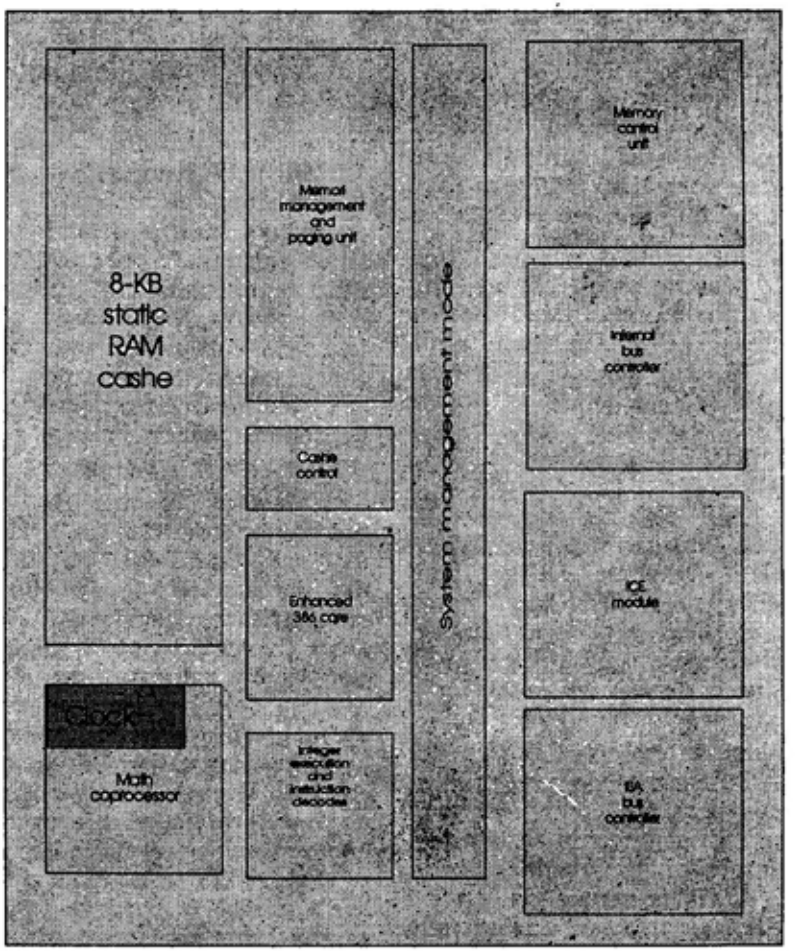
Jednako značajno je i svojstvo »fleksibilne voltaže« koje poseduje 486SL. Iako je 486SL 3,3 voltni statični uređaj, može raditi i na 5 V. Zahvaljujući tome, kao i kompatibilnosti čipa 486SL sa SMM-Om (modul za upravljanje sistemom) procesora 386SL i I/O čipom — već krajem godine možemo očekivati laptop računare sa ovim čipom. Dok će neki proizvođači jednostavno prilagoditi 486SL postojećim 5 voltnim matičnim pločama, naprednije mašine će raditi na 3,3 V. Kada se 486SL prilagodi ostalim 3,3 voltnim delovima, potrošnja struje se smanjuje za 50%, u odnosu na 5 voltni 386SL sistem. Intel kaže da bi to trebalo da produži trajanje baterija za 1—4 sata.

Kao i 386SL, novi procesor 486SL ima PI (Peripheral Interface) sabirnicu koja je po svojoj funkciji ekvivalentna lokalnoj sabirnici kod desktop kompjutera. PI sabirnica omogućava grafičkom kontroleru ili fleš-kartici da zaobiđu I/O sabirnicu i direktno se vežu za CPU. PI sabirnica ima relativno sporu propusnu moć od 8 MHz.

Faktor cene

Konkurencija je smanjila cene čipova, kao i cene sistema. 25 MHz 486DX je prvobitno koštao 950$ i znatno je doprinosio ukupnoj ceni sistema; sada košta 328$. Po rečima zamenika predsednika kompanije Altima Systes, koja proizvodi laptop kompjutere CPU, sada mnogo utiče na cenu sistema. Altima prodaje AMD 386SX sistem i Intel 386SL sistem. AMD sistem je 10% jeftiniji od sistema sa Intelovim mikroprocesorima, ali zato ovaj drugi portabl daje bolje performanse zahvaljujući eksternom kešu.

Kada je u pitanju cena, Intel ima značajnu prednost u odnosu na svoje konkurente: kooperativnu reklamu. Naime, Intel plaća proizvođačima sistema da podrže kampanju pod nazivom »Unutra je Intel« kada reklamira svoj proizvod. Ovakav aranžman je posebno privlačan za kompanije koje više prodaju putem narudžbenice, jer njihov prihod potpuno zavisi od reklame. Dva britanska proizvođača Elonex i Viglen kažu



Sl. 3 — 486SL je Intelov 3.3 V mikroprocesor namenjen notebook sistemima. Osim brzine veće od procesora 386SL, nudi duže trajanje baterije

da Intel snosi 5% ukupnih troškova za reklame u novinama i časopisima — jedini uslov je da reklama sadrži i logo »Unutra je Intel«. Jedan američki proizvođač pominje sličan ugovor, ali dobija od Intela samo 3%. Za mnoge proizvođače ova pogodba uveliko nadoknađuje razliku u ceni između skupih Intelovih i konkurentskih čipova.

Mnogi korisnici i proizvođači imaju više poverenja u Intel. Direktor kompanije Epson America kaže: »Ako dva procesora — AMD i Intel — imali istu cenu, ipak bismo uzeli Intel zbog zajedničkih resursa i dosadašnje saradnje. Isto stanovište zastupa i proizvođač softvera Worperfect. WordPerfect testira svaku mašinu koju kupi i kažu: »Najmanje probleme su nam stvarale mašine sa Intelovim procesorima.«

Prilagođene funkcije

Sistemi postaju sve raznolikiji. Oblasti koje su se nekada smatrale marginalnim delovima tržišta sada su u centru pažnje. Na primer, udeo koji na

tržištu zauzimaju desktop računari smanjen je otkako su notebook računari postali dovoljno moćna, a time i sasvim prihvatljiva alternativa. Predviđanja koja daje InfoCrop, firma za istraživanje tržišta, pokazuju da će prodaja notebook računara porasti za 22,7% u toku sledeće dve godine, dok su u 1992. zauzeli samo 14,5% ukupnog PC tržišta.

Intel je proširio svoju ponudu mikroprocesora da bi konkurisao ostalim proizvođačima na tržištu specijalnih kompjutera. O tome svedoči 25 verzija procesora 486 koji treba da se pojave tokom 1993. Veliki je broj procesora koji će proizvođači sistema podržati. Procesori će biti sve brži i trošiće sve manje struje. AMD i Cyrix će imati čipove potpuno kompatibilne sa 486-ticom, a čak i Intelovoj velikoj nadi Pentiumu (P5), prete NexGen i ostali konkurenti. Po svemu sudeći, neizbežno će doći do smanjenja Intelovog udela na tržištu, a time i do smanjenja profita.

Raznolikost tehnologije daje šansu Intelovim konkurentima da postignu uspeh sa procesorima koji koriste otvaranje sasvim novih segmenata tržišta kao i rupe u Intelovoj proizvodnoj liniji. Na primer, AMD je uspeo da svojim 40 MHz 386DX čipom, jer je odgovorio na potrebu za 386-icom visokih performansi. Intel je istisnut iz pojedinih segmenata tržišta, a tek treba da ostvari ozbiljno uporište na tržištu »ručnih« kompjutera. Međutim, Intel je udružio snage sa kompanijom VLSI Technology u nameri da proizvede čip-set klase 386SL za ručne računare.

Intel je spreman da ponudi čak i čipove prilagođene specifičnim aplikacijama. Njihov *RapidCad* koprocesor, lansiran u februaru prošle godine, jeste dogradnja u vidu dva čipa koji odgovaraju 386 i 387 utičnicama. Utičnicu 386 zauzima čip koji predstavlja hibrid procesora 386 i 387, dok utičnicu 387 CPU koji se radi po narudžbi (custom) i rukuje izuzecima (tj. greškama tipa »deljenje sa 0«). Ovaj čip-set radi na bilo kojoj 386 mašini do 33 MHz i daje performanse bolje za oko 20—30% kod izrazito grafičkih aplikacija kao što je CAD.

Sledeća generacija

Mada *Intel* nije nameravao da lansira *Pentium (P5)* pre početka 1993. godine, mnogi detalji o ovom mikroprocesoru već su bili obelodanjeni. Sad je već jasno da P5 ima *superskalarnu arhitekturu*, što znači da ima dve ili više izvršnih jedinica. To omogućuje procesoru da tokom jednog ciklusa paralelno izvršava više instrukcija.

Intidžer jedinica čini *pajplajn* od pet nivoa čipa 486 još bržim, tako što dva rade paralelno. Pajplajn dekodira dve instrukcije istovremeno, pa ako nisu konfliktne, izvršavaju se paralelno. Ovaj dvostruki pajplajn može za 50% ubrzati čip ranijeg dizajna. Dva druga ključna dela Intidžer jedinice su *branch targrt buffer* (ciljni bafer za instrukcije granjanja) i *keš sa dvostrukim pristupom*. Branch target buffer predviđa pojavu ogranka, ako je predviđanje tačno ogranak se izvršava bez zastoja. Keš sa dvostrukim pristupom prima i podatke i adrese iz pajpova i sadrži logiku za rešavanje zavisnosti adresa.

Matematički koprocesor čipa Pentium ima tri posvećene aritmetičke jedinice i pajplajn od osam nivoa koji je integrisan sa intidžer pajplajnom, ali ima još dva izvršna nivoa. Mad je matematički koprocesor podešen za dvostruko precizne *memory-to-register* operacije (najčešće očekivani tip), Intel tvrdi da se jednostruko precizne i *register-to-register* operacije obavljaju istom brzinom.

486 koristi jednomikronsku tehnologiju da bi smestio 1,2 miliona tranzistora. Pentium koristi 0,8 mikronsku separaciju i ima 3 miliona tranzistora. Intelovi ljudi kažu da će prva verzija čipa Pentium raditi na 66 MHz i preko 100 MIPS-a. Izrazito grafičke aplikacije,

serveri sa bazama podataka za klijent/server sisteme i multitasking aplikacije samo su neki od korisnika koji će na najbolji način iskoristiti njegovu snagu.

Ali, Intel nije jedini proizvođač koji ide dalje od 486-tice. Direktor marketinga i inženjeringa kompanije AMD kaže da »imaju značajne planove za čipove koji će prevazići 486-ticu«. On ističe da je AMD vodeći snabdevač proizvodima RISC arhitekture, što je vrlo značajno, s obzirom na to da će RISC tehnologija biti ključni faktor u sledećoj generaciji čipova.

Cyrix sa svoje strane, najavljuje da će odmah nakon pojave Pentiuma ponuditi svoj P5-kompatibilni procesor, dok će novu generaciju čipova, takozvanu klasu 686, izbaciti pre Intela. To će uspeti zahvaljujući svojim kraćim proizvodnim ciklusima.

Međutim, svi potcenjuju teškoće koje će se javiti pri integraciji ovih superskalarnih čipova. Dok ne vidimo Cyrixove čipove, ovakve izjave moramo primati sa rezervom.

Bilo kako bilo, mnoštvo različitih mikroprocesora stvara nedoumice pri izboru sistema. Međutim, ta nevolja je potpuno zanemariva u odnosu na drastično unapređenje performansi i pojevtinjenje sistema koje je donekle konkurencija među proizvođačima mikroprocesora. »Upotreba kompjutera postaje sve jednostavnija, što budu imali veću moć to će ih ljudi više koristiti.«

Novi čipovi na tržištu

Tokom 1993. godine očekuju se procesori glavnih takmaca na tržištu Intel kompatibilnih mikroprocesora. Pošto proizvođači mikroprocesora rade u dosluhu sa proizvođačima sistema, to su oni u toku novih zbivanja mnogo pre zvaničnog predstavljanja, verovatno će se uskoro pojaviti i mašine sa novim procesorima.

Intel 486SX/33

486SX33 je brža verzija postojeće linije procesora. Predstavljen je u septembru 1992.

IBM 486SLC

IBM verzija procesora Intel 486SL. predstavljen je u oktobru 1992.

Cyrixx 33 MHz 486SLC

Brža verzija procesora SLC, sa čitavim nizom novih opcija za upravljanje strujom. Zamišljen kao direktna konkurencija Intelovom čipu SL.

Intel 486SL

486SL troši malo struje, a ima performanse procesora SX. Mnogi proizvođači notebook računara već su se odlučili za njega.

Curix DRu²

To je 486DLC koji udvostručuje performanse 20 MHz 386DX sistema Zamišljen kao dogradnja.

Cyrix 486S2/50

86SX kompatibilan procesor sa manjim kešom nego kod Intelovih pandana. Cyrix tvrdi da je smanjenje keša nadoknađeno time što je on sada write-back tipa.

Intel Pentium (P5)

Čip koji zamenjuje 486 na vrhu Intelove proizvodne linije.

AMD — čipovi klase 486

AMD obećava 25, 33 i 50 MHz verzije svojih 486 kompatibilnih mikroprocesora, mada analitičari javljaju da će se, verovatno, pojaviti i čipovi sa udvostručenim unutrašnjim radnim taktom.

Chip & Technologies PC/Chip sa 386 jezgrom

C&T nije više na margini mikrokompjuterskog tržišta. Novi čip će biti prvi rezultat ogromnih napora uloženih u proizvodnju 386 kompatibilnog procesora za »ručne« i male notebook kompjutere.

Intel P24T

8ntel P24T je procesor koji služi kao dogradnja za 486DX2 sisteme. Utičnice za ovaj čip već su ugrađuju na neke matične ploče. Utičnica je slična onoj sa OverDrive, ali ima jedan red nožica više. P24T će koristiti P5 tehnologiju za unapređenje performansi. Intel nije želeo da otkrije šta podrazumeva pod P5 tehnologijom, ali se već zna da su to poboljšani FPU i pralelni intidžer pajpovi.

NexGen — klon čipa Pentium (P5)

Radi se o čipu P5 koji NexGen namerava da izbaci nakon što Intel predstavi svoj P5 no to se nije još desilo.

M. Stanklć, dipl. inž.

UREĐAJI ZA TERMOVIZIJU

Karakteristika svakog tela koje ima temperaturu veću od »apsolutne nule« jeste da emituje energiju zračenja u širokom frekventnom spektru.

Veći deo spektra isijane energije apsorbuje se u okolnoj atmosferi, dok se deo tzv. termičke energije praktično može detektovati u dva opsega, od celokupnog spektra koji telo isijava, i to od oko 3 μm do 5 μm i od oko 8 μm do 15 μm.

Na tom osnovnom principu razvijen je čitav spektar termovizijskih uređaja za vojnu i civilnu namenu i upotrebu, u svrhu »termičkog omsatranja« (thermal imaging) prostora pri smanjenoj vidljivosti u dnevnim i noćnim uslovima (potpuni mrak, kiša, prašina, magla, dim, i sl.).

Tokom protekle godine mnogi konstruktori optoelektronske vojne opreme došli su do zaključka da osmatrački ili nišanski uređaji na principu »termičkog osmatranja« daju najbolje rezultate, u borbi na taktičkom nivou u uslovima smanjene vidljivosti.

Osnovna prednost termovizijskih uređaja, u odnosu na aktivne i pasivne optoelektronske uređaje za noćno osmatranje i nišanjenje koji rade u IC području, jeste potpuna neosetljivost na mogućnost elektronskog otkrivanja i ometanja od strane protivnika, kao i efikasan rad u dnevno-noćnim uslovima, uz postizanje mnogo većih dometa detekcije.

Konstrukcija vojnih termovizijskih uređaja i realizacija u raznim ručnim, prenosnim ili prevoznim varijantama omogućava široku primenu u izradi osmatračkih ili nišanskih sprava ,tako da se mogu ugrađivati kako na pešadijsko naoružanje (puške, ručni bacači, lanseri PO raketa, i sl.) tako i u borbene sisteme (PA top, tenk, helihopter, brod, i sl.).

Ovom prilikom predstavljen je ručni termovizijski uređaj HHTI engleskog proizvođača THORN EMI Elektronics — Electro Optics Division (slika 1):

Tehničke karakteristike:

— vidna polja:	20°×8,6° i 8°×3,4°
— daljina fokusiranja:	5 m i dalje
— pokazivač:	LED pokazivač sa osvetljenom končanicom i upozorenjima na nivou napunjenosti baterija i količine tečnosti za hlađenje





- min. termička rezolucija: oko 0,3°C
- detektor: 8—12 μm (Cadmium Mercury Telluride)
- dimenzije: 470×210×160 mm
- težina: 5 kg (sa NiCd akumulatorom 0,555 Ah i bocom od 0,6 l)
- napajanje: 9,5 V do 15 V (jednosmeran napon)
- potrošnja: oko 4,0 W na 12 V (oko 1,75 č. rada sa ak. 0,55 Ah)
- sredstvo za hlađenje detektora: tečni vazduh (na −197°C)
- boca sa sredstvom za hlađenje: 300 Atm (oko 4,5 č. rada na 10°C)
- vreme spremnosti za rad: oko 15 s
- temperaturni radni opseg: −36°C do +70°C)
- temperatura skladištenja: −46°C do +85°C

Uređaj je vrlo jednostavan za rukovanje i osnovno održavanje i rađen je prema postojećim vojnim standardima.

Postoji mogućnost za montažu i rad sa posebnog tronošca, radi stabilnosti pri osmatranju ,kao i radi uparivanja i zajedničkog rada sa ručnim laserskim daljinomerom.

Pokazivač uređaja HHTI ima mogućnost termičkog prikaza posmatranog objekta u tonovima crvene boje na tamnoj pozadini ili u tonovima sive boje na crvenoj pozadini.

Omogućena je ručna promena kontrasta i osvetljenosti pokazivača, u odnosu na karakteristike termičkog prikaza objekta, kao i promena širine vidnog polja i podešavanja fokusa.

B. Janković, dipl. inž.

OKLOPNA VOZILA PEŠADIJE*

Mnogo se govorilo o ulozi oklopnih vozila koje koristi pešadija i mišljenja su se znatno razlikovala. Ali, najčešće je pominjano da postoje samo dva osnovna razloga za postojanje ovih vozila.

Prvi, ova vozila prevoze pešadiju tako da ona može da bude dopuna tenkovima u preuzimanju osnovnih zadataka na bojištu koje samo pešak može da obavi koristeći svoje noge. Drugi razlog je sposobnost da oklopni transporteri mogu da prevezu jedinice pešadije kada tenkovi ne mogu ili ne treba da se upotrebe.

Da bi efikasno sadejstvovali sa tenkovima, očevidno je da su pešadiji po-

* Prema podacima iz IDR »Light armoured vehicles«.

trebna vozila da iz taktičkog aspekta može da drži korak sa tenkovima. To zahteva da oklopna vozila pešadije imaju visoki stepen pokretljivosti van puteva. Ali, za sadejstvo sa tenkovima na bojištu, pešadiji su potrebna sopstvena vozila koja će biti oklopljena, tako da se mogu kretati pod vatrom. Zbog toga su vozila pešadijskih jedinica kombinovana sa tenkovima u oklopnim ili mehanizovanim formacijama napredovala u toku godina od neoklopljenih kamiona, preko oklopljenih poluguseničara do potpunih oklopnih transportera na gusenicama koji se u povećanom obimu koriste od pedesetih godina.

Oklopni transporteri na gusenicama

Kao što je i zamišljeno, potpuni oklopni transporteri na gusenicama omogućili su pešadiji da prati tenkove što je moguće bolje. Ali, u drugim aspektima, mnoga od oklopnih vozila, izrađena za pešadiju, obavila su dobar posao. To se naročito odnosi na oklopni transporter američke konstrukcije M113, koji je od 1960. izrađen u preko 70.000 komada i koji ostaje najviše korišćeno oklopno vozilo pešadije van Istočnog bloka.

Najveći nedostatak M113 i drugih oklopnih transportera te vrste je nemogućnost njihovih posada da gađaju iz bilo kojeg oružja iz vozila, a da se tom prilikom ne izlože. Jedino oružje koje obično nosi M113 je mitraljez 12,7 mm koji je ugrađen na vrhu kupole komandira koji mora da se izloži van vozila da bi njime dejstvovao. Zbog toga je M113 vrlo ranjiv na napad, čak i od pojedinačnog neprijateljskog strelca.

Osnovni nedostatak oklopnog transportera M113 — nedovoljno naoružanje — delimično je korigovan u nekim slučajevima naknadnom ugradnjom kupole sa topom i sa poslugom od jednog čoveka. KoV Švajcarske je modifikovao svoje M113 ugradnjom kupole sa topom 20 mm. KoV Švedske je slično postupio sa svojim oklopnim transporterima Pbv 302 (ekvivalent transporteru M113) kojima je na startu ugrađivao kupolu. Ovo švedsko vozilo imalo je odvojenu kupolu za komandira koji se, na taj način, mogao posvetiti svom osnovnom zadatku umesto da bude i nišandžija.

Proizvođač oklopnog transportera, firme FMC, otišla je i dalje, razvivši ovo vozilo u oklopljeno borbeno vozilo pešadije (AIFV) koje je KoV Holandije usvojio pod oznakom YPR-765. Ovaj derivat M113 ne samo da ima jednočlanu kupolu sa automatskim topom 25 mm i mitraljezom 7,62 mm i odvojeno borbeno mesto komandira već i osmatračke blokove i puškarnice na bočnim i zadnjoj strani odeljenja za posadu. Tako je omogućeno posadi u vozilu da posmatra spoljašnji svet, čime se smanjuje rizik dezorijentacije i klaustofobije, a posada može da gađa i svojim ličnim naoružanjem iz samog vozila.

Sve je to doprinelo da AIFV predstavlja znatno poboljšanje u odnosu na M113. To se posebno odnosi na činjenicu da oklopni transporteri te vrste mogu ne samo da prate tenkove preko različitih vrsta zemljišta i da prevoze pešadiju gde god se ukaže potreba za njeno dejstvo pešice, već mogu da se sami brane na marš-ruti od različitih napadača. Šta više, oni se čak mogu upotrebiti i u napadnim dejstvima, ali samo ako je otpor slab.

Borbena vozila pešadije

Međutim, mnogo više se očekivalo od nekih oklopnih vozila pešadije. U stvari, trebalo je da to budu prvenstveno vozila iz kojih će se pešadija boriti, a ne vozila čija bi glavna funkcija bila da prevoze pešadiju koja bi, zatim, dejstvovala peške. To se odnosi na vozila kao što su nemački »Marder«, ruski »BMP (sl. 1) i američki M2 »Bradley«

(sl. 2). Da bi se naglasilo da njihova uloga treba da bude različita od ulode oklopnih transportera, vozila ove vrste su nazvana borbena vozila mehanizovane pešadije, a kasnije borbena vozila pešadije.

Najznačajnija opšta karakteristika borbenih vozila pešadije jeste da su ona naoružana mnogo snažnijim naoružanjem nego druga pozila pešadije. Tako je američko borbeno vozilo pešadije M2 »Bradley« naoružano ne samo lančanim topom (chain gun) M242 25 mm već i dvostrukim bacačem vođenih protivoklopnih projektila TOW, dok je vozilo »Marder« naoružano bacačem vođenih protivoklopnih projektila »Milan«, uz to i automatskim topom Rh 202 20 mm. Slično njima, rusko borbeno vozilo pešadije BMP-1, pored vođenih projektila (NATO oznaka »Sagger«), ima top male brzine 2A28 73 mm, dok vozilo BMP-2 ima bacač vođenih projektila (NATO oznaka »Spandrel«) pored automatskog topa 2A42 30 mm.



Sl. 1 — Rusko borbeno oklopno vozilo pešadije BMP-1

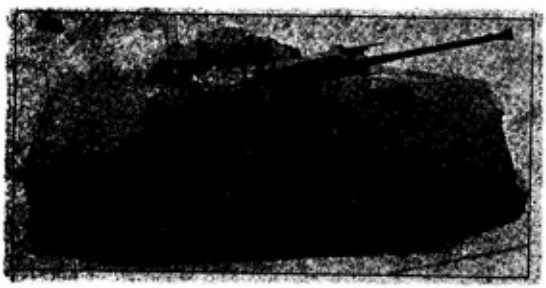
Kako su borbena vozila pešadije naoružana i protivoklopnim vođenim projektilima i malokalibarskim automatskim topovima, ona mogu da napadaju i borbene tenkove i laka oklopna vozila. Međutim, naoružanje ovih vozila snažnijim oružjima, obično ugrađenim u dvočlanu kupolu, ostavilo bi malo prostora za prevoz pešadije. Štaviše, i sa manje vojnika — pešaka koji bi izašli iz vozila da se bore peške, najmanje dva ili tri od njih moralo bi da ostanu u vozilu, ukoliko bi se koristilo naoružanje vozila. Na primer, iz borbenog vozila pešadije M2 »Bradley«, u najboljem slučaju, moglo bi se iskrcati samo sedmorica za dejstvo van vozila, uprkos relativno velikom prostoru u vozilu. U tome pogledu ništa nije bolje ni rusko borbeno vozilo pešadije BMP-2 i mada ono ima znatno nižu siluetu, postojeći prostor u vozilu je još ograničeniji.



Sl. 2 — Američko borbeno vozilo pešadije M2 »Bradley«

Buduća borbena vozila pešadije mogu samo da budu gora kao transporteri pešadije, jer će morati biti naoružana topovima krupnijeg kalibra ukoliko bi trebalo da se bore protiv sve efikasnijeg oklopa neprijateljskih vozila. Već je bila ispitana mogućnost ugradnje automatskog topa KDE 35 mm, firme »Oerlikon«, u borbeno vozilo »Tornado«, a isti top je usvojen za novo japansko vozilo pešadije »Type 88«. Novo švedsko borbeno vozilo pešadije »Stridsfordon 90« (čija je maketa u punoj veličini prikazana na sl. 3) treba da bude naoružano topom 40 mm L/70 firme »Bofors«, a topovi od 60 mm ili čak i većeg kalibra predloženi su za buduća vozila pešadije.

Međutim, ukoliko bi ugradnja snažnijih topova mogla da doprinese većoj efikasnosti borbenih vozila pešadije kao borbenih vozila, utoliko bi ta vozila bila manje korisna kao transporteri pešadije za dejstva van vozila. Istovremeno, ukrcana pešadija doprinosi da vozilo bude manje efikasno kao borbeno vozilo, zbog toga što prostor potreman za prevoz pešadije doprinosi povećanju dimenzija vozila koje je sada lakše pogoditi. Koliko su smešne velike dimenzije borbenih vozila pešadije koje su već postignute, govori primer američkog eksperimentalnog vozila CVAST (Combat Vahicle Armament System Technology) koje se sastoji od šasije borbenog vozila pešadije M2 »Bradley« sa novom kupolom u koju je ugrađen automatski top »Talon« 35 mm. Visina vozila do vrha kupole je znatno veća nego kod bilo kojeg borbenog tenka danas u naoružanju.



Sl. 3 — Maketa u punoj veličini švedskog vozila pešadije »Stridsfordon 90« sa dvočlanom kupolom i topom 40 mm L/70 firme »Bofors«

Neki tvrde da pešadija ukrcana u borbeno vozilo pešadije može da doprinese njegovoj efikasnosti kao borbenog vozila otvaranjem vatre za neutralisanje, ali je esikasnost takve vatre pod velikim znakom pitanja. Inače, pešadija u vozilu koje dejstvuje kao borbeno vozilo predstavlja nešto više od potencijalnih ranjenika.

Zbog svega toga, borbena vozila pešadije su na granici da budu neefikasna i kao transporteri pešadije i kao borbena vozila. Štaviše, vrlo je teško da se ta vozila upotrebe za zadatke za koje su namenjena zbog neizbežnog konflikta između pravaca kretanja na bojištu za taktičke potrebe prevoženja pešadije do njihovih ciljeva kada se koriste kao oklopni transporteri i pravaca kretanja kao borbenih vozila kada treba da nađu pogodne položaje za napad na ciljeve svojim naoružanjem.

Sve to govori proiv kocepta borbenog vozila pešadije i u korist prenošenja njegove uloge na druga vozila, a u tom pogledu već je nešto urađeno. Na primer, KoV Holandije nije dodao protivoklopne vođene projektile na osnovnu verziju svog borbenog vozila pešadije YPR-765. Umesto toga, on je te projektile ugradio na posebno vozilo. Isto tako je postupio i KoV Francuske ugradnjom protivoklopnih vođenih projektila na posebno vozilo, umesto na borbeno vozilo pešadije AMX-10 P. Slično je i KoV Velike Britanije postupio i ne namerava da ugradi protivoklopne vođene projektile na osnovnu verziju svog borbenog vozila pešadije MCV-80.

Najinteresantniji su najnoviji planovi KoV Nemačke koja je postala vodeći pristalica koncepata ugrađenih u borbena vozila pešadije. Prema tim planovima buduća nemačka borbena vozila pešadije neće više biti naoružavana protivoklopnim vođenim projektilima, a neprijateljske tenkove će napadati druga, više specijalizovana protivoklopna vozila. Štaviše, osnovna namena budućih borbenih vozila pešadije biće brzo prevoženje pešadije i pod maksimalnom zaštitom. Ta vozila će i dalje biti naoružana automatskim topom, ali će u svakom vozilu biti i po pet pešaka-strelaca za dejstvo van vozila.

Teža oklopna zaštita

Naglašavanje bolje oklopljenosti budućih vozila pešadije u nemačkim planovima pokazuje šta treba da bude poboljšano u njihovoj konstrukciji.

Već je nešto i urađeno na polju poboljšanja oklopne zaštite borbenih vozila pešadije. Na primer, vozilo AIFV ima bolju oklopnu zaštitu od M113, jer je opremljeno, pored svog osnovnog aluminijumskog oklopa, i čeličnim pločama velike tvrdoće. Isto se odnosi i na »Bradley« M2, a i sama vozila M113 su modifikovana u Nemačkoj, Izraelu i Egiptu dodatnim (applique) oklopom radi poboljšanja zaštite. Ali, postoje potrebe za još boljom oklopnom zaštitom vozila pešadije, posebno ako se od njih očekuje da sadejstvuju neposredno sa tenkovima.

Razlog za to je veliki disparitet koji se povećao između zaštite borbenih vozila pešadije i borbenih tenkova, koji su zaštićeni novim i efikasnijim tipovima oklopa. Zbog toga su borbena vozila pešadije mnogo ranjivija od tenkova nego što je bilo ranije. Štaviše, kod njih postoji mnogo veći rizik da budu uništena ako se koriste agresivno, dakle ispred tenkova. Kolika je opasnost za borbena vozila pešadije da dejstvuju na taj način jasno se videlo po velikim gubicima koja su pretrpela u toku sukoba na Srednjem istoku polovinom osamdesetih godina, kada su obe zaraćene strane pokušale da ih koriste kao borbena vozila.

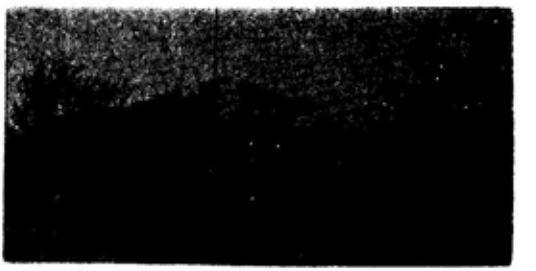
Za uspostavljanje ravnoteže borbena vozila pešadije bi trebalo zaštititi istim oklopom kao i borbene tenkove. Potreba za tim se ukazala još u poslednjoj fazi II svetskog rata, kada su KoV Britanije i Kanade pretvorili jedan broj savremenih borbenih tenkova u improvizovane teške oklopne transportere »Kangaroo«. Prošlo je još 25 godina kada je KoV Britanije razmatrao problem teško oklopljenih transportera koji su trebali biti oklopljeni novim »Chobham« oklopom ali je, na žalost, njihov razvoj napušten, pa je na njihovo mesto došlo vozilo MCV-80.

Krajem sedamdesetih godina KoV SAD razmatrao je razvoj specijalno oklopljenog borbenog vozila pešadije (Special Armour Infantry Fighting Vehicle) koje je trebalo da ima šasiju borbenog tenka M1 »Abrams« i odgovarajući stepen oklopne zaštite, ali je i ovaj razvoj napušten. Međutim, u prvoj polovini osamdesetih godina, zahvaljujući borbenom iskustvu, izraelske OS su revidirale ideju o teško oklopljenim vozilima pešadije pretvaranjem nekoliko njihovih tenkova »Centurion« u takva vozila.

Ma kako da je ideja bila poželjna, svako dobro oklopljeno vozilo pešadije mora da bude i relativno teško. Njegova masa bi prelazila 25 t i zbog toga ne bi bilo opravdano da se takva vozila razmatraju zajedno sa lakim oklopljenim vozilima.

Lakša oklopljena vozila pešadije bi se još uvek morala koristiti za podršku tenkova mada ne toliko agresivno i ne mnogo ispred teško oklopljenih vozila. Njihov opstanak na bojištu bi se mogao poboljšati i da se njegova masa ne povećava beskorisno dodavanjem novih tipova oklopa, uključujući keramičke ploče ili lake oblike eksplozivnog reaktivnog oklopa, a takođe i smanjivanjem visine kao cilja koji predstavljaju neprijatelju. Prostora za smanjivanje visine ima kada se zna da je visina do vrha krova tela vozila borbenog vozila pešadije M2 »Bradley« 1,95 m, vozila MCV-80 — 1,93 m, a ruskog BMP i austrijskog 4K7FA, firme »Steyer«, (sl. 4) samo 1,6 m.

Lakše oklopljena vozila pešadije mogu, takođe, da služe kao osnove za druge tipove vozila koja su ranije po-



Sl. 4 — Austrijsko oklopno borbeno vozilo pešadije na točkovima 4K7FA

menuta. Tu spadaju vozila za lansiranje protivoklopnih vođenih projektila, vozila za elektronsko izviđanje i laka oklopna vozila, koja predstavljaju alternativu korišćenju borbenih vozila pešadije za obavljanje njihove uloge uz prevoženje pešadije. Logistička preimućstva korišćenja zajedničke šasije za nekoliko različitih vozila su očigledna i već su korišćena u nekim slučajevima. Potrebno je, sada, konstruisati i šasije koje predstavljaju zaista dobru osnovu za celu familiju vozila, a ne samo za jednu ili dve varijante.

Oklopni transporteri na točkovima

Većinu funkcija koju obavljaju vozila izvedena od najlakših vozila pešadije na gusenicama mogu, takođe, da obavljaju odgovarajuća oklopna vozila na točkovima. Jedini veliki izuzetak je neposredno sadejstvo sa tenkovima, za što su pešadijskim jedinicama potrebna vozila na gusenicama.

Vozila pešadijskih jedinica koje ne sadejstvuju sa tenkovima nemaju potrebu da se kreću preko istih vrsta zemljišta kao i tenkovi. Umesto toga, takva vozila se, uopšteno govoreći, mogu kretati odabranim i nešto lakšim maršrutama i time se, u znatnoj meri, smanjuju ili, čak, eliminišu nedostaci koji su posledica inferiornosti pri kretanju vozila na točkovima preko mekih zemljišta.

Pored toga, od pešadijskih jedinica se često zahteva da se same kreću, iz jedne u drugu zonu, brzo i na znatne daljine. To zahteva korišćenje postojeće putne mreže, pa su u takvim okolnostima oklopni transporteri na točkovima nadmoćniji u odnosu na vozila na gusenicama, jer troše manje goriva i potrebno im je manje održavanje, a i posada se manje zamara i izdržava mnogo manje vibracije nego u vozilima na gusenicama. Na sl. 5 prikazan je francuski transporter VAB.

Iz sličnih razloga oklopna vozila na točkovima su efikasniji način prevoženja pešadijskih jedinica koje su angažovane u operacijama unutrašnje bezbednosti. Štaviše, u takvom slučaju nije preporučljivo, ako je uopšte i moguće, korišćenje oklopnih transportera na gusenicama iz političkih razloga, jer sva vozila na gusenicama često se poistovećuju sa tenkovima, pa se njihova upotreba može okarakterisati kao instrument agresije, jer su tenkovi, kao takvi, korišćeni u Istočnom Berlinu, Budimpešti, Pragu i drugde.



Sl. 5 — Francusko borbeno vozilo pešadije na točkovima VAB

Inače, vozila pešadije na točkovima ili oklopni transporteri mogu se upoređivati sa vozilima na gusenicama koja su namenjena, prvenstveno, za prevoz pešadije za dejstva peške. Ova vozila imaju iste zahteve i ograničenja što se tiče njihovog naoružanja. Njihova oklopna zaštita je još veći problem, jer je potrebno držati njihovu masu na minimumu. Zbog toga je oklop vozila na točkovima, uopćšteno govoreći, lakši od vozila pešadije na gusenicama.

Ali, uprkos opštim sličnostima, postoje znatne razlike u karakteristikama i performansama oklopnih transportera na točkovima i oni se međusobno razlikuju više nego vozila pešadije na gusenicama. Neka su vozila bolja od drugih u obavljanju njihovih uloga i te varijacije su uzrok nedoumice u pogledu njihovih mogućnosti.

Ove varijacije su posebno evidentne u slučaju njihovih hodnih delova. Na primer, vozila kao što je AT 105 »Saxon« (4×4) u KoV V. Britanije još ima ogibljenje krutih osovina pomoću polueliptičkih lisnatih opruga. Zbog toga je njihovo kretanje preko neravnog zemljišta loše, a pored toga su znatno viša od vozila pešadije na gusenicama, a imaju i mnogo veći pritisak na tlo. Nekoliko oklopnih transportera na točkovima sa krutim osovinama visoko je do 2,25 m do vrha tela, dok je kod vozila AT 105 »Saxon« visina do vrha komandirovog borbenog mesta 2,63 m. Vozila te vrste mogu još uvek da budu korisna za operacije unutrašnje bezbednosti, ali su teško podesna za dejstva na bojištu.

S druge strane, dobro konstruisani oklopni transporter na točkovima sa nezavisnim oslanjanjem može ne samo da se brzo kreće preko nepovoljnog zemljišta, već nije mnogo viši od najboljih vozila pešadije na gusenicama. Tako je vozilo 6×6 »Pandur«, firme »Steyr«, visoko samo 1,81 m do vrha tela, a vozila familije »Piranha« firme »Mowag«, kao i njihovi derivati 8×8 LAV kanadske firme »General Motors«, imaju takođe malu visinu od 1,85 m, dok je novo vozila 6×6 firme »Fiat« 6636 AVH nešto više od 1,90 m.

Zbog malih visina sva ova vozila predstavljaju znatno manje ciljeve za neprijatelja, dok im njihovi hodni delovi omogućavaju da efikasno dejstvuju i na putevima i van njih. Zbog toga su podesna za prevoženje pešadijskih jedinica u različitim situacijama i obezbeđuju čvrstu osnovu za razvoj oklopnih transportera koji su potrebni jedinicama za komandovanje, vezu, sanitet i drugo.

P. Marjanović



tehničke novosti i zanimljivosti

Blizinski upaljač britanske firme »THORN EMI« za raketu »RAPIER 2000«[1]

Britanska firma THORN EMI počela je da proizvodi aktivni infracrveni blizinski upaljač za raketu zemlja-vazduh RAPIER 2000 (Mk IIb) firme BRITISH AEROSPACE. Manja količina upaljača iz probne serije već je isporučena, a jedan deo te količine je iskorišćen prilikom ispitivanja kompletnog sistema bojevim gađanjem.

Novi upaljač ima IC laserski predajnik i četvorokvadratni optički prijemnik povezan sa inteligentnom obradom signala, tako da može da odredi optimalno rastojanje do cilja i inicira aktiviranje rasprsavajuće bojeve glave rakete Mk IIb.

Uspešan početak proizvodnje nadovezuje se na niz isto tako uspešnih probnih gađanja na kojima su, potpuno telemetrijski opremljene rakete sa odgovarajućim upaljačem, ispaljivane na daljinski upravljene vazdušne mete. Probna gađanja su predstavljala poslednju fazu šezdesetogodišnjeg razvojnog programa koji je firma THORN EMI otpočela krajem 1986. godine na osnovu ugovora vrednog 10 miliona funti za razvoj i početak proizvodnje integralnog blizinskog upaljača čije se dejstvo zasniva na aktivnom IC senzoru.

Znatan deo programa zahtevao je razvoj integrisanih kola, projektovanih na uobičajen način, kao i algoritme za obradu signala. Svaki upaljač se sastoji od oko 350 elektronskih komponenti, dok su metode površinske montaže korišćene u velikoj meri za dobijanje što manje zapremine i što manje mase. Specijalno obloženi delovi optičkog uređaja izrađeni su s izuzetno velikom preciznošću, jer se nalaze u oživalnoj glavi projektila.

[1] Prema podacima iz: DEFENCE 1991, oktobar str. 50.

Razvoj protivhelikopterskih mina[2]

U nizu zemalja NATO-a počeo je razvoj protivhelikopterskih mina namenjenih za uništenje ciljeva u vazduhu, u prvom redu borbenih helikoptera koji dejstvuju sa malih visina. Najaktivniji naučnoistraživački i opitno-konstruktor-

[2] Prema podacima iz: ZARUŽBENOE VOENNOE OBOZRENIE 1991, br. 9, str. 75.

ski radovi obavljaju se u SAD, Velikoj Britaniji i Nemačkoj. Kako objašnjavaju zapadni vojni stručnjaci, potreba posedovanja tog kvalitetno novog vida municije uslovljena je potrebom da se suprotstavi masovnoj primeni helikoptera od strane protivnika za borbu protiv tenkova i drugih pokretnih i nepokretnih ciljeva. Pri rešavanju navedenih zadataka helikopteri će dejstvovati, obično, na visinama do 50 m, i odatle iznenadno izlaziti prema cilju, krijući se iza reljefa zemljišta, šumskih masiva i različitih objekata. Postojanje protivhelikopterskih mina će prinuditi helikoptere da dejstvuju sa mnogo većih visina gde se lakše mogu uništiti formacijskim sredstvima trupne PVO. Pretpostavlja se da će se novo oružje koristiti ne samo ručno, već i daljinski pomoću cevne i raketne artiljerije, a takođe i avijacije. Zbog toga će biti moguće minirati zemljište uz aerodrome i površine za sletanje protivnika i na taj način uništavati avione i helikoptere koji poleću ili sleću.

Na savetovanju vojnih stručnjaka NATO- 1988. godine utvrđeni su taktičko-tehnički zahtevi za protivhelikopterske mine. Osobito, predviđa se sposobnost nove mine da pravovremeno otkrije cilj u vazduhu, da ga pouzdano identifikuje i efikasno uništi na visinama 100 do 300 m. Na tome se najaktivnije radi u SAD gde je prvobitno bio zaključen ugovor sa 7 firmi za prethodnu proradu principa dejstva mina. Krajem 1989. godine od predstavljenih projekata odabrana su tri i sa njihovim konstruktorima bili su zaključeni ugovori za izradu eksperimentalnih primeraka mina. Rok završetka radova je septembar 1993, posle čega treba da počne etapa izrade probnih primeraka za operativna ispitivanja.

Danas američke i britanske firme tesno sarađuju u toj oblasti. Kao varijanta sredstava za uništenje razmatra se ubojni elemenat sa IC radio-frekventnim davačem i eksplozivnim punjenjem koje dejstvuje na principu kumulativnog dejstva. Takođe se razmatraju lansirni uređaji koji bi ispaljivali tanku metalnu mrežu na rotore helikoptera.

Niz firmi u Nemačkoj pored toga predviđa korišćenje mina usmerenog parčadnog dejstva, velike površine uništenja, koje su opremljene upaljačem sa različitim senzorima. Jedan od takvih je upaljač HELKIR (tip 204) koji ima akustički i IC senzor. Pomoću prvog se otkrivaju nisoleteći ciljevi a pomoću drugog (posle dobijanja komande o identifikatoru »svoj-tuđ«) se inicira rasprskavajući elemenat koji je u stanju da izbaci iz stroja krakove rotora na daljini do 100 m.

Američka mina »M68 PDM« za sprečavanje gonjenja[3]

Spisku postojećih ubojnih sredstava u KoV SAD dodata je mina za sprečavanje gonjenja M68 PDM (Pursuit Deterrent Munition). PDM je rasprskavajuća protivpešadijska mina koja je dobijena adaptacijom subprojektila kasetnog haubičkog projektila 155 mm. Ova mina za aktiviranje koristi sistem od sedam poteznih žica dužine 6 m koje se same razvijaju posle pada mine na zemlju. Posle aktiviranja mina odskoči uvis od 1 do 2 m, eksplodira i razbacuje protivpešadijsku ubitačnu parčad. Jedan sigurnosni mehanizam aktivira minu ukoliko ne dejstvuje posle određenog vremenskog perioda. Mina PDM ima i spoljni sistem za armiranje. Isporučuju se po dve u jednom pojasu. Januara 1991. počela je proizvodnja prve količine od 9500 mina.

[3] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 9, str. 1019.

Austrijski minoistraživač »AN-19/2«[4]

Za korišćenje u zalivskom ratu od strane firme HANS SCHIEBEL britanske oružane snage su bile naručile nekoliko stotina minoistraživača AN-19/2. Ugovor je predvideo planiranu britansku nabavku. Ovaj minoistraživač je uspešno korišćen na saudijskoj teritoriji.

AN-19/2 se takođe nalazi u opremi austrijskih, kanadskih, holandskih, nemačkih i švedskih oružanih snaga. U neposrednoj budućnosti je narudžbina od jedne neevropske zemlje-članice NATO. Ovaj minoistraživač, koji se stalno poboljšava, prvobitno je konstruisan za švedske oružane snage. Već je korišćen od snaga Ujedinjenih nacija u Libanu i Avganistanu i pokazao je da može da radi i u pustinjskim uslovima.

Nemački sistem za dekontaminaciju »INDECON«[5]

Iz planova za razvoj NBH zaštite u Nemačkoj mogu se izdvojiti sledeći zahtevi u pogledu tehničke opreme:

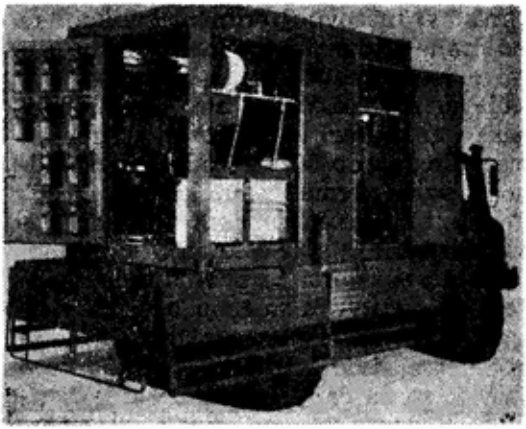
— mobilni, fleksibilIni i autonomni sistemi,

— minimalni logistički troškovi,

— višefunkcionalne mogućnosti korišćenja.

Sistem INDECON je potpuno nova vrsta dekontaminacije, koja se osniva na korišćenju nove generacije bitno poboljšanih ili specijalno razvijenih hemijskih agenasa. Sistem su razvile firme NECO-DELTA, THYSSEN i WAP, a prodaju vrši firma THYSSEN RHEINSTAHL iz Diseldorfa u Nemačkoj.

INDECON agensi su svi, osim jednog, višekomponentni sistemi, koji pokrivaju ceo spektar dekontaminacije (od zračenja, zagađenja i trovanja).



Glavna sredstva za dekontaminaciju su:

— INDECON agens A10: visokoaktivni prah protiv trovanja na bazi hlornog kreča sa aditivima;

— INDECON agens A12: potpuno nova disperzija za dekontaminaciju sa glavnom komponentom hlornim krečom sa aditivima za postizanje tiksotropskih osobina.

Za specijalne dekontaminacione svrhe integrisani su:

— INDECON agens A01: rastvor za dekontaminaciju zračenja na bazi kompleksirajućih hemikalija;

— INDECON agens A11: rastvor jakih baza u organskim rastvaračima uz dodatak jedinjenja aktivnog kreča za brzu dekontaminaciju ili u slučaju nužde i

— INDECON agens A13: specijalni rastvor protiv trovanja u slučaju kontaminacije sa fosfornim organskim jedinjenjima.

Glavni agens za dekontaminaciju, pre svega u slučaju trovanja, je disperzija (A12). Na njemu se prema mišlje-

[4] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 9, str. 1019.

[5] Prema podacima iz: WEHRTECHNIK 1991, br. 12, str. 52.

nju proizvođača mogu prikazati sve prednosti INDECON sistema:

— Princip dejstva zasniva se na fenomenu tiksotropije, koja je postala poznata po tzv. »čvrstim« disperzionim bojama. Tok procesa je: pravljenje disperzije (gel-viskoza)/mešanje i vađenje (tečna solucija)/ nanošenje na kontaminiranu površinu (gel-viskoza).

— Nanose se slojevi debljine oko 5 mm, koji se odmah lepe za bilo kakvu površinu.

— Potrošnja je oko 500 g disperzije/m^2, tj. oko 25 kg po tenku.

— Kontinuiran rad zahvaljujući tome što komplet poseduje dva agregata za mešanje.

— Dekontaminirana vozila su odmah spremna za dejstva. Disperzija može i da ostane na površini i tada predstavlja dodatnu zaštitu od dalje kontaminacije.

— Kasnije — a može i odmah — vozila se čiste pranjem hladnom ili toplom vodom, najbolje pod pritiskom.

— Bojenje disperzije vrši se pigmentima maskirne boje.

— Pravljenje disperzije traje 2—3 minuta.

— Dekontaminacija tenka izvrši se za 3—5 minuta.

Kao što se vidi na slici, ceo komplet se zbog male potrošnje hemikalija i vode može smestiti na kamion, u koji je ugrađeno sledeće: izvor napajanja (dizel 13 kVA), čistač visokog pritiska (850 l/h, maksimalno 80°/80 bara), dva agregata za mešanje sa pumpama za dovođenje i izbacivanje uz ostalu opremu za dejstvo po sredstvu, fiksni tank za vodu (1000 l) i dodatni rezervoari na sklapanje (3000 l), kompletna oprema za dekontaminaciju ljudi, maski i sitnijih predmeta (šator sa tušem i priborom, reciklaža vode), dekontaminacioni agensi za potrebe najmanje jedne osnovne jedinice, kao i ručne pumpe, zaštitna odela, NBH i medicinska prva pomoć, rezervni delovi i ostali pribor.

Britansko terensko vozilo »SUPACAT Mk2«[6]

Britansko vozilo SUPACAT Mk1 je proizvedeno za potrebe britanskog ministarstva odbrane u seriji od 15 komada, od kojih su neka još u upotrebi. Proizvodnja je nastavljena sa verzijom vozila SUPACAT Mk2 (formula pogona 6×6) u količini od 40 komada. Vozilo je projektovano kao pokretna platforma za sve terenske uslove i osnovna namena mu je prevoz ljudstva i opreme. Međutim, taktička namena ovog vozila-platforme je proširena mogućnošću ugradnje lansera za PT projektil MILAN i vuče lakog topa 105 mm.



Proizvodnju vozila je preuzela firma WILLIAMS SARREY ENGINEERING Ltd. da bi se izvršilo predviđeno opremanje britanske armije, ali i da bi se zadovoljile izvorne porudžbine i za potrebe na civilnom tržištu. Firma je proizvela veći broj vozila za prikazivanje i testiranje od kojih se neka ispituju u Severnoj Americi, Srednjem i Dalekom istoku.

Firma je na sopstvenu inicijativu proizvela prototip paletne prikolice-viljuškara, kao priključnog vozila i u toku je ispitivanje u britanskoj armiji. Prikolicom se može obavljati istovar ili utovar i transport tereta na standardnim paletama, a vozilom se može vući

[6] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1991, 2. februar, str. 148.

nekoliko prikolica istovremeno. Ove prikolice su označene sa FLPT i smatraju se posebno korisnim pri dovozu municije helikopterom, pri istovaru i utovaru sve do distribucije trupama na prednjim linijama fronta. Prikolice FLPT kao i vozilo SUPACAT su potpuno prenosive vazdušnim transportom. Prikolica je nosivosti 1 t. Okvir sa viljuškom se zakreće (naginje) 90° zahvata teret (paletu) vraća se u transportni položaj i obrnuto pri istovaru. Prikolica FLPT se može vući i drugim vozilom i »spakovati« pri transportovanju letelicom.

Terensko teretno vozilo »UNIMOG U 2150L« nemačke firme »MERCEDES-BENZ«[7]

Nemačka sirma MERCEDES-BENZ proizvodi terensko teretno vozilo 6×6 UNIMOG U 2150L od 8 t korisne nosivosti, čija je maksimalna masa u opterećenom stanju 1600 kg, dužina 7,10 m, širina 2,5 m, visina do krova kabine 2,59 m ili 3,78 m ako je pokriveno ce-



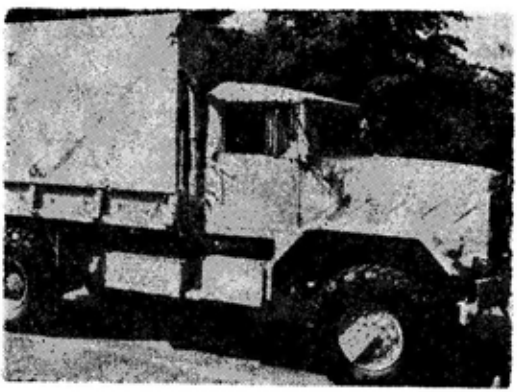
radom i nenatovaren, a klirens (u neopterećenom stanju) 052 m. Njegov dizel-motor OM 366 sa 6 cilindara u liniji, vodenim hlađenjem i turbinskim prehranjivanjem, razvija 157,5 kW pri 2600 min^{-1}. Potpuno sinhronizovan menjač UG 3/65 sa 8 stepeni prenosa za vožnju unapred i 8 stepeni za kretanje unazad, omogućuje raspon brzina od 3 do 90 km/h. Blokiranje diferencijala na svakoj osovini može se uključiti ili isključiti preko pneumatike za vreme vožnje.

Upravljanje vozilom olakšano je pomoću hidrauličkog servo-sistema. Metalna kabina za 3 osobe izolovana je od šuma i visokih temperatura.

[7] Prema podacima iz: DEFENCE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 104, str. 86.

Američko transportno vozilo »BMY«[8]

Odeljenje WHEELED VEHICLES firme BMY proizvelo je novo transportno vozilo formule pogona 4×4. Prototip je prošao trupna ispitivanja u USMC (američke mornaričke jedinice). Ovaj razvoj je tekao paralelno sa razvojem vozila srednje nosivosti koje je razvio američki KoV.



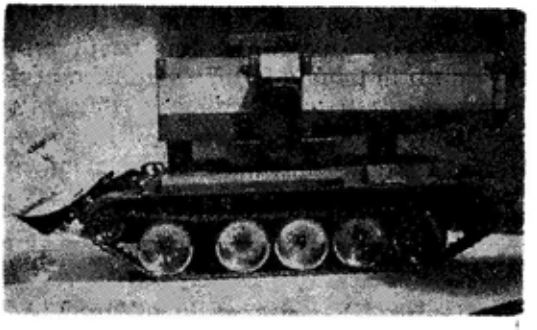
Vozilo je u velikoj meri unificirano sa svojim prethodnikom BMY M939A2 (6×6). Od 90% unificiranih komponenti tu spada i sistem CRPV. Vozilo je takođe predviđeno da se izvozi u veliki broj zemalja.

[8] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1991, 7. decembar, str. 1115.

Osnovne taktičke karakteristike vozila su terenska nosivost 3 t i vuča prikolice mase 7,7 t. Pored standardne opreme tovarnog sanduka (obaranje stranica, arnjevi, cirada) u njega se može smestiti kontejner po ISO standardu. Vozilo je opremljeno riflom i sa 4 šipke koje, kada se montiraju, sačinjavaju ram preko koga se postiže aerotransportabilnost potpuno opterećenog vozila. Za vazdušni transport vozila se može koristiti mornarički helikopter VH-53E ili avion LOCKEED C-130 HERCULES.

Novo češkoslovačko vatrogasno gusenično vozilo[9]

Vojni istraživački institut NOVO JICIN predlaže kao novu koncepciju češkoslovačkog vatrogasnog vozila transporter guseničar sa FLAN kontejnerom. Ova koncepcija omogućava da se na srednjem delu šasije tenka T-55 montira kontejner sa sredstvima za gašenje požara raznih vrsta. Svi priključci i protivpožarni elementi su izvedeni pre-



ma ISO propisima, pa je tako omogućen transport bez ikakvih problema između mesta punjenja i mesta na kome se koristi protivpožarno vozilo. FLAN kontejneri su predviđeni za protivpožarna dejstva pod teškim uslovima, tj. u slučaju havarije u rafinerijama, hemijskim fabrikama, požara na izvorima nafte itd. Oni omogućavaju i upotrebu specijalnih sredstava za gašenje.

Tehnički podaci su: dužina zajedno sa dozerom 7500 mm; dužina bez dozera 6900 mm; visina 3200 mm; širina 3300 mm; masa bez kontejnera 27,5 t; snaga motora 425 kW; preporučljiva brzina 10 km/h van puteva; do 30 km/h na putevima; savlađuje uspone do 30°, a padine do 20°; maksimalna snaga pumpe je 3200 l/min; domet pri gašenju vodom do 80 m. U zavisnosti od veličine kontejnera u njih se može sipati 3500 do 16000 l.

[9] Prema podacima iz: WEHRTECHNIK 1991, br. 10, str. 66.

Digitalni video primopredajni sistem »DVITS« američke firme »HARRIS«[10]

HARRISOV digitalni video primopredajni sistem raspolaže prvim ručnim (hand-held) terminalom za brzi i pouzdani uskopojasni prenos slike. Ovaj terminal je jedini kolor video sistem za prenos slike projektovan za potrebe izviđanja, nadzora i nadgledanja, kao i prikupljanja podataka u otežanim tak-



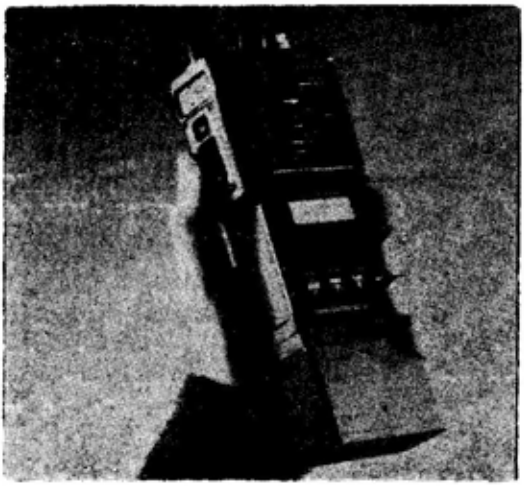
tičkim uslovima. Slike koje se prenose ovim sistemom imaju visoku rezoluciju, a prenos se odvija skoro u realnom vremenu i to bilo preko VF, VVF, TACSAT radio-veza, ili preko telefonske li-

[10] Prema podacima iz: SIGNAL 1991, novembar, str. 31.

nije. Korisnik ima mogućnost izdvajanja pojedinih detalja sa slike, kao i dodavanja teksta. Terminal je opremljen drajvom za video flopi disk i ima ugrađen serijski ton modulator. Uz terminal se koristi digitalna kamera.

Ručna VVF radio-stanica »PRC-624« američke firme »TADIRAN«[11]

Američka firma TADIRAN proizvela je laku ručnu stanicu za VVF opseg, PRC-624. U nju su ugrađene dobre osobine većih prenosnih (manpack) radio-uređaja. Proizvođač tvrdi da je stanica po kvalitetu ravna često korišćenom uređaju AN/PRC-77, s tim što masa ovog uređaja ne prelazi desetinu mase AN/PRC-77. Uređaj obezbeđuje potpuno pokrivanje VVF frekvencijskog



područja od 30 do 88 MHz, pri čemu je ostvarena potpuna kompatibilnost kako sa uređajima stare, tako i sa uređajima nove generacije. Vrsta prenosa zastupljena u PRC-624 je analogna FM. Uređaj takođe ima mogućnost biranja neometanih kanala.

[11] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1991, 5. oktobar, str. 633.

Ručni VVF radio-uređaj belgijske firme »BAMS«[12]

Belgijska firma BAMS proizvela je atraktivan ručni VVF radio-primopredajnik. Primenjena je moderna tehnologija površinske montaže sa hibridnim kolima posebne namene. Konstrukcija uređaja je kompletno modularna, što ga, uz ugrađenu funkciju samotestiranja, čini vrlo pogodnim za održavanje.



Ovom ručnom radio-stanicom može se ostvariti analogni i digitalni prenos govora, kao i prenos digitalnih podataka. Uređaj ima ugrađenu kriptozaštitu i vrlo je lak za rukovanje. Ima osam programiranih kanala koji se vrlo lako programiraju i u terenskim uslovima, bilo pomoću jednostavne tastature sastavljene od tri tastera ili automatski, pomoću punjača ključeva.

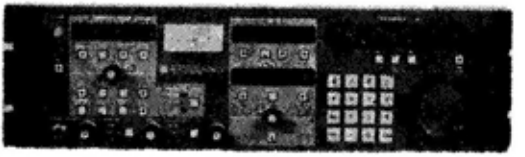
Digitalni VF prijemnik »WJ-8711« američke firme »WATKINS-JOHNSON«[13]

WJ-8711 je digitalni VF prijemnik koji pokriva frekvencijsko područje od 5 kHz do 30 MHz u koracima po 1 Hz.

[12] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1991, 30. govembar, str. 1050.

[13] Prema podacima iz: SIGNAL 1991, novembar, str. 8.

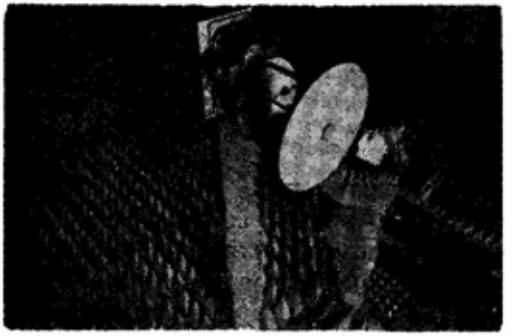
Prijemnik ima širok dinamički opseg, tipično 30 dBm. Digitalno filtriranje obezbeđuje pet ili više međufrekvencijskih opsega do 16 kHz širine. Ovaj prijemnik se odlikuje brzim skaniranjem memorisanih kanala. Broj memo-



risanih kanala je 100. U prijemniku se primenjuje izbeljivanje šuma. Za daljinsko upravljanje prijemnikom može se koristiti RS-232 ili CSMA daljinski kontroler. Opcionalno se uz prijemnik može dobiti i suboktavni preselektor.

Nova klasa mikrostrip antena razvijena u »GEORGIA TECH RESEARCH INSTITUTE« u Americi[14]

Inžinjeri GTRI (Georgia Tech Research Institute) razvili su novu klasu mikrostrip antena u kojoj su kombinovane



širokopojasne karakteristike tipične spiralne i sinusne antene sa mogućnošću površinske montaže, sa visokom efikasnošću i niskom cenom mikrostrip antena. U ovoj klasi antena kombinovane su dve različite tehnologije: tehnologija širokopojasnih i tehnologija mikrostrip antena, tako da nova klasa poseduje dobre osobine i jednih i drugih. Mikrostrip antene su obično uskopojasne, ali je GTRI opseg nove klase antena proširio za oko 500 do 600%. Nova antena nije baš tako širokopojasna kao što su to CBSA (cavity-backed spiral antena), ali, u odnosu na njih, ima daleko bolju efikasnost. Spiralne antene izrađuju se od materijala koji imaju velike gubitke, ali zauzvrat omogućavaju dobru širokopojasnost. Zbog velikih gubitaka, efikasnost ovih antena je skromna (manja od 50%). Nova antena ima jednostavnu izradu. Izrađuje se od lakih provodnih materijala, kao što je bakar, lako se prilagođava zakrivljenim površinama i vrlo lako montira na vozila. Efikasnost nove antene je nešto ispod efikasnosti mikrostrip antena, ali je daleko iznad efikasnosti spiralnih (širokopojasnih antena). Uz to, postignuta je dobra širokopojasnost, tako da antena može da posluži u više različitih sistema koji postoje u istom vozilu.

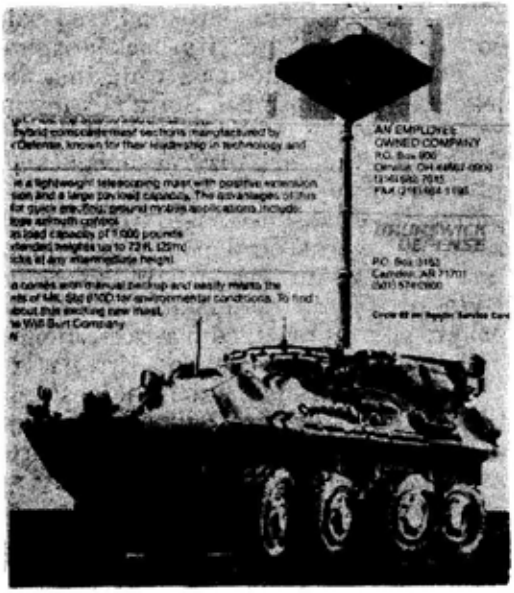
Teleskopska jarbol antena »STILETTO« američke firme »WILL BURT«[15]

Američka firma WILL BURT kreirala je novu tehnologiju i inovirala teleskopski jarbol antenu STILETTO. Ovaj jarbol antena koristi jedinstven mehanizam koji obezbeđuje veću trajnost i veću fleksibilnost. Za izradu sekcija teleskopskog jarbola korišćen je hibridni karbon/siberglas materijal koji je razvila takođe američka firma BRUNSWICK DEFENSE. Tako je dobi-

[14] Prema podacima iz: DEFENCE ELECTRONICS 1991, maj, str. 64.

[15] Prema podacima iz: SIGNAL 1991, novembar, str. 32.

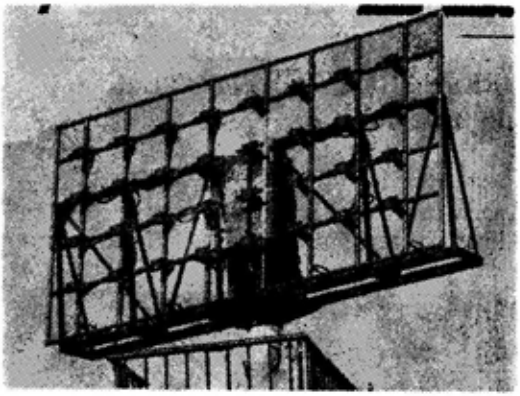
jena laka teleskopska jarbol antena sa pozitivnom ekstenzijom i retrakcijom i visokom izdržljivošću na opterećenje. Antena se odlikuje brzim podizanjem, preciznom kontrolom azimuta i izdržljivošću na opterećenja do 500 kg. Antena dostiže dužinu od oko 22 m, ali



se može postaviti i na bilo koju manju visinu. Antena STILETTO se kupuje sa rezervnom opremom za ručno upravljanje i zadovoljava zahteve iz standarda MIL Std 810D.

niza u UHF opsegu frekvencija. Na izložbi u Parizu, gde je i prikazan ovaj prototip, objašnjeno je da je UHF opseg frekvencija izabran sa ciljem da se zadovolji osnovni taktički zahtev i omogući otkrivanje nevidljivih aviona.

Naime, na nižim frekvencijama, kao što je V/UHF opseg, teško se postiže prigušenje energije reflektovanog signala do nivoa radarskog šuma kako bi primenom sada raspoloživih apsorpcionih materijala avion postao nevidljiv za radar. Pri sadašnjoj tehnologiji zaštite od radarskog izviđanja nevidljivih aviona, a koja je zasnovana na posebnoj geometriji i primeni radarskog apsorpcionog materijala, debljina ovog materijala je znatno manja od talasne dužine emitovanog radarskog signala, pa je efekat prigušenja zanemarljiv.



Italijanski radar za otkrivanje nevidljivih aviona[16]

Italijanska firma ELETTRONICA završila je razvoj i počela proizvodnju trodimenzionalnog radara sa antenom realizovanom na bazi planarnog faznog

S druge strane, radari u V/UHF opsegu frekvencija se teško mogu uništavati protivradarskim raketama pošto je tačnost navođenja rakete na cilj, na radar u ovom slučaju, ograničena veličinom antene u raketi.

Tokom osamdesetih godina francuska vladina organizacija DRET u saradnji sa firmom THOMSON-CSF, vršila je eksperimente sa sličnim radarom. Skoro u isto vreme, američko vazduho-

[16] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 8. str. 871.

plovstvo je investiralo u razvoj UHF radara, ali se odustalo od njegove proizvodnje.

Vizuelni trenažer »BT 61« švedske firme »SAAB«[17]

Švedska firma SAAB TRAINING SYSTEMS razvila je vizuelni trenažer BT 61 za korišćenje u zatvorenoj prostoriji, namenjen specifičnoj obuci na protivoklopnim sredstvima. Ovaj sistem je vrlo pogodan za periodičnu nastavu sa ograničenim vremenom, naročito za osvežavanje znanja ili obuku rezervista za vreme vikenda. Prenosni tip BT 61 zasnovan je na video tehnici kojom upravlja kompjuter.



Trenažer sadrži dve glavne komponente: mesto instruktor/kompjuter i kompleks interfejsa sa oružjem (čiji se nišan za simulaciju postavlja ili superponira na nišan oružja). Numerisane slike bojnog polja sa objektima generisanim od kompjutera, projektuju se na minijaturni ekran video-monitora nišana za simulaciju. Kretanja na slikama programirana su tako da pružaju vrlo realističan scenario. Realno vidno polje zavisi od tipa oružja i stepena uveličanja u simuliranom nišanu.

Upotrebivši stvarno oružje, učenik ispaljuje jedan simulirani hitac (ili raketu) posle izbora cilja. Trajektorija, vreme leta i koordinate simuliranog projektila tačno odgovaraju realnom projektilu korišćenog oružja. Na ekranu se, zatim, generiše realistička slika udara u cilj.

Mesto instruktora koristi se preko dva monitora: jedan distribuira slike u nišan nišandžije, a drugi podatke, instrukcije i opcije.

Aktuelna primena ovog trenažera odnosi se na bestrzajno oružje CARL-GUSTAV i protivoklopnu raketu TOW.

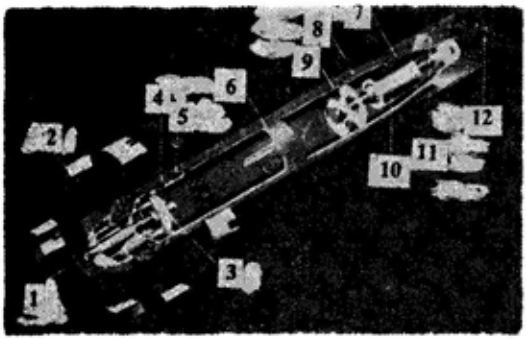
Vežbovni torpedo »HOTTORP« američke firme »ALLIANT TECHSYSTEMS«[18]

Vežbovni torpedo HOTTORP američke firme ALLIANT TECHSYSTEMS namenjen je za obuku u manipulisanju pripremanju, lansiranju i spasavanju lakih torpeda. Budući da ima sve karakteristike lakog borbenog torpeda, on obezbeđuje vrlo realističku obuku, sa ograničenim troškovima (300 $ za svaku ponovnu upotrebu) i bez rizika. Izrađen od aluminijumske legure sa kadmijumskom oblogom, ovaj torpedo ima masu 230 kg (±4 kg), dužinu 2591 mm (±0,5 mm) i prečnik 325 mm. Može se lansirati iz helikoptera (maksimalna dubina uranjanja 37 m) ili iz torpednih ce-

[17] DEFENCE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 106, str. 90.

[18] DEFENCE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 107, str. 88.

vi površinskih brodova (maksimalna dubina uranjanja 23 m). Udar u vodu aktivira dvojni mehanizam koji odbacuje 6 tereta od 11,5 kg na dubini 11 m, dozvoljavajući torpedu da ispliva na površinu i da lebdi vertikalno (deo izdignut nad vodom 25 do 30 cm). Pod uticajem morske vode od torpeda se odvaja kontejner napunjen materijom za bojenje, koja označava njegov položaj u moru. Ako torpedo ne bude spasen u roku od 24 časa, on tone na dno. Tipično spasavanje i ponovno dovođenje u upotrebno stanje traje manje od 60 minuta.



1 — pokretač za otpuštanje masa; 2 — otpuštanje masa (6); 3 — vodonepropusni odsek; 4 — ventil potapanja; 5 — kontejner sa materijom za bojenje; 6 — pokazivač sa tečnim kristalom; 7 — odsek za upravljanje vatrom; 8 — baterija sa morskom vodom; 9 — čep otvora za punjenje gorivom; 10 — pokretno pričvršćeni balasti; 11 — nepokretni stabilizatori; 12 — propeleri (sa vetrenjačom)

Predviđeno je da HOTTORP može da izdrži 150 lansiranja. Radove na održavanju ovog torpeda potrebno je obavljati posle svakih 10 lansiranja.

Američki automatizovani robotski sistem u procesu proizvodnje vazduhoplovnih konstrukcija[19]

Američke firme LTV AEROSPACE i DEFENSE rade na definisanju proizvodnih zahteva za »nevidljivi« bombarder B-2, u cilju razvoja velikog kompjutera koji treba da upravlja robotskim sistemima za automatizovano bušenje i pričvršćivanje elemenata vazduhoplovnih konstrukcija od kompozitnih ili metalnih materijala. Sklopovi komponenti jednog aviona tipično učestvuju skoro 50% u ukupnoj ceni rada, tako da automatizacija njihove izrade predstavlja vrhunski prioritet u proizvodnji savremenih vazduhoplova.

»Robotika za veliki sklop« RMA (Robotics for Major Assembly) koji su razvile LTV AEROSPACE i DEFENSE'S AIRCRAFT DIVISION, je automatizovani robotski sistem u pet osa za obavljanje proizvodnih operacija bušenja i pričvršćivanja na velikim delovima vazduhoplova vrlo složenog oblika, sastavljenih od kombinacije kompozitnih materijala i podsklopova od aluminijuma ili titanijuma.

Pre uvođenja u upotrebu sistema RMA, sklopovi aviona B-2 intenzivno su izrađivani uz primenu ljudskog rada. Sada se sekcije vazduhoplovnih konstrukcija kruto fiksiraju u sekciju RMA, posle čega kompjuterski upravljani robot, sposoban da se pomera 5,49 m po vertikali i 9,15 m po horizontali, buši rupe i instalira pričvršćivače. Za bušenje kompozitno-metalnih sekcija konstrukcije promenljive debljine, konstruisani su specijalni alati sa sistemom za hlađenje.

[19] DEFENCE 1991, septembar, str. 62.

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 radova.

Članak treba da sadrži uvod, kratak sadržaj, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim proredom). Tekst članka mora biti jezički i stalski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez 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.

REDAKCIJA