

IZDAJENIU »VOJSKA«, Birčaninova 5,
Beograd**ZA IZDAVAČA**

NAČELNIK NIU »VOJSKA«

STANOJE JOVANOVIĆ, pukovnik
(telefoni: 645-786, 29-189 i 29-187)**UREĐIVAČKI ODBOR:**

- General-major
dr JUGOSLAV KODZOPELJIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)
- Pukovnik
mr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.
MT pukovnik
- dr NOVIČA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
- dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika)
- Profesor
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.
- Profesor
dr BORIVOJE LAZIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
dr MILAN SUNJEVARIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
dr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
dr MILOŠ ČOLAKOVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
mr SLOBODAN BURSAC, dipl. inž.
- Pukovnik
MIROSLAV ČOJBAŠIĆ, dipl. inž.
(sekretar Odbora)
- Pukovnik
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
mr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.
- Pukovnik
mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.
- Potpukovnik
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.
- Major
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.

**GLAVNI I ODGOVORNI
UREDNIK**Pukovnik
Miroslav Čojbašić, dipl. inž.
(tel. 646-277, 23-59-133 ili 33-133)Urednik
Major
Stevan Josifović, dipl. inž.
(tel. 23-59-323 ili 33-323)Sekretar redakcije
Kešetović Sadika
(tel. 33-323)

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5,
Pretpлата 642-042 i 22-788, žiro-račun: NIU
»VOJSKA« (za Vojnotehnički glasnik)
40823-849-0-2393 Beograd, Polugodišnja
pretplata: za pojedince — 15,00 dinara.
Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna
štampanija — Beograd, Generala Zde-
nova 40 b.

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

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJEVOJNOTEHNIČKI
GLASNIK**2**

GODINA XLIII • MART—APRIL 1995.

S A D R Ź A J

Dr Svetomir Minić, potpukovnik, dipl. inž.	149	Izbor modela održavanja tehničkih sistema primenom metode višekriterijumske analize ELECTRE II
Sc Marko Andrejić, kapetan I klase, dipl. inž.	156	Prilog planiranju mesečnog rada radionice za tehničko održavanje u združenim taktičkim jedinicama — nastavak —
Vladimir Bukvić, kapetan, dipl. inž. Mr Petar Stanojević, kapetan, dipl. inž.	166	Mogućnosti metodologije planiranja kapaciteta u održavanju
Radoljub Došić, potpukovnik, dipl. inž.	178	Ocena tehničkog stanja ubojnih sredstava na osnovu rezultata kontrolnog ispitivanja
Svetislav Marković, dipl. inž.	188	Analiza uređaja sa otvorenim kolom opterećenja za ispitivanje zupčastih prenosnika
Ljubiša Marković, dipl. inž. Mr Predrag Petrović, dipl. inž.	194	Simulacioni model za određivanje upotrebnog kvaliteta komponenata dizel-motora
Millć Milićević, kapetan, dipl. inž.	200	Analiza otkaza dizel-motora metodom stabla otkaza
Mr Branislav Todorović, dipl. inž. Dr Milan Šunjevarić, pukovnik, dipl. inž.	214	Principi generisanja referentnih signala u radio-uređajima
Ivan Miletić, dipl. inž. Zoran Veljković, dipl. inž.	232	Procena srednje verovatnoće pogrešne detekcije binarnog simbola u prisustvu prostoperiodičnog signala smetnje
Mr Ljubislav Vasin, major, dipl. inž.	237	Savremene tehnologije transporta

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

P. Marjanović	249	Stanje i perspektive razvoja borbenih izviđačkih vozila
P. Marjanović	255	Samohodni protivoklopni top KENTAUR B1
P. Marjanović	256	Protivavionski raketni sistem TOR (TOR-M1)
P. Marjanović	259	Strateški bombarder Tu-22M3
P. Marjanović	261	Jurišni avion Su-25
P. Marjanović	265	Raketne krstarice klase SLAVA
P. Marjanović	269	Brodski radar PILOT

Dr Svetomir Minić,
potpukovnik, dipl. inž.

IZBOR MODELA ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA PRIMENOM METODE VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE ELECTRE II

Uvod

Koncepcija sistema održavanja tehničkog sistema može da se realizuje u više varijanti, odnosno, primenom različitih modela održavanja [1].

Svaki primenjeni model održavanja daje, kao rezultat, određene izlazne operacione karakteristike, relevantne za optimalno upravljanje procesom održavanja. Na primer, jedan model daje minimalne troškove, drugi maksimalnu gotovost sistema ili optimalni nivo nekih drugih izlaznih karakteristika, itd.

Postupak upoređivanja različitih modela održavanja vrši se po različitim kriterijumima tehničkog i ekonomskog karaktera, a sam postupak izbora najboljeg modela svodi se na više kriterijumski problem [2, 3].

Razrađena je metodologija za izbor najboljeg matematičkog modela iz skupa modela — DMPOPS¹⁾ [5], a postupak izbora modela realizovan je kroz sledeće korake:

— definisani su matematički modeli (varijante) održavanja,

— modeli su opisani preko kriterijumskih vrednosti,

— izvršeno je rangiranje modela metodom višekriterijumske analize (VKA) ELECTRE²⁾ II, simulacijom na elektronskom računaru,

— izbor najboljeg modela izvršen je na osnovu rezultata simulacije.

Kriterijumi za vrednovanje modela održavanja

Osnovne karakteristike kriterijuma koje su bitne za višekriterijumsko rangiranje varijanti (modela) održavanja su [7]:

— broj kriterijuma je reda veličine deset,

— kriterijumi se, u načelu, izražavaju kvantitativno, a izuzetno se neki od njih mogu izraziti kvalitativno,

— postoje dve vrste kriterijuma: kriterijumi vezani za efektivnost sistema i kriterijumi vezani za ekonomičnost sistema. Kriterijumi iz ovih grupa su kontradiktorni (poboljšanje jednih dovodi do pogoršanja drugih),

— između kriterijuma postoje međusobne zavisnosti,

¹⁾ Dinamički model preventivnog održavanja prema stanju.

²⁾ Elimination and Choice Translating Reality.

— kriterijumi imaju različite jedinice mere i dijapazone vrednosti. Neki su neimenovani brojevi, kreću se između 0 i 1 (ili od 1 do 9), a neki se izražavaju u određenim jedinicama, npr. troškovi u novčanim jedinicama ili vreme održavanja u časovima,

— postoje kriterijumi kod kojih veća vrednost kriterijuma predstavlja bolje rešenje i označava se sa (+) i kriterijumi kod kojih manja vrednost kriterijuma predstavlja bolje rešenje i označava se sa (—).

Posle izbora kriterijuma za rangiranje modela održavanja potrebno je izvršiti njihovu operacionalizaciju (stvoriti merila) za vrednovanje generisanih varijanti održavanja, tj. za njihovo međusobno upoređivanje i rangiranje.

Određivanje relativnih važnosti kriterijuma

Dosadašnje iskustvo pokazuje da se ceo postupak određivanja relativnih važnosti kriterijuma zasnivao, uglavnom, na ekspertnim procenama. Iako metod ekspertnih procena ima određene nedostatke, ipak je najprihvatljiviji način određivanja relativnih važnosti kriterijuma [7].

Kada se radi o određivanju relativnih važnosti kriterijuma obično postoji teškoća da se stav eksperta iskaze brojevima koji govore koliko više informacija o posmatranim varijantama daje jedan kriterijum u odnosu na drugi.

Jedan od mogućih načina numeričkog poređenja kriterijuma je tzv. metod parne ocene superiornosti (ili inferiornosti) dva kriterijuma (brojevi od 1 do 9), koji se sastoji u sledećem [7]:

— ukoliko su dva kriterijuma jednake važnosti, ocena njihovog relativ-

nog značaja (intenzitet važnosti) jeste broj 1,

— intenzitet važnosti 3 znači da postoji slaba važnost jednog kriterijuma u odnosu na drugi,

— bitna ili jaka važnost jednog kriterijuma (u odnosu na neki drugi) ocenjuje se sa 5, što znači da je jednom kriterijumu dat veliki prioritet,

— intenzitet važnosti 7 predstavlja zaključnu ocenu da je jedan kriterijum važniji od drugog (demonstrira važnost),

— apsolutna važnost predstavlja ocenu 9, po kojoj je važnost jednog kriterijuma u odnosu na drugi najveća,

— parne vrednosti intenziteta važnosti (2, 4, 6 i 8) predstavljaju međuvrednosti između dve susedne ocene i one se koriste kada je potrebno postići kompromisno rešenje.

Hipotetički primer za izbor modela održavanja

U dinamičkom modelu definisani su matematički modeli održavanja koji se primenjuju na nivou sastavnih elemenata motornog vozila [5]. Svaki model, kao rezultat, daje određenu gotovost, određenu vrednost pogodnosti održavanja, kao i određena vremena i troškove održavanja.

I u situaciji kada se za određeni element sistema može primeniti bilo koji model, postavlja se problem izbora najboljeg. Ovaj problem rešava se metodom višekriterijumske analize, tako što se rangiraju modeli održavanja na osnovu kriterijumskih vrednosti koje su pridružene svakom modelu, a zatim se izabere model koji je prvi na rang-listi, odnosno najbolji prema izabranim kriterijumima.

Tabela 1

Modeli održavanja (varijante) koji se rangiraju metodom VKA ELECTRE II

Varijanta	OZNAKA MODELA (VARIJANTE)	NAZIV MODELA ODRŽAVANJA
V ₁	POPS _{ppsd}	POPS* sa diskretnom proverom parametara stanja
V ₂	POPS _{ppsk}	POPS sa kontinualnom proverom parametara stanja
V ₃	POPS _{knp}	POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti
V ₄	MINTRO	Preventivno održavanje »po vremenu« na osnovu kriterijuma minimalnih troškova
V ₅	MAXGOT	Preventivno održavanje »po vremenu« na osnovu kriterijuma maksimalne gotovosti
V ₆	MODKO	Korektivno održavanje
V ₇	KOD	Kombinovano održavanje

* Preventivno održavanje prema stanju.

Skup matematičkih modela održavanja, koji su definisani u dinamičkom modelu POPS [5], označeni su kao skup varijanti $V = V_1, \dots, V_7$ koje treba rangirati (tabela 1). Skup kriterijuma $K = K_1, \dots, K_9$ na osnovu kojih su rangirane specificirane varijante (modeli održavanja), kao i koeficijenti njihovih relevantnih važnosti (ponderi) prikazan je u tabeli 2.

Prikazan je hipotetički primer u kojem je svaki model održavanja opisan sa 9 kriterijuma od kojih su 6 tehnički kriterijumi: gotovost, pogodnost održavanja, srednje vreme otkaza, srednje vreme korektivnog i preventivnog održavanja i srednje vreme zastoja u radu, a 3 su ekonomski kriterijumi: troškovi rezervnih delova, troškovi rad-

ne snage i troškovi ulaganja u opremu (instrumente i uređaje). Za potrebe međusobnog upoređivanja varijanti, odnosno modela održavanja, moguće je predložiti i druge kriterijume i za njih izgrađena merila [9, 10].

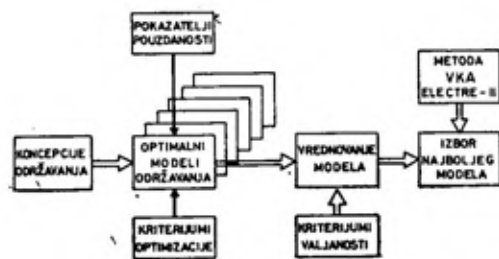
Posle izbora kriterijuma za rangiranje modela održavanja, vrši se njihova operacionalizacija (stvaraju merila) za vrednovanje definisanih modela održavanja, tj. za njihovo međusobno upoređivanje i rangiranje.

U hipotetičkom primeru, relativne važnosti kriterijuma (ponderi) i vrednosti kriterijuma za pojedine modele održavanja određeni su kao lično ekspertno mišljenje autora. Ove vrednosti imaju smisao projektovanih podataka o valjanosti modela održavanja, koje se u toku održavanja motornog vozila u praksi mogu uporediti sa stvarno realizovanim vrednostima kriterijumskih funkcija valjanosti modela održavanja, prikupljenim i obrađenim u informacionom sistemu održavanja. Ovakve uporedbe i analiza mogu poslužiti za usvršavanje modela optimizacije, odnosno za analizu pokazatelja efektivnosti primenjenih modela održavanja.

Rangiranje modela održavanja primenom metode ELECTRE II

Nakon vrednovanja modela održavanja sa više kriterijumskih funkcija, potrebno je doneti odluku o tome koji je model najpovoljniji prema izabranim kriterijumima.

S obzirom na nemogućnost vrednovanja modela održavanja jednim kriterijumom — pokazateljem valjanosti modela održavanja, nameće se problem postojanja više različitih kriterijuma. Da bi izbor kriterijuma bio objektivan, potrebno je primeniti neku od metoda višekriterijumske analize (VKA). Postupak izbora najboljeg modela održavanja, primenom metode ELECTRE II, prikazan je na sl. 1.



Sl. 1 — Postupak izbora najboljeg modela održavanja primenom metode VKA ELECTRE II

Ova metoda ima sledeće prednosti [6, 7, 10]:

— broj varijanti i kriterijuma za njihovo ocenjivanje je neograničen,

— moguće je kvalitativno i kvantitativno izraziti vrednosti kriterijuma na osnovu kojih se rangiraju varijante,

— ne zahteva prethodnu analizu međuzavisnosti kriterijuma (koji su u slučaju modela održavanja povezani, kao npr. srednje vreme zastoja u radu i gotovost ili srednje vreme korektivnog održavanja i troškova rezervnih delova),

— omogućava da se svakom kriterijumu pridruži subjektivno određen koeficijent relativnih važnosti,

— mogu se menjati relativne važnosti kriterijuma i obaviti analiza osetljivosti rešenja na ove promene.

Matematička formulacija metode ELECTRE II

Kada je zadat skup varijanti $V = \{v_1, \dots, v_i, \dots, v_n\}$ i skup kriterijuma $K = \{k_1, \dots, k_j, \dots, k_n\}$, tada je za

Tabela 2

Kriterijumi za rangiranje modela održavanja metodom VKA ELECTRE II

Kriterijum	Oznaka kriterijuma	Naziv kriterijuma	Uticaj kriterijuma	Relativna važnost kriterijuma (PONDERI)
K_1	G	Gotovost	+	9
K_2	$P_0(t)$	Pogodnost održavanja	+	7
K_3	MTBF	Srednje vreme između otkaza	+	9
K_4	t_{ok}	Srednje vreme korektivnog održavanja	+	7
K_5	t_{op}	Srednje vreme preventivnog održavanja	—	7
K_6	t_z	Srednje vreme zastoja u radu	—	5
K_7	C_{rd}	Troškovi rezervnih delova	—	7
K_8	C_{rs}	Troškovi radne snage	—	3
K_9	C_0	Troškovi ulaganja u opremu	—	3

i dodeljivanje različitih relativnih važnosti (pondera) pojedinim kriterijumima,

svaki kriterijum k_j moguće konstruisati orijentisani graf $G_j = (V, U_j)$ čiji skup čvorova V predstavlja varijante, a skup

Rezultati simulacije izbora modela održavanja metodom ELECTRE II: varijante, kriterijumi i pripadajući rang

Varijante	KRITERIJUMI									Rang
	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	
V 1	1,00	0,98	1300,00	30,00	10,00	20,00	300,00	900,00	900,00	2
V 2	1,00	0,99	1500,00	0,00	10,00	10,00	400,00	1000,00	1000,00	1
V 3	1,00	0,96	1000,00	70,00	30,00	60,00	200,00	700,00	800,00	4
V 4	1,00	0,96	900,00	50,00	20,00	40,00	200,00	400,00	200,00	4
V 5	1,00	0,97	1300,00	40,00	20,00	40,00	800,00	400,00	200,00	3
V 6	0,99	0,94	700,00	100,00	0,00	100,00	1000,00	0,00	0,00	7
V 7	1,00	0,95	900,00	40,00	10,00	50,00	500,00	500,00	400,00	5
Ponderi	9,00	7,00	9,00	-7,00	-7,00	-5,00	-7,00	-3,00	-3,00	

Indeks saglasnosti $a = 0,50$ Indeks nesaglasnosti $b = 0,30$

orijentisanih grana U_j prikazuje relaciju preferencije varijanti [6, 7]:

$$(v_i, v_r) \in U_j \Leftrightarrow k_{ij} \geq k_{rj}; \quad \begin{matrix} j=1, 2, \dots, n \\ i, r=1, 2, \dots, m \end{matrix} \quad (1)$$

tako što ($\geq$) ima značenje da je varijanta v_i bar tako dobra kao i v_r po kriterijumu k_j .

Presekom grafova G_j dolazi se do osnovnog grafa preferencije $G_0 = (V, U_0)$ u kojem je skup grana U_0 određen izrazom:

$$U_0 = \bigcap_{j=1}^m U_j \quad (2)$$

Osnovni graf G_0 daje jedan, često nepotpun, poredak varijanti, pa njihovo rangiranje još nije moguće. Dodatne informacije potrebne za rangiranje varijanti dobijaju se formiranjem tzv. matrice saglasnosti C i matrice nesaglasnosti D , odnosno na osnovu indeksa nesaglasnosti. Ovi indeksi označavaju kvantitativne mere saglasnosti, odnosno nesaglasnosti da se varijanta v_i može rangirati ispred v_r , u smislu svih kriterijuma istovremeno. Matematički postupak izračunavanja elemenata matrice saglasnosti i nesaglasnosti dat je u [6, 7].

Pošto potpuni poredak varijanti najčešće nije moguć sa punom saglasnošću i bez nesaglasnosti, definišu se prag saglasnosti $a_{\min}$ i prag nesaglasnosti $b_{\max}$ tako da za indeks saglasnosti (a) i nesaglasnosti (b) važe odnosi:

$$\begin{aligned} 0 < a_{\min} &\leq a \leq 1 \\ 0 < b &\leq b_{\max} < 1 \end{aligned} \quad (3)$$

Dekrementiranjem saglasnosti i inkrementiranjem nesaglasnosti do vrednosti njihovih pragova $a_{\min}$ i $b_{\max}$ nalazi se graf $G(a, b)$ koji definiše potpun poredak varijanti [6].

Simulacija izbora modela održavanja metodom ELECTRE II primenom računara

Pošto je za rangiranje većeg broja varijanti i kriterijuma postupak primene metode ELECTRE II veoma dug za manuelnu obradu, kompletan postupak proračuna može se programirati na elektronskom računaru. Za proračun metode ELECTRE II razvijen je računarski program »DONOD«, napisan u GWBASIC-u [6]. Za iste potrebe razvijen je i računarski program »ADEL« [9].

Hipotetički primer za izbor najboljeg modela održavanja u ovom radu proračunat je primenom personalnog računara i računarskog programa »DONOD«. Rezultati simulacije dati su u tabeli 3. Prema rezultatima proračuna, prvi na rang-listi je model POPS sa kontinualnom proverom stanja, a zadnji je model korektivnog održavanja, što je i logično s obzirom na odlike ovih modela.

Zaključak

Problem izbora najboljeg modela održavanja prema definisanim kriterijumima i kriterijumskim vrednostima rešen je primenom metode višekriterijumske analize ELECTRE II, podržane raspoloživim računarskim programom.

Pri primeni ove metode posebna pažnja mora biti posvećena problemu određivanja relativnih važnosti kriterijuma, jer se od donosioca odluke zahteva da unapred odredi relativnu važnost svakog pojedinačnog kriterijuma, kao ekspertska procena, na osnovu koje se rangira model održavanja.

Rezultati simulacije pokazuju da model preventivnog održavanja prema stanju sa kontinualnom proverom parametara stanja predstavlja najbolje rešenje, jer se kontinualnim praćenjem

stanja sistema pojava stanja »u otkazu« svodi na minimum. Kod modela korektivnog održavanja, koji je poslednji

na rang-listi, svi elementi posmatranog sistema dostižu svoja granična stanja, tj. stanja »u otkazu«.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: INŽENJERSTVO ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA — MAINTAINABILITY ENGINEERING, JUMV, Beograd, 1993.
- [2] Petrović, R.: SPECIJALNE METODE U OPTIMIZACIJI SISTEMA, Tehnička knjiga, Beograd, 1977.
- [3] Opricović, S.: VIŠEKRITERIJUMSKA OPTIMALIZACIJA, Građevinski fakultet, Beograd, 1986.
- [4] Zeigler, B.: THEORY OF MODELLING AND SIMULATION, The University of Michigan, 1975.
- [5] Minić, S.: DINAMIČKI MODEL PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA PREMA STANJU MOTORNIH VOZILA, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [6] Bračika, N.: METODOLOŠKI PRISTUP ODREĐIVANJU RADNE SNAGE TEHNIČKE RADIONICE PRIMENOM RAČUNARSKI ZASNOVANOG MODELIRANJA, Magistarski rad, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Sarajevu, 1985.
- [7] PROJEKT: USAVRŠAVANJE SISTEMA ODRŽAVANJA TMS KOV OS I SISTEMA SNABDEVANJA REZERVNIM DELOVIMA — ELABORAT: UTVRĐIVANJE PRIMENLJIVOSTI METODA VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE, IZBOR I PRILAGOĐAVANJE METODA NA OSNOVU SPECIFIČNOSTI POKAZATELJA POJEDINIHI PODSISTEMA, Institut »Mihailo Pupin«, Beograd, 1983.
- [8] PROJEKT: USAVRŠAVANJE SISTEMA ODRŽAVANJA TMS KOV OS I SISTEMA SNABDEVANJA REZERVNIM DELOVIMA — IZVEŠTAJ: KRITERIJUM I OGRANIČENJA ZA PRIMENU VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE, Matematički institut, Beograd, 1983.
- [9] PROJEKT: USAVRŠAVANJE SISTEMA ODRŽAVANJA TMS KOV OS I SISTEMA SNABDEVANJA REZERVNIM DELOVIMA — ELABORAT: PRIMENA METODA VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE ZA IZBOR ALTERNATIVNA SISTEMA ODRŽAVANJA REPREZENTATIVNA TMS, Institut »Mihailo Pupin«, Beograd, 1985.
- [10] Barković, M.: ODRŽAVANJE TEHNIČKIH MATERIJALNIH SREDSTAVA U SISTEMU ODRŽAVANJA SA VIŠE NIVOA, Vojnotehnički glasnik, br. 2, Beograd, 1989.

PRIOLOG PLANIRANJU MESEČNOG RADA RADIONICE ZA TEHNIČKO ODRŽAVANJE U ZDRUŽENIM TAKTIČKIM JEDINICAMA — nastavak —

Neposredno planiranje mesečnog rada radionice

Cilj planiranja mesečnog rada radionice je obezbeđenje planskog izvršenja namenskih zadataka radionice za TOd, i optimalno iskorišćenje radio-ničkih kapaciteta, uz ostvarenje visokog stepena organizovanosti, produktivnosti, ekonomičnosti i rentabilnosti poslovanja, efektivnosti i kvaliteta rada, kako bi se obezbedio visok stepen borbene gotovosti jedinice za tehničko održavanje i ZTJ u celini.

Planiranje mesečnog rada radionice za tehničko održavanje zahteva stalno iznalaženje kompromisa u zadovoljenju ograničenja koja mogu biti organizacione i tehnološke prirode.

Planiranje se zasniva na pouzdanim informacijama o TMS (evidencija stanja, utrošeni resursi, normativi vremena za izvršenje pojedinih aktivnosti, odnosno vrsta održavanja, eksploatacioni i vremenski resursi sredstava, i dr.), jedinici za održavanje [kadar — ljudstvo (raspoloživi kapaciteti u NČ, stručna osposobljenost, međusobna zamenjivost i nadopuna na radnim mestima, motivisanost za rad) oprema, radni prostor, tehnička dokumentacija, određeni planovi, TMS, stanje rezervnih delova], korisnicima usluga radionice (angažovanje na zadacima u kasarni i izvan nje, potrebe za angažovanjem stručne radne snage iz radionice

po mogućnosti izražene u NČ) i zahtevima određenih organa komande ZTJ iz domena borbene obuke i vaspitanja ili aktivnosti koje su u njenoj funkciji (po mogućnosti izražene u NČ).

Planiranje mesečnog rada radionice u praksi često predstavlja kompromis između zahteva korisnika usluga radionice i određenih organa komande (koji teže angažovanju radionice, uglavnom, na korektivnom održavanju i vanplanskim aktivnostima koje ne zahtevaju angažovanje stručne radne snage) i zahteva organa tehničke službe (koji teže maksimalnom angažovanju radionice na preventivnom održavanju i aktivnostima koje zahtevaju isključivo angažovanje stručne radne snage).

Upravni organ TSl je osnovni, ali ne i jedini nosilac planiranja mesečnog rada radionice, pa zato sarađuje sa komandirom jedinice za održavanje, korisnicima usluga radionice i organima komande ZTJ.

Planiranjem mesečnog rada radionice za tehničko održavanje usklađuju se potrebe (zahtevi) za održavanjem sa mogućnostima radionice.

Mesečni plan rada radionice mora dati odgovore na pitanja ko, kada, gde i koliko aktivnosti treba da realizuje. Daljom operacionalizacijom ovog plana koju sprovodi komandir jedinice za održavanje na terminske (nedeljne)

planove i terminiranja na dnevne planove, moraju se dobiti odgovori na pitanja s kim, s čim i kako realizovati predviđene zadatke.

Planovi su komplementarni po cilju i obimu, pa zahtevaju tesnu saradnju upravnog organa TS1 i komandira jedinice za održavanje tokom njihove izrade i realizacije.

Pri planiranju mesečnog rada radionice, pored prikupljanja podataka na druge načine, treba maksimalno uvažavati rezultate sa komandantskih pregleda.

Planiranje mesečnog rada radionice je složen proces koji se odvija kroz faze predviđanja, odlučivanja i izradu planova. Među ovim fazama ne postoji hijerarhijski odnos niti potpuna samostalnost u toku njihovog sprovođenja, ali su međusobno uslovljene i utiču jedna na drugu.

Predviđanje

Faza predviđanja predstavlja način određivanja budućih stanja, mogućnosti, pojava, događaja, procesa i načina rada vezanih za rad radionice.

Ona se zasniva na informacijama o stanju radionice, zahtevima korisnika usluga i organa komande, važećim zakonima i analizi uslova funkcionisanja ZTJ i radionice u okviru nje.

U ovoj fazi potrebno je osmisliti mesečni rad radionice u narednom mesecu i obaviti kvalitetne pripreme iz domena organizacije, koordinacije, komandovanja i kontrole, kako bi se vanplanske aktivnosti i organizacioni i tehnološki gubici sveli na što manju meru.

Potrebno je sagledati *ograničenja organizacione i tehnološke prirode* koja utiču na planiranje mesečnog rada radionice i kasniju realizaciju.

Pod ograničenjima *organizacione prirode* podrazumevaju se zahtevi ko-

risnika usluga radionice, ograničenja uslovljena određenim planovima, odlukama, i zahtevima komande ZTJ i viših komandi, zahtevi koji proističu iz godišnjih planova koje izrađuje organ TS1 (ili u čijoj izradi učestvuje) i stvarne mogućnosti radionice.

Pored navedenih planova, u obzir treba uzeti obavezu ispomoći radionice jedinicama u osnovnom održavanju pri vršenju periodičnih pregleda, punjenju i kondicioniranju akumulatora, veštačkom trzanju, proveru veza, praćenju motorizovanih kolona i drugim aktivnostima koje su unapred poznate, jer se ciklički ponavljaju u toku godine, odnosno realizuju u skladu sa određenim planovima.

U ova ograničenja mogu se svrstati i obaveze u realizaciji nerealizovanih aktivnosti iz prethodnog mesečnog plana rada radionice.

Pod ograničenjima *tehnološke prirode* podrazumevaju se ograničenja koja su posledica nužnosti primene, u toku rada radionice, određenih tehnoloških principa i postupaka, normativa, zakonitosti funkcionisanja jedinice za tehničko održavanje i njenih objektivnih mogućnosti.

U ovoj fazi moraju se sagledati problemi planiranja u svim dimenzijama: vreme, čovek, radno mesto, radni prostor, predmeti rada (sredstva koja se održavaju).

Potrebno je identifikovati pokazatelje koji se uzimaju u obzir pri kasnijem upravljanju procesom realizacije mesečnog plana rada: obim poslova, rokove, troškove i kvalitet realizacije poslova.

U ovoj fazi potrebno je sagledati:

- a) mogućnosti radionice,
- b) potrebe za angažovanjem — korištenjem usluga radionice,
- c) adekvatne pripreme (iz domena organizacije, koordinacije, komandovanja i kontrole), za uspešno odvijanje mesečnog procesa rada.

- a) *Sagledavanje kapaciteta (moćnosti) radionice po strukturi radne snage*

Da bi se sagledali kapaciteti radionice, potrebno je znati:

1) broj proizvodnih radnika po strukturi radne snage: vojnika, CL, podoficira koji rade po radnoj listi i podoficira komandira odeljenja,

2) moguće dnevno angažovanje radne snage po strukturi:

- vojnici — 4,5 časa,
- CL — 6,32 časa,
- podoficiri koji rade po radnom nalogu — 6,32 časa,
- podoficiri komandiri odeljenja — 2,25 časova.

3) broj radnih dana u nedelji odnosno u mesecu.

Navedeni podaci potrebni su za proračun bruto-kapaciteta radionice.

Za proračun neto-kapaciteta radionice moraju se uzeti u obzir određeni gubici, odnosno aktivnosti koje se u toku nedelje ili meseca moraju obaviti u jedinici za tehničko održavanje i odsustvovanja sa radnih mesta zbog različitih uzroka, što utiče na raspoložive kapacitete radionice i angažovanje jedinice za tehničko održavanje na stručnim poslovima i zadacima.

Gubici mogu biti *planski*, (mogu se predvideti jer za njih postoji zakonska regulativa) i *neplanski*, (mogu se očekivati, ali se teško mogu kvantificirati i izraziti u norma časovima).

Karakteristični *planski* gubici koji utiču na obim angažovanja radionice na stručnim zadacima su:

- sastanak vojnog kolektiva (u trajanju 1 do 2 časa),
- sastanak voda — samostalnih odeljenja (dva puta mesečno po 1 čas),
- sanitetski pregled (u trajanju 1 do 2 časa),
- sanitetska smotra (nedeljno u trajanju od 1 do 2 časa),

— periodični pregled u jedinici za tehničko održavanje (nedeljno u trajanju od 4 časa),

— sastanak saveta za unutrašnji red i disciplinu (mesečno u trajanju od 1 časa, samo za članove saveta),

— sastanak odbora za kulturno-zabavne delatnosti (mesečno u trajanju od 1 časa, samo za članove odbora),

— stručno — specijalistička nastava (teorijsko — praktična nastava delom za celu jedinicu, a delom po odeljenjima, 1 dan u sedmici),

— fizičko vaspitanje vojnika (1 čas dnevno),

— moralno vaspitanje (periodično informisanje, 2 puta mesečno po 2 časa),

— odsustvovanje sa radnih mesta, po odeljenjima, zbog unutrašnje službe (dežurstvo, požarstvo, straža),

— komandantski pregled u pozadinskom bataljonu (u mesecu kad se izvodi),

- godišnji odmori,
- redovna odsustva vojnika,
- bolovanja,
- zakazana lečenja i dr.

Karakteristični *neplanski* gubici su:

— čekanje na posao zbog nedolaska TMS u radionicu,

— čekanje na posao zbog nedostatka potrebnih r/d,

— pretpraznične i druge manifestacije,

- vanredni sastanci,
- rashodi zbog drugih razloga.

Oduzimanjem planskih i neplanskih gubitaka (ukoliko se na osnovu iskustva i detaljne procene mogu kvantificirati), izraženih u norma-časovima od bruto-kapaciteta, dobijaju se neto-kapaciteti, odn. mogućnosti radionice u norma-časovima. Da bi se dobile stvarne mogućnosti radionice ove kapacitete treba umanjiti za određene gubitke ljudske, organizacione, tehnološke

ke i stručne prirode, dobijene procenom na osnovu iskustva i izražene kvantitativno u norma-časovima. Tek nakon toga dobija se informacija o mogućnostima radionice (u norma-časovima) na osnovu koje se vrši dalje planiranje.

b) *Sagledavanje potreba za angažovanjem radionice*

Da bi se došlo do informacije o potrebi angažovanja radionice na stručnim poslovima, treba uzeti u obzir:

- zahteve korisnika usluga radionice (na osnovu prijava — pregleda TMS koja se predlažu za tehničko održavanje u narednom mesecu, zahteva koje korisnici usluga iznose pri mesečnom planiranju — koordiniranju aktivnosti borbene obuke i vaspitanja, zahteva iznetih na referisanju komandantu i neposrednih zahteva),

- zahteve organa komande i komandanta,

- zahteve koji proističu iz godišnjih planova, koje izrađuje upravni organ TS1, i planova u čijoj izradi sarađuje sa drugim organima (Planovi eksploatacije borbenih i neborbenih vozila i inženjerskih mašina, Plan komandantskih pregleda, i dr.),

- zahteve koji proističu iz obaveze pružanja ispomoći osnovnim jedinicama u osnovnom održavanju (pri vršenju periodičnih pregleda, punjenju i kondicioniranju akumulatora, veštačkom trzanju, proveru veza) i pri realizaciji drugih aktivnosti iz domena borbene obuke i vaspitanja.

Potrebe korisnika usluga radionice obuhvataju, pored navedenog, i zahteve korisnika koji su na proputovanju kroz garnizon u kome je smeštena radionica, odnosno kroz zonu odgovornosti ZTJ, u čijem sastavu egzistira radionica.

Sve ove zahteve treba, uz korišćenje normativa i na osnovu iskustvenih procena kvantificirati i izraziti u norma-časovima.

c) *Pripreme za uspešno odvijanje mesečnog procesa rada*

Pripreme iz domena organizacije imaju za cilj stvaranje uslova koji omogućuju pravilno i efikasno realizovanje odluka, odnosno sprovođenje plana.

Pripreme se realizuju kroz:

- stvaranje motivacije izvršioca, pravilnog reagovanja i interesovanja za rad,

- podizanje odgovornosti i autoriteta komandira u radionici i odgovornosti neposrednih izvršilaca,

- pravilno poveravanje zadataka, naročito složenih, komandirima u radionici.

Karakteristične pripreme iz domena organizacije su:

- upoznavanje ljudstva sa planom rada, ciljevima, obavezama koje iz njega proističu i rezultatima koje treba ostvariti,

- predviđanje mogućih uskih grla u realizaciji Mesečnog plana rada,

- iznalaženje optimalnog načina rada, kako bi se opslužio što veći broj sredstava u toku jednog dana na jednom radnom mestu, naročito tamo gde ima potrebe za angažovanjem većeg broja profila stručne radne snage,

- određivanje normi za sredstva i operacije kojih nema u postojećim normativima,

- iznalaženje načina i forme izrade nedeljnih i dnevnih planova u okviru mesečnog plana rada,

- identifikovanje sredstava na kojima će se pri lakom remontu obim radova poklapati sa obimom radova na tehničkim pregledima, kako se ona ne

bi planirala za tehničke preglede u narednim mesecima u toku godine,

— sagledavanje potrebne opreme, r/d, p/m i r/m za materijalnu podršku mesečnog plana rada (na osnovu propisane tehnologije radova za određene grupe sredstava, iskustva — praćenja intenziteta otkaza), potrebne stručne literature i dokumentacije,

— sagledavanje potrebnog prostora za nesmetano odvijanje radnog procesa i odlaganje — parkiranje sredstava,

— iznalaženje podesnog načina saradnje — obaveštavanja, sa komandirima i komandantima jedinica, radi regulisanja intenziteta pristizanja TMS u radionicu u skladu sa dnevnim mogućnostima radionice, i radi pristizanja kompletnih sredstava u radionicu (sa RAP-om, optičkim instrumentima, tehničkim knjižicama, i dr.) i sa rukovao-cem sredstva, odnosno vozačem, poslugom, posadom,

— na osnovu poznavanja stanja TMS u jedinicama, predviđanje šta da se radi sa sredstvima na kojima se defekcijom ustanovi da imaju neispravnosti čije je otklanjanje iz domena višeg vida održavanja (obezbeđenje potrebnih r/d odnosno sklopova), kako bi se sredstvo što pre popravilo bez čeka-nja na rešenje iz tehničke baze,

— iznalaženje optimalnog načina dnevnog rukovođenja,

— iznalaženje načina rada koji obezbeđuje da civilnim licima početak radnog vremena bude i početak proizvodnog rada,

— iznalaženje načina rada koji obezbeđuje što veći broj *opsluženih* sredstava u toku dana, odnosno što kraće vreme zadržavanja sredstava u radionici na održavanju (paralelan rad više raznih specijalnosti na složenim sredstvima, i dr.),

— sagledavanje potreba i načina za angažovanjem radnika u vanradnom vremenu (npr. u akumulatorskoj stanici) i stvaranje uslova za rad u tom periodu,

— obezbeđenje potrebne radioničke dokumentacije, neophodne za nesmetano odvijanje radnog procesa (radioničke liste, radne liste, LIP-ovi),

— otvaranje radioničke dokumentacije na početku meseca, potrebne za nesmetano odvijanje mesečnog radnog procesa (radioničke liste za ispomoc jedinicama u osnovnom održavanju, čeka-nje na posao i podizanje potrošnog materijala⁷⁾,

— određivanje mesta rada i izvršioca radova⁸⁾ i obaveza koje iz toga proističu,

— priprema izvršioca zadataka (stručna, moralna i materijalno-tehnička),

— izrada plana rezervnog vremena za laki remont,

— iznalaženje najboljeg načina obaveštavanja jedinica o intenzitetu pristizanja TMS u radionicu (preko razglasa, komuniciranjem sa komandirima osnovnih jedinica u prisustvu njihovih komandanata, odnosno komuniciranjem sa komandantima jedinica),

— predviđanje mesta moguće uštede, vremena, novca, r/d, r/m i p/m,

— iznalaženje načina za angažovanje kapaciteta radionice u slučaju neredovnog pristizanja sredstava iz jedinica (nepoštovanja plana),

— predviđanje prioriteta po jedinicama i sredstvima, uvažavajući njihove obaveze i zadatke i značaj pojedinih jedinica i sredstava za njihovu borbenu gotovost,

— iznalaženje načina kontinualnog prikupljanja podataka potrebnih za analizu (kontrolu) realizacije mesečnog plana rada radionice,

— iznalaženje efikasne dnevne organizacije rada, odnosno redosleda od-

⁷⁾ Zahteve za podizanjem potrošnih materijala neophodnih za obezbeđenje borbene obuke i vaspitanja, održavanje i opsluživanje TMS, komandir jedinice za održavanje dostavlja do 24. u mesecu za naredni mesec.

⁸⁾ Prijave za prevoženje, ukoliko se radovi izvode izvan kasarne, dostavljaju se organu saobraćajne službe do 24. u mesecu za naredni mesec.

vijanja aktivnosti u jedinici tokom celog dana (24 časa), a na eventualne poremećaje treba reagovati elastično i oprezno, u skladu sa trenutnom situacijom, uz nastojanje da se sistem što pre vrati na planirani način funkcionisanja,

— usaglašavanje mesečnog plana rada sa vanrednim zadacima i obavezama jedinica.

Pripreme iz domena koordinacije obavljaju se radi usklađivanja aktivnosti svih učesnika (posrednih i neposrednih) u realizaciji mesečnog plana rada, i radi obezbeđenja motivacije i potrebnog nivoa integracije učesnika u procesu realizacije predstojećih aktivnosti. Ova aktivnost zahteva intenzivno kontaktiranje i komuniciranje na raznim nivoima. Odvija se kroz vertikalnu, horizontalnu i dijagonalnu koordinaciju.

Vertikalna koordinacija podrazumeva svakodnevno kontaktiranje između načelnika TS1 i komandira jedinice za održavanje, komandira unutar jedinice za održavanje i komandira i neposrednih izvršilaca, odnosno kontaktiranje između mesta odlučivanja i mesta realizacije.

Horizontalna koordinacija posebno je značajna za komuniciranje između komandira u jedinici za održavanje, odnosno između komandira u osnovnim jedinicama i komandira u samostalnim i prištapskim jedinicama.

Komuniciranje između komandira u jedinici za održavanje je značajno, jer se time međusobno upoznaju sa problemima i koriste pozitivna iskustva za uspešno rešavanje zadataka u svom delokrugu rada.

Dijagonalna koordinacija uslovljena je saradnjom, ispomoći i idejnošću. Ostvaruje se putem komuniciranja komandira osnovnih jedinica sa komandirima jedinice za održavanje, i komunikacijom komandanata i komandira osnovnih jedinica sa organom TS1 i komandirima jedinice za održavanje.

Pripreme iz domena komandovanja, uglavnom, obuhvataju iznalaženje

najboljeg načina za dodelu zadataka, u raznim situacijama: usmeno, pismeno, sredstvima veze, posredstvom razglasa, načinom intonacije, izrazom lica, držanjem tela, i sl.

Pripreme iz domena kontrole podrazumevaju identifikovanje elemenata po kojima se manifestuje realizacija mesečnog plana rada, odnosno, po kojima se vrši kontrola u fazi realizacije mesečnog procesa rada i po isteku meseca.

Kontrola u fazi sprovođenja mesečnog plana rada obuhvata proveru uslova od kojih zavisi normalno odvijanje radnog procesa (materijalne, moralne i stručne pripreme), kontrola prenošenja zadataka od pretpostavljenog ka potčinjenima, sinhronizovanost veza između organa TS1 i komandira jedinice za održavanje, komandira u jedinici za održavanje i neposrednih izvršilaca, proveru da li su komandiri u jedinici za održavanje pravilno i realno angažovani (opterećeni) i da li pravilno funkcionišu veze koje obezbeđuju vertikalnu i horizontalnu saradnju, kako bi se eventualne smetnje brzo otklonile.

Kontrola ostvarenih rezultata predstavlja svojevrsnu analizu, gde se, na osnovu prikupljenih informacija i pokazatelja, dolazi do zaključaka o ostvarivanju postavljenih ciljeva, odnosno realizaciji plana. U ovoj fazi treba ustanoviti gde postoji odstupanje pri realizaciji pojedinih zadataka, odnosno u realizaciji plana, stepen (veličinu) odstupanja, i uzroke koji su do toga doveli, posledice koje će nastati usled neizvršenja ili neadekvatnog izvršenja pojedinih zadataka i šta preduzeti da se ubuduće takvi propusti ne ponove.

U fazi realizacije potrebno je pratiti:

- iskoristivost radnog vremena,
- angažovanje i stepen iskoristivosti radioničkih kapaciteta (dnevno i sedmično),

- stepen izvršenja planskih zadataka,
- produktivnost,
- kvalitet radne snage,
- primenu normativa i normiranja rada,
- realnost normativa i mogućnosti rada po njima,
- utrošak materijala,
- podobnost alata, pribora i opreme i njihovu primenu u praksi,
- dnevno i sedmično materijalno obezbeđenje planskih zadataka,
- primenu propisane tehnologije u održavanju sredstava,
- proveru realnosti dnevnih i sedmičnih planova,
- kvantitet izvršenih radova (izražen brojem opsluženih sredstava i na druge načine),
- gubitke usled realizacije zadataka izvan garnizona,
- primenu obavezne radne dokumentacije,
- angažovanje radionice na zadacima koji nisu predviđeni planom,
- angažovanje radioničkih kapaciteta za potrebe korisnika kojima se vrši naplata usluga,
- kontrolu kvaliteta rada.

Kontrola realizacije mesečnog plana rada predstavlja svojevrsnu analizu realizacije mesečnog plana rada. Izrađuje je komandir jedinice za održavanje, a sa rezultatima upoznaje organ TS1. Takođe, sa ostvarenim rezultatima, komandir jedinice za održavanje upoznaje i celokupan sastav svoje jedinice.

Analiza realizacije mesečnog plana rada obavlja se po sledećim elementima:

- iskorišćenje planiranih neto-kapaciteta (stepen ostvarenja plana),
- izvršenje plana u norma-časovima,

- izvršenje plana po komadima (podatak neophodan za analizu godišnjeg plana),
- opšta produktivnost,
- nedovršena proizvodnja,
- naknadno izvršeni radovi koji nisu predviđeni mesečnim planom rada radionice,
- kvantitativni odnos preventivnog i korektivnog održavanja,
- angažovanje kapaciteta radionice za potrebe korisnika kojima se vrši naplata usluga,
- neplanski gubici u norma-časovima,
- materijalno obezbeđenje realizacije plana, odnosno nerealizovani zadaci usled nedostatka r/d, r/m i p/m.

Odlučivanje

Pod odlučivanjem, kao fazom u izradi mesečnog plana rada radionice, podrazumeva se opredeljenje organa TS1, uz uvažavanje ograničenja organizacione i tehnološke prirode i određenih prioriteta koji su u funkciji b/g, za jednu od formi izrade mesečnog plana rada radionice (po odeljenjima ili za celu jedinicu), za određene vrste tehničkog održavanja (vrsta i veličina angažovanih kapaciteta izražena u NČ), za određena sredstva (vrsta i količina) na kojima će se vršiti održavanje i određene aktivnosti (iznos u NČ i vrsta) iz domena održavanja koje će ući u plan.

Takođe, podrazumeva se i opredeljenje za određene aktivnosti iz domena organizacije, koordinacije i kontrole, koje je moguće sprovesti radi uspešne realizacije mesečnog radnog procesa.

Izrada mesečnog plana rada radionice

Izrada mesečnog plana rada radionice je posao tehničke prirode. Formiranje plana (radne verzije) počinje od

početka planiranja u fazi sagledavanja mogućnosti radionice, odnosno potreba za korištenjem usluga radionice. Tada se unose podaci od interesa za izradu plana (kapaciteti radionice i radioničkih odeljenja po strukturi radne snage, zadaci koji proističu iz zahteva za korištenjem usluga radionice i zahtevi koji proističu iz određenih planova koje izrađuje, odnosno u čijoj izradi sarađuje organ TS1).

Upoređenjem potreba — zahteva za angažovanjem radionice (izraženih u norma-časovima), sa mogućnostima radionice (izraženim u norma-časovima), ukoliko se ustanovi da nema dovoljno kapaciteta, pronalaze se načini za njihovo obezbeđenje: prekovremenim radom, angažovanjem resursa civilnih radnih organizacija ili sa ispomoći višeg nivoa održavanja.

Ukoliko se na navedene načine ne mogu obezbediti dopunski resursi, uz pridržavanje određenih prioriteta koji su u funkciji borbene gotovosti jedinice, odustaje se od nekih planiranih aktivnosti.

Upravni organ TS1 izrađuje Mesečni plan rada radionice do 27. u mesecu, za naredni mesec i dostavlja ga komandiru jedinice za održavanje do 28. u mesecu, kako bi on imao dovoljno vremena za pripremu radionice za realizaciju mesečnog plana rada.

Neposredna izrada mesečnog plana rada radionice vrši se na osnovu:

- podataka o radovima koji nisu započeti, a planirani su mesečnim planom rada u tekućem mesecu,

- podataka o započetim radovima koji se neće realizovati u toku tekućeg meseca,

- godišnjih planova rada organa TS1,

- godišnjih planova u čijoj izradi sarađuje organ TS1,

- Plana i programa borbene obuke i vaspitanja vojnika i jedinica TS1,

- Tematskog plana,

- Plana koordinacije,
- vremenskih i eksploatacionih resursa,

- planova angažovanja jedinica,
- potreba borbene obuke i vaspitanja,

- prijava — pregleda TMS za tehničko održavanje u narednom mesecu,

- zahteva organa komande ZTJ,

- stvarnog stanja i eksploatacije TMS,

- prioriteta u održavanju (načelnih i određenih od komandanta ZTJ),

- raspoloživih neto-kapaciteta radionice izraženih u NČ,

- materijalno-tehničkog obezbeđenja radnih mesta i radnog procesa u celini,

- stručnosti i motivisanosti ljudstva za rad.

Mesečni plan rada radionice izrađuje se na standardnom obrascu TS1-46, u tri primerka. Praksa je pokazala da je bolje izrađivati mesečni plan rada radionice po organizacionim celinama — odeljenjima.

Aktivnosti se unose u plan po sledećem redosledu:

- a) nedovršeni radovi iz prethodnog meseca:

- započeti, a nedovršeni radovi (unose se zajedno u norma-časovima),
- nezapočeti radovi.

- b) tekući radovi:

- I TP, II TP i TP,

- konzervacija (rekonzervacija),

- prelazak sa jednog vida eksploatacije na drugi,

- ispomoć jedinicama (po ustaljenom planu) u osnovnom održavanju pri vršenju periodičnih pregleda,

- ispomoć jedinicama pri obavljanju ostalih zadataka koji su u funkciji borbene obuke i vaspitanja: provera veza, veštačko trzanje, procena nagriženosti cevi oružja, praćenje ga-

danja, praćenje motorizovanih kolona i druge aktivnosti (unose se samo raspoloživi — predviđeni NČ),

- nova izrada,
- komandantski pregledi,
- laki remont.

c) ostalo.

Na prvoj strani plana, u zaglavlju, unose se podaci o broju proizvodnih radnika i raspoloživi bruto i neto — norma časovi po strukturi radne snage za celu jedinicu za održavanje (radionicu), a kod planova odeljenja unose se isti podaci po odeljenjima.

U plan se unosi nomenklaturni broj i naziv sredstva, broj planiranih sredstava, normirano vreme po jedinici za svaku vrstu održavanja i ukupno normirani časovi za svaku poziciju plana. Pri izradi plana odeljenja za naoružanje, mototehniku, sredstva veze i ABHO sredstva, načelno 25 do 30% vremena predviđenog za tekuće radove, ostavlja se za preventivno održavanje, a jedna trećina za korektivno održavanje (LR).

Sredstva predviđena za laki remont ne unose se u mesečni plan rada, već se samo unose potrebni (dodeljeni) norma-časovi.

S obzirom na *zastupljenu strukturu radne snage*, mesečni plan rada odeljenja za opšte radove sadržava sledeće aktivnosti:

- tehničke preglede (akumulatora),
- laki remont,
- ispomoc jedinica u osnovnom održavanju pri vršenju periodičnih pregleda,
- punjenje i kondicioniranje akumulatora,
- kovačke radove,
- farbarske radove,
- zavarivačke radove,
- novu izradu (jednostavnijih delova za koje nije potrebna termička obrada).

Dalju razradu (operacionalizaciju) mesečnog plana rada vrši komandir jedinice za održavanje sa komandirima odeljenja (u proizvoljnoj formi) na sedmične, a u okviru toga na dnevne planove rada radionice, tj. planove po izvršiocima, prema raspoloživoj radnoj snazi i stručnosti izvršioca.

Ova razrada obavlja se radi racionalnog korištenja kapaciteta radionice, planskog utroška r/d, p/m i r/m, obezbeđenja organizovanog rada prema propisanoj tehnologiji, boljeg praćenja i pravovremenog uticaja na potpuno izvršenje plana.

Izradom mesečnih planova odeljenja, komandiri postaju aktivni subjekat u planiranju i realizaciji rada što daje bolje krajnje efekte.

Praksa je pokazala da je dobro raditi mesečni plan rada po odeljenjima i onda, iz jedinstvenog Plana rada, dostaviti za svako odeljenje deo koji se na njega odnosi.

Iskustvo je pokazalo da se pri planiranju tehničkih pregleda (naročito I i II) može planirati do 10% sredstava više od količina dobijenih proračunom, zbog pojednostavljenja tehnologije izvršenja TP kako se ne bi narušila hermetizacija pojedinih sklopova, zbog nedostataka pojedinih r/d, r/m i p/m i drugih razloga uz uslov da se organizacioni i tehnološki gubici u fazi predviđanja pravilno procene.

Nakon izrade mesečnog plana rada, organ TS1 i komandir jedinice za održavanje počinju sa detaljnijim sprovođenjem priprema za njegovu realizaciju, po elementima koji su uočeni u fazi predviđanja.

Umesto zaključka

Planiranje mesečnog rada radionice vrlo je složen proces koji zahteva aktivno učešće velikog broja subjekata (korisnici usluga radionice, organi komande ZTJ, komandir jedinice za odr-

žavanje), a sastavni je deo planiranja borbene obuke i vaspitanja.

Prilikom planiranja mesečnog rada radionice, ona se mora posmatrati kao *borbena jedinica*, koja mora da ostvari visok stepen borbene gotovosti i kao *preduzeće* koje mora da obezbedi visok stepen rentabilnosti.

Mesečno planiranje borbene obuke i vaspitanja, a time i mesečnog rada radionice, zahteva integralan pristup i timski rad organa komande.

Planiranje mesečnog rada radionice je iterativni postupak, gde se nakon sagledavanja zahteva za korištenjem usluga radionice, *planiranih aktivnosti* i mogućnosti radionice (neto-kapaciteti) dobijaju pokazatelji na osnovu kojih se plan prihvata, vrše određene korekcije ili se, uz uvažavanje prioriteta, odstupa od određenih aktivnosti.

Planiranje zahteva detaljno poznavanje uslova života i rada u ZTJ, kao i precizno definisanje nadležnosti i delokruga rada pojedinih subjekata u procesu planiranja.

Unapređenje planiranja mesečnog rada radionice mora se vršiti u sklopu unapređenja ukupnog planiranja borbene obuke i vaspitanja u ZTJ, jer u suprotnom ono postaje kočnica planiranja rada radionice.

Usavršavanju planiranja borbene obuke i vaspitanja u jedinici za održavanje, a u sklopu toga i planiranju mesečnog rada radionice, mora prethoditi stručna deskripcija procesa planiranja i sagledavanja tokova informacija i materijala, sagledavanja određenih planova i dokumenata, kao nosioca informacija i preciznog i detaljnog definisanja obaveza korisnika usluga radionice, komandira jedinice za održavanje, organa komande i komandanta ZTJ, prema planiranju mesečnog rada

radionice. Ovaj rad predstavlja samo početni korak na tom putu.

Uspešna automatizovana podrška planiranja borbene obuke i vaspitanja, a time i mesečnog rada radionice, mora se zasnivati na modularnom pristupu i automatizaciji separativnih egzistencijalno sposobnih celina, i preko parcijalne obrade elementarnih podсистема (segmenta) ZTJ kao celine, odnosno u konkretnom slučaju od radionice za tehničko održavanje (LR) i jedinice koja u njoj realizuje najveći deo svoje borbene obuke i vaspitanja, a zatim ići na uvezivanje ovih segmenta u celinu.

Pri obradi ovih segmenta moraju se uvažavati ograničenja organizacione i tehnološke prirode koja sistem (ZTJ) kao celina nameće.

Planiranje upotrebe i sama upotreba resursa radionice mora biti centralizovana zbog racionalnog korištenja resursa i značaja radionice za borbenu gotovost jedinice.

Radi usavršavanja planiranja borbene obuke i vaspitanja neophodna je izgradnja integrisanog informacionog sistema za podršku njenog planiranja i upravljanja, a u sklopu toga i planiranja mesečnog rada radionice. Ovaj sistem treba da izvrši trostruku integraciju: administrativnu, hijerarhijsku i funkcionalnu.

Prikazano je planiranje kapaciteta radne snage, dok ostali resursi nisu detaljnije razmatrani.

Ponudeni i objašnjeni način planiranja, uz dobru koordinaciju rada komande ZTJ, moguće je i treba sprovesti u operativnoj praksi, gde se planiranje još uvek vrši *manuelno*. Sažeta materija, izneta u članku, može se koristiti u daljem radu na usavršavanju planiranja mesečnog rada radionice.

Literatura:

- [1] Uputstvo za rad servisnih stanica, jedinica za tehničko održavanje i radionica pogonske opreme, DSNO — TU, Beograd, 1970.
- [2] Uputstvo za rad tehničkog organa pozadine garnizona — kasarne, TU SSNO, TU-V, 51, 1978.
- [3] Vuković, S.: Organizacija tehničkog obezbeđenja u garnizonu, CVŠ, Beograd, 1981.

- [4] Cujev J. V., Mihačlov J. B.: Prognoziiranje u vojsci, VIZ, Beograd, 1980.
- [5] Marjanović S.: Donošenje odluka u privrednim organizacijama, Informator, Zagreb, 1971.
- [6] Grupa autora: Savremena organizacija rada, Rad, Beograd, 1989.
- [7] Andrejić M.: Planiranje mesečnog rada u radionici, seminarski rad, VVTS, Zagreb, 1990.

Vladimir Bukvić,
kapetan, dipl. inž.
Mr Petar Stanojević,
kapetan, dipl. inž.

MOGUĆNOSTI METODOLOGIJE PLANIRANJA KAPACITETA U ODRŽAVANJU

Uvod

Planiranjem u održavanju treba da se ostvari racionalno i ekonomično korišćenje materijalnih, prostornih, kadrovskih, novčanih i vremenskih resursa. Planovi održavanja morali bi biti osnova rada upravnih i izvršnih organa tehničke službe.

Dosadašnjim istraživanjima došlo se do zaključka da postojeća metodologija planiranja održavanja uzrokuje nepotpuno i nerealno planiranje održavanja tehničkih sredstava (TS), neravnomerno opterećenje radne snage u pojedinim periodima, nedovoljnu iskorišćenost raspoloživih kapaciteta, odstupanja od postavljenih planova, otežano praćenje realizacije planova, nepotpuno i neblagovremeno izveštavanje o izvedenim radovima [1].

Analiza problema

Planiranje održavanja određuju:

- vreme raspoloživo za održavanje po nivoima — rokovi,
- vrsta, broj, karakteristike pouzdanosti i pogodnost za održavanje TS,
- uslovi u kojima se odvija eksploatacija i održavanje,
- karakteristike i struktura mogućih vrsta radova po vrsti TS,

— karakteristike tehnološkog procesa za svaku od mogućih vrsta radova,

- ljudski kapaciteti,
- materijalni i prostorni kapaciteti — resursi,
- konkretni planovi upotrebe i obuke jedinica,
- gotovost koju treba obezbediti po vrstama TS,
- stanje i razrađenost tehničke i tehnološke dokumentacije, normativa, metoda i sredstava tehničke dijagnostike,
- predviđene modernizacije i modifikacije TS kao i metoda, postupaka i procedura održavanja.

Osnovni problem planiranja je efikasno usklađivanje potreba (želja) i kapaciteta (mogućnosti).

Za utvrđivanje zahteva prema sistemu održavanja potrebni su podaci o vremenu — poslednjim datumima izvršenja pojedinih radova održavanja, i podaci o nadležnostima po nivoima održavanja.

Prema dosadašnjim istraživanjima pouzdano se može tvrditi da održavanje tehničkih sredstava spada u pojedinačni ili maloserijski tip proizvodnje, čime su, u osnovi, određene karakteristike funkcionisanja i planiranja [2]. Planiranje kod maloserijskog i pojedinačnog tipa proizvodnje ne može se zavr-

šiti izradom godišnjih i mesečnih planova već se mora detaljnije razraditi po manjim terminskim jedinicama i, na taj način, odrediti delovanje svih, pa i najmanjih segmenata organizacije.

U Vojsci Jugoslavije na naučnoj osnovi, su razrađeni:

- organizaciona struktura sistema održavanja,

- tehnološki postupci održavanja sa težištem na preventivnom,

- kvalifikacija radne snage potrebne za održavanje,

- vremenski i eksploatacioni resursi preventivnog održavanja,

- vremenski i materijalni normativi za preventivno održavanje.

Potpunu naučnu zasnovanost nemaju:

- normativi za korektivno održavanje,

- procenat kapaciteta koji se rezerviše za korektivno održavanje,

- funkcije raspodele verovatnoća otkaza za tehnička sredstva koja se održavaju,

- metodologija utvrđivanja iskorišćenja kapaciteta,

- raspodela nadležnosti za izvođenje pojedinih kategorija radova po nivoima u sistemu održavanja.

Na otklanjanje nedostataka, vezanih za normative korektivnog održavanja, rezervisanje kapaciteta za korektivno održavanje, nepoznavanje funkcije raspodele otkaza za TS koja se održavaju, iskorišćenje postojećih kapaciteta i upravljanje zalihama r/d i p/m, može se efikasno uticati poštovanjem rokova, najboljim prostornim i vremenskim rasporedom aktivnosti, najvećim iskorišćenjem kapaciteta i najmanjim potrebnim zalihama r/d i p/m. To je ostvarljivo primenom dobre metodologije planiranja i informacionim sistemom koji bi takvu metodologiju praktično omogućio, kao i praćenje izvršenja i rezultata.

U Vojsci Jugoslavije na veoma visokom nivou, razrađena je i primenjena naučna metodologija za određivanje resursa potrebnih za održavanje i njihovo globalno organizaciono strukturiranje. Metodologija višekriterijumske analize, teorije pouzdanosti, prognoze vremenskih serija, modeliranja i simulacije daje dobre osnove za analizu determinističko-stohastičkih procesa koji se odvijaju u održavanju i, na osnovu toga, akciju koja ima svoj formalni oblik u perspektivnim planovima razvoja. Kroz perspektivne planove razvoja uobičajavaju se strategijske odluke za period od 3 do 5, pa i više godina unapred. Međutim, već u sledećem koraku kada strategijska, po karakteru optimalna, rešenja treba pretvoriti u optimalno delovanje organizacijskih celina i iskorišćenje ograničenih resursa nastaju poteškoće, jer se na nivou jedinica ne primenjuju naučne metode planiranja. Neprimenjivanju opšte poznatih naučnih metoda (Simplex i mrežno planiranje) nije uzrok neznanje, već nedostatak informatički podržanih »alata« koji bi olakšali izradu i analizu planova.

Poslove tehničko-tehnološke pripreme rada obavljaju posebni organi TSl u VJ, i formulišu ih kroz tehnička pravila, uputstva i formacijsko-konceptijska rešenja.

Zadaci operativne pripreme povereni su načelnicima TSl jedinica, koji godišnje i mesečno planiranje obavljaju u saradnji sa komandirima ili tehnolozima u jedinicama za održavanje. Potrebe za održavanjem određuju se kroz godišnje planove (osnovni planovi), čime se zaokružuje celina problema, a zatim razrađuju kroz mesečne planove (operativni planovi). Nedostatak postojećeg pristupa je u nesagledavanju »sezonskih« kolebanja potreba za održavanjem, problematičnoj metodologiji utvrđivanja prioriteta, i u nedovoljnoj razređenosti finog terminiranja, odnosno nedeljnog i dnevnog planiranja, što direktno ima za posledicu umanjeње

efikasnosti izvršenja. Lansiranje radio-ničke dokumentacije, koja je sveobuhvatna i kompleksna (Radionička lista — Radni nalog) i praćenje njenog kretanja, prema iskustvima iz jedinica za srednji remont, stihijno je, jer se ne obavlja i ne kontroliše iz jednog centra, što je uobičajeno u efikasnim upravljačkim sistemima. Fino terminiranje i izveštavanje prepušteno je komandirima odeljenja — poslovođa i u potpunosti zavisi od njihovog znanja, veštine, snalažljivosti, ali i od raspoloženja, motivacije i ličnih interesa. Izuzetno veliki broj i različitost vrsta TS koja se održavaju, različit sadržaj radova koje zahtevaju, iznenadna pojava neispravnosti različitog karaktera, promena prioriteta u održavanju, promene raspoloživih resursa, problemi unutrašnjeg transporta, mogućnost da se veliki broj aktivnosti obavi paralelno i potrebe za kontrolom, veoma komplikuju problem planiranja održavanja u Vojski Jugoslavije i navode na zaključak da se ono nikako ne bi smelo prepustiti stihiji koju svesno ili nesvesno izazivaju pojedinci, posebno kod finog terminiranja.

Planiranje se mora završiti razradom finog terminskog plana, odnosno detaljnim planom operacija za pojedina radna mesta, sa definisanim redosledom smenjivanja radnih naloga na radnim mestima po terminima (danima i satima), što je kraj, svrha i vrhunac planiranja. Zbog toga operativno-plan-ski organi moraju postati »centralni nervni sistem održavanja« [6]. Koristeći uspešnu metodologiju i informacionu podršku, oni treba u potpunosti da prisvoje funkciju planiranja i oslobode komandire odeljenja-poslovođe te obaveze, kako bi se više posvetili kontroli, zaštiti na radu, racionalizaciji, podučavanju i motivisanju radnika i drugim poslovima vezanim za personal. Na ovaj način omogućiće se da radnika na radnom mestu uvek čeka sledeći posao i potreban materijal, dokumentacija i alat, a ne da ga sam ili uz pomoć poslovođe, priprema. Prema izvršenim analizama na ovaj način se

može osloboditi oko 58% radnog vremena poslovođa [6].

Operativno-plan-ski organi, morali bi da obavljaju sledeće aktivnosti: planiranje poslova, planiranje i vođenje evidencije slobodnih i zauzetih kapaciteta; planiranje i vođenje evidencije alata, mašina i opreme; planiranje, evidenciju i kontrolu materijala i zaliha; određivanje početka i završetka radova; izradu i lansiranje radne dokumentacije; evidenciju izvršenja rokova i količina; terminiranje i raspoređivanje rada; otpremanje remontovanih TS; analize korišćenja kapaciteta; usmeravanje tokova alata, materijala, radne snage i unutrašnji transport, studiju vremena i pokreta; nabavku (postavljanje zahteva za nabavku); kontrolu; inženjering za metode-analize operacije; kalkulacije, procene i predviđanja; radne instrukcije; kontrolu kvaliteta i količine dolaznih materijala; snabdevanje radnih mesta [6]. Operativno-plan-skim organima u potpunosti je povereno upravljanje izvršenjem radova na održavanju TS, i to im treba omogućiti.

U dosadašnjim istraživanjima u Vojski Jugoslavije iskazane su potrebe za:

- posedovanjem potpunih, kvalitetnih i pravovremenih informacija potrebnih za planiranje procesa održavanja,

- primenu jedinstvene metodologije u procesu planiranja održavanja TS,

- automatizaciju procesa planiranja održavanja. Takođe, potrebno je automatizovati proces planiranja do mere koja učesnicima u procesu planiranja daje mogućnost za generisanje alternativa planova u skladu sa zahtevima okruženja i mogućnostima sistema održavanja [1]. Za potkrepljivanje ove tvrdnje posebno je ilustrativan podatak da čovek nije sposoban da planira i prati izvršenje više od 200 radnih naloga mesečno [7].

Za planiranje i praćenje izvršenja velikog broja radnih naloga nije dovoljno koristiti postojeće softverske pake-te, već samo one koji imaju mogućnost kvalitativne ocene moguće planske varijante i optimizacije budućih procesa. Prema iskustvima iz jedinica koje iz-vode srednji remont u miru, mesečno se otvori oko 200 radioničkih lista. Slična situacija je bila i u jedinicama tehničkog održavanja za vreme izvođenja borbenih dejstava.

Metodologija planiranja

Upravljanje proizvodnjom, kao kibernetiskim sistemom, sastoji se od faza grubog planiranja, finog planiranja — terminiranja, i dirigovanja proizvodnjom [14].

Grubo planiranje obuhvata poslove planiranja kapaciteta, pripreme tehničko-tehnološke dokumentacije, planiranja i disponiranja materijala, i kontrole narudžbi ili serija [14].

Fino planiranje je usklađivanje početnih i završnih termina radnih naloga montaže i proizvodnje poluproizvoda i operacija, sa početnim i završnim terminima proizvoda određenih grubim planiranjem [14]. Za ovu aktivnost koriste se tehnike uzastopnog, paralelnog i kombinovanog terminiranja, a kod serijske proizvodnje rednog terminiranja.

Dirigovanje proizvodnjom ima zadatak da prikupi terminirane radne naloge na jednom mestu, podeli operacije tih naloga prema njihovom redosledu po radnim mestima, prenese potrebne proizvodne informacije do radnih mesta, prikupi povratne informacije sa radnih mesta i prenese ih do određene tačke u upravljačkom sistemu [14].

Poslovi održavanja imaju svoju determinističku komponentu — preventivne radove održavanja, i stohastičku — korektivne radove. Preventivno održavanje moguće je predvideti kroz godišnje planove i grubo planiranje. Za

korektivne radove potrebno je rezervisati određene kapacitete, a njihovo izvođenje planirati preko mesečnih — operativnih i nedeljnih-dnevni (finih terminskih) planova. Na nivou jedinice za održavanje takođe je potrebno uskladiti izvođenje preventivnih i korektivnih radova preko mesečnih i finih terminskih planova, tako da se radovi obave sa najvećom efektivnošću, uz ograničenja koja nameće plan upotrebe i obuke jedinica i rokovi izvršenja. Pod radom na održavanju podrazumeva se jedna od mogućih kategorija koju treba izvesti na nekom TS (npr. tehnički pregled vozila), a sastoji se od više operacija koje se izvode po radnim mestima i pokreću se i opisuju radnim nalogom — radioničkom listom. Optimizaciju broja i vrste poslova u okviru godišnjeg plana održavanja treba izvršiti metodom simplex [3, 4, 5, 6].

Opis navedenih faza upravljanja proizvodnjom daje lepezu tehnika koje se mogu upotrebiti u operativnom planiranju, s posebnim naglaskom na tehnike mrežnog planiranja, kao najpogodnije. Primera za primenu ove tehnike u planiranju kapaciteta pomoću transplana, ima dosta ali se ne navodi kako doći do optimalnog opterećenja kapaciteta, tj. algoritma [7, 10].

Opis toka izvršenja radova održavanja treba, u prvom koraku, razložiti do nivoa operacija čija se vremena mogu izraziti satima i minutima. Na taj način može se stvoriti osnova za operativno-mesečno planiranje i fino terminiranje. Potrebno je naći najbolji način za predstavljanje, praćenje i izmene toka izvršenja operacija u okviru planiranog posla. Smatra se da najveće mogućnosti za rešavanje ovog problema nudi metoda PERT mrežnog planiranja [3, 4, 5, 6, 7, 10, 12].

Prednosti metode PERT su [7]:

— mogućnost opisivanja i predviđanja toka izvršenja posla preko operacija-aktivnosti-događaja njihovih vremena i troškova,

— mogućnost predviđanja krajnjeg roka izvršenja pojedinih aktivnosti i celokupnog posla,

— lako određivanje kritičnih aktivnosti,

— lako uočavanje aktivnosti čijim se skraćivanjem postiže smanjenje vremena trajanja posla,

— mogućnost da se praćenjem aktivnosti dobiju podaci o odstupanju od planiranog vremena i očekivanim zakasnjeljima,

— mogućnost analize ostvarenih zakašnjenja, izmena u planu i novih predviđanja korišćenjem optimističke ili pesimističke metode.

Za procese koji se odvijaju u održavanju posebno je pogodna mogućnost da se trajanje aktivnosti odredi metodom PERT preko optimističkog, najverovatnijeg i pesimističkog vremena trajanja. Karakteristike korektivnih akcija su, ponekad, teško predvidive i često nenormirane, a postoje organizacijska i druga ograničenja čiji je uticaj na izvršenje posla teško odrediti, posebno u borbenim dejstvima. Veoma je značajno da se u okviru opisa toka izvršenja predvide i aktivnosti vezane za pripremo-završne, kontrolne i transportne radnje i vreme eventualnog međuoperacijskog skladištenja, a ne samo aktivnosti vezane za direktni rad-operacije na TS, jer se samo na taj način može dobiti realna slika. Nedostaci metode PERT, danas su, uglavnom, prevaziđeni savremenim softverskim alatima.

U drugom koraku potrebno je mnoštvo aktivnosti, i u okviru njih — operacija (može ih biti i više hiljada), opisanih PERT mrežnim dijagramima, rasporediti prostorno i vremenski, jer se najčešće preklapaju, tako da se postigne zadovoljenje traženih rokova, a da se pri tom ne izađe iz okvira ograničenih kapaciteta radne snage, sredstava za rad i prostora. U okolnostima u kojima svoju ciljnu funkciju ostvaruje sistem održavanja, nemoguće je sa sigurnošću predvideti sva zbivanja u dužem vremenskom razdoblju, zbog čega po-

stupak terminiranja poprima karakteristike prognoziranja [10]. U takvoj situaciji nameće se, kao jedino rešenje učestalo ponavljanje procesa terminiranja.

Problem može, realno posmatrano, prevazići mogućnosti planera i klasičnih planskih metoda i pomagala. To je posebno izraženo kada se mora postići:

— maksimalno skraćanje ciklusa održavanja,

— pridržavanje rokova po metodi »just in time«,

— smanjenje vremena transporta i drugih zastoja na minimum,

— ravnomerno opterećenje radnih mesta,

— eventualno smanjenje broja radnih mesta ili izvršilaca u procesu izvršenja,

— minimiziranje potrebnih zaliha,

— usklađivanje plana sa trenutno raspoloživim alatom i materijalom,

— izrada varijanti plana po zadatim kriterijumima,

— što niži troškovi, skraćanje koeficijenta obrta i vremena vezivanja sredstava.

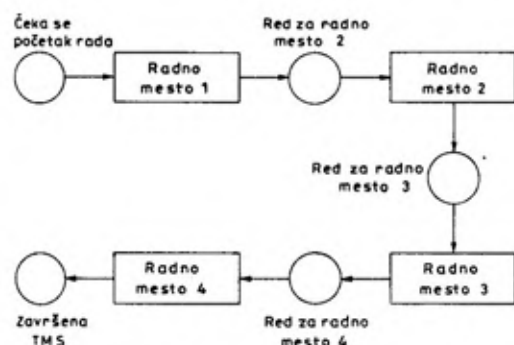
Kao poseban problem javlja se mogućnost optimizacije i ocenjivanja rezultata planiranja.

Treći korak ovog procesa ima za cilj praćenje izvršenja plana, izradu izveštaja sa ukazivanjem na mogućnosti otklanjanja odstupanja, i ažuriranje promena što, takođe, svojom složnošću prevazilazi ljudske mogućnosti zbog velikog obima i učestalosti. Ovim korakom omogućava se zatvaranje »kibernetkog kruga — ciklusa«.

U vezi opisanog problema mora se navesti obim posla i podataka koji se, u svakom trenutku, moraju obraditi, i nedostatak dovoljno fleksibilnog i efikasnog alata za rešavanje ovih problema, što su prepreke mnogim planerima. Sistemi planiranja bi trebalo da imaju mogućnost da se specifikuju želje (u obliku vremenskih termina i sl.), i mogućnost provere koliko se koja od ras-

položivih varijanti najbolje uklapa u želje, odnosno potrebe [15]. Ostaje pitanje u kom obliku izraziti želje i na koji način prikazati varijante tako da se mogu efikasno proveriti. Predlaže se simulacija, kao »sporiji ali sigurniji« (»slow but sure«) pristup ovim problemima, što se ilustruje sledećim primerom:

Radionica održava četiri tehnička sredstva A, B, C i D, koja se redom održavaju na četiri radna mesta 1, 2, 3 i 4, što je šematski prikazano na sl. 1.



Sl. 1 — Redosled rada na radnim mestima

Vremena obrade po radnim mestima prikazana su u tabeli 1.

Tabela 1

Vreme održavanja na pojedinim radnim mestima

Radna mesta	TMS			
	A	B	C	D
1	8	1	4	5
2	5	4	2	4
3	8	1	5	3
4	1	6	4	4
Ukupno vreme održavanja	22	12	15	16

Struktura TMS sastoji se od 10% TMS tipa A, 20% TMS tipa B, 29% TMS tipa C i 41% TMS tipa D.

Cene održavanja su A — 40 nj, B — 15 nj, C — 30 nj i D — 10 nj.

U toku simulacije generisana je tabela 2.

Tabela 2

Struktura TMS generisana za simulaciju

Red. br. posla	Tip TMS	Rok isporuke	Ispor. dana	Ranije (—)	Kasnije (—)
1.	D	70			
2.	C	124			
3.	D	49			
4.	B	39			
5.	C	61			
6.	D	130			
7.	C	130			
8.	B	54			
9.	D	126			
10.	B	31			
11.	B	99			
12.	B	41			
13.	A	100			
14.	A	67			
15.	C	100			
16.	D	112			
17.	D	39			
18.	C	77			
19.	D	106			
20.	D	105			
21.	C	128			
22.	C	47			
23.	D	42			
24.	D	111			
25.	C	90			
26.	C	70			
27.	D	76			
28.	A	83			
29.	D	34			
30.	B	123			
31.	C	78			
32.	D	100			
33.	A	51			
34.	C	123			
35.	B	37			

Simulacija je, u osnovi, metoda »pokušaja i pogrešaka«. Prioriteti po kojima poslovi dolaze na red za održavanje su:

1. najmanji redni broj posla prvo;
2. najkraće vreme održavanja prvo;
3. najveći profit po poslu prvo;
4. najveći profit po satu zauzetosti radnih mesta;
5. najraniji rok isporuke prvo.

Za svaku varijantu meri se: broj završenih poslova, broj poslova u radu, broj poslova koji čekaju na početak, profit nakon završetka trajanja simu-

Osnovne tehnike simulacije su:

- skeniranje događaja,
- skeniranje aktivnosti,
- skeniranje procesa.

Najuspešnija tehnika simulacije je takozvana simulacija u tri faze, kojom se na najbolji način ostvaruje odnos između broja entiteta i broja testiranja u toku sprovođenja simulacije. Naime, skeniranje događaja iziskuje veliki broj testiranja od kojih je samo mali broj aktivan u određenom trenutku. Ovaj postupak na najbolji način ostvaruje kombinaciju kompleksnosti programa i njegove efikasnosti. Zbog

Tabela 3

Rezultati simulacije po kriterijumima

	Redni broj	Najkraća operacija	Najveći profit po poslu	Najveći profit po vremenu rada na radnom mestu	Najraniji rok ispor.
Broj završenih poslova	25.	26	17	19	24
Broj poslova u toku	3.	6	13	11	4
Poslovi koji čekaju na početak	7.	3	5	5	7
Ukupan profit po obavljenim poslovima u n.j.	495.	485	520	550	530
Granice; ranije i kasnije završeni poslovi (vidi sl. 2.)	—100. do +70.	—55 do +40	—54 do +79	—73 do +77	—19 do +20

liranja, rasturanje ranije završenih i poslova koji su kasnili.

Sumarna statistika prikazana je za različite varijante prioriteta u tabeli 3 i na sl. 2.

Proces simulacije zahteva dobro definisan model, za šta postoje razrađeni postupci i grafičke metode prikazivanja, kakav je dijagram ciklusa aktivnosti, koji omogućava jednostavno definisanje modela.

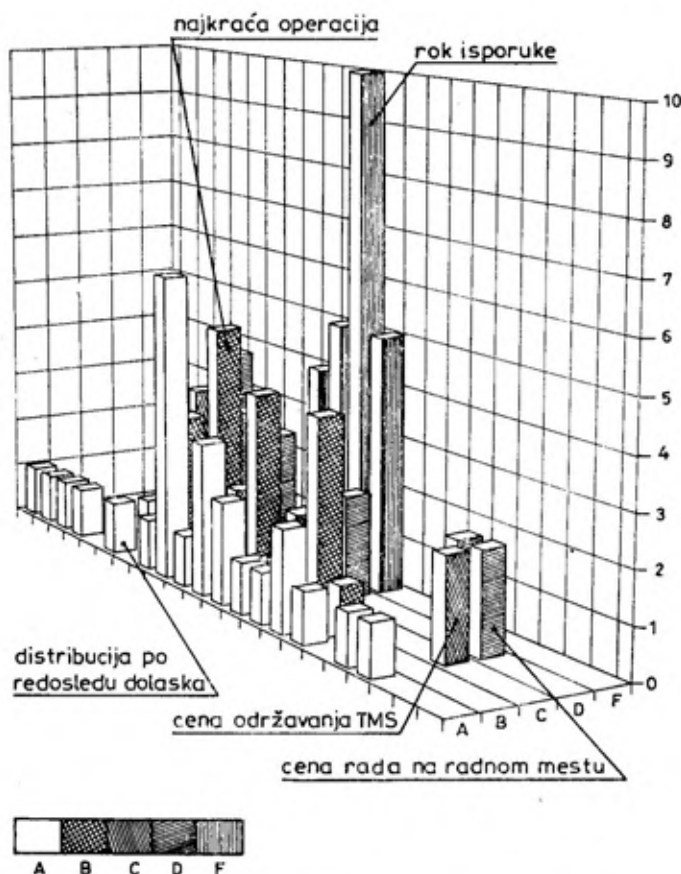
toga je poznat kao postupak kojim je ostvarena automatizacija poslova kreiranja simulacionog modela.

Skeniranje primenjuju i metode veštačke inteligencije, u kojima se vrši pretraživanje činjenica (facts) i pravila (rules) zapisanih simbolički.

Prostor stanja je simbolički opis problemske situacije. Grafički se prikazuje čvorovima i lukovima kojima su čvorovi povezani, pri čemu čvorovi u

prostoru stanja predstavljaju odgovarajuću situaciju, a lukovi odgovaraju primenjivoj akciji na određenu situaciju (čvor).

»najbolji prvo« je varijanta strategije »prvo po širini« i naziva se heurističkim pretraživanjem. Upravo heurističko pretraživanje predstavlja oblast



Sl. 2 — Distribucija realizovanih održavanja TMS

Konkretni problem definiše se:

- prostorom stanja,
- početnim čvorom,
- ciljnim čvorom (čvorovima) koji zadovoljava željene uslove.

Strategija pretraživanja

Postoji mnogo strategija pretraživanja od kojih su »prvo po širini« i »prvo po dubini« osnovne. Strategija

velikog interesovanja istraživača koji se bave problemima planiranja.

U tom procesu se za svaki čvor u prostoru stanja uvodi funkcija f kojom se ocenjuje — vrednuje, njihova težina. Funkcijom f se meri »udaljenost« početnog čvora od ciljnog, ako put prolazi kroz čvor za koji se traži vrednost ove funkcije. Ako iz čvora za koji se traži vrednost funkcije f izlazi više lukova onda on ima više naslednika. Od svih naslednika bira se onaj

čiji luk ima najmanju vrednost funkcije f . Prema tome, ne pretražuju se svi naslednici već samo kandidat koji u trenutku pretraživanja ima najmanju vrednost funkcije »udaljenosti«, početnog čvora od cilja. Funkcija »udaljenosti« sastoji se od dva dela $f(n) = g(n) + h(n)$. Prvi deo predstavlja »dužinu« od početnog čvora do trenutno aktuelnog za koju se izračunava vrednost $g(n)$, a drugi deo procenu »udaljenosti« aktuelnog čvora do ciljnog $h(n)$. Zbog ove procene strategija se naziva heurističkom, a ključ je uspešnosti i efikasnosti algoritma. Koliko je procena bliža stvarnoj vrednosti toliko će pretraživanje biti efikasnije. Granični slučaj, kada je ova funkcija jednaka 0, svodi ovaj algoritam na strategiju »prvo po širini«.

Pretraživanje se sastoji od niza procesa koji se nadmeću, a svaki proces razvija sopstvenu granu pretraživanja. Među konkurentskim procesima uvek je aktivan samo jedan, i to onaj čija varijanta najviše obećava, tj. ima najmanju vrednost funkcije »udaljenosti« f . Pretraživanje se vrši prelaskom sa jednog na naredno stanje, pri čemu se menja vrednost funkcije f , sve dok neka druga varijanta — grana, ne postane atraktivnija. Mehanizam aktiviranja i deaktiviranja pretraživanja funkcioniše na sledeći način: procesu koji pretražuje varijantu najvišeg prioriteta data je određena kvantitativna vrednost koja je jednaka različiti vrednosti funkcije f trenutno aktivnog procesa i prvog sledećeg sa većom vrednošću ove funkcije. Proces je aktivan dok se data kvantitativna vrednost ne iscrpi. U toku pretraživanja proces širi podgrane i daje informacije kada je ciljani čvor dostignut.

Prezentacija prostora stanja

Niz poslova-zadataka obrade $t_1, t_2, \dots$ sa vremenima izvršavanja $D_1, D_2, \dots$ treba da se izvrše na m identičnih mašina. Svaki zadatak obrade može se iz-

vršiti na bilo kojoj mašini, ali svaka mašina u jednom trenutku može biti zauzeta samo jednim zadatkom obrade. Među zadacima postoji uslovljenost redosledom da se određeni zadaci moraju izvršiti pre drugih, a postoji mogućnost i da se mašine nađu u stanju čekanja (idle time). Zadatak raspoređivanja sastoji se u tome da se, bez narušavanja pravila o redosledu izvršavanja zadataka obrade, izvrši takvo raspoređivanje da ukupno vreme izvršavanja bude minimalno.

Prezentacija prostora stanja može početi sa praznim rasporedom, a zatim da se dodaje zadatak po zadatak u raspored, sve dok svi ne budu uneti.

Prostor stanja definiše se na sledeći način:

- parcijalni rasporedi su stanja, odnosno čvorovi,

- čvor naslednik jednog parcijalnog rasporeda dobija se tako da se još neraspoređen zadatak doda tom rasporedu, ili da se mašina koja je završila prethodni zadatak ostavi u stanje čekanja,

- početno stanje je prazan raspored,

- bilo koji raspored koji uključuje sve zadatke obrade je ciljani raspored, ciljno stanje,

- »dužina« rešenja koju treba minimizirati je vreme završetka svih zadataka u ciljnom rasporedu,

- cena prelaska iz parcijalnog rasporeda u raspored njegovog naslednika, čija su vremena završetka respektivno F_1 i F_2 , jednaka je razlici $F_2 - F_1$.

Osnovni faktor efikasnosti rešavanja problema jeste heuristika, odnosno znanja o problemu koja se unose u algoritam.

Osim određenih znanja o samom problemu potrebna je validna i konzistentna baza podataka o svim činionicima procesa planiranja. Ova baza

predstavlja model realnosti u kojoj se vrši planiranje, a obuhvata spektar podataka o proizvodu, tehnološkom procesu proizvodnje, raspoloživim i opštim mogućnostima kapaciteta, ljudima i kompletnom načinu organizovanja.

Sistem planiranja predstavljao bi nadgradnju informacionom sistemu organizacije. Takvi sistemi nazivaju se sistemima za podršku odlučivanju i primenjuju se sa razrađenom metodologijom modelovanja i razvoja, obuhvatajući sva tri nivoa upravljanja.

Pošto je rešavanje problema planiranja za ove potrebe izuzetno složeno razvijeno je više programskih paketa kao što su: IBM-ov Communications Oriented Production Information and Control System (COPICS), IBM-ov Capacity Loading and Scheduling System, Samson i Hoskyns (V. Britanija), Main (Holandija), OPTIM (Order Point and Inventory Management) proizvođača SPERRY (UNIVAC), domaći ASUPIM i drugi [7]. U okviru programskih paketa organizovane su baze podataka o tehničkim sredstvima — proizvodima, ugovorima, tehnologiji, materijalu, nabavci, kapacitetima, specijalnim alatima, kao i kompleksan i celovit postupak praćenja izvršenja plana i izrade velikog broja različitih izveštaja.

Zbog složenosti problema neki od autora programskih paketa (COPICS — IBM) za njegovo rešavanje predlažu metodu simulacije. Problem se ne može rešavati teorijom redova čekanja zbog različitih stepena hitnosti-prioriteta pojedinih poslova [10].

Većina proizvođača softvera (posebno IBM — COPICS) probleme koji se javljaju pokušala je da reši metodom određivanja prioriteta i terminiranjem unapred, unatrag i kombinovano.

Za određivanje veličine prioriteta svakog posla razrađen je složen sistem za određivanje njegovog mesta sledećim hijerarhijama:

— ciljeva (prema rokovima, dužini trajanja ciklusa, troškovima, opti-

malnom opterećenju radnih mesta i stavovima da korektiva ima prednost nad preventivom i da »viša«-složenija kategorija radova ima prednost nad nižom),

— toka procesa (prema kritičnom putu, težnji da se svaka operacija izvršava na delu koji dolazi s najbliže prethodne operacije odnosno ujednačavanju proizvodnje-održavanja, vremenskim rezervama i stepenu izvršenja, odnosno zakašnjenja),

— tehničkih sredstava odnosno proizvoda (prema važnosti sredstava, važnosti jedinice korisnika, operativne gotovosti, značaju agregata, sklopova i elemenata),

— grupa radnih mesta (prema broju, stepenu iskorišćenja i veličini angažovanja kapaciteta).

Za izračunavanje prioriteta koristi se tzv. dinamički koeficijent i složena metodologija [1, 7, 10]. Na raspolaganju je i algoritam prioriteta sa korisnikovom ocenom hitnosti, stepenom redukovanja međuoperacijskih vremena, zakašnjenjem mreža, postojanjem vremenskih rezervi, uticajem vezanog kapitala i brojem terminiranja [10].

Prioritet uvek mora imati operacija sa kraćim vremenom trajanja. Ukoliko za izvođenje neke operacije nešto nedostaje, automatski joj treba sniziti prioritet.

Nakon određivanja prioriteta potrebno je sprovesti postupak raspoređivanja na sledeći način:

— uzima se prva operacija na poslu najvišeg prioriteta i traži slobodan (po potrebnoj vrsti) kapacitet (radno mesto ili grupa radnih mesta) na koji se može rasporediti, tehnološkim redosledom za sve operacije,

— umanjuje se raspoloživi kapacitet za vrednost planski utrošenog vremena,

— nakon rasporeda svih operacija na poslu višeg prioriteta uzima se prva operacija na poslu koji ima drugi prioritet, i tako redom.

Raspoređivanje se usklađuje sa ograničenjima koja određuju raspoloživi kapaciteti korišćenjem unapred, unazad i kombinovanog terminiranja, Gray-Kiddovim algoritmom i korišćenjem metode Transplana [7, 10].

Optimizacija i ocenjivanje rezultata postupka planiranja nisu razrađeni u navedenim programskim paketima, sem delimično u domaćem ASU-PIM-u. Nerešen je i problem prilagođavanja univerzalnih »alata« za planiranje specifičnim potrebama korisnika.

Umesto zaključka

Poboljšanje uspešnosti planiranja može se postići razradom kvalitetne metodologije planiranja, kojom bi se omogućila izrada, optimizacija i kvalitativna ocena planskih varijanti uz informatičku podršku.

Ciljevi koji bi se, poboljšanjem uspešnosti planiranja održavanja, mogli postići su:

- skraćivanje ciklusa održavanja (vreme od nastanka potrebe za održavanjem do predaje tehničkog sredstva korisniku,

- pridržavanje rokova u kojima se održavanje mora obaviti,

- minimiziranje i kontrola nedovršenog održavanja,

- minimiziranje čekanja na održavanje,

- optimizacija dolaska tehničkog sredstva na održavanje,

- minimizacija zastoja u procesu održavanja,

- optimalno upravljanje i iskorišćenje ljudskih, vremenskih, materijalnih, prostornih i novčanih resursa,

- poboljšanje uspešnosti funkcionisanja organizacije boljom organizacionom strukturom, definisanomodelom rada i centralizacijom planiranja, uspešnijom koordinacijom, uvećanjem nivoa tehničke i tehnološke discipline, povećavanjem motivacije stvaranjem

poverenja izvršilaca u sposobnost upravljačkih struktura, kvalitetnijim komunikacijama i informacionim sistemom, intenzivnijom kontrolom i obzovanjem kadra.

Na taj način, operativno-planskim organima bi se omogućila potpuna kontrola nad:

- planiranjem održavanja,
- terminiranjem održavanja,
- planiranjem kapaciteta radnih mesta,
- planiranjem materijala i rezervnih delova,
- izradom radne dokumentacije,
- lansiranjem radne dokumentacije,
- raspodelom poslova,
- odvijanjem procesa izvršenja, analizom rezultata i poteškoća,
- mogućnostima izrade različitih statističkih analiza.

Razvojem i korišćenjem računarskog softvera u podršci upravljanju i informacionom sistemu održavanja, mogu se znatno smanjiti zastoji kao i broj izvršilaca u održavanju, a povećati ekonomska efikasnost upravljanja zalihama.

Velike uštede u održavanju kriju se u mogućnosti da izvršioči rade istovremeno na više tehničkih sredstava, jer im tehnologija obavljanja posla to dozvoljava, odnosno da što bolje iskoriste razne neophodne zastoje (npr. rad na narednom sredstvu dok se prethodno suši posle farbanja). Ovakvim pristupom može se povećati produktivnost za 30 do 50% [7].

Prema raspoloživim podacima u uslovima sve većeg relativnog povećanja direktnih troškova materijala dužina proizvodnog ciklusa direktno utiče na angažovana sredstva, što ovom problemu daje mnogo veći značaj u odnosu na rešavanje troškova direktnog rada [11].

Cinjenica je da što su veće serije manji su međuoperacijski zastoji i bolje iskorišćenje svih vrsta kapaciteta i da su besmislene uštede u vremenu rada mašina ili radnika, ako to povećava vremena čekanja bez smanjenja troškova [6].

Efekti poboljšanja uspešnosti planiranja održavanja u Vojsci Jugoslavije mogu se pretpostaviti u sledećim granicama:

— povećanja iskorišćenja ljudskih kapaciteta i kapaciteta alata i opreme za 20 do 30%,

— povećanja obuhvata planiranja do 100%,

— veoma visokog procenta ispoštovanih rokova,

— znatnog smanjenja vremena održavanja,

— smanjenja zaliha i

— ekstremno velikih povećanja iskorišćenja radioničkog prostora.

Sve to će se odraziti na osetno smanjenje troškova održavanja i omogućiti uklapanje u budžetom predviđene rashode,

Literatura:

- [1] Novak Smiljanić: Planiranje održavanja tehničkih sredstava, magistarski rad, VVTS KoV JNA, Zagreb, 1989.
- [2] Woodward Joan: Industrial organization — theory and practice, Oxford University Press, Amen House, London E. C. 4, 1965.
- [3] Muller: Technologische Planung, Band I, Veb Verlag Technik; Berlin, 1977.
- [4] Muller: Technologische Planung, Band II, Veb Verlag Technik; Berlin, 1977.
- [5] Nikolaus Seidel: Praktische Fertigungs Vorbereitung, Verlag Moderne Industrie, 1964.
- [6] Antun Vila, Zdenko Leicher: Planiranje proizvodnje i kontrola rokova, Informator, Zagreb, 1972.
- [7] Niko Majdandžić: Upravljanje proizvodnjom — informacijski sistem planiranja, ISOT, Zagreb, 1988.
- [8] Adamović Zivoslav: Logistički sistem održavanja, Privredni pregled, Beograd, 1989.
- [9] M. Ilić: Korišćenje radnog vremena u industriji, Industrija br. 1, januar-mart 1988.
- [10] Antun Vila i dr.: Modeli planiranja proizvodnje u industriji, Informator, Zagreb, 1982.
- [11] Z. Predić, R. Nikolić: Sistem za praćenje proizvodnje u FTMT DMB, Simpozijum o korišćenju kapaciteta u industriji, Mašinski fakultet, Beograd, 1994.
- [12] Harold B. Majnard: Savremena organizacija proizvodnje, Knjiga I i II, prevod, Privredna knjiga, Beograd, 1980.
- [13] Petković Radivoj i dr.: Organizacija održavanja TMS, CVVTS KoV JNA, Zagreb, 1988.
- [14] Jovo M. Todorović: Upravljanje proizvodnjom, teorija, model, primena, informacijski sistemi, Privredni pregled, Beograd, 1989.
- [15] Jan Szymankiewicz i drugi: Solving business problem by simulation, London, 1988.
- [16] G. W. Hintz: A Knowledge-based System for Production Control of Flexible Manufacturing System in Mathematical Model for Decision Support, NATO ASI Series, 1987.
- [17] P. Stanojević, V. Bukvić: Mogućnost poboljšanja metodologije planiranja kapaciteta u održavanju, VTG.

Radoljub Došić,
potpukovnik, dipl. inž.

OCENA TEHNIČKOG STANJA UBOJNIH SREDSTAVA NA OSNOVU REZULTATA KONTROLNOG ISPITIVANJA

Prikazan je jedan način praćenja i obrade rezultata kontrolnih ispitivanja, način izbora uzoraka za kontrolu, analiza odstupanja balističkih parametara u toku skladištenja ubojnih sredstava i njihov uticaj na kvalitet uskladištenih ubojnih sredstava. Primenom ove metodologije kontrolnih ispitivanja obezbeđuje se kontinuitet i sistematičnost praćenja kvaliteta, pouzdanosti ubojnih sredstava i promena balističkih karakteristika uskladištenih ubojnih sredstava, kao i poznavanje aktuelnog stanja kvaliteta ubojnih sredstava.

Uvod

Kontrolno ispitivanje ubojnih sredstava (UbS) podrazumeva skup raznih ispitivanja i kontrolnih gađanja iz odgovarajućeg naoružanja i raketama, radi kontrole kvaliteta UbS u toku skladištenja, i provere njihovog tehničkog stanja.

Kontrolna ispitivanja izvode se periodično, ili prema potrebi radi ispitivanja funkcije i merenja balističkih parametara UbS i drugih parametara u odnosu na »početni kvalitet« definisan Propisima o kvalitetu proizvoda (PKP).

Metodologija održavanja municije ne propisuje kada i kako se vrši provera balističkih parametara, njihove minimalne vrednosti i posle kog vremena one moraju da odgovaraju. Izvođenjem kontrolnih ispitivanja i dobijanjem karakteristika balističkih i drugih parametara uskladištenih UbS, mogu se stvoriti uslovi za propisivanje metodologije praćenja promena balističkih parametara i parametara stanja i njihovog uticaja na prognozirane tendencije promena kvaliteta UbS.

Kontrolna ispitivanja, kao metoda za prognoziranje pouzdanosti, zahtevaju veliki broj ispitivanja za statističku obradu. Uz to je potrebno sa analizom podataka sa kontrolnih ispitivanja kombinovati i podatke laboratorijskih ispitivanja i tehničkih pregleda iz kojih se može donositi zaključak o promeni balističkih i drugih parametara stanja koja su u funkciji vremena. Tada se može proceniti vreme kada će razmatrani parametri opasti toliko da UbS ne može zadovoljiti veličine propisane po PKP.

Cilj ispitivanja

Kontrolna ispitivanja uskladištenih UbS izvode se radi ispitivanja funkcije i merenja balističkih parametara u odnosu na »početni kvalitet«, radi upoređenja dobijenih rezultata sa tabličnim vrednostima, odnosno sa vrednostima propisanim u PKP za pojedine vrste UbS.

Merenjem balističkih parametara dobijaju se statistički podaci za sledeće veličine:

- početnu brzinu,
- pritisak,
- odstupanja po pravcu,
- odstupanja po visini,
- probojnost,
- efekte na cilju, i druge.

Opadanje vrednosti navedenih parametara dovodi u pitanje ostvarivanje predviđenih efekata na cilju. Sva-ko odstupanje vrednosti od propisanih izaziva mogućnost pojave degradacionih otkaza koji umanjuju efekte na cilju, a koji su pokazatelji da je na UbS došlo do promene kvaliteta u toku skladištenja.

Osnovni cilj prikupljanja podataka o izmerenim veličinama jeste proučavanje dobijenih statističkih podataka i ispitivanje zakonitosti u ponašanju pojedinih balističkih parametara tokom vremena. Ova zakonitost je i krajnji cilj analize.

Na osnovu dobijene zakonitosti može se doći do određenih zaključaka o tehničkom stanju UbS ili njegovom kvalitetu. Obradom i analizom rezultata stvaraju se uslovi za formiranje ocene o stanju UbS i za davanje predloga o daljem postupku sa uskladištenim UbS čiji su uzorci ispitivani.

Metod ispitivanja

Radi dobijanja potrebnih podataka za proučavanje vrši se kontrolno ispitivanje UbS na uzorcima izabranih serija, gde se na osnovu Programa za kontrolna ispitivanja vrši: ispitivanje i merenje balističkih parametara, delaboracija i tehnički pregled elemenata i sklopova, i laboratorijska analiza baruta iz uzoraka.

Eksperiment se, u ovom slučaju, izvodi tako što se iz cele serije UbS bira slučajni uzorak od n-komada koji se ispituju i sa kojima se gađa. Rezultati dobijeni ispitivanjem uzorka, kao i ponašanje UbS pri kontrolnom gađa-

nju evidentira se radi kasnije obrade i analize.

Mogu se postaviti pitanja o opravdanosti da se statistička celokupnost zamenjuje uzorkom i koliko su verodostojni zaključci o statističkoj celokupnosti na osnovu uzorka?

Ocena kvaliteta serije na osnovu podataka dobijenih iz uzoraka predstavlja oblik induktivnog uopštavanja a osobine ispitnog uzorka pripisuju se celini iz koje je uzet [1]. Sud o celoj seriji na osnovu ispitanih uzoraka jednog njenog dela može biti pogrešan ili tačan. Znači da je ocena o celoj seriji slučajna promenljiva kojoj odgovara neka verovatnoća. Verovatnoća tačnosti ocene o celini utoliko je veća ukoliko uzorak bolje reprezentuje celokupnost.

Statističko proučavanje obuhvata sledeće tri etape:

- prikupljanje statističkih podataka po Programima za kontrolna ispitivanja,
- grupisanje i sređivanje podataka iz Protokola kontrolnog ispitivanja,
- obradu podataka i analizu rezultata.

Prva etapa izvodi se na poligonima određenim za kontrolno gađanje, gde se sa izabranim uzorcima iz serije vrši gađanje i uz pomoć mernih uređaja beleže rezultati odgovarajućih balističkih parametara.

U drugoj etapi za svaku seriju se izrađuje Protokol kontrolnog ispitivanja. Protokol sadrži: podatke o oruđu, podatke o municiji, podatke o mernim uređajima, vrednosti koje se mere (date u PKP) i tabelarno složene rezultate za balističke parametre koji se mere. Za potpuniju analizu date su srednje vrednosti izmerenih veličina, maksimalna i minimalna vrednost koje se koriste u analizama.

Treća etapa obuhvata matematičku obradu kvantitativnih istraživanja

prve dve etape sa ciljem da se dobiju statističke ocene karakteristika cele serije municije.

Izbor uzoraka po vrsti i obimu

Za realizaciju ispitivanja potrebno je prethodno izvršiti izbor uzoraka iz skladišta ubojnih sredstava (SkUbS). Na osnovu evidencije o serijama UbS u SkUbS, vrši se obilazak SkUbS na čitavoj teritoriji i iz istih odabira predviđen broj uzoraka u originalnim pakovanjima.

Da bi uzorak bio reprezentativan, pakovanje mora biti neoštećeno, originalno i čuvano u tipskim objektima u normalnim mikroklimatskim uslovima. Pakovanje koje ne ispunjava ove uslove ne odabira se za kontrolna ispitivanja.

Pored toga, za reprezentativan uzorak moraju biti ispunjeni i sledeći uslovi:

- svako pakovanje serije mora da ima jednaku šansu da se nađe u uzorku,

- uzorak mora da bude dovoljno brojan.

Prvi uslov obezbeđuje se slučajnim izborom odnosno u okviru odabrane serije na slučajan način vrši se izbor pakovanja.

Drugi uslov zadovoljen je odredbama PKP, gde je definisan broj uzoraka za određena ispitivanja. Ukupan zbir uzoraka za sva ispitivanja čini broj uzoraka za kontrolna ispitivanja UbS koja je potrebno odabrati.

Između uzoraka i cele serije postoji tesna povezanost. Ona proističe otuda što je uzorak deo serije, pri čemu on poseduje važnu osobinu da je raspodela posmatranog obeležja elemenata reprezentativnog uzorka približna raspodeli tog obeležja na svim elementima serije.

Raspodela verovatnoća bilo koje slučajne promenljive njena je najpotpunija karakteristika. Obično se raspodela verovatnoća obeležja serije naziva teorijskom raspodelom, a raspodela frekvencija u uzorku empirijskom raspodelom. Teorijska funkcija raspodele označava se sa $F(x)$, a empirijska sa $F_n(x)$, gde indeks n označava obim populacije uzorka, to jest broj elemenata uzorka [1].

Neophodno je naći matematičku vezu između celokupnosti i populacije uzorka, odnosno vezu između $F(x)$ i $F_n(x)$.

U praksi je interesantna samo srednja vrednost i standardno odstupanje obeležja X u celokupnosti, a ne i funkcija raspodele verovatnoća. Znači da se parametri izračunati iz uzorka, mogu iskoristiti kao ocene parametara osnovne celokupnosti (cele serije).

Izvođenje kontrolnih ispitivanja

Posle završenog kontrolnog ispitivanja i registrovanja rezultata potrebno je pristupiti izradi Protokola gađanja, koji sadrži sve potrebne podatke ispitivanja.

Na razvoju metoda za ocenu stanja UbS, proverom parametara stanja, intenzivno se radi. Provere parametara stanja daju mogućnost da se prati stanje sistema UbS ili njegovih elemenata radi ocene funkcionalne ispravnosti sistema UbS ili prognožiranja vremenskog trenutka kada parametri relevantni za ocenu dostignu graničnu vrednost.

Praćenjem promena vrednosti parametara može se doći do dva ključna stanja, i to:

- upozorenja da su parametri na granici dozvoljenih (predotkazni nivo),

- stanja »otkaza«, kada vrednost parametara odstupa od dozvoljenih vrednosti.

U podacima dobijenim neposredno sa kontrolnog ispitivanja teško je odmah uočiti bilo kakvu pravilnost. Da bi se pripremili podaci za dalje proučavanje i istraživanje neophodno je, ne menjajući im suštinu, uvesti među njih odgovarajući poredak i dati im formu pogodnu za urzo ispitivanje. U okviru priprema spada izrada Protokola gađanja i formiranje tabela koje olakšavaju statističku analizu.

Kada se pristupi analizi tako složenih podataka, odmah se može uočiti da li se dobijeni rezultati nalaze u okviru propisanih veličina po PKP ili od njih odstupaju.

Po prvoj varijanti, ako se podaci nalaze u granicama propisanim po PKP, može se sa velikom sigurnošću konstatovati da UbS nije ili je neznatno promenilo svoja obeležja i da je zadržalo »početni kvalitet«. U ovom slučaju nije potrebno vršiti dublju analizu podataka već jednostavno doneti odluku o daljem postupku sa ispitivanim UbS.

Po drugoj varijanti, kada se podaci razlikuju od propisanih po PKP, potrebno je pristupiti njihovoj detaljnoj analizi.

Empirijska raspodela nekog obeležja opisuje se karakteristikama koje su često statističke i, u opštem slučaju, predstavljaju jednoznačne funkcije. Najvažnije karakteristike statističke celokupnosti su aritmetička sredina $\bar{x}$ i standardno odstupanje s , kao i mere asimetrije k i ekscentra k_e raspodele te celokupnosti [1].

Izračunavanjem statistika stvoreni su uslovi za dalje proučavanje podataka i donošenje ocene o kvalitetu UbS. Na osnovu dobijenih podataka i ocene o kvalitetu UbS donosi se odluka o daljem postupku sa ispitivanim UbS.

Analiza i obrada dobijenih rezultata

Veličine od kojih se polazi pri proceni pouzdanosti kod kontrolnih ispitivanja su statističke, što znači da nisu određene jednom jedinstvenom vrednošću već mogu imati čitav spektar vrednosti. Zbog toga se u prognozi pouzdanosti UbS mora koristiti statistika i teorija verovatnoće. Problem je moguće rešiti sa relativno zadovoljavajućom tačnošću, određivanjem raspodele i analizom parametara dobijene raspodele.

Kada se u praktičnim situacijama dobije slučajni uzorak promenljive X , potrebno je utvrditi »najbolji« model za tu promenljivu [2]. Kada se razmatranjem na osnovu zakona verovatnoće ili na neki drugi način, dobije indikacija u vezi sa raspodelom kojoj pripada osnovni skup, takva teorijska raspodela može se pridodati raspodeli frekvencija dobijenoj iz uzorka iz osnovnog skupa. To je jedan od najčešćih problema koji se javljaju u praksi.

Potrebno je pronaći metodu kojom bi se donela odluka o prihvatanju ili odbacivanju hipoteze da određeni uzorak dolazi iz specificirane raspodele.

U obradi rezultata kontrolnih ispitivanja od analitičkih metoda najčešće je korišćena χ^2 -metoda i metoda Kolmogorov-Smirnov, mada postoje i druge metode koje se mogu primeniti. Zajedničko im je da svaka metoda ima neka ograničenja u pogledu primene ako su zadovoljeni određeni uslovi.

Analiza podataka dobijenih kontrolnim ispitivanjem može se predstaviti kao problem slučajne promenljive veličine koja ima raspodelu sa specificiranim parametrima. Potrebno je ispitati kojoj raspodeli pripadaju dobijeni podaci, odnosno odabrati »najbolji« model za analizu [2].

Statistika- χ^2 može se iskoristiti u procesu odabiranja najboljeg modela. Radi toga će se usvojiti stav koji je analogan onome pri korišćenju ocene parametara preko maksimalne vrednosti. To znači da treba odabrati model sa najvećom verovatnoćom posmatranih vrednosti odgovarajuće statistike. Treba primetiti da se »najbolji« model ne odabira na osnovu najmanje vrednosti statistike. Funkcija gustine verovatnoće χ^2 -raspodele je:

$$f(x) = \frac{1}{2^{r/2} \Gamma(r/2)} \cdot x^{r/2-1} \cdot e^{-x/2} \quad (1)$$

gde slučajno promenljiva veličina X ima χ^2 -raspodelu sa r stepeni slobode. Najverovatnija vrednost je *mod*, a za ovu raspodelu to je:

$$\text{mod} = r - 2 \quad (2)$$

Pri korišćenju χ^2 -statistike za određivanje najboljeg od, na primer, dva modela, najpre se odrede parametri oba modela (najbolje procenom maksimalne vrednosti) [2]. U opštem slučaju, modeli mogu imati različiti broj parametara koji se procenjuju iz datih podataka. Zatim se na oba modela primeni metoda- χ^2 , čime se dobiju statistike D_1^2 za model 1 i D_2^2 za model 2. Posle toga se primenom jednačine (2) određuje *mod* za svaki od ovih statistika. Odabira se model čija je vrednost D^2 najbliža izračunatoj vrednosti *moda*. To je »najverovatnija« vrednost, a odgovarajuća raspodela je »najbolji« model za date podatke.

Određivanje raspodele za dati skup podataka

Za određivanje raspodele za određeni skup podataka koristiće se metoda- χ^2 i Kolmogorov-Smirnova. Najčešće je dovoljno ispitivati podatke za:

- normalnu raspodelu,
- lognormalnu raspodelu,
- eksponencijalnu raspodelu,
- Vejbulovu raspodelu.

Za obradu navedenih raspodela koriste se računarski programi. Ovi programi najčešće mogu dati statističke vrednosti i histograme za date podatke.

Kada se, uz pomoć računara ili nekim drugim računskim putem dobiju vrednosti statistike za D , postupak za određivanje »najbolje« raspodele je sledeći [2]:

a) za metodu- χ^2 izračunava se broj stepeni slobode prema izrazu:

$$v = k - r - 1 \quad (3)$$

gde je:

k — optimalni broj vremenskih intervala,

r — broj otkaza sistema.

Nakon toga se iz tabele sa vrednostima verovatnoće za χ^2 -raspodelu određuje kritična vrednost za određeni nivo značajnosti α i dobijenu vrednost v [2]. Kritična vrednost iz tabele upoređuje se sa izračunatom, pri čemu se primenjuju izneta razmatranja. Odabira se model čija je vrednost D^2 najbliža izračunatoj vrednosti, tj. treba usvojiti kao »najbolju« onu raspodelu za koju je statistika metode- χ^2 bliža takozvanoj najverovatnijoj vrednosti.

b) Za metodu Kolmogorov-Smirnov.

Iz tabele za metodu Kolmogorov-Smirnov za zadati broj elemenata n i nivo značajnosti α dobijaju se određene vrednosti [2]. Upoređivanjem $D_{\max}$ koji je izračunat sa dobijenim vrednostima iz tabele vrši se selekcija raspodela za date podatke. Odbacuju se raspodele za koje je $D_{\max}$ veće od tablične vrednosti, a kod kojih je $D_{\max}$ manje od tablične vrednosti prihvata se raspodela sa manjom vrednošću $D_{\max}$.

Određivanje pouzdanosti

Kod ubojnih sredstava, pošto su to sredstva za jednokratnu upotrebu, propisuje se zahtev za pouzdanost kao verovatnoću uspešnog rada. Ovaj zahtev se, u zavisnosti od posmatrane grupe, u opštem obliku može izraziti kao odnos:

$$R(t) = \frac{\text{Broj projektila koji je postigao željeni (predviđeni) efekat na cilju}}{\text{Broj projektila koji je aktiviran (lansiran)}}$$

Pouzdanost posmatranih grupa UbS, izražena verovatnoćom uspešnog rada, ne sme biti lošija od vrednosti koje su date za pojedine grupe UbS [4]. Ako je ispunjen taj uslov može se sa sigurnošću konstatovati da je UbS ispravno i funkcionalno, odnosno da nije promenilo kvalitet u toku uskladištenja.

Kada se izvrši testiranje i ustanovi kojoj raspodeli odgovaraju dobijeni podaci, potrebno je dati ocenu o pouzdanosti sistema UbS, odnosno potrebno je ustanoviti verovatnoću bezotkaznog rada UbS, kao verovatnoću da će uspešno obaviti funkciju za koju je namenjeno u određenom vremenu t:

$$R(t) = 1 - F(t) = P(T > t) \quad (4)$$

gde je:

$R(t)$ — funkcija pouzdanosti sistema,

$F(t)$ — funkcija nepouzdanosti sistema.

Intervalna ocena pouzdanosti

Neka posmatrano obeležje X elemenata osnovne populacije ima raspodelu određenu zakonom raspodele verovatnoće $P(X=x_i)=p_i(Q)$, gde je Q nepoznati parametar. Za unapred izabranu verovatnoću $1-\alpha$, blisku jedinici (na primer, $1-\alpha=0,95$; $0,99$, i sli-

čno), određuju se dve veličine U_1 i U_2 , tako da se nepoznata vrednost parametra Q nalazi u intervalu $(U_1$ i $U_2)$, dok se sa verovatnoćom α nalazi izvan intervala.

Interval (U_1, U_2) jeste interval pouzdanosti za parametar Q ako se tačna vrednost parametra Q nalazi u tom intervalu sa unapred datom verovatnoćom $1-\alpha$. Verovatnoća $1-\alpha$ naziva se koeficijentom pouzdanosti intervala pouzdanosti. Često se interval pouzdanosti naziva interval poverenja, a koeficijent pouzdanosti nivo poverenja.

Prema literaturi [1] može se napisati:

$$P(U_1 \leq Q \leq U_2) = 1 - \alpha \quad (5)$$

Ako se za vrednost Q uzme bilo koja vrednost iz intervala pouzdanosti, onda relativna frekvencija slučajeva, kada interval pouzdanosti ne sadrži parametar Q , ne premašuje α . Na primer, ako se izabere da je $1-\alpha=0,95$ može se očekivati da oko 95% uzoraka daje interval pouzdanosti koji će sadržati nepoznati parametar Q .

Vrednost koeficijenta pouzdanosti $1-\alpha$ određuje se u zavisnosti od toga koliki se rizik greške može dopustiti u svakom konkretnom slučaju.

Interval pouzdanosti za srednju vrednost osnovne normalne populacije

Pretpostavlja se da populacija iz koje je izabran reprezentativni uzorak $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ pripada normalnoj raspodeli. Potrebno je odrediti interval pouzdanosti za srednju vrednost parametra μ .

Aritmetička sredina X ima normalnu raspodelu [1]:

$$N(\mu, \sigma_x = \sigma/\sqrt{n}) \quad (6)$$

odakle sledi izraz za raspodelu:

$$P(\bar{x} - k \cdot \sigma_{\bar{x}} < \mu < \bar{x} + k \cdot \sigma_{\bar{x}}) = 2\Phi(k) = 1 - \alpha \quad (7)$$

gde je $\Phi(k)$ -vrednost Laplasove funkcije za $t=k$.

Ova formula daje intervalnu ocenu nepoznate srednje vrednosti parametra μ osnovne populacije. Sa verovatnoćom $1-\alpha=2\Phi(k)$ može se očekivati da će se srednja vrednost μ osnovne populacije sadržati u intervalu pouzdanosti:

$$(\bar{x}-k \cdot s / \sqrt{n}, \bar{x}+k \cdot s / \sqrt{n}) \quad (8)$$

gde je:

$\bar{x}$ — srednja vrednost parametara dobijena iz uzorka,

s — standardno odstupanje parametara uzorka,

n — broj uzoraka,

k — vrednost iz tabele u prilogu literature [2].

Ova aproksimacija ima smisla samo za veliki broj uzoraka, $n \geq 30$, a za uzorke čiji je broj $n < 30$ interval pouzdanosti je:

$$(\bar{x}-t_{\alpha} \cdot s / \sqrt{n}, \bar{x}+t_{\alpha} \cdot s / \sqrt{n}) \quad (9)$$

gde je:

— t_{α} vrednost iz tabele u prilogu literature [2].

Na sličan način može se odrediti interval pouzdanosti i za druge raspodele koje neće biti objašnjene, s obzirom na to da se normalna raspodela najčešće pojavljuje pri eksperimentalnim analizama.

Kriterijum za ocenjivanje ispitivanih ubojnih sredstava

U dokumentu PKP za svaku vrstu UbS definisane su neophodne provere početnog kvaliteta pojedinih elemenata i sklopova, propisani postupci kontrole i zahtevani nivo kvaliteta novoprodučenih ili remontovanih UbS. Ako se rezultati poklapaju sa dozvoljenim odstupanjem UbS nije značajnije prome-

nilo »početni kvalitet« pa se može doneti odluka o daljem skladištenju.

Na osnovu dosadašnjih rezultata eksperimentalnih ispitivanja došlo se do sledećih okvirnih merila i kriterijuma za dozvoljeni pad kvaliteta pojedinih karakteristika UbS [3]:

a) Provera početne brzine projektila

Dozvoljeni nivo odstupanja početne brzine projektila od tablične vrednosti određuje se posebno za svaku vrstu UbS, u zavisnosti od taktičko-tehničkih i konstruktivnih karakteristika UbS.

Orijentaciono može se prihvatiti da UbS u toku svog veka skladištenja poseduje zadovoljavajući kvalitet ako su ispunjeni sledeći zahtevi:

- UbS za posredno gađanje $\Delta V = -0,025 \cdot a$,
- UbS za neposredno gađanje $\Delta V = -0,05 \cdot a$,
- UbS za PAA $\Delta V = -0,015 \cdot a$.

Vrednosti za a su različite i zavise od grupe sredstava, a date su u literaturi [3].

b) Provera maksimalnog pritiska

Maksimalni pritisak kontroliše se u okviru ostalih ispitivanja i kontrolnih ispitivanja, a za vreme veka trajanja UbS ne bi smeo da pređe više od $0,05 \cdot a$, od maksimalne dozvoljene vrednosti.

c) Provera preciznosti

Kriterijumi za ocenu preciznosti određeni su posebno za svaku vrstu UbS u zavisnosti od taktičko-tehničkih i konstruktivnih karakteristika UbS.

Orijentaciono može se prihvatiti da UbS u toku svog veka skladištenja poseduje zadovoljavajući kvalitet ako su ispunjeni sledeći zahtevi:

— UbS za posredno gađanje: dvostruko veća vrednost verovatnog skretanja po daljini i po pravcu od zahteva za novoproduzvana UbS,

— UbS za neposredno gađanje: povećana slika pogodaka za 0,05 a u odnosu na zahteve za novoproduzvana UbS.

d) Kontrola hemijske stabilnosti baruta

Postupak kontrole hemijske stabilnosti baruta definiše se posebnim standardom, a vrši se na uzorcima baruta dobijenim delaboracijom uskladištenih UbS koja se ispituju i sa kojima se gađa.

e) Kontrola ostalih karakteristika

Rezultati svih provera po drugim elementima (vizuelna kontrola, funkcija, itd.), a koje su propisane PKP-om statistički se obrađuju. Kumulativne vrednosti dozvoljenih nedostataka po PKP-u za novoproduzvana UbS procenualno se uvećavaju.

Kontrola pojedinih elemenata i podsklopova UbS propisana je posebnim standardima koji bi, takođe, morali biti dopunjeni propisima o kontroli kvaliteta u toku veka skladištenja UbS.

Detaljnijom obradom dobijenih podataka, i na osnovu nacrtu Uputstva za kategorisanje municije i MES, moguće je doći do odgovarajućeg Kriterijuma za utvrđivanje kvaliteta UbS na osnovu dobijenih rezultata sa kontrolnih ispitivanja uskladištenih UbS.

Postupak donošenja odluke o UbS posle ispitivanja

Posle završenih kontrolnih ispitivanja UbS na osnovu dobijenih rezultata i njihove analize predlaže se odluka o daljem postupku sa serijom UbS koja je ispitana.

Može se smatrati da rezultati ispitivanja zadovoljavaju ako se pored ispitivanog funkcionisanja oružja — oruđa — lansera, dobiju dobri rezultati na tehničkim pregledima, a ispitani parametri za ocenu kvaliteta UbS su u dozvoljenim granicama po PKP ili SNO za konkretnu vrstu UbS.

U svim drugim slučajevima pri predlaganju odluke treba imati u vidu rezultate ostalih kontrola kvaliteta i odstupanje parametara za ocenu kvaliteta UbS od tabličnih vrednosti prema utvrđenom kriterijumu.

Odluka, u načelu, može biti [5]:

— čuvati i dalje,

— ubrzano trošiti,

— potrebno je tehničko održavanje (TO),

— potrebno je generalno održavanje (GO),

— rashodovati.

Odluka se donosi posle završene analize rezultata kontrolnih ispitivanja i posle upoređivanja rezultata sa predloženim kriterijumom.

Kada su dobijeni rezultati balističkih karakteristika u granicama tabličnih vrednosti, tj. kada na UbS nema znatnijih promena, može se doneti odluka o produžetku garancije uskladištenja za naredni ciklus (i dalje čuvati).

Kada dobijeni rezultati balističkih karakteristika odstupaju od tabličnih vrednosti prema predloženom kriterijumu, a rezultati ostalih kontrola kvaliteta ukazuju da je došlo do pada kvaliteta, može biti predloženo ubrzano trošenje UbS.

Ova odluka može biti predložena u sledećim slučajevima:

— kada se očekuje brzi pad kvaliteta ispod granice sigurnosti i pouzdanosti upotrebljivosti UbS,

— kada generalno održavanje sa tehničko-ekonomskog aspekta nije op-

navodano, jer se zanaavljanje vrši nabavkom ili proizvodnjom novih UbS.

Kada na UbS nastupe znatne promene, a dobijeni rezultati parametara za ocenu kvaliteta UbS odstupaju od tabličnih vrednosti prema kriterijumu, a preventivnim zahvatima se mogu otkloniti »mane« i time im produžiti skladišni vek, može biti predložena odluka o tehničkom održavanju.

Odluka o generalnom održavanju UbS biće predložena u slučaju kada se očekuje pad parametara za ocenu kvaliteta u narednom ciklusu uskladištenja, kod sistema koji su efikasni i perspektivni a za koje se predviđa da će biti takvi najmanje još za jedan ciklus uskladištenja.

Odluka o rashodovanju UbS biće predložena u slučaju kada njihov kvalitet dospe u fazu u kojoj je dalje uskladištenje nerentabilno, ili čak opasno, a generalno održavanje se ne predviđa zbog zastarelosti sistema naoružanja ili drugih razloga.

Kriterijum za utvrđivanje kvaliteta UbS na osnovu rezultata kontrolnih ispitivanja

U zavisnosti od početne brzine projektila V_0 , vrste naoružanja i vrednosti dobijenih rezultata, odluka o daljem postupku sa laboračnom serijom UbS koja je ispitana može se predložiti prema sledećoj tabeli:

Kategorija	$\frac{V_{ot}-V_0 \max}{V_{ot}}$	$\frac{V_p \max}{V_{pt}}$	$\frac{V_d \max}{V_{dt}}$	Odluka
I	$\pm 0,01 \cdot a$	$1 \cdot b$	$1 \cdot b$	čuvati i dalje ubrzano trošiti tehničko održavanje, generalno održavanje, rashod
II	$\pm 0,025 \cdot a$	$1,5 \cdot b$	$1,5 \cdot b$	
III	$> 0,025 \cdot a$	$> 1,5 \cdot b$	$> 1,5 \cdot b$	

gde je:

- V_0 — početna brzina projektila ispitivane municije,
- V_{ot} — tablična početna brzina,
- V_p — skretanje po pravcu,
- V_{pt} — tablično skretanje po pravcu,
- V_d — skretanje po daljini,
- V_{dt} — tablično skretanje po daljini.

Vrednosti za veličine a i b date su u literaturi [4], gde je razrađen konkretan kriterijum za sve vrste UbS.

Maksimalni pritisak u oruđu—oružju, sveden na normalne uslove, ne sme biti veći od tabličnog za:

— $0,05 \cdot a$ za oruđe—oružje sa maksimalnim pritiskom > 1000 bara,

— 50 bara za oruđe—oružje sa maksimalnim pritiskom < 1000 bara.

Zaključak

Rezultati izvršenih ispitivanja pojedinih vrsta UbS različite starosti i ocene o njihovom kvalitetu, ukazali su da nije moguće u potpunosti realizovati metodu za davanje ocene kako je ovde predloženo. Osnovni problem predstavlja nedostatak statističke evidencije, »početnog kvaliteta« UbS, pa nije moguće upoređivati statističke parametre ispitivanog UbS sa novoproduzvenim

ili remontovanim. Osnovni dokumenat na osnovu koga se vrši upoređivanje rezultata, jeste municijski karton i PKP novoproducenog ili remontovanog UbS.

Osnova za davanje ocene o kvalitetu UbS i za davanje predloga odluke o daljem postupku sa ispitivanim UbS treba da bude predloženi kriterijum za utvrđivanje kvaliteta UbS na osnovu rezultata kontrolnih ispitivanja, koji vremenom treba dopunjavati statističkim analizama.

Za kompletno istraživanje neophodno je postaviti informacioni sistem koji bi omogućio formiranje statističke evidencije opšteg kvaliteta UbS

po serijama od izlaska iz proizvodnje i u toku životnog veka.

Uspostavljanjem i primenom predloženog postupka za davanje ocene o kvalitetu uskladištenih UbS, ostvaruju se uslovi za statističku analizu promene kvaliteta UbS i pouzdanije definisanje rokova i kriterijuma za ocenu njihovog kvaliteta.

Predloženi postupak i uslovi za davanje ocene o kvalitetu UbS na osnovu rezultata kontrolnih ispitivanja zasnovani su na postojećoj eksperimentalnoj opremi, raspoloživim poligonima, propisima i aktima standardizacije, čime su stvoreni preduslovi za brzo i sistematsko praćenje rezultata kontrolnih ispitivanja uskladištenih UbS.

Literatura:

- [1] Vukadinović, V. S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Beograd, 1990.
- [2] Vujanović, N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Beograd, 1990.
- [3] Elaborat VTI-02-27-189 »Balistička stabilnost baruta laborisanih u klasičnoj municiji«, Beograd, 1985.

- [4] CPSM, Protokoli KTG za municiju ispitivanu po Planu za 1992, Beograd, 1992.

- [5] Ante Dullo: Osnove metodologije održavanja municije, VTG 3/79.

ANALIZA UREĐAJA SA OTVORENIM KOLOM OPTEREĆENJA ZA ISPITIVANJE ZUPČASTIH PRENOSNIKA

Uvod

Teoretska istraživanja i metode proračuna zupčastih prenosnika baziraju se na eksperimentalnim ispitivanjima. Mnogobrojni faktori, koji utiču na radnu sposobnost i pouzdanost prenosnika, određuju cilj i metode ispitivanja.

Ciljevi ispitivanja su: razrađivanje teorije i proračuna, određivanje materijala i ojačanja, optimizacija oblika i izbor tipa prenosnika, ocena kvaliteta izrade i sklapanja.

Prema kriterijumu radne sposobnosti metode ispitivanja se dele na: ispitivanja za ocenu kontaktne čvrstoće, savojne čvrstoće i tvrdoće, otpornosti na habanje, otpornosti na gnječenje, otpornosti na dinamička opterećenja, na šumnost, radi određivanja stepena korisnog delovanja.

Ispitivanja zupčastih prenosnika vrše se na uređajima sa:

- zatvorenim kolom opterećenja,
- programiranim opterećenjem i
- periodično ponavljajućim opterećenjem.

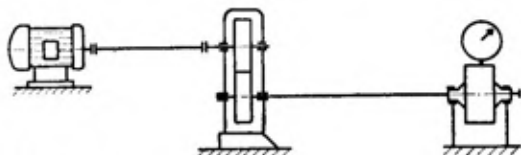
U ovom radu biće analizirani uređaji sa kočnicom, odnosno otvorenim kolom opterećenja.

Uređaji sa otvorenim kolom opterećenja za ispitivanje zupčastih prenosnika

U mašinskoj industriji se za ispitivanja zupčastih prenosnika primenjuju uređaji sa kočnicom. Oni se sastoje od pogonskog motora, ispitivanog prenosnika i kočionog uređaja. Za razliku od uređaja sa zatvorenim kolom opterećenja, kod uređaja sa kočnicom pogonska snaga je jednaka snazi potrebnoj za ispitivanje zupčastog prenosnika. Kod ovih se uređaja celokupna energija pogonskog elektromotora prenosi preko zupčastog para na kočnicu, gde se apsorbuje. To znači da se opterećenje ostvaruje pomoću pogonskog motora, na ulazu, i kočnice na izlazu.

Pogonski motor je najčešće elektromotor naizmenične ili jednosmerne struje, sa kontinualnom promenom broja obrtaja.

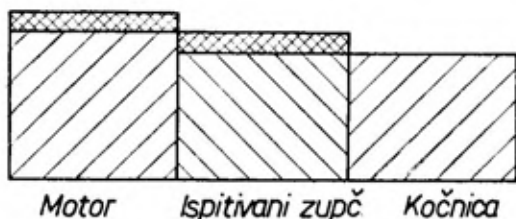
Na slici 1 prikazana je šema uređaja za ispitivanje sa otvorenim kolom opterećenja, gde se očitavanje veličine



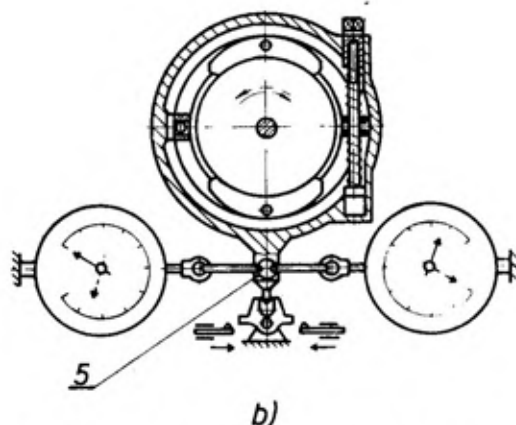
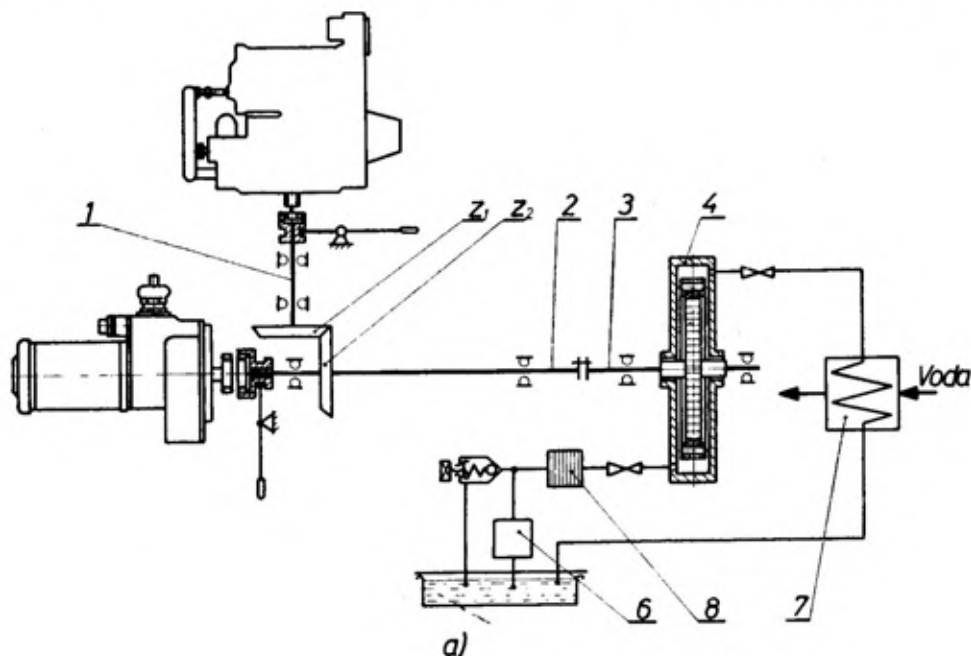
Sl. 1 — Šema uređaja za ispitivanje zupčastih prenosnika sa otvorenim kolom opterećenja

obrotnog momenta vrši preko mehaničkog ili elektronskog dinamometra.

Iz šeme uređaja očigledno je da je snaga pogonskog motora jednaka zbiru snaga utrošenih na gubitke u sistemu i snage apsorbovane kočnicom, što je prikazano grafički na slici 2. Ukršteno šrafirana polja prikazuju snagu utrošenu na savladavanje gubitaka.



Sl. 2 — Bilans snage kod uređaja sa otvorenim kolom opterećenja



Sl. 3 — Uređaj sa papučastom kočnicom

Iz ovoga proizilazi da pri ispitivanju zupčastih parova, koji prenose velike snage, treba primeniti odgovarajući pogonski elektromotor, što izaziva vrlo velike pogonske troškove. To je razlog što je primena ove metode relativno retka.

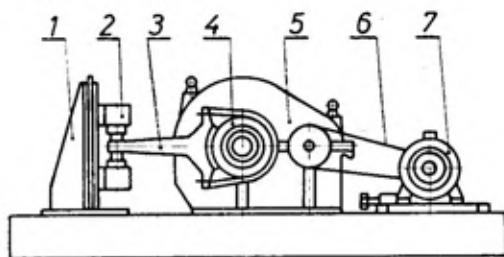
Uređaji sa kočnicom se dele na uređaje sa mehaničkim, hidrauličkim i električnim kočenjem.

Na uređajima sa mehaničkim kočenjem koriste se papučaste, trakasto-papučaste i trakaste kočnice, a i spojnice sa frikcionim diskovima. Obrtni moment na vratilu, na kome se nalazi kočnica, kod uređaja sa mehaničkim kočenjem ne prelazi 20 kNm. Na uređajima sa mehaničkim kočnicama tačno određivanje obrtnih momenata pri malim brojevima obrtaja je otežano zbog nestabilnog rada kočnice. Pri velikim brojevima obrtaja kočenje prati povećano habanje i zagrevanje. Uređaji sa mehaničkim kočenjem imaju ograničenu primenu.

Na slici 3 prikazan je uređaj sa mehaničkim kočenjem papučastom kočnicom. Ispitivani prenosnici se dovode u kretanje sopstvenim elektromotorima. Spojeni su vratilom 3 papučaste kočnice 4 neposredno preko vratila 2, ili preko koničnog zupčastog prenosnika z_1-z_2 i vratila 1, i zupčaste ili spojnice sa žlebovima (slika 3a). Kočioni moment se periodično meri dinamometrima, koji se periodično uključuju pri uklanjanju oslonca od zglobnog fiksatora (uređaja za blokiranje) 5 (slika 3b). Unutrašnjost kočnice napunjena je uljem koje cirkuliše, a dovodi se pomoću pumpe 6. U instalaciji za dovod ulja nalaze se hladnjak 7 i prečistač 8 (slika 3a).

Uređaj sa mehaničkim kočenjem pomoću trakasto-papučaste kočnice prikazan je na slici 4. Na postolje 1 postavljeni su elastični dinamometar 2, ispitivani zupčasti reduktor 5 i trakasto-papučasta kočnica 3 sa kočionim točkom 4. Uređaj pokreće dvobrzinski elektromotor 7 preko trapeznog kaišnog prenosnika 6. Kočenje se ostvaru-

je zatezanjem trake, pomoću papučice, koja je prebačena preko kočionog točka 4 direktno postavljenog na sporoходно vratilo ispitivanog zupčastog prenosnika.



Sl. 4 — Uređaj sa trakasto-papučastom kočnicom

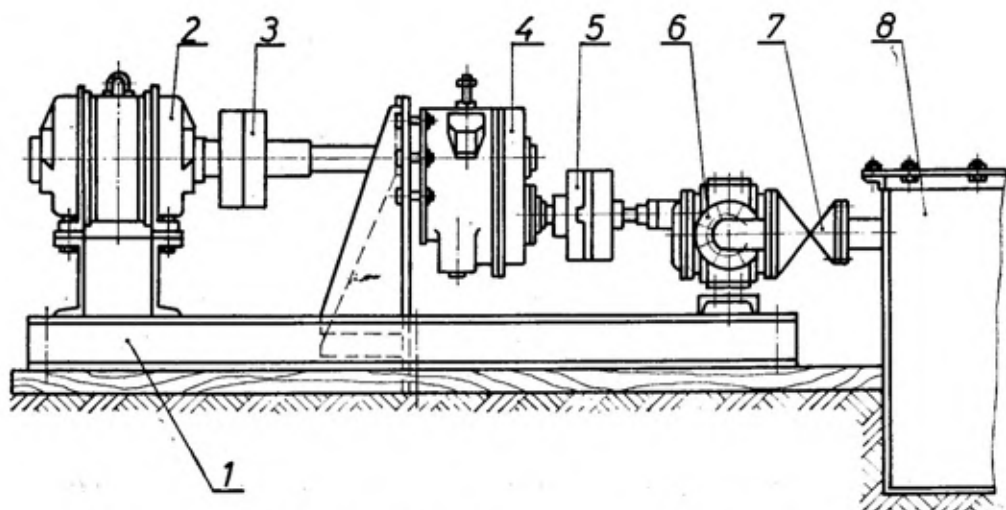
Kod većine uređaja sa hidrauličkim kočnicama koriste se hidroturbine, pumpe za hidrauličke sisteme i specijalne kočnice kod kojih je radni medijum voda ili ulje. Radi povećanja kočionog momenta hidroturbine i pumpe za hidrauličke sisteme često se uključuju u kolo snage uređaja preko prenosnika za ubrzanje. Moment se menja prigušnim ventilom. Jedan od jednostavnijih uređaja sa hidrauličkim kočenjem prikazan je na slici 5. Sastoji se od postolja 1 na koje su postavljeni pogonski elektromotor 2, spojnice 3, ispitivani zupčasti reduktor 4, spojница 5 i zupčasta pumpa za ulje 6. Zupčasta pumpa 6 u ovom slučaju predstavlja hidrauličku kočnicu. Pumpa se napaja uljem iz rezervoara 8, preko regulacionog ventila 7.

Uređaji sa hidrauličkim kočnicama imaju ravnomeran rad, ali ne omogućavaju velike momente kočenja pri malim brzinama, pri puštanju u rad i pri naglim promenama brzina. Hidrauličke kočnice se manje primenjuju pošto apsorbovana snaga zavisi od trećeg, a obrtni moment od drugog stepena broja obrtaja.

Kao električne kočnice uglavnom se koriste generatori jednosmerne struje, i asinhroni kratko spojeni elektro-

motori naizmjenične struje. Ovi elektromotori se obrću supersinhronom ugaonom brzinom, to jest brzinom većom od ugaone brzine magnetnog polja i, naravno, rade u režimu generatora

elektromotora i kočionog generatora jednaka celokupnoj snazi potrebnoj za ispitivanje prenosnika. Na uređajima sa elektromotorom i generatorom jednosmerne struje promena opterećenja



Sl. 5 — Uređaj sa hidrauličkom kočnicom — zupčastom pumpom za ulje

(kao na slici 6). Pored ovih koriste se i elektromagnetne kočnice i kočnice koje funkcionišu uz pomoć vihornih struja, kao i induktivne kočnice. Električne kočnice i kočnice sa vihornim strujama naročito su pogodne pošto omogućavaju ispitivanja po unapred određenom programu, datom, recimo, na bušenoj traci. Na ovaj način se opterećenje ispitivanog zupčastog para stepenasto menja u toku ispitivanja.

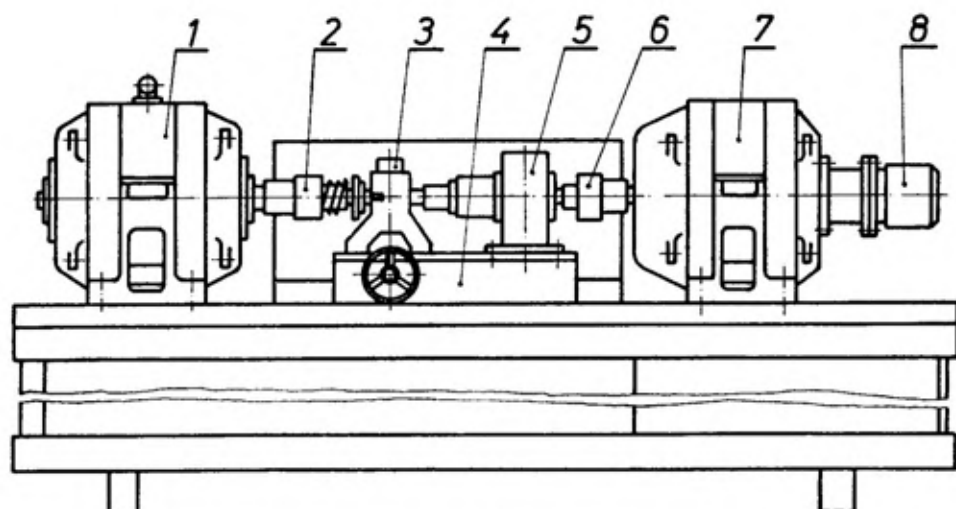
Energiju, koju proizvode kočioni generatori, apsorbuju otpornici ili se predaje u električnu mrežu. Uređaji sa kočionim generatorima, priključeni na električnu mrežu, predstavljaju uređaje sa zatvorenim električnim kolom snage i zahtevaju energiju koja je neophodna za popunjavanje gubitaka u podsklopovima uređaja, uključujući elektromotor i generator. Za razliku od običnih uređaja sa zatvorenim kolom opterećenja, kod ovih uređaja je snaga

se ostvaruje putem regulacije opterećenja u pobudnom kolu generatora, a promena broja obrtaja promenom opterećenja pobude elektromotora. Na uređajima sa elektromotorom i generatorom naizmjenične struje (kao na slici 6) energija, koju proizvodi generator, predaje se direktno u trofazno kolo. Moment kočenja, pri zadatoj ugaonoj brzini, menja se u zavisnosti od opterećenja u namotajima statora generatora. U uređajima sa elektroagregatima naizmjenične struje za povećanje broja obrtaja vratila kočnice koriste se multiplikatori sa prenosnim odnosom većim od prenosnog odnosa ispitivanog prenosnika. U uređajima sa elektroagregatima jednosmerne struje takođe se koriste multiplikatori ili se ispitivanje vrši u paru.

Na slici 6 prikazan je uređaj sa električnim kočenjem generatorom naizmjenične struje. Pogonski elektromo-

tor 1 preko spojnice 2 pokreće ispitivanje. Ispitivani reduktor je povezan, preko multiplikatora 5 i spojnice 6, sa

Zbog smanjenja stepena korisnog delovanja i različitih uslova prenosa kretanja od puža ka pužnom zupčani-



Sl. 6 — Uređaj sa električnim kočenjem generatorom naizmjenične struje

kočionim generatorom 7. Releji za kontrolu brzine obrtanja označen je brojem 8.

Uređaji sa kočnicom poseduju određene nedostatke, kao što su: neekonomičnost u eksploataciji, glomaznost i neophodnost da se vrši njihovo hlađenje pri velikim snagama ili dužem radu. U mnogim slučajevima tačnost merenja pri određivanju stepena korisnog delovanja nije pouzdana.

Prednosti uređaja sa kočnicom su: univerzalnost, odnosno mogućnost ispitivanja zupčastih prenosnika ili reduktora različitih tipova i dimenzija, iskorišćavanje standardne opreme (kočnice) za ispitivanje, nepostojanje eventualnog dinamičkog uticaja ostalih elemenata (kao što je slučaj u zatvorenom kolu opterećenja), lako se može ostvariti ispitivanje po unapred određenom programu uz dopunsku opremu.

ku i obrnuto, uređaji sa otvorenim kolom opterećenja češće se primenjuju za ispitivanje pužnih nego zupčastih prenosnika.

Zaključak

Od uređaja sa kočnicom najčešće su u primeni uređaji sa električnim kočenjem sa ponovnim iskorišćavanjem (rekuperacijom) električne energije u električnoj mreži.

Programirano opterećenje kod uređaja sa kočnicom se jednostavno ostvaruje kod hidrauličkog kočenja i još jednostavnije, kod električnog kočenja, korišćenjem standardnih komandnih aparata.

Elektromotorom i kočnicom vrlo je teško ostvariti potrebno opterećenje, pa se uređaji sa otvorenim kolom opterećenja primenjuju pri manjim obrtnim momentima ispitivanih prenos-

nika. Kod ovih uređaja pogonska snaga je jednaka snazi potrebnoj za ispitivanje prenosnika, što zahteva prime-

nu odgovarajućih pogonskih elektromotora i kočnica, a to je najveći razlog ređe primene ove metode.

Literatura:

- [1] Adam, J. I., Ovumjan, G. G.: Spravočnik zuboreza, »Mašinstroenije«, Moskva, 1964.
- [2] Artoboljevskij, I. I.: Teorija mehanizmov i mašin, »Nauka«, glavna redakcija fiziko-matematičkoj literaturi, Moskva, 1988.
- [3] Bazanjac, D.: Nauka o čvrstoći, »Tehnička knjiga«, Zagreb, 1973.
- [4] Veriga, S.: Mašinski elementi III, Mašinski fakultet, Beograd, 1984.
- [5] Vitas, D. J., Trbojević, M. D.: Mašinski elementi III, »Naučna knjiga«, Beograd, 1981.
- [6] Grib, V. V., Lazarev, G. E.: Laboratorije ispitivanja materijalov na trenje i iznos, »Nauka«, Moskva, 1968.
- [7] Đukić, V., Majstorović, A.: Ispitivanje mašinskih materijala, »Naučna knjiga«, Beograd, 1986.
- [8] Zablonskij, K. I.: Zubčatle peredači, »Tehnika«, Kiev, 1977.
- [9] Zuboreznij instrument, »Stankoimport«, Moskva.
- [10] Ivanov, M. N.: Detalji mašin, »Viššaja škola«, Moskva, 1967.
- [11] Josilević, G. B.: Detalji mašin, »Mašinstroenije«, Moskva, 1988.
- [12] Judin, V. A., Petrokas, L. V.: Teorija mehanizmov i mašin, »Viššaja škola«, Moskva, 1977.
- [13] Kuklin, N. G., Kuklina, G. S.: Detalji mašin, »Viššaja škola«, Moskva, 1987.
- [14] Litvin, F. L.: Rasčet i konstruirovanije mehanizmov i detaljev priborov, »Mašinstroenije« — Leningradskoje otdeljenje, Leningrad, 1975.
- [15] Mijatović, D.: Osvrt na metode ispitivanja zupčastih parova sa promenljivim opterećenjem, Zbornik radova naučno stručnog skupa o zopčanicima i kliznim ležajevima održanog u Zagrebu od 22—24. 01. 1976, Zagreb, 1976.
- [16] Oberšmit, E., Jurjević, Z., Opalić, M.: Ispitivanje stožastih zupčanika sa zakrivljenim zupcima (eloidni zupčanici) na zaribavanje i trošenje (habanje), Zbornik radova naučno stručnog skupa, Zagreb, 1976.
- [17] Rešetov, D. N.: Detalji mašin, »Mašinstroenije«, Moskva, 1989.
- [18] Rešetov, D. N.: Mašini i stendi dlja ispitivanja detaljev, »Mašinstroenije«, Moskva, 1979.
- [19] Savić, Z.: Inženjersko mašinski priručnik, elementi mašinskih konstrukcija, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1987.
- [20] Savić, Z.: Mašinski elementi, Mašinski fakultet, Beograd, 1974.
- [21] Tajc, B. A.: Proizvodstvo zubčatih koles, »Mašinstroenije«, Moskva, 1980.
- [22] Tanasijević, S.: Osnovi tribologije mašinskih elemenata, »Naučna knjiga«, Beograd, 1989.
- [23] Hrušov, M. M.: Laboratorije metodi ispitivanja na iznašivanije materijalov zubčatih koles, »Mašinstroenije«, Moskva, 1966.
- [24] Winter, H.: Die wesentlichen einflusse auf die Tragfähigkeit von Zahnradgetrieben, Dresden, 21—23. November, 1983.
- [25] Standard: GOST, DIN, ISO i JUS.

Ljubiša Marković,
dipl. inž.

Mr Predrag Petrović,
dipl. inž.

SIMULACIONI MODEL ZA ODREĐIVANJE UPOTREBNOG KVALITETA KOMPONENATA DIZEL-MOTORA

Uvod

Pre razvoja metode ispitivanja potrebno je sistematizovati ulazna ograničenja, sa stanovišta izvođenja ispitivanja, ulaznih mernih parametara, uz zadovoljenje ograničenja vremena i sredstava za realizaciju ispitivanja. Cilj istraživanja je identifikacija metode ispitivanja kao simulacionog modela za određivanje upotrebnog kvaliteta komponenata dizel-motora.

Obrađeno je više modela za ispitivanje tehničkog sistema u funkciji provere njegovih tehničko-funkcionalnih karakteristika, radi provere kriterijuma za njihovu ocenu. U konkretnom slučaju, to znači identifikaciju metode ispitivanja koja će zadovoljiti osnovne zahteve za utvrđivanje upotrebnog kvaliteta automatskog zagrejača.

Osnovna razmatranja

Ispitivanja u tehnici predstavljaju skup niza postupaka, koji se primenjuju u različitim fazama procesa razvoja, proizvodnje i eksploatacije tehničkog sistema, radi obezbeđivanja objektivnih informacija o kvalitetu tehničkog sistema, njegovih sklopova i delova, a i o uslovima u kojima tehnički sistem radi, odnosno o njegovim radnim opte-

rećenjima, okolini i dr. Ispitivanje je jedan od postupaka objektivnog informisanja, a zasnovano je na neposrednom merenju određenih mernih veličina. Zbog svojih osnovanih obeležja ispitivanja imaju poseban značaj u opštem informacionom sistemu proizvođača i korisnika tehničkog sistema.

Sistemi u mašinstvu predstavljaju organizovane skupove elemenata i relacija između njih i njihovih karakteristika, povezanih u celinu, na način pogodan za obavljanje korisnog rada. Tehnički sistem predstavlja integrisanu celinu, pri čemu integracija podrazumeva međusobnu povezanost i uslovljenost elemenata i njihovih karakteristika. Za funkcionisanje sistema nije dovoljan samo kvalitet elemenata nego i potpuna određenost relacija između njih.

Osnovna postavka ovog rada svodi se na preformulaciju objekta istraživanja, mikrotehničkog sistema u tehnički sistem. Složena konstrukcija automatskog zagrejača, svrstava ga u grupu mikrotehničkih sistema.

Osnovna funkcija automatskog zagrejača je olakšavanje startovanja dizel-motora u uslovima niskih temperatura.

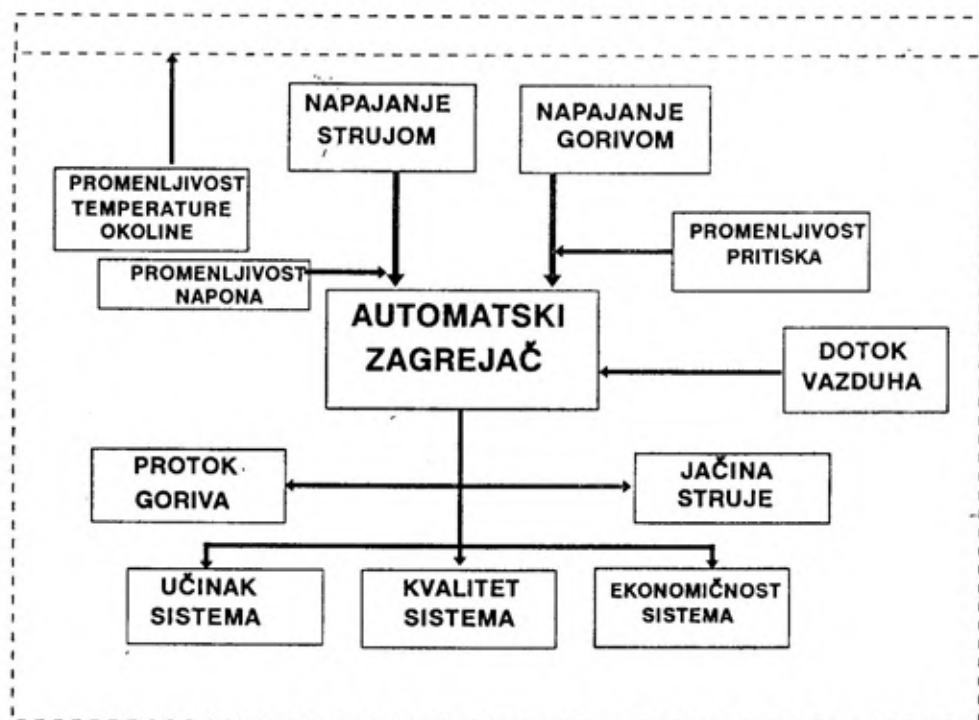
Promenljivost uslova rada i ulaznih parametara koji direktno utiču na

funkcionisanje automatskog zagrejača i njegove tehničko-funkcionalne karakteristike, daju mu karakter tehničkog sistema sa izuzetno zavisnim ulazno-izlaznim parametrima. Posebnu dimenziju ovim istraživanjima daje identifikacija metode ispitivanja automatskog zagrejača sa stanovišta zadovoljenja ograničenja trajanja ispitivanja i sredstava za izvođenje ispitivanja. To se, pre svega, odnosi na tehničku opremljenost laboratorije za ispitivanje, gde poseban značaj ima optimizacija merno-regulacione opreme, radi ostvarivanja visoke efektivnosti i odgovarajućih optimalnih rešenja automatskih zagrejača. Istraživanja automatskih zagrejača, zasnovana na načelima tehničkih sistema, imaju veliki značaj kao novina u pristupu ispitivanju ovog tipa, a identifikacija metode ispitivanja je korak ka bržem utvrđivanju njihovog upotrebnog kvaliteta.

Istraživanja tehničko-funkcionalnih karakteristika automatskih zagrejača

Istraživanja tehničko-funkcionalnih karakteristika automatskih zagrejača zasnivaju se na istraživanju efektivnosti sistema u mašinstvu u laboratorijskim i eksploatacionim ispitivanjima. Radna sposobnost sistema predstavlja, na određeni način, meru sposobnosti za obavljanje postavljene funkcije kriterijuma u datom vremenu, datim uslovima okoline i uticajima poremećaja u procesu rada sistema.

Definicija radne sposobnosti, koja je proistekla iz komponenti efektivnosti tehničkog sistema i njihovih parametara, direktno utiče na nivo i kvalitet izlaznih veličina tehničkog sistema. Pri razmatranju uticaja komponenata efektivnosti na izlazne veličine sistema, treba imati na umu kompleksnost uti-



Sl. 1 — Blok šema strukture rada automatskog zagrejača

caja jedne komponente na izlazne veličine, gde parcijalna posmatranja mogu dovesti do suprotnih zaključaka. Zbog toga treba težiti razvoju kompleksnih pokazatelja uticaja komponenti na efektivnost izlaznih veličina tehničkog sistema. Izlazne veličine i funkcija efektivnosti zavise od mnogo faktora, ali se u kvalitativnom smislu ova zavisnost može svesti na tvrđenje da su izlazne veličine toliko niže koliko su komponente efektivnosti i funkcije efektivnosti u celini niže.

Na slici 1 prikazana je blok-shema rada automatskog zagrejača i komponente izlaznih tehničko funkcionalnih karakteristika.

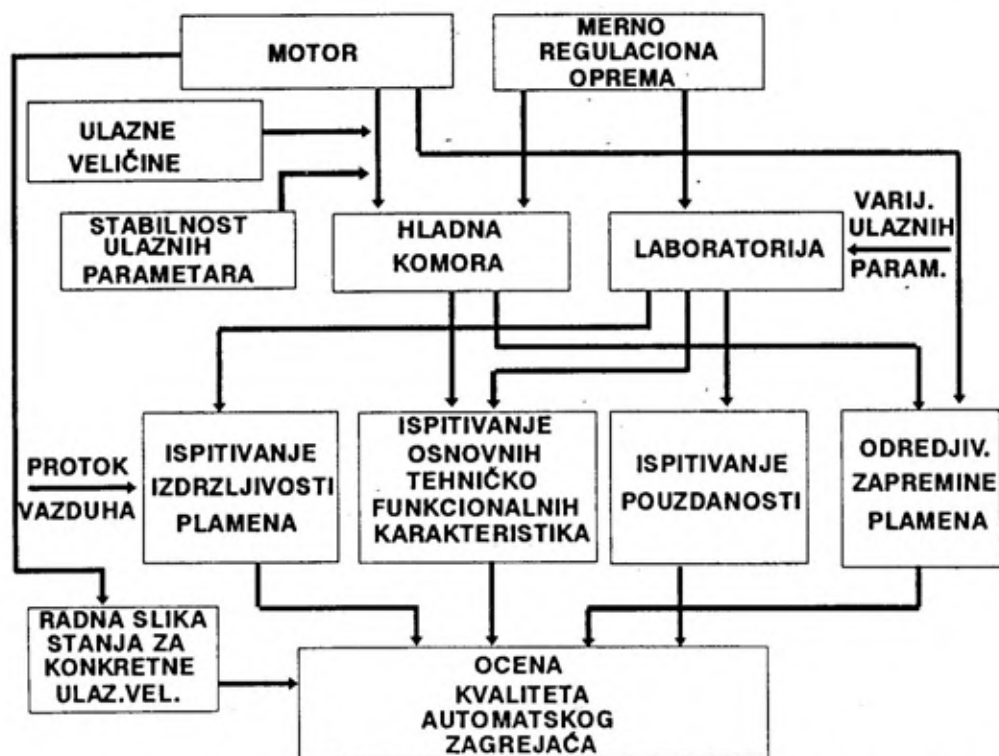
Promenljivost ulaznih parametara koji nemaju izraženu zakonitost, i ne mogu se aproksimirati konstantnim vrednostima, otežava definisanje us-

lova ispitivanja, pa se moralo razmatrati više metoda ispitivanja, što je, u osnovi, postavka ovog istraživanja.

Program istraživanja

Analiza rada automatskog zagrejača u uslovima sniženih temperatura okoline nameće potrebu za sistematskim prilazom u izradi programa ispitivanja. Na slici 2 prikazan je program istraživanja, koje se može sprovesti na motoru i na merno-regulacionoj opremi u laboratoriji.

Analiza mogućnosti ispitivanja automatskih zagrejača na motoru ukazuje na to da se tim ispitivanjima ne može dobiti dovoljno informacija o upotrebnosti vrednosti ispitivanog uzorka. Pri ispitivanju na motoru javljaju se ograničenja koja se ogledaju u nemo-



Sl. 2 — Program istraživanja automatskih zagrejača na motoru i merno-regulacionoj opremi

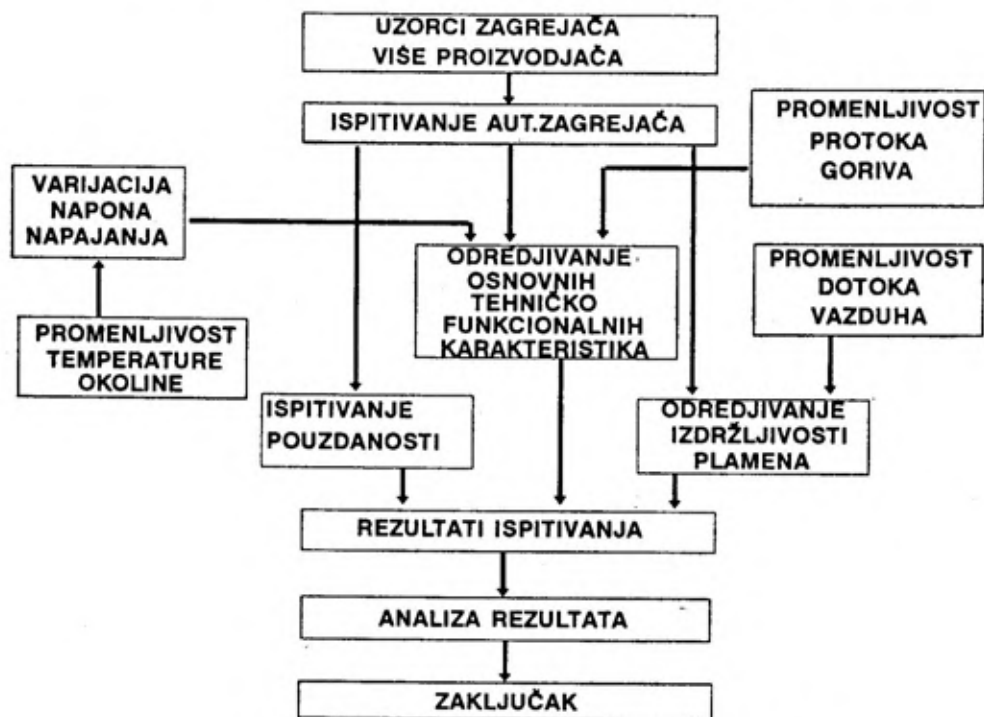
gućnosti varijacija ulaznih veličina, visoke cene ispitivanja, dužem vremenu pripreme i izvođenja ispitivanja. Navedena ograničenja u razmatranju istraživanja predložavaju istraživačima da na njih ne mogu računati, pa se broj metoda istraživanja smanjuje. Koncept izvođenja mernoregulacione instalacije, sa težištem na njenoj fleksibilnosti, daje mogućnost sprovođenja više metoda ispitivanja sa istom opremom. Konačni program istraživanja definisan je na osnovu detaljne analize rada automatskog zagrejača na motoru u uslovima sniženih temperatura, uz aktiviranje ograničavajućih faktora. Na slici 3 prikazana je šema programa ispitivanja.

Program ispitivanja zasniva se na utvrđivanju stvarnih karakteristika sistema i pokazatelja efektivnosti, odno-

sno veličina komponenti koje određuju efektivnost, radi poboljšanja kvaliteta projektovanja i izgradnje sistema i kvaliteta eksploatacije.

Rezultati istraživanja

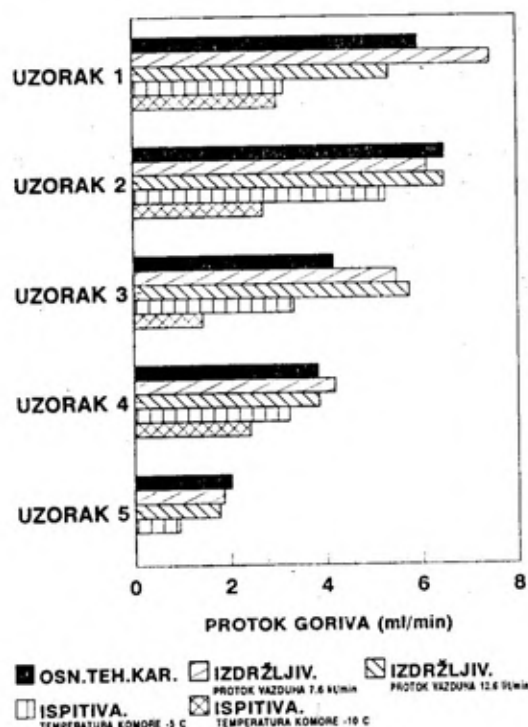
Prema definisanom programu (slika 3) obavljena su ispitivanja u laboratorijskim uslovima na više uzoraka automatskih zagrejača različitih proizvođača, ali sa identičnim konstrukcijskim rešenjem i primenom različitih materijala za elemente automatskog zagrejača. Cilj ovog rada nije ocena kvaliteta ispitivanih uzoraka automatskih zagrejača, već prikupljanje informacija radi identifikacije metode ispitivanja koja će verodostojno oslikati upotrebnii kvalitet ispitivanih uzoraka.



Sl. 3 — Program ispitivanja automatskih zagrejača

Prikazan je samo deo rezultata ispitivanja pet uzoraka, gde je za osnovni parametar funkcionalnih karakteristika odabran protok goriva.

Na slici 4 prikazane su vrednosti protoka goriva pet automatskih zagrejača izmerenih tokom sprovođenja više metoda ispitivanja.



Sl. 4 — Prikaz izmerenih funkcionalnih karakteristika više automatskih zagrejača

Analiza rezultata istraživanja

Prema rezultatima sprovedenih ispitivanja, kao i analizirane efektivnosti rada automatskog zagrejača, može se identifikovati metoda ispitivanja koja oslikava sva druga sprovedena ispitivanja, a to je ispitivanje osnovnih tehničko-funkcionalnih karakteristika automatskog zagrejača. Identifikacija se zasniva na analizi komponenata efikas-

nosti, koja se sastoji od radnog učinka i ispoljene pouzdanosti. Time se potvrđuje da se metodom ispitivanja osnovnih tehničko-funkcionalnih karakteristika oslikava upotrebnost automatskih zagrejača, tj. simulacionim modelom se određuje upotrebnost kvaliteta ove komponente dizel-motora.

Analiza izmerene vrednosti protoka goriva (slika 4) pokazuje, u zavisnosti od modela ispitivanja, izraženu nestabilnost. To ukazuje da se ne može doneti zaključak o zakonitosti protoka goriva prema modelu ispitivanja. Pad izmerenih vrednosti protoka evidentan je kod ispitivanja u hladnoj komori, ali treba imati u vidu da su uslovi ispitivanja bili promenjeni, tj. ulazni parametri su sa znatno nižim vrednostima (napon na priključcima automatskog zagrejača, pritisak goriva). Prema izmenjenim vrednostima protoka goriva najveću efikasnost i radni učinak imaju uzorci 1 i 2, dok kod ostalih uzoraka ona je znatno niža.

Istraživanja rada automatskog zagrejača dala su veliki broj informacija potrebnih za formiranje kriterijuma za ocenu karakteristika rada automatskog zagrejača. Praćenje karakteristika njihovog rada prema metodama izvođenja ispitivanja i programu ispitivanja ukazuje na kompleksnu međuzavisnost ulazno-izlaznih parametara.

Doprinos istraživanja automatskih zagrejača ogleda se i u potrebi za najužom saradnjom proizvođača i korisnika u području istraživanja, gde identifikacija osnovne metode ispitivanja omogućava međusobnu usklađenost u merno-regulacionoj opremi i u metodi ispitivanja.

Povezivanje proizvođača automatskih zagrejača i korisnika, zasnovano na osnovnoj metodi ispitivanja, pruža niz prednosti u izgradnji tehničkog sistema i njegovom korišćenju, što je bitan preduslov ostvarivanju visokog nivoa efektivnosti i optimalnih konstrukcionih rešenja.

Zaključak

Istraživanje efektivnosti sistema u laboratorijskim uslovima radi dobijanja pouzdanih rezultata, zahteva detaljno razrađenu metodologiju programa više metoda ispitivanja. Smanjenje broja metoda ispitivanja, uz ograničenja koja se ogledaju u sredstvima za izvođenje istraživanja, vremenu istraživanja i opremljenosti laboratorije, ukazuje na osnovni metod.

Istraživanja zasnovana na postavci da je automatski zagrejač mikrotehnički sistem sa svojom kompleksnom funkcijom daje veće mogućnosti u oce-

ni kvaliteta i upotrebne vrednosti ispitivanih uzoraka. Ovako koncipirana istraživanja omogućavaju dobijanje velikog broja informacija neophodnih za formiranje kriterijuma za ocenu tehničko-funkcionalnih karakteristika automatskog zagrejača.

Identifikacijom osnovne metode ispitivanja došlo se do simulacionog modela za određivanje upotrebnog kvaliteta komponenata dizel-motora, što omogućava proizvođaču i korisniku da međusobnim povezivanjem daju doprinos u realizaciji tehničkog proizvoda sa velikom upotrebnom vrednošću.

Literatura:

[1] Zelenović D., Todorović J.: Efektivnost sistema u mašinstvu, Naučna knjiga, Novi Sad-Beograd, 1980.

[2] Todorović J.: Ispitivanje motornih vozila, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 1987.

[3] Marković Lj.: Ispitivanje automatskih zagrejača više proizvođača, Izveštaj Instituta IMR-a.

Millić Milicević,
kapetan, dipl. inž.

ANALIZA OTKAZA DIZEL-MOTORA METODOM STABLA OTKAZA

Metoda stabla otkaza, kao jedna od najčešće primenjivanih metoda analize otkaza, primenjena je i u analizi otkaza dizel-motora. Na osnovu prikupljenih podataka izvršena je konstrukcija i analiza stabla otkaza za odabrani vršni događaj. Poseban problem predstavljao je nedostatak podataka potrebnih za analizu stabla otkaza, pa je bilo nužno redukovati već konstruisano stablo otkaza. Najširu primenu metoda stabla otkaza treba da ima u okviru sistema održavanja.

Uvod

Zbog uslova primene u borbenim dejstvima, složenosti i cene, vojni tehnički sistemi zahtevaju bezotkazan rad u što dužem vremenu eksploatacije. Postignuti visoki parametri pouzdanosti rada bitno smanjuju troškove održavanja, što je, sa stanovišta racionalnosti, vrlo značajno. U okviru toga, odgovarajući značaj ima postizanje i održavanje na visokom nivou parametara pouzdanosti motora sa unutrašnjim sagorevanjem koji su ugrađeni u vojna motorna vozila.

Shvatanje značaja pouzdanosti i organizovana istraživanja u toj oblasti usloveli su razvoj metoda teorije pouzdanosti. Osnovu istraživanja u tim metodama čine otkazi, odnosno njihova pojava i efekti izazvani tom pojavom. Poseban problem predstavlja analiza otkaza, tj. sagledavanje uzroka nastajanja, posledica na funkciju sistema, kao i određivanje verovatnoća nastanka otkaza. Metoda stabla otkaza predstavlja jednu od osnovnih metoda analize otkaza i ima veoma široku primenu.

Na osnovu prikupljenih informacija o otkazima dizel-motora F4L413FR konstruisano je stablo otkaza za određeni vršni događaj, izvršena analiza stabla otkaza i dati predlozi za primenu u praksi.

Analiza otkaza metodom stabla otkaza

Analiza stabla otkaza jedna je od osnovnih metoda analize pouzdanosti sistema. Razvijena je šezdesetih godina u laboratorijama Boeing kompanije za primenu u sistemu naoružanja, a danas ima široku i raznovrsnu primenu u različitim oblastima, kao što su: nuklearne centrale, hemijski procesi, pouzdanost kompleksnih sistema, obezbeđenje kvaliteta, električni i elektronski sistemi, pretvaranje uglja u tečno ili gasno gorivo, sistemi naoružanja i dr.

Analiza stabla otkaza je deduktivna metoda. Najpre se definiše neželjeni događaj, tzv. vršni događaj (»top event«), a zatim se analizira uticaj ponašanja pojedinih elemenata sistema na njegovo pojavljivanje. Analiza se oslanja na dijagram, stablo otkaza (SO),

koji simbolički opisuje logičke relacije između događaja. Pod događajem se podrazumeva mogući uslov ili moguće stanje elementa ili funkcije nekog procesa. Analiza počinje kvalitativnim definisanjem neželjenog događaja, a potom se obavlja unazad kroz konfiguraciju sistema kako bi se pronašli otkazi elemenata sistema i proceduralne greške koje mogu dovesti do neželjenog događaja. Putevi otkaza odnose se na redosled događaja koji vode do neželjenog događaja.

Metodologija analize otkaza obuhvata: određivanje vršnog događaja, upoznavanje rada sistema koji treba da se analizira, konstrukciju stabla otkaza, usvajanje stabla otkaza, ocenu stabla otkaza, obezbeđenje preporuka i alternativa za donošenje odluka.

Konstruisanje stabla otkaza počinje postavljanjem na vrh stabla definisanog vršnog događaja, a u sledeći niži red stabla uvrštavaju se oni događaji koji su neophodni za ostvarenje vršnog događaja. Zatim se, po redu, svaki od ovih događaja razdvaja na sastavne delove da bi se otkrili oni događaji, uzroci i izvori koji doprinose pojavljivanju vršnog događaja. Pri konstruisanju stabla otkaza koriste se tri opšte kategorije simbola:

- simboli za događaje — simboli koji izražavaju prirodu događaja,

- simboli za logičke kapije — simboli koji izražavaju zahteve potrebne za pojavljivanje izlaznog događaja,

- simboli za prenos — simboli koji se koriste da bi se izbeglo dupliranje u stablu otkaza ili da bi se tok informacija preneo na drugu stranu.

Simboli koji se koriste za konstrukciju stabla otkaza prikazani su u literaturi [1].

Da bi konstrukcija stabla otkaza bila uspešna, potrebno je pridržavati se sledećih uputstava:

- analitičko stablo treba da bude onoliko jednostavno koliko to dozvoljava složenost sistema,

- stablo treba da bude logično,
- odabrani opisi događaja treba da budu jednostavni, jasni i sažeti,

- broj redova stabla na jednoj stranici ne treba da bude veći od četiri ili pet,

- sistem numerisanja događaja ispod vršnog treba da bude jasan i dosledan,

- treba koristiti simbole za prenos da bi se izbeglo dupliranje identičnih grana ili segmenata stabla, i da bi se smanjila složenost stabla koje se naziva na jednoj stranici.

Zadatak kvalitativne analize stabla otkaza je određivanje »minimalnih preseka (odsečenih) skupova« i »minimalnih skupova staza« stabla otkaza. Odsečeni skup je skup osnovnih otkaza koji, uzeti zajedno, prouzrokuju neželjeni događaj. Ako su svi članovi odsečenog skupa ne samo dovoljni već i neophodni da bi doveli do pojave neželjenog događaja, takav skup se naziva minimalni presek skupa.

»Minimalna staza skupa« je najmanji skup događaja koji ne smeju da se dogode kako ne bi došlo do vršnog događaja. Skup staza je skup osnovnih uspeha koji su zajednički dovoljni da spreče pojavljivanje neželjenog događaja. Ako su svi članovi ovog skupa ne samo dovoljni već i neophodni za obezbeđenje uspeha, odnosno funkcionisanje sistema, onda se takav skup naziva minimalni skup staza.

Minimalni presek skupa i minimalna staza skupa predstavljaju dva ekvivalentna izvora informacija o stanju procesa, a saznanje o jednom ili drugom je dovoljno da se izračuna verovatnoća izabranog vršnog događaja.

Minimalni preseki skupova mogu se dobiti pomoću Bulovih jednačina. Da bi se sprovela analiza potrebno je svaki događaj u stablu otkaza obeležiti Bulovom promenljivom. Označavanje se vrši na sledeći način:

- T... (top-event) — vršni događaj,

- $G_i, i = 1, 2, \dots$ (gates) — posredni događaj,
- $E_j, j = 1, 2, \dots$ (events) — osnovni događaj,
- $P_n, n = 1, 2, \dots$ (primary events) — primarni osnovni događaj,
- $S_m, m = 1, 2, \dots$ (secondary events) — sekundarni bazni događaj.

Zatim se koristi prosti algoritam sa sledeća tri osnovna koraka:

- napišu se Bulove jednačine za svako logičko kolo,
- izvrši se zamena promenljivih njihovim izrazima sve dok se dobije vršni događaj kao funkcija samo osnovnih događaja,
- izvrši se redukcija dobijenog izraza korišćenjem pravila Bulove algebre.

Korišćenjem opisanog algoritma na kraju drugog koraka dobijaju se svi preseki skupova stabla, a na kraju trećeg koraka svi minimalni preseki skupova. Ovaj algoritam, mada sasvim jednostavan, nije efikasan za analizu složenijih stabala otkaza. Uvođenjem određenih modifikacija moguće je poboljšati njegovu efikasnost, a to su:

- odvojeno procesiranje nezavisnih podstabala,
- procesiranje stabla otkaza po stepenima.

Za realne složene sisteme razvijene su tehnike dobijanja minimalnih preseka skupova najvišeg ranga, odnosno minimalnih preseka skupova sa najmanjim brojem članova.

Određivanjem minimalnih preseka skupova ostvaren je prvi uslov za dobijanje kvantitativnih rezultata o stablu otkaza. Ti rezultati dobijaju se korišćenjem metoda teorije verovatnoće, odnosno teorije pouzdanosti. U analizi se, najčešće, polazi od utvrđivanja karakteristika pouzdanosti komponenti, a zatim minimalnih preseka skupo-

va i, na kraju, samog neželjenog vršnog događaja, odnosno sistema.

Svaki događaj na ulazu u I ili ILI kapiju ima svoje srednje vreme između otkaza ($MTBF$) ili intenzitet otkaza (λ), kao i vreme trajanja opravke ($MTTR$) ili intenzitet opravke (μ). Na osnovu ovih podataka može se odrediti pouzdanost elementa, odnosno verovatnoća događaja nekog otkaza na ulazu u I ili ILI kapiju.

Osnovni događaji u stablu otkaza biraju se tako da budu statistički nezavisni tj. da ostvarenje nekog od događaja ne utiče na verovatnoću nastanka drugog događaja. Verovatnoća da će rezultat biti takav da će se javiti na izlazu kapije I je proizvod verovatnoća svih ulaznih događaja. Za slučaj ILI kapije verovatnoća nastanka događaja na izlazu je suma verovatnoća događaja na ulazu. Ako događaji u stablu otkaza nisu uzajamno isključivi, u proračunima se vrše određene korekcije.

Kvantitativna analiza stabla otkaza razmatra se sa sledećih stanovišta:

- otkaza nepopravljivih elemenata sistema koji ulaze u logičku kapiju,
- otkaza popravljivih elemenata sistema koji ulaze u logičku kapiju.

Izrazi za izračunavanje verovatnoća pojavljivanja nezavisnih i zavisnih događaja za nepopravljive elemente sistema i neraspoloživosti događaja na izlazu iz logičkih kapija za popravljive elemente sistema, dati su u literaturi [1].

Stablo otkaza za vršni događaj »neispravan sistem za napajanje gorivom«

Dizel-motor sa uređajima predstavlja složen sistem u toku čijeg funkcionisanja postoji mogućnost pojave otkaza. Otkazi kod dizel-motora su raznovrsni i njihova klasifikacija može se izvršiti na način koji je naveden u literaturi [2]. Poseban problem predstav-

Ija analiza otkaza, odnosno utvrđivanje efekta svakog pojedinačnog otkaza, njegovog uticaja na funkcionalne karakteristike motora, verovatnoća pojavljivanja pojedinih otkaza, kao i njihova međusobna uslovljenost. Za analizu otkaza kod dizel-motora uspešno se može primeniti metoda stabla otkaza.

Dizel-motor F4L413FR ugrađen je na motornom vozilu TAM 110 T7 B/BV koje je vrlo zastupljeno u Vojski Jugoslavije. To je četvorotaktni motor sa direktnim ubrizgavanjem, vazдушnim hlađenjem i podmazivanjem prinudnom cirkulacijom ulja pod pritiskom.

Definisanje vršnih događaja i konstrukcija stabla otkaza

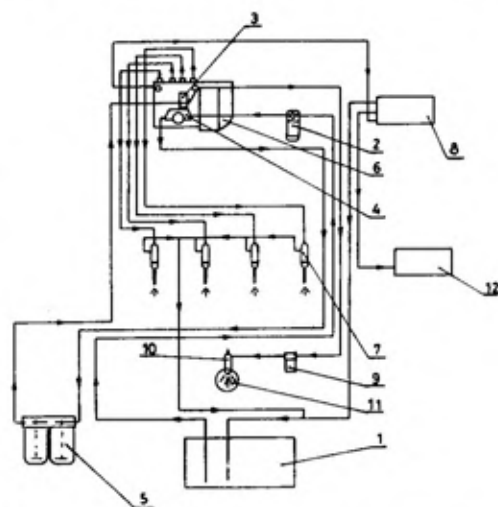
Da bi se mogla provesti metoda analize stabla otkaza neophodno je za navedeni sistem definisati vršne (top) događaje. U ovom slučaju vršni događaj je neželjeno stanje, odnosno stanje motora pri kojem on ne izvršava funkciju kriterijuma u okviru zadatih parametara. Izbor ovih događaja nije nimalo lak s obzirom na složenost motora kao sistema i na specifične uslove rada. Postavlja se pitanje načina otkrivanja otkaza definisanih vršnim događajem. U izboru vršnih događaja polazi se od onih koji se najčešće javljaju tokom eksploatacije, odnosno onih događaja koji se u tehničkim radionicama najčešće prijavljuju kao neispravnosti motora. Takođe, polazi se i od mogućnosti da ga otkrije rukovalac, bez korišćenja dijagnostičkih metoda i opreme. Kao ograničenje pri izboru vršnih događaja uzet je vid održavanja na kome se date neispravnosti mogu otkloniti. Definisaće se neispravnosti koje se mogu otkloniti u okviru lakog i srednjeg remonta. Za potrebe ovog rada definisan je vršni događaj »neispravan sistem za napajanje gorivom«.

Nakon definisanja vršnog (top) događaja pristupa se konstrukciji stabla otkaza. Da bi konstrukcija bila uspeš-

na, neophodno je prethodno upoznati se sa funkcijom, odnosno radom pojedinih elemenata sistema za napajanje gorivom. Na osnovu toga mogu se definisati otkazi elemenata koji dovode do pojave vršnog događaja. Za ovaj motor pri određivanju otkaza mogu se iskoristiti podaci koji su dati u literaturi [6]. Međutim, pošto su ti podaci nedovoljni i u sistemu održavanja u VJ ne vode se i statistički ne obrađuju podaci o otkazima ovog motora, određeni podaci mogu se dobiti konsultacijom sa stručnim licima koja se bave ovom problematikom.

Sistem za napajanje motora gorivom služi za dovod goriva iz rezervoara do pumpe za ubrizgavanje i da ubrizga određenu količinu goriva u cilindre motora pod određenim pritiskom u određenom trenutku, saglasno redosledu paljenja.

Sistem za napajanje gorivom motora F4L413FR prikazan je na slici 1.



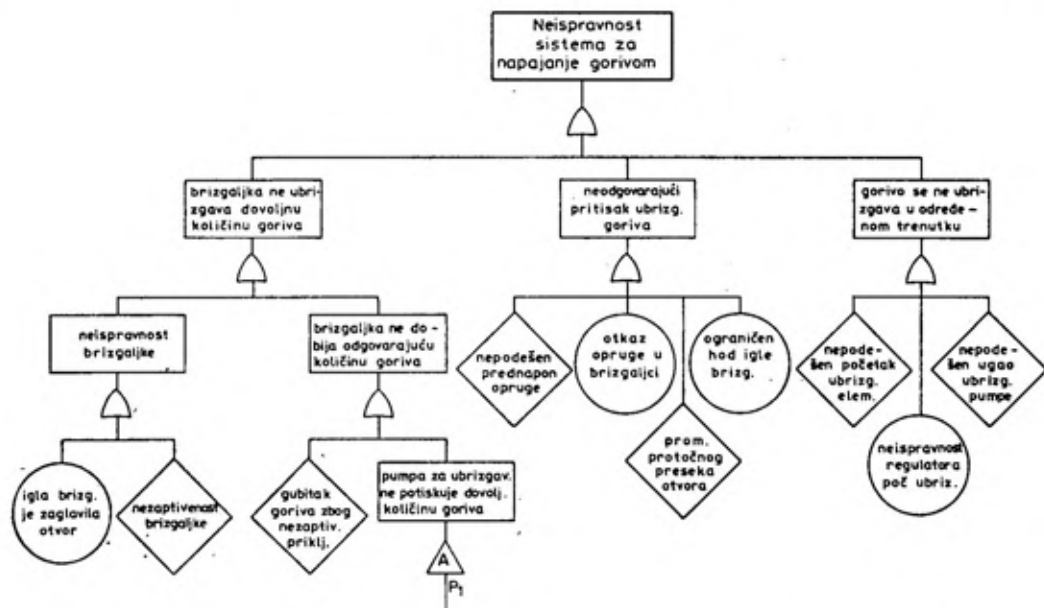
Sl. 1 — Sema sistema za napajanje motora gorivom

1 — rezervoar za gorivo, 2 — predprečištač, 3 — ručna pumpa za gorivo, 4 — dobavna pumpa, 5 — fini prečištač, 6 — pumpa za ubrizgavanje goriva, 7 — brizgaljka, 8 — rezervoar za gorivo grejača kabine, 9 — elektromagnetni ventil, 10 — grejač usisnog vazduha, 11 — usisni kolektor, 12 — grejač kabine

Stablo otkaza za vršni događaj »neispravan sistem za napajanje gorivom« prikazano je na slikama 2, 3, 4. i 5.

Neispravnost sistema za napajanje gorivom ogleda se u neizvršavanju njegovog zadatka, odnosno u ubrizgavanju neodgovarajuće količine goriva ili u u-

galjka ne dobija odgovarajuću količinu goriva« nastaje usled gubitka goriva zbog »nezaptivenosti priključaka cevi visokog pritiska« ili zato što »pumpa za ubrizgavanje ne potiskuje dovoljno goriva«. »Neispravnost pumpe za ubrizgavanje«, »neispravnost regulatora bro-



Sl. 2 — Stablo otkaza za vršni događaj »neispravan sistem za napajanje gorivom«

brizgavanju goriva pod neodgovarajućim pritiskom ili u neubrizgavanju goriva u određenom trenutku. To su posredni događaji koji zahtevaju dalju razradu, a spojeni logičkom ILI kapijom grade vršni događaj. Brizgaljke treba da obezbede ubrizgavanje određene količine goriva u cilindre motora pod tačno određenim visokim pritiskom, da daju određeni oblik mlazu i da ga što bolje rasprše. Brizgaljka neće ubrizgati odgovarajuću količinu goriva ako je neispravna ili ako ne dobija odgovarajuću količinu goriva. »Neispravnost« brizgaljke, koja utiče na količinu ubrizganog goriva, ogleda se u »zaglavlivanju igle brizgaljke u otvorenom položaju« ili u »nezaptivenosti brizgaljke«. Posredni događaj »briz-

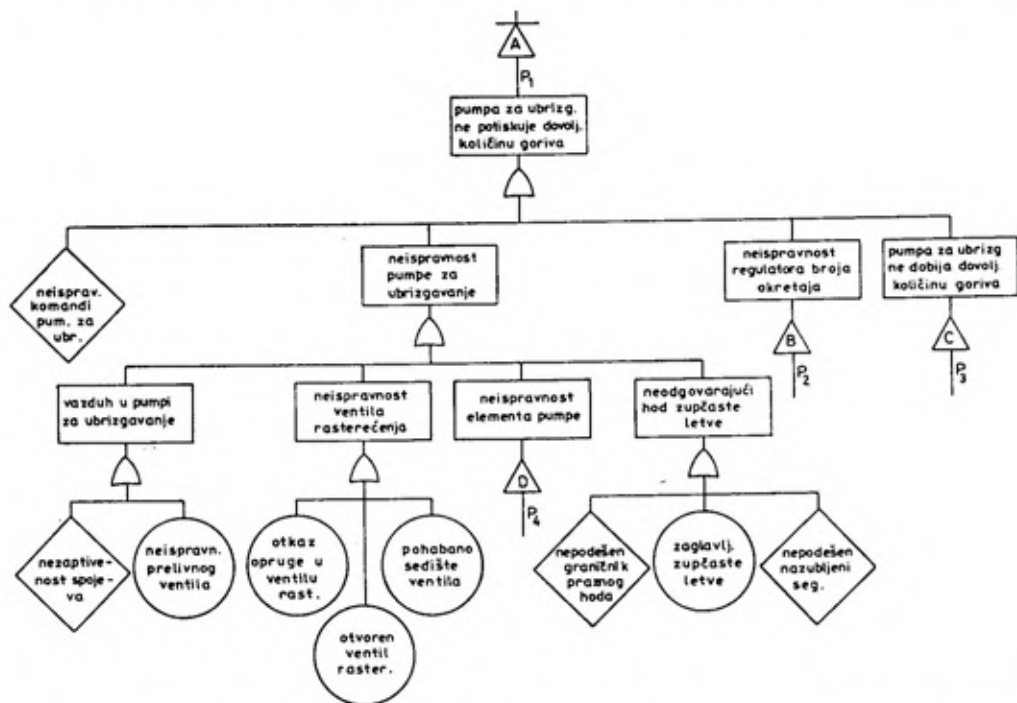
ja okretaja«, »nedovoljna količina goriva koju dobija pumpa za ubrizgavanje« i »neispravnost komandi pumpe za ubrizgavanje« su događaji koji proizvode posredni događaj »pumpa za ubrizgavanje ne potiskuje dovoljnu količinu goriva«.

Pumpa za ubrizgavanje goriva zajedno sa regulatorom broja obrtaja namenjena je da tačno u određeno vreme prema određenom redosledu, kroz brizgaljke ubrizga u cilindre motora odgovarajuću količinu goriva, u zavisnosti od opterećenja motora. Neispravnosti pumpe za ubrizgavanje koje dovode do neodgovarajuće količine potisnutog goriva su: »neispravnost ventila rasterećenja«, »neispravnost elementa pumpe«, »neodgovarajući hod zupčaste let-

ve« i »vazduh u pumpi za ubrizgavanje«. Ovi događaji, svaki za sebe, mogu prouzrokovati posredni događaj »neispravnost pumpe za ubrizgavanje« i za to čine ulaz u logičku *ILI* kapiju.

Vazduh u pumpi za ubrizgavanje može da se pojavi usled »neispravnos-

Ventil rasterećenja neće izvršavati svoju funkciju ukoliko otkáže opruga, pohabano je sedište ventila ili ventil ostane zaglavljen u otvorenom položaju. Potiskivanje goriva u pumpi za ubrizgavanje vrši klip elementa svojim translatorskim kretanjem ka gornjoj



Sl. 3 — Stablo otkaza za vršni događaj »neispravan sistem za napajanje gorivom« (nastavak sl. 2)

ti prelivnog ventila« ili zbog »nezaptiv. nosti spojeva u instalaciji«. Ventil rasterećenja je namenjen da:

- razdvoji natklipni prostor pumpe od cevi visokog pritiska kada ne traje potiskivanje,

- u svom povratnom hodu rastereći prostor visokog pritiska i onemoćujući da, zbog reflektovanih talasa, dođe do naknadnog ubrizgavanja goriva,

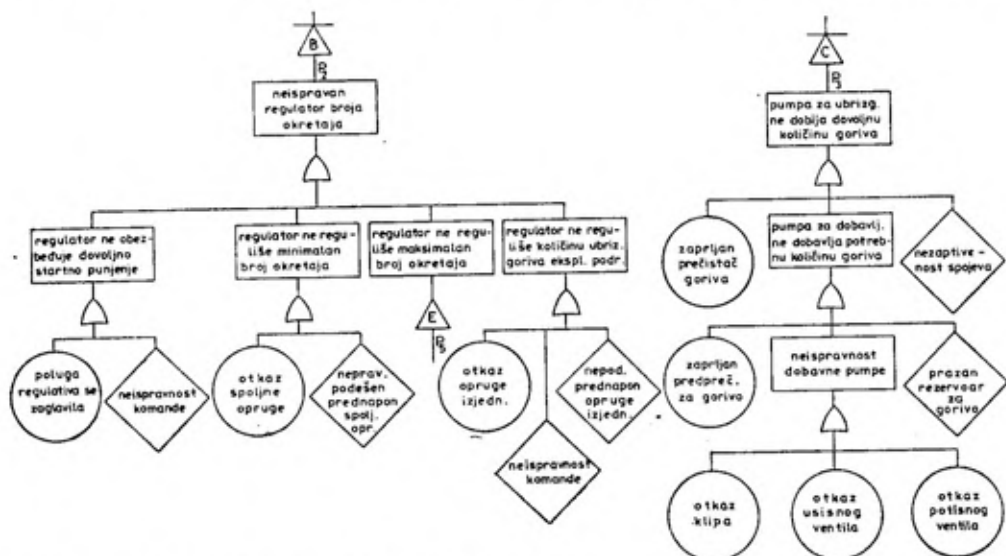
- svojim rasterećenjem reguliše nivo stalnog pritiska u zapremini između ventila i brizgaljke i, na taj način, smanji zakašjenje između početka potiskivanja i početka ubrizgavanja goriva.

mrtvoj tački. Od položaja uzdužnog kanala klipa u odnosu na otvore u cilindru zavisiće količina ubrizganog goriva. Ta se količina reguliše zakretanjem klipa u cilindru. »Pohaban klip«, »otkaz opruge elementa« i »nepodešen početak potiskivanja« su događaji koji spojeni logičkom *ILI* kapijom čine događaj »neispravan element pumpe«. »Nepodešenost početka potiskivanja« je posledica »nepodešenosti vijka za regulaciju« ili »velikih zazora između brega bregastog vratila i potiskivača (usled istrošenosti potiskivača)« ili »istrošenosti ležajeva bregastog vratila«.

»Neodgovarajući hod zupčaste letve« jeste događaj koji nastaje zbog »zaglavljivanja zupčaste letve« ili zbog »nepodešenog graničnika praznog hoda« ili zbog toga što je »nazubljeni segment nepravilno uzubljen sa zupčastom letvom«. Pomeranje zupčaste letve izaziva zakretanje klipa, što direktno utiče na količinu potisnutog, a time i ubrizganog goriva. Zbog toga, ako je pomeranje zupčaste letve neodgovarajuće, i količina potisnutog goriva biće neodgovarajuća.

Regulator broja obrtaja ima zadatak da podešava količinu goriva koja se ubrizgava u cilindre, zavisno od broja obrtaja i opterećenja motora, spreči prekid rada motora na praznom ho-

nost komande pumpe za ubrizgavanje« ili »zaglavljivanje poluge regulatora« utiču na pojavu nedovoljnog startnog punjenja pri pokretanju motora. Ukoliko oslabi ili pukne spoljna opruga u sklopu opruga regulatora ili je njen prednapon nepodešen, regulator neće regulisati količinu ubrizganog goriva na minimalnom broju obrtaja. Na eksploatacionom području količina ubrizganog goriva reguliše se pomeranjem zupčaste letve preko komande pumpe visokog pritiska. Međutim, otkaz ili nepodešen prednapon opruge za izjednačenje takođe mogu uticati na količinu ubrizganog goriva. Otkaz ili nepodešen prednapon srednje ili unutrašnje opruge u sklopu opruga regulatora dovode



Sl. 4 — Stablo otkaza za vršni događaj »neispravan sistem za napajanje gorivom« (nastavak sl. 3)

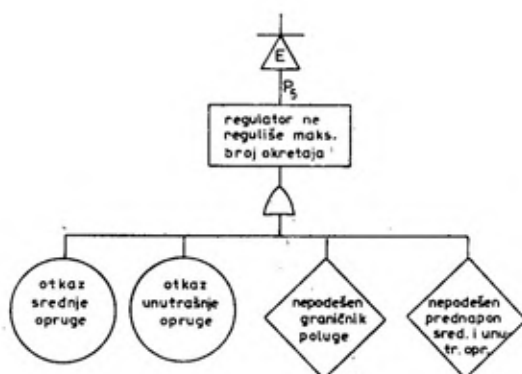
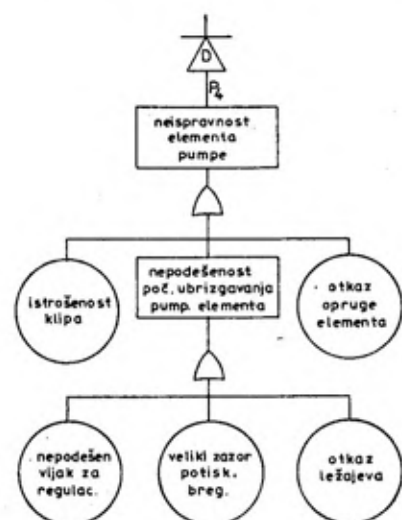
du i ograniči maksimalan broj obrtaja. Takođe, pri pokretanju motora mora obezbediti dodatno startno punjenje. »Neispravnost regulatora broja obrtaja« ogleda se u neizvršavanju ovih zadataka, tj. u neobezbeđenju startnog punjenja, u neregulisanju minimalnog i maksimalnog broja obrtaja i neregulisanju količine ubrizganog goriva na eksploatacionom području. »Neisprav-

do toga da regulator ne ograničava maksimalni broj obrtaja.

Pumpa za ubrizgavanje neće potiskivati dovoljnu količinu goriva ukoliko ne dobije dovoljnu količinu goriva, što se javlja u slučaju »zaprljanog prečistača goriva« ili »nezaptivenosti spojeva« ili zato što »dobavna pumpa ne potiskuje potrebnu količinu goriva«. »Neispravna dobavna pumpa«, »zaprljan

predprečistač goriva» i »prazan rezervoar za gorivo« uzroci su zbog kojih dobavna pumpa ne potiskuje potrebnu količinu goriva ka pumpi za ubrizgavanje. Pritisak ubrizgavanja goriva određen je prednaponom opruge u brizgaljci. Pritisak ubrizgavanja i veličina otvora na brizgaljci utiču na kvalitet raspršivanja goriva, a time i na proces sagorevanja. Otkaz ili nepodešen prednapon opruge u brizgaljci osnovni su faktori koji utiču na veličinu pritiska

gorevanja 10° KV posle GMT. Ubrizgavanje goriva u određenom trenutku izostaje zbog »nepodešenog početka potiskivanja elementa«, »nepodešenog ugla predubrizgavanja pumpe« ili zbog »neispravnog regulatora početka ubrizgavanja«. Pri povećanju broja obrtaja kolenastog vratila motora smanjuje se vreme za sagorevanje pa je potrebno ranije ubrizgati gorivo u cilindre, što obavlja regulator početka ubrizgavanja.



Sl. 5 — Stablo otkaza za vršni događaj »neispravan sistem za napajanje gorivom« (nastavak sl. 4)

ubrizgavanja. Pored njih, određen uticaj imaju i hod igle brizgaljke i površina protočnog preseka otvora brizgaljke.

Momenat ubrizgavanja utiče na period pritajenog sagorevanja, a preko njega i na ceo tok sagorevanja. Pri suviše ranom ubrizgavanju period pritajenog sagorevanja se povećava, rad motora je ekonomičan, ali bučan, i praćen velikim mehaničkim naprezanjima. Pri suviše malom uglu predubrizgavanja rad motora je mekan, bešuman ali je neekonomičan. Najpovoljniji ugao predubrizgavanja je onaj koji omogućava dostizanje maksimalnog pritiska sa-

Kvalitativna i kvantitativna analiza konstruisanog stabla otkaza

Nakon završene konstrukcije i usvajanja stabla otkaza obavlja se njegova kvalitativna i kvantitativna analiza. S obzirom na to da je stablo otkaza za navedeni vršni događaj detaljno razrađeno, izvršiće se njegova redukcija da bi se analiza uprostita. Pri ovoj redukciji stablo otkaza ne gubi na svom kvalitetu, jer su nerazrađeni otkazi sa veoma malom verovatnoćom ili otkazi koji se pojavljuju kao otkazi

sklopa čija bi razrada činila analizu glomaznijom. Redukovano stablo otkaza prikazano je na slici 6. Kvalitativna analiza obavljaće se pomoću pravila Bulove algebre. Da bi se analiza mogla sprovesti, potrebno je označiti sve događaje u stablu otkaza. Spisak događaja sa oznakama dat je u tabeli 1.

Tabela 1

Spisak događaja sa oznakama za stablo otkaza prikazano na slici 6

Redni broj	Oznaka događaja	DOGAĐAJ
1.	T	neispravnost sistema za napajanje gorivom
2.	G ₁	brizgaljka ne ubrizgava odgovarajuću količinu goriva
3.	G ₂	neodgovarajući pritisak u brizganog goriva
4.	G ₃	neubrizgavanje goriva u određenom trenutku
5.	G ₄	brizgaljka ne dobija odgovarajuću količinu goriva
6.	G ₅	pumpa za ubrizgavanje ne potiskuje dovoljnu količinu goriva
7.	G ₆	neispravna pumpa za ubrizgavanje
8.	G ₇	pumpa za ubrizgavanje ne dobija dovoljnu količinu goriva
9.	G ₈	neispravan regulator broja obrtaja
10.	G ₉	neispravan ventil rasterećenja
11.	G ₁₀	neispravan element pumpe
12.	G ₁₁	dobavna pumpa ne potiskuje dovoljnu količinu goriva
13.	G ₁₂	regulator ne reguliše minimalan broj obrtaja
14.	G ₁₃	regulator ne reguliše količinu ubrizganog goriva na ekspl. području
15.	G ₁₄	regulator ne ograničava maksimalan broj obrtaja
16.	P ₁	neispravna brizgaljka
17.	P ₂	otkaz opruge u brizgaljci
18.	P ₃	neispravan regulator početka ubrizgavanja

Redni broj	Oznaka događaja	DOGAĐAJ
19.	P ₄	zaprljan prečistač goriva
20.	P ₅	otkaz opruge u ventilu rasterećenja
21.	P ₆	pohabano sedište ventila rasterećenja
22.	P ₇	pohaban klip
23.	P ₈	otkaz opruge elementa
24.	P ₉	zaprljan predprečistač goriva
25.	P ₁₀	neispravna dobavna pumpa
26.	P ₁₁	otkaz spoljne opruge u regulatoru
27.	P ₁₂	otkaz opruge izjednačenja
28.	P ₁₃	otkaz srednje opruge
29.	P ₁₄	otkaz unutrašnje opruge
30.	S ₁	nepodešen prednapon opruge
31.	S ₂	nepodešen početak potiskivanja elementa
32.	S ₃	nepodešen ugao ubrizgavanja pumpe
33.	S ₄	gubitak goriva usled nezaptivenosti
34.	S ₅	neispravne komande pumpe za ubrizgavanje
35.	S ₆	vazduh u pumpi za ubrizgavanje
36.	S ₇	neodgovarajući hod zupčaste letve
37.	S ₈	nezaptivenost spojeva
38.	S ₉	nedovoljno startno punjenje
39.	S ₁₀	otvoren ventil rasterećenja
40.	S ₁₁	nepodešen početak ubrizgavanja elementa
41.	S ₁₂	prazan rezervoar za gorivo
42.	S ₁₃	nepodešen prednapon spoljne opruge
43.	S ₁₄	neispravne komande pumpe za ubrizgavanje
44.	S ₁₅	nepodešen prednapon opruge izjednačenja
45.	S ₁₆	nepodešen graničnik poluge
46.	S ₁₇	nepodešen prednapon srednje i unutrašnje opruge

Prvi korak u analizi je formiranje jednačina za svaku logičku kapiju.

Za prikazano stablo otkaza jednačine su:

$$\begin{aligned} T &= G_1 + G_2 + G_3 \\ G_1 &= P_1 + G_4 \\ G_2 &= P_2 + S_1 \\ G_3 &= S_2 + S_3 + P_3 \\ G_4 &= S_4 + G_5 \\ G_5 &= G_6 + G_7 + G_8 + S_5 \\ G_6 &= S_6 + G_9 + G_{10} + S_7 \\ G_7 &= P_4 + G_{11} + S_8 \\ G_8 &= S_9 + G_{12} + G_{13} + G_{14} \\ G_9 &= P_5 + P_6 + S_{10} \\ G_{10} &= P_7 + P_8 + S_{11} \\ G_{11} &= S_{12} + P_9 + P_{10} \\ G_{12} &= P_{11} + S_{13} \\ G_{13} &= S_{14} + P_{12} + S_{15} \\ G_{14} &= P_{13} + S_{16} + P_{14} + S_{17} \end{aligned}$$

Kada su formirane sve jednačine, završen je prvi korak analize i pristupa se sprovođenju drugog koraka, odnosno promenljive se zamenjuju njihovim izrazima sve dok se ne dobije vršni događaj kao funkcija samo osnovnih događaja. Zamena promenljivih njihovim izrazima ima sledeći tok:

$$\begin{aligned} G_8 &= S_9 + P_{11} + S_{13} + S_{14} + P_{12} + S_{15} + P_{13} + \\ &\quad + S_{16} + P_{14} + S_{17} \\ G_7 &= P_4 + S_{12} + P_{10} + P_9 + S_8 \\ G_6 &= S_6 + P_5 + S_{10} + P_6 + S_{11} + P_7 + P_8 + S_7 \\ G_5 &= S_6 + P_5 + S_{10} + P_6 + S_{11} + P_7 + P_8 + S_7 + \\ &\quad + P_4 + S_{12} + P_{10} + S_8 + P_9 + S_9 + S_{13} + \\ &\quad + P_{11} + S_{14} + P_{12} + S_{15} + P_{13} + S_{16} + P_{14} + \\ &\quad + S_{17} + S_5 \\ G_4 &= S_4 + S_6 + P_5 + S_{10} + P_6 + S_{11} + P_7 + P_8 + \\ &\quad + S_7 + P_4 + S_{12} + P_{10} + S_8 + P_9 + S_9 + \\ &\quad + S_{13} + P_{11} + S_{14} + P_{12} + S_{15} + P_{13} + S_{16} + \\ &\quad + P_{14} + S_{17} + S_5 \\ G_1 &= P_1 + S_4 + S_6 + P_5 + S_{10} + P_6 + S_{11} + P_7 + \\ &\quad + P_8 + S_7 + P_4 + S_{12} + P_{10} + S_8 + P_9 + \\ &\quad + S_9 + S_{13} + P_{11} + S_{14} + P_{12} + S_{15} + P_{13} + \\ &\quad + S_{16} + P_{14} + S_{17} + S_5 \\ T &= P_1 + S_6 + S_4 + P_5 + S_{10} + P_6 + S_{11} + P_7 + \\ &\quad + S_7 + P_8 + P_4 + S_{12} + P_{10} + S_8 + P_9 + \\ &\quad + S_9 + S_{13} + P_{11} + S_{14} + P_{12} + S_{15} + P_{13} + \\ &\quad + S_{16} + P_2 + S_1 + S_2 + S_3 + P_3 + P_{14} + \\ &\quad + S_{17} + S_5 \end{aligned}$$

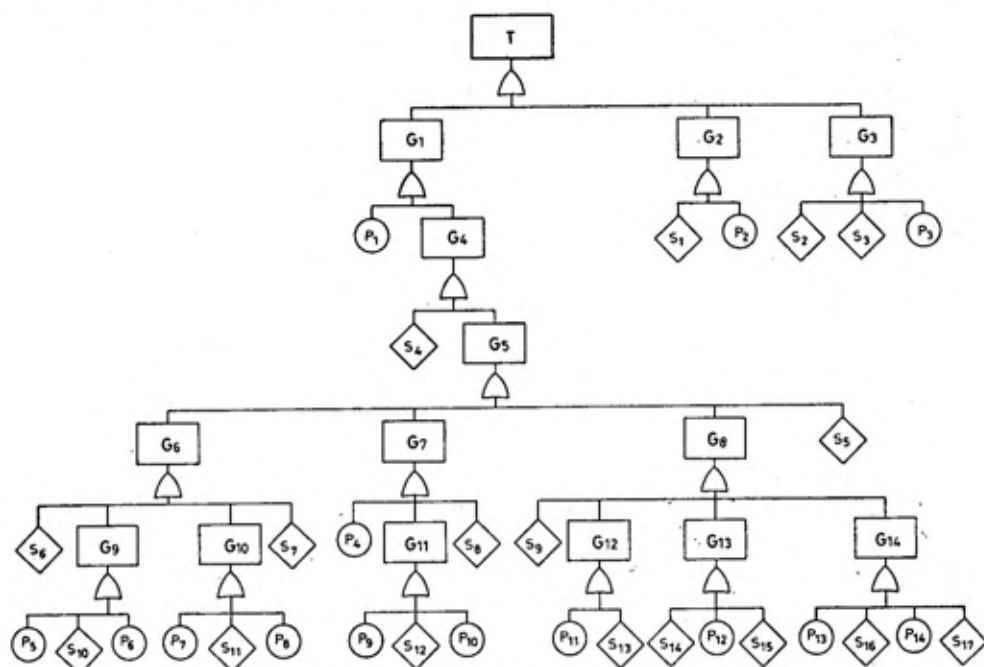
Na kraju drugog koraka dobijaju se svi preseki skupova stabla otkaza. Da bi se dobili minimalni preseki skupova, potrebno je izvršiti redukciju dobijenog izraza korišćenjem pravila Bulove algebre. U ovom slučaju redukcija nije moguća, što znači da su u drugom koraku dobijeni minimalni preseki skupova. Za konstrukciju stabla otkaza upotrebljene su samo logičke *ILI* kapije, tako da se u Bulovim jednačinama pojavljuje samo operacija sabiranja. Na taj način kvalitativna analiza u svom rezultatu ima onoliko minimalnih preseka skupova koliko ima početnih događaja. Svi dobijeni minimalni preseki skupova su istog ranga, jer se sastoje od samo jednog člana. Minimalni skupovi staza dobijaju se zamenom početnog stabla otkaza dualnim. U ovom slučaju umesto logičkih *ILI* kapija figurirale bi logičke *I* kapije. Na osnovu toga može se zaključiti da postoji samo jedan minimalni skup staza, koji i nije minimalan, jer uključuje sve početne događaje. Ako su stabla otkaza konstruisana uz upotrebu samo jedne vrste logičkih kapija, provođenje kvalitativne analize ne daje rezultate od praktične vrednosti.

Kvantitativna analiza prikazanog stabla otkaza razmatra se sa stanovišta otkaza popravljivih elemenata sistema koji ulaze u logičku kapiju. To znači da za svaki događaj na ulazu treba odrediti intenzitet otkaza (λ) i intenzitet opravke (μ). Za događaj na izlazu iz kapije, kao i za vršni događaj, računa se njegova verovatnoća pojavljivanja. U ovom slučaju, verovatnoća pojavljivanja vršnog događaja predstavlja neraspoloživost sistema, jer vršni događaj predstavlja neželjeno stanje sistema. Dobija se verovatnoća da sistem u datom trenutku vremena neće obavljati svoju funkciju u zadovoljavajućim granicama funkcije kriterijuma. Najveća prepreka provođenju kvantitativne analize je obezbeđenje verodostojnih podataka. Pošto se nisu mogli obezbediti svi potrebni podaci za spro-

vođenje analize stabla u potpunosti, bilo je nužno redukovati stablo otkaza u skladu sa raspoloživim podacima. Redukovano stablo otkaza prikazano je

gde je:

U_0 — neraspoloživost događaja na izlazu iz ILI kapije,



Sl. 6 — Redukovano stablo otkaza za kvalitativnu analizu

na slici 7, a spisak događaja za takvo stablo dat je u tabeli 2.

Neraspoloživost početnih događaja izračunava se po formuli:

$$U_i = 1 - A_u = 1 - \frac{\mu}{\mu + \lambda} = \frac{\lambda_i}{\mu_i + \lambda_i}$$

gde je:

λ — konstantni intenzitet otkaza i-tog elementa (za eksponencijalnu raspodelu),

μ — konstantni intenzitet opravke.

Neraspoloživost posrednih događaja i vršnog događaja računa se po formuli:

$$U_0 = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - U_i) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

U_i — neraspoloživost i-tog nezavisnog događaja otkaza na ulazu u ILI kapiju.

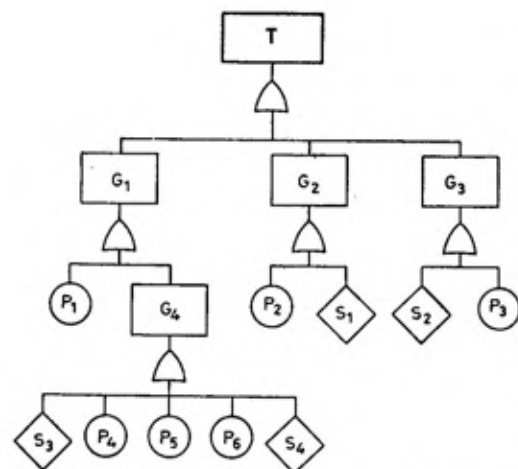
Podaci za intenzitete otkaza sa kojima se vršio proračun uzeti su iz literature [3] ili su dobijeni prognoziraњem uz korišćenje koeficijenata navedenih u literaturi [2, 3, 4]. Podaci za intenzitete opravke dobijeni su proračunom po obrascu:

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

gde je:

MTTR — srednje vreme opravke.

Navedeni izraz vredi samo u slučaju eksponencijalne raspodele. Vred-



Sl. 7 — Redukovano stablo otkaza za kvantitativnu analizu

nosti za MTTR uzete su iz literature [5] ili su dobijene konsultacijom sa stručnim licima. Kao rezultat kvantitativne analize dobija se neraspoloživost vršnog događaja $U_T = 0,0715$, što znači da postoji verovatnoća od 7,15% da sistem za napajanje u određenom trenutku u vremena t neće izvršavati svoju funkciju u zadovoljavajućim granicama funkcije kriterijuma, odnosno u sistemu će postojati neispravnost koja će rezultirati nepravilnim radom sistema. S obzirom na to da podaci za proračun (tabela 2) nisu verodostojni, ova analiza može da posluži samo kao primer sprovođenja kvantitativne analize.

Tabela 2

Spisak događaja za stablo otkaza prikazano na slici 7.

Red. br.	oznaka	naziv događaja	μ [opr/h]	$\lambda \times 10^{-3}$ [o/h]	$U_i \times 10^{-3}$
1.	T	neispravan sistem za napajanje gorivom	/	/	71,5
2.	G ₁	neodgovarajuća količina ubrizganog goriva	/	/	29,9
3.	G ₂	neodgovarajući pritisak ubrizganog goriva	/	/	35
4.	G ₃	neodgovarajući trenutak ubrizgavanja goriva	/	/	8,18
5.	G ₄	brizgaljka ne dobija odgovarajuću količinu goriva	/	/	24
6.	P ₁	neispravna brizgaljka	2	12,28	6,11
7.	P ₂	otkaz opruge u brizgaljci	0,4	7,2	17,168
8.	P ₃	neispravan regulator početka ubrizgavanja	0,2	1,44	7,148
9.	P ₄	zaprijan prečistač goriva	3,33	46,77	13,85
10.	P ₅	neispravna dobavna pumpa	0,67	0,368	0,549
11.	P ₆	neispravna pumpa za ubrizgavanje sa regulatorom	0,67	1	1,49
12.	S ₁	nepodešen prednapon opruge u brizgaljci	1,11	20,574	18,198
13.	S ₂	nepodešen početak ubrizgavanja	1,33	1,39	1,044
14.	S ₃	nezaptivenost spojeva	1	8,42	8,34
15.	S ₄	neispravne komande pumpe za ubrizgavanje	0,5	0,1	0,219

Umesto zaključka

Metoda stabla otkaza je metoda analize pouzdanosti sistema kojom se povećava nivo kvalitativnog znanja o sistemu koji se analizira. Krajnji rezultat analize stabla otkaza je razumevanje analiziranog sistema u takvom obliku da omogućuje:

- identifikaciju potencijalnih otkaza koji bi se desili u podsistemima ili sistemu,

- kvantitativno izraženo znanje o sistemu,

- potpune opise »uzrok i posledica«,

- pravilan inženjerski sud o tome kako, zašto i sa kojom frekvencijom otkazuje sistem,

- korišćenje analize po osnovnim pravcima u sistemu, na osnovu koje je moguće odrediti uticaj promena na sistem ili primenu sistema.

Metoda stabla otkaza može se primeniti za analizu pouzdanosti sistema u toku njegovog celokupnog ciklusa. U fazi projektovanja može se primeniti u predviđanju mogućih otkaza sistema i otkrivanju slabih mesta još u projektu. U fazi eksploatacije koristi se za ocenu pogodnosti za održavanje ili za projekte sistema održavanja tehničkih sistema. Ona je korisno dijagnostičko sredstvo, a služi za predviđanje najverovatnijih uzroka otkaza sistema u slučaju da je do njega došlo.

Stablo otkaza je pogodno sredstvo za prezentaciju ili argumentovanje usvojenih ili predloženih rešenja za poboljšanje pouzdanosti sistema i olakšava analizu pouzdanosti složenih sistema. Stablo otkaza se konstruiše sa ciljem simboličkog predstavljanja događaja koji mogu dovesti do pojave neispravnosti, čime se omogućava lakše uočavanje slabih mesta u sistemu.

Za dizel-motor F4L413FR definisan je jedan vršni događaj i konstruisano je stablo otkaza za njega. To nisu svi neželjeni događaji na motoru koji bi se mogli definisati kao vršni. U literaturi [7] definisano je šest vršnih događaja, ali ni time spisak vršnih događaja nije konačan. Takođe, za pojedine sisteme na motoru nisu, pri konstrukciji stabla otkaza, uzeti u obzir svi mogući otkazi tih sistema već samo oni koji mogu biti uzroci pojave vršnog događaja. Pri konstrukciji stabla otkaza korištene su *ILI* logičke kapije, što nikako ne umanjuje vrednost stabla, već govori o nedostatku kvantitativnih pokazatelja za pojedine otkaze elemenata sistema. Snažna baza podataka potrebna je ne samo za konstruisanje, već i za kvalitativnu analizu, što sistem održavanja TMS u Vojski Jugoslavije ne pruža u dovoljnoj meri. Najveći problem pri sprovođenju analize stabla otkaza predstavlja obezbeđenje podataka o pouzdanosti komponenti sistema. Analiza stabla otkaza za realne sisteme nesumljivo je uslovljena primenom računara, odnosno postojanjem odgovarajuće softverske podrške.

Analizom konstruisanog stabla mogu se uočiti kritični ili manje pouzdani sastavni delovi motora i predložiti njihova modifikacija. Najširu primenu metoda stabla otkaza treba da ima u okviru sistema održavanja i to kao dijagnostičko sredstvo za lokalizaciju otkaza. To znači da se pri utvrđivanju uzroka pojavljivanja nekog neželjenog stanja sistema može iskoristiti konstruisano stablo otkaza. Pri tome bi se, prateći puteve otkaza od vršnog događaja ka početnim događajima, otkrio uzrok pojave neželjenog stanja sistema. Analizom stabla otkaza može se ustanoviti za koje je komponente sistema potrebna provera parametara stanja merenjem i, na osnovu toga, predložiti modifikacije za poboljšanje pogodnosti za dijagnostiku.

Analiza pouzdanosti metodom stabla otkaza zahteva znatne troškove. Međutim, ukoliko se njenim sprovođenjem postigne povećanje pouzdanosti i

pogodnosti za održavanje, primena metode stabla otkaza sasvim je opravdana.

Literatura:

- [1] Ivanović G. i dr.: Pouzdanost-analiza i projektovanje, TU SSNO, Beograd, 1988.
- [2] Todorović J. i dr.: Efektivnost sistema u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, 1981.
- [3] Muždeka S.: Logistika, TU SSNO, Beograd, 1981.
- [4] Adamović Z.: Logistički sistem održavanja, Privredni pregled, Beograd, 1989.
- [5] Nadležnost jedinica-ustanova za tehničko održavanje i srednji remont za izvođenje radova sa jedinstvenim normativom vremena, TU SSNO, Beograd, 1975.
- [6] Automobil TAM 110 T7 B/BV, TU SSNO, Beograd, 1986.
- [7] Milićević M.: Analiza otkaza dizel motora metodom stabla otkaza (diplomski rad), CVTS KoV JNA, Zagreb, 1990.

Mr Branislav Todorović,
dipl. inž.

Dr Milan Sunjevarić,
pukovnik, dipl. inž.

PRINCIPI GENERISANJA REFERENTNIH SIGNALA U RADIO-UREĐAJIMA

Uvod

Pod referentnim signalima podrazumevaju se prostoperiodični signali sinusoidalnog ili pravougaonog oblika željenih karakterističnih veličina (amplitude, učestanosti i faze). Generatori referentnih signala su elektronska kola koja jednosmerne napone izvora za napajanje pretvaraju u prostoperiodične napone željenih karakterističnih veličina bez pomoći spoljašnjih generatora naizmeničnog signala.

Sinusoidalni signal naziva se nosilac, a pravougaoni signal takt. Generisanje stabilne učestanosti nosioca i/ili takta je od izuzetne važnosti u radio-komunikacionim sistemima. Elektronska kola koja služe za generisanje stabilne učestanosti nosioca nazivaju se oscilatori, a elektronska kola koja služe za generisanje stabilne učestanosti takta nazivaju se generatori takta. Principi izgradnje oscilatora i generatora takta su potpuno isti. Uobličavanjem sinusoidalnog signala dobija se takt i, obratno, filtriranjem takta dobija se sinusoidalni signal. Zbog toga će se dalja razmatranja ograničiti samo na oscilatore, imajući pri tom u vidu njihovu principijelnu sličnost sa generatorima takta.

Termini koji se najčešće susreću pri radu sa oscilatorima su:

— nominalna učestanost f_0 je ona učestanost izlaznog signala oscilatora

koju on treba da generiše pri radu pod određenim specifičnim uslovima,

— tolerancija učestanosti Δf je maksimalno dozvoljeno odstupanje učestanosti oscilatora od nominalne učestanosti pri radu pod određenim uslovima,

— radni temperaturni dijapazon je raspon temperatura u čijem okviru oscilator radi održavajući učestanost i nivo izlaznog signala u utvrđenim granicama,

— vreme stabilizacije t_s je vreme koje je potrebno da protekne od trenutka uključenja napona napajanja da bi oscilator postigao stabilnost u radu unutar dozvoljenog dijapazona tolerancije učestanosti. Vreme stabilizacije zavisi od kvaliteta oscilatora i uslova pod kojima on radi, a najčešće iznosi nekoliko minuta.

Poznato je da većina radio-uređaja ne radi samo na jednoj fiksnoj učestanosti, već su predviđeni za rad u određenom dijapazonu učestanosti. Zbog toga je potrebno generisati veći broj stabilnih učestanosti nosioca, što se postiže korišćenjem jedne stabilne referentne učestanosti, čijom obradom se dobija potreban broj različitih učestanosti nosioca. Frekvencijski sintezator je elektronsko kolo koje može da generiše veći broj učestanosti nosioca pomoću jednog ili više stabilnih referentnih oscilatora. Kada se govori o frekvencijskim sintezatorima, neizbežno

no se srećemo sa pojmom fazne petlje. Ovo kolo je izuzetno važno ne samo za rad frekvencijskih sintezatora već i više drugih sklopova radio-komunikacionih uređaja.

Statističke karakteristike referentnih signala

Osnovni parametar koji određuje kvalitet nekog oscilatora jeste stabilnost izlazne učestanosti. Stabilnost rada oscilatora može biti narušena zbog različitih fizičkih uzroka. Zavisno od uzroka o kojem je reč, stabilnost može biti:

- dugoročna,
- kratkoročna,
- ambijentalna.

Dugoročna stabilnost definisana je relativnom promenom učestanosti oscilovanja u dužem vremenskom intervalu. Ovaj vremenski interval može biti čas, dan, mesec, godina ili vek trajanja uređaja, u zavisnosti od kvaliteta oscilatora i njegove namene. Dugoročna stabilnost određena je procesom starenja komponenata oscilatora, pre svega, kristala kvarca. Proces je determinističke prirode. Dugoročna stabilnost vrlo kvalitetnih kristalnih oscilatora iznosi $\pm 10^{-10}$ /dan, a dugoročna stabilnost cezijumskog atomskog standarda je $\pm 10^{-12}$ /vek trajanja.

Kratkoročna stabilnost definisana je relativnom promenom učestanosti oscilovanja u vrlo kratkom vremenskom intervalu, koji je, po pravilu, kraći od jednog minuta. Kratkoročna stabilnost određena je šumom u komponentama oscilatora. Kratkoročna stabilnost učestanosti je slučajne prirode, pa se za njeno opisivanje moraju koristiti statističke metode. Ocena kratkoročne stabilnosti učestanosti može se vršiti u vremenskom ili u frekvencijskom domenu. Posmatrano u vremenskom domenu, zbog uticaja šuma, perioda signala fluktuira oko neke sre-

dnje vrednosti. Ova fluktuacija se statistički opisuje Alanovom varijansom. Posmatrano u frekvencijskom domenu, pod uticajem šuma dolazi do fluktuacije učestanosti oko neke srednje vrednosti. Ove promene su u frekvencijskom domenu veoma male i lakše se posmatraju i analiziraju u domenu faze. Zbog toga se, najčešće, kratkoročna stabilnost učestanosti u frekvencijskom domenu opisuje terminom fazni šum.

Ambijentalna stabilnost definisana je relativnom promenom učestanosti oscilovanja koja je prouzrokovana promenom uslova ambijenta. Pod uslovima ambijenta podrazumevaju se klimo-mehanički (temperatura, vlažnost, udar, vibracije) i električni uslovi (napon napajanja, impedansa opterećenja, prisustvo smetnji, itd.). Ova vrsta stabilnosti je determinističke prirode. Odgovarajućim koncipiranjem uređaja može se bitno uticati na ambijentalnu stabilnost oscilatora.

Matematički model signala na izlazu iz oscilatora

Signal na izlazu idealnog oscilatora može se opisati izrazom:

$$r(t) = A \cdot \cos \omega_0 \cdot t, \quad (1)$$

gde je:

- A — amplituda signala,
- $\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0$ — nominalna kružna učestanost.

Na žalost, u realnim uslovima ovakav oscilator nije moguće realizovati.

Signal na izlazu realnog oscilatora može se opisati izrazom:

$$r(t) = A \cdot [1 + a(t)] \cdot \cos \left[\omega_0 \cdot t + \Phi(t) + \frac{1}{2} \alpha \cdot t^2 \right] \quad (2)$$

gde je:

- $a(t)$ — slučajna promena amplitude (amplitudski šum),

$\Phi(t)$ — slučajna promena faze (fazni šum),

$\frac{1}{2}\alpha \cdot t^2$ — deterministička promena faze zbog »klizanja« učestanosti u vremenu.

Imajući u vidu da trenutna učestanost predstavlja izvod trenutne faze po vremenu, može se zaključiti da je α brzina klizanja učestanosti izražena u (rad/s)/s.

Fazni šum, $\Phi(t)$, posledica je kratkoročne i ambijentalne nestabilnosti i prouzrokovan je električnim procesima u komponentama oscilatora kao i klimomehaničkim i električnim uslovima u kojima oscilator radi. Fazni stav $\frac{1}{2}\alpha \cdot t^2$ je posledica dugoročne nestabilnosti i prouzrokovan je, pre svega, starenjem komponenta oscilatora.

Ukoliko se argument u izrazu (2) podeli sa 2π , a zatim nađe njegov iz-

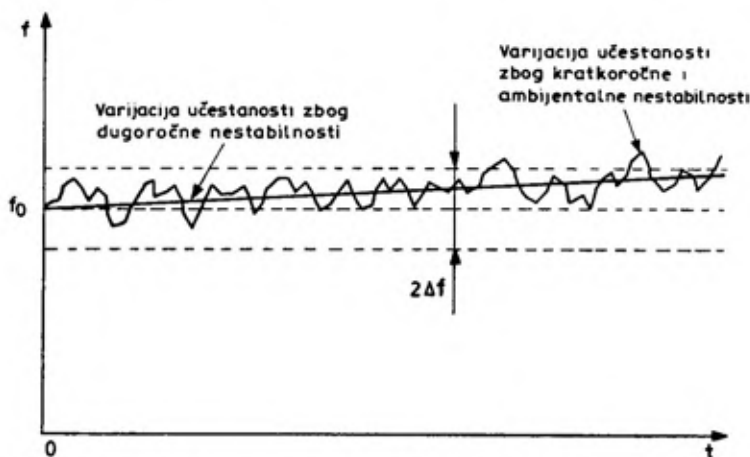
$$= f_0 + \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{d\Phi(t)}{dt} + \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \alpha \cdot t. \quad (3)$$

Prvi član u izrazu (3) predstavlja nominalnu učestanost oscilovanja, drugi član varijaciju učestanosti zbog kratkoročne i ambijentalne nestabilnosti, a treći — varijaciju učestanosti zbog dugoročne nestabilnosti. Može se zaključiti da pri projektovanju oscilatora treba težiti da drugi i treći član u izrazu (3) budu što manji.

Na slici 1 prikazana je promena učestanosti izlaznog signala oscilatora kao posledica dugoročne, kratkoročne i ambijentalne nestabilnosti.

Alanova varijansa

Alanova varijansa je mera kratkoročne stabilnosti učestanosti u vremenskom domenu. Izvedena je na osnovu



Sl. 1 — Promena učestanosti zbog dugoročne, kratkoročne i ambijentalne nestabilnosti

vod po vremenu, dobija se izraz za trenutnu učestanost signala na izlazu oscilatora:

$$f(t) = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{d}{dt} \left[\omega_0 \cdot t + \Phi(t) + \frac{1}{2} \alpha \cdot t^2 \right] =$$

statističkih osobina rezultata velikog broja merenja trenutnih učestanosti. Polazna veličina za određivanje Alanove varijanse je normalizovana srednja vrednost trenutnih učestanosti $\overline{Y}_k$ u k-tom vremenskom intervalu trajanja τ ,

pri čemu je normalizacija izvršena na nominalnu učestanost oscilatora f_0 :

$$\bar{Y}_k = \frac{1}{f_0 \tau} \int_0^{\tau} f(t) dt. \quad (4)$$

Ova veličina izračunava se na osnovu rezultata više merenja trenutnih učestanosti, izvršenih u vremenskom intervalu τ , uzastopno jedno za drugim, bez prekida između njih. Ako se sa f_i označi pojedinačni ishod merenja trenutne učestanosti, a sa N ukupan broj merenja unutar vremenskog intervala τ , onda se veličina $\bar{Y}_k$ može odrediti na sledeći način:

$$\bar{Y}_k = \frac{1}{f_0 N} \sum_{i=1}^N f_i = \frac{\bar{f}_k}{f_0}, \quad (5)$$

gde je sa $\bar{f}_k$ označena srednja vrednost trenutnih učestanosti unutar vremenskog intervala τ . Pri tome, treba naglasiti da merači učestanosti pokazuju srednju vrednost trenutnih učestanosti unutar nekog vremenskog intervala. Da bi se odredilo $\bar{Y}_k$, potrebno je vrednost koja se očitava sa merača učestanosti podeliti sa nominalnom učestanosti f_0 .

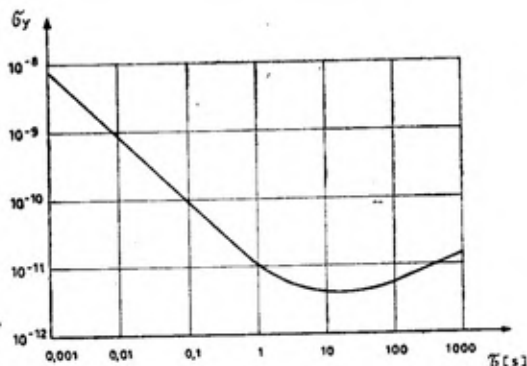
Ako se proces određivanja $\bar{Y}_k$ ponovi M puta, može se primetiti da je moguće napraviti $(M - 1)$ razlika $(\bar{Y}_{k+1} - \bar{Y}_k)$. Na osnovu ovih rezultata, procena Alanove varijanse određuje se na sledeći način:

$$\sigma_y^2(\tau) = \frac{1}{2(M-1)} \sum_{k=1}^{M-1} (\bar{Y}_{k+1} - \bar{Y}_k)^2, \quad (6)$$

pri čemu treba da bude zadovoljen uslov $M > 10$.

Kratkoročna stabilnost učestanosti u vremenskom domenu obično se predstavlja krivom $\sigma_y = \sigma_y(\tau)$, gde je $\sigma_y(\tau)$ jednako kvadratnom korenu Alanove varijanse.

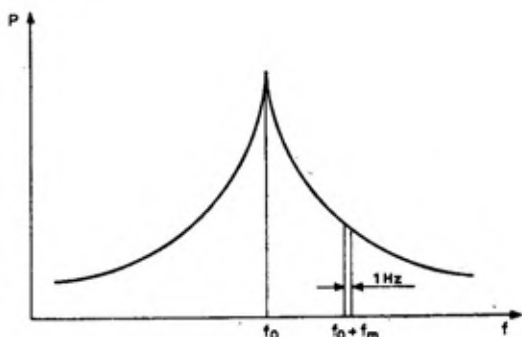
Na slici 2 prikazana je kratkoročna stabilnost učestanosti u vremenskom domenu jednog tipičnog temperaturno kompenzovanog kristalnog oscilatora nominalne učestanosti 5MHz.



Sl. 2 — Primer kratkoročne stabilnosti učestanosti u vremenskom domenu

Fazni šum

Fazni šum je mera kratkoročne stabilnosti učestanosti oscilatora u frekvencijskom domenu. Najopštiju predstavu o faznom šumu daje spektralna gustina snage posmatranog signala koja je prikazana na slici 3. Može se primetiti da sva snaga nije koncentrisana na nominalnoj učestanosti oscilatora, već je jedan njen deo raspoređen u oba bočna opsega oko nominalne učestanosti nosioca.



Sl. 3 — Spektralna gustina snage signala na izlazu oscilatora

Ako se sa $P(f_m)$ označi snaga jednog bočnog opsega signala u opsegu širine 1Hz na učestanosti koja je za f_m

udaljena od učestanosti nosioca, a sa $P(O)$ snaga signala na učestanosti nosioca, dolazi se do opšte definicije faznog šuma:

$$L(f_m) = \frac{P(f_m)}{P(O)} \quad (7)$$

Učestanost f_m naziva se Fourierova učestanost. Ovako definisan fazni šum predstavlja odnos snaga signala unutar opsega od 1 Hz na učestanosti $f_0 \pm f_m$ i nominalnoj učestanosti f_0 , a izražava se u dBc/Hz. Za merenje faznog šuma koristi se analizator spektra. Pri tome treba da budu zadovoljeni sledeći uslovi: amplitudski šum oscilatora je zanemarljivo mali i fazni šum analizatora spektra je manji od faznog šuma oscilatora.

Prethodna definicija faznog šuma je najopštija i najčešće se koristi u literaturi. Pored nje, postoje i druge definicije faznog šuma koje se koriste u pojedinim specifičnim primenama. Da bi se došlo do njih, potrebno je posmatrati signal prikazati kao signal učestanosti nosioca f_0 koji je ugaono modulisan sinusoidalnim signalom učestanosti f_m . Pri tom treba zanemariti amplitudski šum, kao i fazni stav koji je posledica starenja komponenata. Ovakav signal može se opisati sledećim izrazom:

$$r(t) = A \cos \left(\omega_0 t + \frac{\delta f}{f_m} \sin \omega_m t \right) \quad (8)$$

gde je:

δf — maksimalna devijacija učestanosti.

Ako se sa $\delta\Phi = \delta f/f_m$ označi maksimalna devijacija faze, relacija (8) može se napisati na sledeći način:

$$r(t) = A [\cos(\omega_0 t) \cos(\delta\Phi \sin \omega_m t) - \sin(\omega_0 t) \sin(\delta\Phi \sin \omega_m t)] \quad (9)$$

Ukoliko je $\delta\Phi \ll 1$, onda je $\cos(\delta\Phi \sin \omega_m t) \approx 1$ i $\sin(\delta\Phi \sin \omega_m t) \approx \delta\Phi \sin \omega_m t$. U tom slučaju se prethodni iz-

raz može napisati u sledećem obliku:

$$r(t) = A [\cos(\omega_0 t) - \sin(\omega_0 t)(\delta\Phi \sin \omega_m t)] \\ = A \left\{ \cos(\omega_0 t) - \frac{\delta\Phi}{2} [\cos(\omega_0 + \omega_m)t - \cos(\omega_0 - \omega_m)t] \right\} \quad (10)$$

Prema tome, ukoliko je maksimalna devijacija faze veoma mala ($\delta\Phi \ll 1$), u spektru signala se u oba bočna opsega pojavljuju komponente čija amplituda iznosi $\delta\Phi/2$. Imajući u vidu opštu definiciju faznog šuma, kao i činjenicu da je snaga signala srazmerna kvadratu napona, može se napisati relacija:

$$L(f_m) = \frac{\delta\Phi^2}{4} = \frac{\delta\Phi_{rms}^2}{2} \quad (11)$$

gde je:

$\delta\Phi_{rms}$ — srednja kvadratna vrednost devijacije faze.

Ukoliko se sa $S_{\delta\Phi}(f_m)$ označi spektralna gustina snage fazne fluktuacije u oba bočna opsega, dolazi se do druge definicije faznog šuma:

$$S_{\delta\Phi}(f_m) = \delta\Phi_{rms}^2 \quad (12)$$

gde je $S_{\delta\Phi}(f_m)$ izraženo u rad^2/Hz . Merenje faznog šuma na ovaj način vrši se tako što se analizator spektra priključi na izlaz faznog diskriminatora, na čiji ulaz je doveden signal iz posmatranog oscilatora.

Analogno relaciji (11) može se napisati:

$$L(f_m) = \frac{\delta f_{rms}^2}{2f_m^2} \quad (13)$$

gde je:

δf_{rms} — srednja kvadratna vrednost devijacije učestanosti.

Ukoliko se sa $S_{\delta f}(f_m)$ označi spektralna gustina snage frekvencijske fluktuacije u oba bočna opsega, dolazi se do treće definicije faznog šuma:

$$S_{\delta f}(f_m) = \delta f_{rms}^2 \quad (14)$$

gde je $S_{\delta f}(f_m)$ izraženo u Hz^2/Hz . Merenje faznog šuma na ovaj način vrši se tako što se analizator spektra priključi na izlaz frekvencijskog diskriminatora na čiji ulaz je doveden signal iz posmatranog oscilatora.

Na osnovu relacija (11) do (14) može se zaključiti da je spektralna gustina snage faznog šuma povezana sa spektralnom gustinom snage fazne i frekvencijske fluktuacije relacijom:

$$L(f_m) = \frac{1}{2} S_{\delta \Phi}(f_m) = \frac{1}{2 f_m^2} S_{\delta f}(f_m) \quad (15)$$

Pri tome treba još jednom naglasiti da je celokupno izvođenje vršeno pod pretpostavkom da je $\delta \Phi \ll 1$, pa zbog toga relacija (15) važi samo u tom slučaju.

Zadatak frekvencijskog sintetizatora jeste da na osnovu signala jedne stabilne referentne učestanosti generiše veći broj signala različitih učestanosti nosioca. Postavlja se pitanje: da li je moguće na osnovu poznavanja faznog šuma referentnog signala odrediti fazni šum generisanih signala. Odgovor na ovo pitanje je veoma jednostavan. Multiplikacija učestanosti nosioca faktorom M dovodi do multiplikacije faznog šuma za taj isti faktor:

$$L_{Mf_0}(f_m) = L_{f_0}(f_m) + 20 \log M \quad (16)$$

Fazni šum moguće je odrediti na osnovu poznavanja Alanove varijanse i obratno, što je prilično komplikovano.

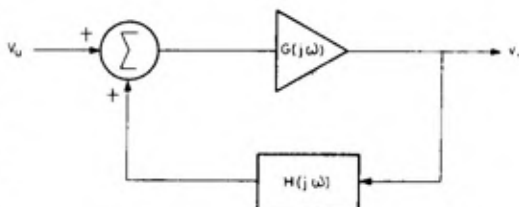
Oscilatori

Oscilator je sklop radio-uređaja koji služi za generisanje sinusoidalnog periodičnog signala potrebnog za rad drugih sklopova. S obzirom na to da kvalitet izlaznog signala oscilatora bitno utiče na performanse drugih sklopova (modulatora, demodulatora, sintetizatora, digitalnih kola itd.), može se reći da kvalitet oscilatora presudno u-

tiče na performanse celog radio-uređaja. Zbog toga se projektovanju i izradi oscilatora u svakom radio-uređaju mora posvetiti odgovarajuća pažnja. Tačnost i stabilnost učestanosti nosioca su osnovni kriterijumi na osnovu kojih se procenjuje kvalitet oscilatora. Bolje karakteristike u odnosu na druge tipove imaju kristalni oscilatori.

Princip rada oscilatora

Oscilator je nelinearno kolo koje se sastoji od pojačavača čija je prenosna funkcija $G(j\omega)$ i kola povratne sprege čija je prenosna funkcija $H(j\omega)$. Blok-dijagram oscilatora prikazan je na slici 4.



Sl. 4 — Blok dijagram oscilatora

Izlazni signal oscilatora može se opisati izrazom:

$$V_i = \frac{V_o G(j\omega)}{1 - G(j\omega)H(j\omega)} \quad (17)$$

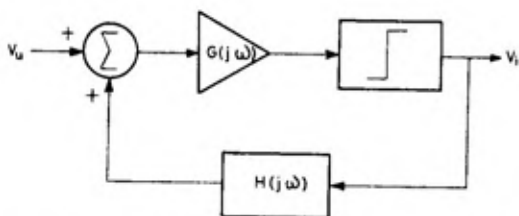
Imenilac u izrazu (17) naziva se funkcija povratne sprege. Vrednost modula funkcije povratne sprege određuje da li je povratna sprega pozitivna ili negativna. Ako je $|1 - G(j\omega)H(j\omega)| > 1$, pojačanje pojačavača sa povratnom spregom je manje od pojačanja bez povratne sprege, pa je povratna sprega negativna. Ako je $|1 - G(j\omega)H(j\omega)| < 1$, pojačanje pojačavača sa povratnom spregom je veće od pojačanja bez povratne sprege, pa je povratna sprega pozitivna. U teoriji oscilovanja posebno je značajan uslov:

$$|1 - G(j\omega)H(j\omega)| = 0, \quad (18)$$

jer tada pojačanje pojačavača sa povratnom spregom teži beskonačno velikoj vrednosti. Fizički smisao ovog uslova jeste da na izlazu takvog pojačavača postoji signal kada je $V_u=0$, što, praktično, znači da je pojačavač stupio u samooscilovanje. S obzirom na to da je, po pravilu, kolo povratne sprege selektivno, znači da uslov (18) može biti zadovoljen samo na jednoj učestanosti ω_0 , koja se naziva učestanost oscilovanja. Prema tome, uslov oscilovanja može se napisati u sledećem obliku:

$$G(j\omega_0)H(j\omega_0)=1. \quad (19)$$

Ova relacija je u literaturi poznata kao Barkhausenov uslov oscilovanja. Kako je kružno pojačanje $G(j\omega_0)H(j\omega_0)$ kompleksna funkcija učestanosti, uslov oscilovanja podrazumeva da je modul kružnog pojačanja $|G(j\omega_0)H(j\omega_0)|=1$ i da je njegov argument $\text{Arg}\{G(j\omega_0)H(j\omega_0)\}=2k\pi$, $k=0, 1, 2, \dots$. Uslov oscilovanja, opisan relacijom (19), u praksi je teško održati, pošto su elementi u kolu oscilatora podložni raznim klimo-mehaničkim uticajima. Čim $G(j\omega_0)H(j\omega_0)$ postane manje od 1, oscilacije prestaju. Zato se uvek teži da $G(j\omega_0)H(j\omega_0)$ bude malo veće od 1. Tako se na izlazu dobija sve veći napon. To bi moglo da dovede do nekontrolisanog po-

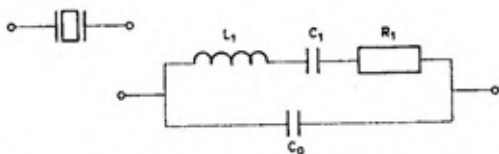


Sl. 5 — Blok dijagram oscilatora sa limiterom

rasta amplitude izlaznog signala. Da bi se to sprečilo, na izlaz pojačavača se dodaje limiter koji ograničava maksimalnu vrednost izlaznog signala što je prikazano na slici 5.

Kristalni oscilatori

Kristalni oscilatori se koriste za dobijanje sinusoidalnih signala veoma stabilne učestanosti koji su neophodni u oblastima radio-komunikacija, navigacije, merne tehnike i drugim primenama. U kolu povratne sprege kristalnog oscilatora nalazi se jedinka kristala kvarca velikog Q-faktora. U zavisnosti od nominalne učestanosti, konstrukcije i uslova ambijenta, kristalni



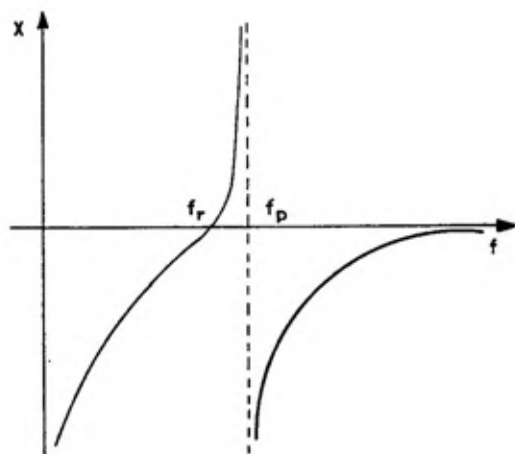
Sl. 6 — Simbol i ekvivalentno električno kolo kristala kvarca

oscilatori mogu da obezbede stabilnost učestanosti u opsegu od 10^{-4} do 10^{-11} .

Ako se na kristal kvarca nanesu elektrode jedna naspram druge, pa se, zatim, na njih dovede napon, doći će do delovanja sila na vezana naelektrisanja u kristalu. Ako se ovakav sklop pogodno učvrsti, javiće se deformacije u kristalu. Pod dejstvom pobude određene učestanosti nastaju vibracije ovako formiranog elektromehaničkog sklopa. Rezonantna učestanost i Q-faktor zavise od dimenzija kristala, orijentacije površina u odnosu na njihove ose, kao i od načina učvršćivanja kristala. Ekvivalentno električno kolo kristala prikazano je na slici 7, gde je u gornjem levom uglu prikazan simbol kristala kvarca.

Induktivnost L_1 , kapacitivnost C_1 i otpornost R_1 su dinamičke karakteristike kristala kvarca. Ove električne veličine su ekvivalentne masi, recipročnoj vrednosti elastičnosti opruge i viskoznom faktoru prigušenja mehaničkih sistema. Kapacitivnost C_0 predstavlja elektrostatičku kapacitivnost kristala.

Kristal kvarca ima dve rezonantne učestanosti, kao što je prikazano na slici 7.



Sl. 7 — Reaktansa kristala kvarca

Na paralelnoj rezonantnoj učestanosti f_p kristal se praktično ponaša kao otvoreno kolo, dok se na rednoj rezonantnoj učestanosti f_r može približno zameniti kratkim spojem. Njihove vrednosti su određene sledećim relacijama:

$$f_p = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C_1 \frac{C_0}{C_1 + C_0}}} \quad (20)$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C_1}} \quad (21)$$

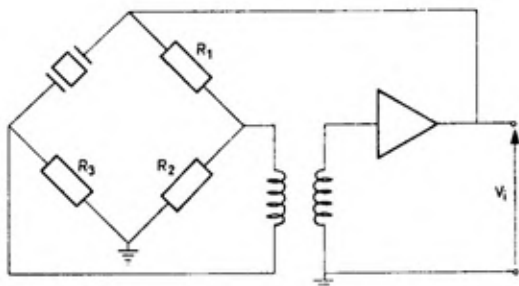
Kako je $C_0 \gg C_1$ to je $f_p \approx f_r$. Q-faktor kristala kvarca određen je relacijom:

$$Q = \frac{2\pi f_r L_1}{R_1} \quad (22)$$

U jednom tipičnom kristalu za učestanost 2MHz vrednosti dinamičkih parametara kristala su $L_1 = 5H$, $C_1 = 1,25pF$ i $R_1 = 25\Omega$, što odgovara Q-faktoru $Q = 2,5 \cdot 10^6$. Elektrostatika kapa-

citivnost je višestruko veća od dinamičke kapacitivnosti kristala i iznosi $C_0 = 2pF$.

Veoma dobru stabilnost učestanosti moguće je postići korišćenjem relativno jednostavnog Mičamovog oscilatora kod kojeg se kristal kvarca postavlja u jednu granu otpornog mosta, kao što je pokazano na slici 8. Ovim oscilatorom moguće je postići stabilnost od 10^{-9} .



Sl. 8 — Mičamov oscilator

Naponski kontrolisani oscilatori

Naponski kontrolisani oscilator je takav tip oscilatora kod kojeg je učestanost oscilovanja, u okolini neke centralne učestanosti, zavisna od kontrolnog napona. Ovakav tip oscilatora ima veliku primenu u faznim petljama. Kružna učestanost signala na izlazu naponski kontrolisanog oscilatora $\omega_0(t)$ određena je relacijom:

$$\omega_0(t) = \omega_r + K_0 v_0(t), \quad (23)$$

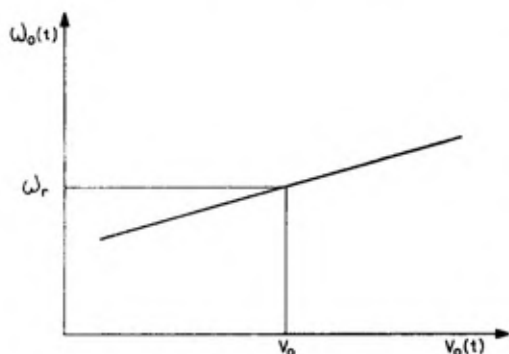
gde je:

ω_r — centralna kružna učestanost naponski kontrolisanog oscilatora koja se dobija na njegovom izlazu kada je napon na njegovom ulazu V_0 ,

K_0 — konstanta naponski kontrolisanog oscilatora u $radHz/V$,

$v_0(t)$ — sporopromenljivi kontrolni napon na ulazu naponski kontrolisanog oscilatora.

Centralna učestanost naponski kontrolisanog oscilatora treba da bude jednaka nominalnoj učestanosti referentnog signala. Promena kružne učes-



Sl. 9 — Prenosna funkcija naponski kontrolisanog oscilatora

tanosti signala na izlazu ovakvog oscilatora prikazana je na slici 9.

Ukoliko se kružna učestanost integriše u vremenu, dobija se faza. Imajući to u vidu, faza signala na izlazu naponski kontrolisanog oscilatora može se izraziti na sledeći način:

$$\Theta_0(t) = K_0 \int_0^t v_0(t) dt. \quad (24)$$

Ako se na ovaj izraz primeni Laplasova transformacija, dobija se:

$$\Theta_0(s) = \frac{K_0 V_0(s)}{s} \quad (25)$$

Odavde je moguće direktno odrediti prenosnu funkciju naponski kontrolisanog oscilatora:

$$\frac{\Theta_0(s)}{V_0(s)} = \frac{K_0}{s} \quad (26)$$

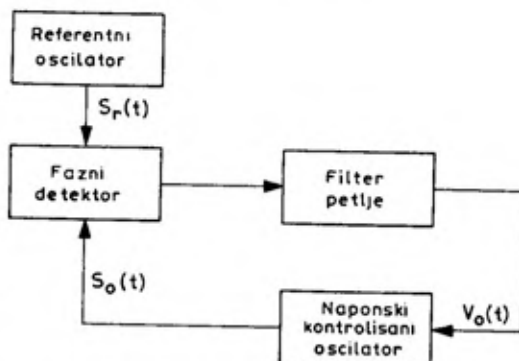
Na osnovu relacije (26) može se zaključiti da naponski kontrolisani oscilator ima prenosnu funkciju koja odgovara idealnom integratoru.

Fazne petlje

Fazna petlja je elektronsko kolo sa negativnom povratnom spregom koje ima zadatak da obezbedi da izlazni signal naponski kontrolisanog oscilatora bude koherentan sa nekim drugim, referentnim, signalom. Dva signala su koherentna kada su im podudarni učestanost i faza.

Referentni signal može biti sinusoidalni ili ugaono modulisan. Ukoliko je ovaj signal frekvencijski modulisan, izlazni signal naponski kontrolisanog oscilatora pratiće ove frekvencijske promene unutar dozvoljenog opsega hvatanja petlje. Prema tome, fazna petlja predstavlja dinamički filter koji može automatski da menja položaj svog propusnog opsega i prilagođava ga učestanosti referentnog signala, a širina filtera je vrlo mala oko nominalne učestanosti referentnog signala. Fazna petlja ima veliku primenu u sintetizatorima učestanosti i u kolima za ekstrakciju nosioca koji je duboko utisnut u šum.

Osnovna konfiguracija fazne petlje prikazana je na slici 10. Ona se sastoji od četiri elementa koji zajedno formiraju jednostavan sistem za automatsku kontrolu učestanosti.



Sl. 10 — Osnovna konfiguracija fazne petlje

Fazni detektor upoređuje faze signala na izlazu iz referentnog oscilatora i naponski kontrolisanog oscilatora, pri

čemu se na njegovom izlazu generiše signal čiji je napon proporcionalan faznoj razlici ova dva signala. Filter petlje propušta samo niske učestanosti na ulaz naponski kontrolisanog oscilatora. Rezultat ovog procesa jeste da posle izvesnog vremena, koje se naziva vreme hvatanja petlje, naponski kontrolisani oscilator generiše signal koji je po učestanosti i fazi jednak referentnom signalu.

Na slici 11 prikazani su signali u karakterističnim tačkama fazne petlje. Može se uočiti da je učestanost signala na izlazu naponski kontrolisanog oscilatora $s_o(t)$ različita od učestanosti referentnog signala $s_r(t)$ u intervalu od uključenja do trenutka hvatanja petlje t_h . Posle isteka ovog vremena, ove dve učestanosti su identične.

gnal na izlazu naponski kontrolisanog oscilatora $s_o(t)$, po isteku vremena hvatanja petlje, mogu se opisati na sledeći način:

$$s_r(t) = S_r \sin(\omega_r t + \Theta_r) \quad (27)$$

$$s_o(t) = S_o \sin(\omega_r t + \Theta_o) \quad (28)$$

gde je:

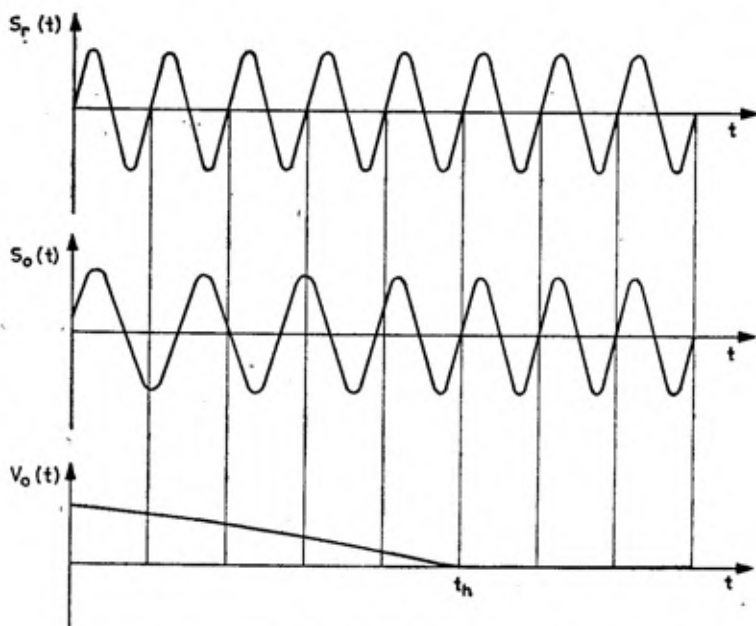
S_r — amplituda referentnog signala,

ω_r — učestanost referentnog signala i signala na izlazu naponski kontrolisanog oscilatora,

Θ_r — faza referentnog signala,

S_o — amplituda signala na izlazu naponski kontrolisanog oscilatora,

Θ_o — faza signala na izlazu naponski kontrolisanog oscilatora.



Sl. 11 — Karakteristični signali fazne petlje

Matematički model fazne petlje

Osnovna konfiguracija fazne petlje prikazana je na slici 10. Referentni signal na ulazu faznog detektora $s_r(t)$ i si-

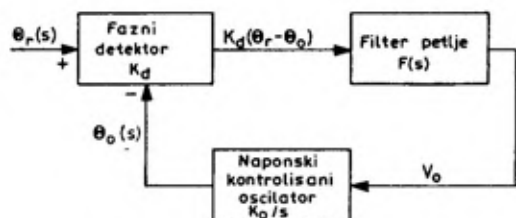
Faza Θ_o opisana je relacijom (24), a prenosna funkcija naponski kontrolisanog oscilatora relacijom (26). Model fazne petlje prikazan je na slici 12.

Ukoliko se pođe od faznog detektora, pri prolasku kroz petlju signal se može opisati relacijom:

$$K_d(\Theta_r - \Theta_o)F(s) \frac{K_o}{s} = \Theta_o, \quad (29)$$

gde je:

K_d — konstanta faznog detektora,
 $F(s)$ — prenosna funkcija filtera petlje.



Sl. 12 — Model fazne petlje

Rešavanjem ove jednačine dobija se prenosna funkcija fazne petlje:

$$H(s) = \frac{\Theta_o}{\Theta_r} = \frac{\frac{K_o K_d F(s)}{s}}{1 + \frac{K_o K_d F(s)}{s}} = \frac{K_o K_d F(s)}{s + K_o K_d F(s)} \quad (30)$$

Prenosna funkcija linearnog modela fazne petlje opisuje ponašanje fazne petlje u funkciji učestanosti promene faze ulaznog signala. Ovu učestanost treba razlikovati od učestanosti signala. Na primer, ukoliko referentni signal fazne petlje nije prostoperiodičan, već je fazno modulisan učestanošću ω_m , tada će i signal na izlazu naponski kontrolisanog oscilatora, pod pretpostavkom da je propusni opseg petlje širi od ω_m , biti, takođe, fazno modulisan signalom učestanosti ω_m . Red petlje je jednak broju polova u prenosnoj funkciji fazne petlje. Na osnovu relacije (30)

može se zaključiti da je red petlje jednak redu filtera petlje uvećanom za jedan. Ovo »uvećanje za jedan« je posledica činjenice da naponski kontrolisani oscilator ima jednopolnu prenosnu funkciju koja odgovara idealnom integratoru. U praksi se, najčešće, koriste petlje prvog i drugog reda jer su one bezuslovno stabilne. Petlje višeg reda, pod određenim uslovima, mogu postati nestabilne, pa se zbog toga rede koriste.

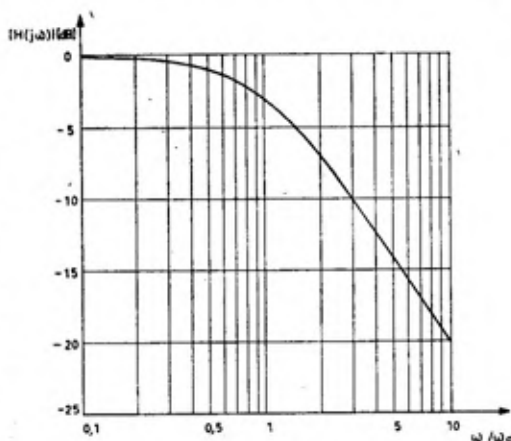
Fazne petlje prvog reda

Fazne petlje prvog reda su najjednostavniji tip faznih petlji. S obzirom na to da je kod njih filter petlje izostavljen ili predstavlja neselektivno kolo, $F(s) = K_f$, prenosna funkcija faznih petlji prvog reda može se opisati izrazom:

$$H(s) = \frac{K_o K_d K_f}{s + K_o K_d K_f} \quad (31)$$

pri čemu je $\omega_a = K_o K_d K_f$.

Prenosna funkcija fazne petlje prvog reda prikazana je na slici 13. Može



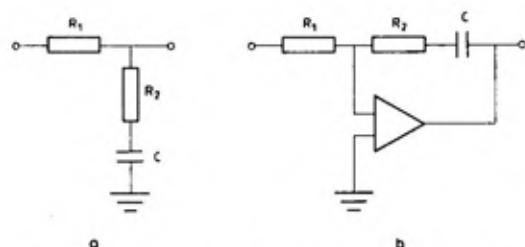
Sl. 13 — Prenosna funkcija petlje prvog reda

se uočiti da fazna petlja prvog reda predstavlja filter propusnik opsega učestanosti, pri čemu je granična učesta-

nost ω_a . To znači da će promena faze signala na izlazu naponski kontrolisanog oscilatora slediti promene faze referentnog signala, ukoliko su one sporije od učestanosti ω_a .

Fazne petlje drugog reda

Fazne petlje drugog reda su najčešće korišćeni tip faznih petlji. One u svom sastavu imaju filter petlje prvog reda, koji može biti pasivan ili aktivan. Na slici 14 prikazani su filteri petlje prvog reda.



Sl. 14 — Filter petlje prvog reda: (a) pasivan i (b) aktivan

Prenosne funkcije pasivnog i aktivnog filtera prvog reda respektivno su opisane izrazima:

$$F_p(s) = \frac{1 + s\tau_2}{1 + s(\tau_1 + \tau_2)} \quad (32a)$$

$$F_a(s) = \frac{1 + s\tau_2}{s\tau_1} \quad (32b)$$

pri čemu je $\tau_1 = R_1 C$ i $\tau_2 = R_2 C$.

Ukoliko se izrazi (32) zamene u relaciju (30), dobijaju se prenosne funkcije fazne petlje drugog reda u slučajevima kada je filter petlje pasivan i aktivan:

$$H_p(s) = \frac{K_o K_d \frac{(s\tau_2 + 1)}{\tau_1}}{s^2 + s \left(K_o K_d \frac{\tau_2}{\tau_1} \right) + K_o K_d \frac{1}{\tau_1}} \quad (33a)$$

$$H_a(s) = \frac{K_o K_d \frac{(s\tau_2 + 1)}{(\tau_1 + \tau_2)}}{s^2 + s \left(\frac{1 + K_o K_d \tau_2}{\tau_1 + \tau_2} \right) + \frac{K_o K_d}{\tau_1 + \tau_2}} \quad (33b)$$

U teoriji električnih kola je uobičajeno da se imenilac prenosne funkcije prikaže u normalizovanoj formi: $(s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2)$, gde je ω_n — prirodna učestanost, a ξ — faktor prigušenja.

Da bi imeniocce izraza (33) prikazali u normalizovanoj formi, potrebno je, u slučaju pasivnog filtera petlje, uvesti sledeće oznake:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_o K_d}{\tau_1 + \tau_2}} \quad (34a)$$

$$\xi = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_o K_d}{\tau_1 + \tau_2}} \left(\tau_2 + \frac{1}{K_o K_d} \right) \quad (34b)$$

a u slučaju aktivnog filtera petlje:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_o K_d}{\tau_1}} \quad (35a)$$

$$\xi = \frac{\tau_2}{2} \sqrt{\frac{K_o K_d}{\tau_1}} \quad (35b)$$

Ako se ove vrednosti za ω_n i ξ zamene u relacije (33), dobijaju se sledeći izrazi za prenosnu funkciju fazne petlje:

$$H_p(s) = \frac{\omega_n \left(2\xi - \frac{\omega_n}{K_o K_d} \right) s + \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad (36a)$$

$$H_a(s) = \frac{2\xi\omega_n s + \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad (36b)$$

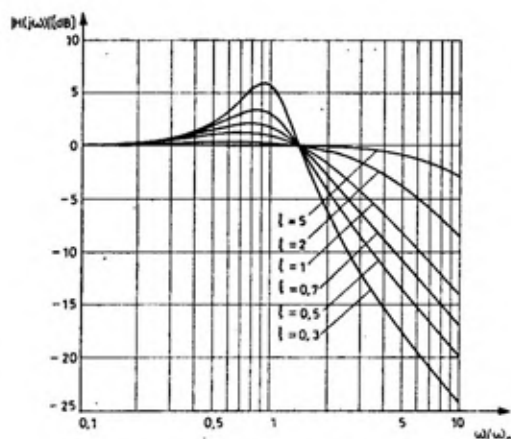
Pored ω_n i ξ , u prenosnoj funkciji fazne petlje sa pasivnim filterom petlje kao parametar se pojavljuje i proizvod $K_o K_d$. Ovaj proizvod se naziva pojačanje petlje i ima dimenziju rad/s. Ukoliko je $K_o K_d \gg \omega_n$, petlja ima veliko po-

jaćanje. U tom slučaju prenosna funkcija petlje sa pasivnim filterom može se opisati izrazom:

$$H_p(s) = \frac{2\xi\omega_n s + \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad (37)$$

koji je identičan izrazu za prenosnu funkciju fazne petlje sa aktivnim filterom.

Na slici 15 prikazana je prenosna funkcija fazne petlje drugog reda, opisana izrazom (37). Vidi se da ova petlja predstavlja filter propusnik niskih učestanosti, pri čemu je njegova granična učestanost približno jednaka ω_n . Faktor prigušenja ima značajan uticaj na dinamičke osobine fazne petlje. Ako je $\xi = 1$ fazna petlja je kritično prigušena. Ako je $\xi < 1$, prelazni odziv ima oscilatorni karakter. Što je ξ manje, to je premašenje veće. Ako je $\xi > 1$, prenosna funkcija je zaravnjena, pa je dinamički odziv fazne petlje spor. Smatra se da je optimalan izbor $\xi \approx 0,7$.



Sl. 15 — Prenosna funkcija petlje drugog reda

Sintezatori učestanosti

Sintezatori učestanosti su elektronska kola koja generišu skup mogućih izlaznih učestanosti uz pomoć jednog vrlo stabilnog referentnog oscilatora.

Zadatak sintezatora učestanosti se može opisati relacijom:

$$f_2 = \frac{n_2 f_1}{n_1} \quad (38)$$

gde je:

f_1 — referentna učestanost,

n_1, n_2 — celi brojevi.

Imajući u vidu da množenje referentne učestanosti faktorom n_2/n_1 povećava devijaciju faze za isti faktor, može se zaključiti da je stabilnost sintezatora učestanosti određena stabilnošću referentnog oscilatora pomnožene faktorom n_2/n_1 . To znači da su sva tri argumenta (ω_0 , $\Phi(t)$, $\frac{1}{2} \alpha t^2$) u relaciji (2), pomnožena faktorom n_2/n_1 . Ipak, to nije potpuno tačno, jer stabilnost signala na izlazu sintezatora učestanosti zavisi i od načina na koji je ta izlazna učestanost dobijena i, u najgorem slučaju, jednaka je pomenutoj vrednosti.

Postoji više metoda za sintezu učestanosti, ali se danas najviše koriste:

— digitalna sinteza učestanosti,

— direktna sinteza učestanosti,

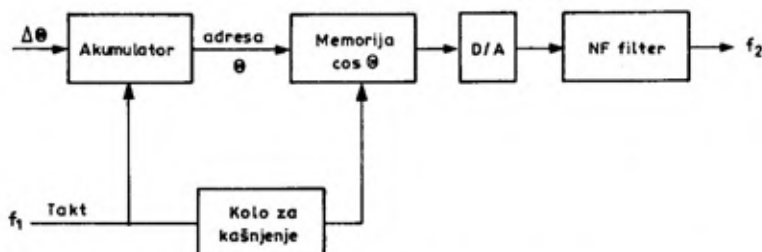
— sinteza učestanosti na bazi fazne petlje.

Svaka od metoda za sintezu učestanosti ima prednosti i nedostatke. Da bi se postiglo optimalno rešenje često se u praksi koriste hibridne metode koje predstavljaju kombinaciju prethodno navedenih.

Digitalna sinteza učestanosti

Blok-dijagram digitalnog sintezatora prikazan je na slici 16, a osnovna ideja na kojoj se zasniva njegov rad prikazana je na slici 17. Na ulaz akumulatora iz referentnog oscilatora dolazi takt-impuls učestanosti f_1 . U akumulatoru su sadržane kodne reči du-

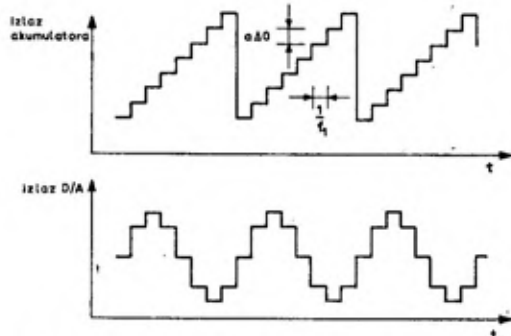
žine L -bita koje predstavljaju fazu Θ . Pri svakoj pojavi takt-impulsa u akumulatoru se povećava vrednost faze, Θ , za iznos $a\Delta\Theta$, gde je a — konstanta proporcionalnosti. Vrednost faze u akumulatoru, Θ , služi kao adresa za memoriju. U memoriji su sadržane kodne reči dužine N — bita koje predstavljaju vrednost $\cos\Theta$ kvantovanu u 2^N nivoa. Izlaz iz memorije se konvertuje u analogni signal pomoću D/A konvertora, a posle njegovog NF filtriranja dobija se signal na izlazu iz sintezatora.



Sl. 16 — Blok dijagram digitalnog sintezatora

S obzirom na to da je sa L označena dužina kodne reči akumulatora, kapacitet akumulatora iznosi $n_1 = 2^L$. On treba da odgovara jednom potpunom ciklusu $\cos\Theta$, pri čemu se Θ me-

ciklus od 0 do 2π . Pri pojavi takt-impulsa vrednost faze u akumulatoru ne mora da se poveća za jediničnu vrednost $\Delta\Theta$, već može za bilo koju veću kvantovanu vrednost $a\Delta\Theta$. Ako se sa n_2 označi inkrement sadržaja akumulatora pri pojavi takt-impulsa, pri čemu je $n_2 = a$, to znači da broj takt-impulsa koji je potreban da se izvrši jedan kompletan ciklus akumulatora iznosi n_1/n_2 . Učestanost jednog ciklusa akumulatora predstavlja učestanost izlaznog signala D/A konvertora i ona je opisana



Sl. 17 — Princip rada digitalnog sintezatora

nja od 0 do 2π . Ako se pri pojavi takt-impulsa u akumulatoru poveća vrednost faze Θ za iznos $\Delta\Theta$, potrebno je n_1 takt-impulsa da se izvrši kompletan

relacijom (38). Rezolucija sintezatora određena je promenom učestanosti koja nastaje pri promeni n_2 za jedan. Ona se matematički može opisati na sledeći način:

$$f_{\Delta} = \left(\frac{n_2 + 1}{n_1} - \frac{n_2}{n_1} \right) f_1 = \frac{f_1}{n_1} \quad (39)$$

Imajući u vidu strukturu digitalnog sintezatora, može se zaključiti da svaki ciklus ima najmanje dva fazna stanja ($n_1 = 2n_2$), što znači da je teorijski maksimalna vrednost izlazne učestanosti $f_2 = f_1/2$. U praktičnoj realizaciji digitalnog sintezatora je

$$f_{2\max} = \frac{f_1}{4} \quad (40)$$

maksimalna izlazna učestanost koja omogućava da izlazni filter propusnik niskih učestanosti bude prihvatljive složenosti.

Prednost digitalnih sintezatora jeste da omogućavaju vrlo brzu promenu

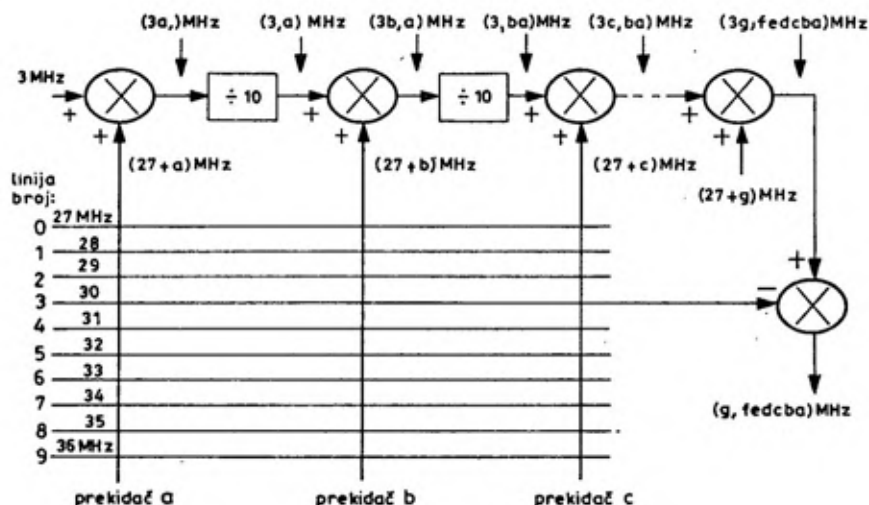
učestanosti i finu rezoluciju, a osnovni nedostatak je što im je maksimalna učestanost koju mogu da generišu ograničena na nekoliko desetina MHz. Ovo ograničenje je posledica brzine rada digitalnih logičkih kola i memorije. Pored toga, u okolini generisane učestanosti javljaju se parazitne komponente čiji nivo zavisi od preciznosti kvantizacije pri generisanju $\cos\theta$. Najnoviji rezultati pokazuju da se metodom digitalne sinteze može postići potiskivanje parazitnih signala u odnosu na nivo korisnog signala i do -70 dB.

Direktna sinteza učestanosti

Pri direktnoj sintezi učestanosti, učestanost izlaznog signala dobija se množenjem, deljenjem ili mešanjem (sabiranjem ili oduzimanjem) učestanosti jednog ili više referentnih signala. Izlazni signal tražene učestanosti može

Na slici 18 prikazan je princip rada direktnog sintezatora za generisanje učestanosti u opsegu od 0 do 10 MHz sa rezolucijom od 1 Hz. Referentne učestanosti 3 MHz i od 27 MHz do 36 MHz mogu se dobiti množenjem učestanosti 1 MHz koju generiše stabilan referentni oscilator. Iza svakog mešača (slika 18) nalaze se filteri propusnici opsega učestanosti koji, po potrebi, mogu da izdvajaju donji ili gornji bočni opseg. Da bi slika bila preglednija, ovi filteri na njoj nisu prikazani.

Prekidači a, b i c uključuju signale sa neke od deset linija. Na primer, ako prekidač a uključi signal sa linije broj 3, na prvi mešač će dolaziti signal učestanosti $(27+3)$ MHz; ako prekidač b uključi signal sa linije broj 9, na drugi mešač će dolaziti signal učestanosti $(27+9)$ MHz, itd. Prema tome, na ulaz prvog mešača sa prekidača a dolazi signal učestanosti $(27+a)$ MHz, na ulaz drugog mešača sa prekidača b dolazi



Sl. 18 — Princip rada direktnog sintezatora

se generisati na više različitih načina. Na primer, 7381 kHz se može generisati kao 7381. harmonik od 1 kHz ili kao 7. harmonik od 1000 kHz, plus 3. harmonik od 100 kHz, plus 8. harmonik od 10 kHz, plus 1 kHz.

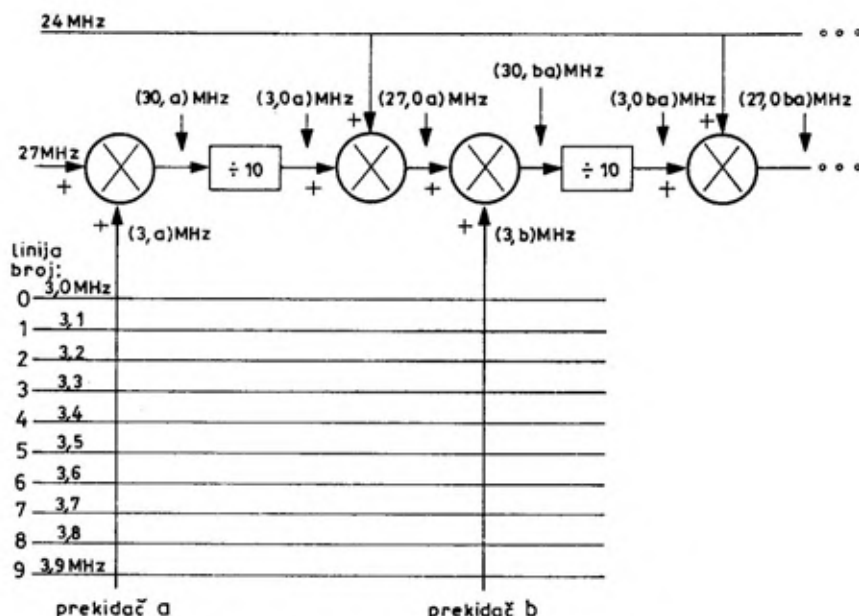
signal učestanosti $(27+b)$ MHz, itd. Signal sa prekidača a, čija učestanost iznosi $(27+a)$ MHz, u prvom mešaču se meša sa referentnim signalom učestanosti 3 MHz, posle čega se izdvaja gornji bočni opseg, pa dobijamo signal u-

čestanosti $(27+a+3)$ MHz = $(3a)$ MHz. Deljenjem ovog signala sa 10 dobija se signal učestanosti $(3, a)$ MHz, itd. Može se zaključiti da je ovaj postupak sinteze složen i da zahteva veliki broj mešača i delitelja učestanosti. Da bi se postigla rezolucija od 1 Hz, potrebno je imati na raspolaganju 7 prekidača, 8 mešača i 7 delitelja učestanosti. Pri tome, treba naglasiti da je polazna pretpostavka da za sintezu učestanosti stoji na raspolaganju jedanaest referentnih signala, što se u praksi gotovo nikad ne događa. Svaki od ovih jedanaest signala generiše se iz jednog referentnog oscilatora, što, takođe, zahteva složen hardver.

Pored toga, direktni sintezator, prikazan na slici 18, ima još jedan značajan nedostatak. Učestanost jednog ulaznog signala svakog od mešača pada u opseg učestanosti izlaznog signala sintezatora (0 do 10 MHz). Pomoću fik-

snih filtera koji se nalaze na izlazima mešača, nije moguće u potpunosti eliminisati prodiranje ovih signala na izlaz sintezatora. Praktično rešenje direktnog sintezatora koje eliminiše ovaj problem prikazano je na slici 19.

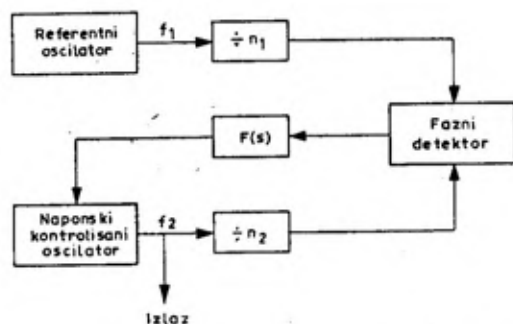
Direktni sintezator ima tri osnovne prednosti. Prva prednost jeste što se izlazna učestanost može menjati vrlo brzo. Brzina rada sintezatora je ograničena samo brzinom rada prekidačke strukture i kašnjenjem signala pri prostiranju kroz sintezator. Druga prednost je čistoća spektra izlaznog signala, koja je jednaka čistoći spektra referentnog signala umanjenoj za iznos faktora multiplikacije od ulaza do izlaza. Treća prednost jeste što se može postići vrlo fina rezolucija. Osnovni nedostaci direktnih sintezatora su što su glomazni i što imaju relativno veliku potrošnju. Potiskivanje parazitnih signala u odnosu na nivo korisnog signala je do -100 dB.



Sl. 19 — Praktična realizacija direktnog sintezatora

Sinteza učestanosti na bazi fazne petlje

Princip rada sintezatora na bazi fazne petlje prikazan je na slici 20.



Sl. 20 — Princip rada sintezatora na bazi fazne petlje

Uslov oscilovanja, opisan relacijom (23), zadovoljen je zbog činjenice da je izlazna učestanost naponski kontrolisanog oscilatora podeljena sa n_2 jednaka referentnoj učestanosti podeljenoj sa n_1 . Izbor učestanosti signala na izlazu vrši se promenom vrednosti faktora deljenja n_1 i n_2 . Generisanje faktora deljenja vrše digitalni brojači.

Minimalni korak učestanosti izlaznog signala dat je relacijom (39). Širina fazne petlje mora biti manja od minimalnog koraka kako bi se potisnulo premašenje pri prelasku sa jedne učestanosti na drugu i obezbedila stabilnost petlje. To znači da mali korak učestanosti izlaznog signala podrazumeva malu širinu fazne petlje. S druge strane, ukoliko je širina fazne petlje mala, uticaj naponski kontrolisanog oscilatora na fazni šum izlaznog signala je dominantan. Vreme akvizicije petlje je obrnuto proporcionalno njenoj širini, što znači da mala širina fazne petlje podrazumeva sporo prebacivanje sa jedne učestanosti na drugu.

Ovi oprečni zahtevi predstavljaju svojevrsni izazov pri projektovanju sin-

teзаторa na bazi fazne petlje. Jednostavno rešenje ovog problema prikazano je na slici 21.

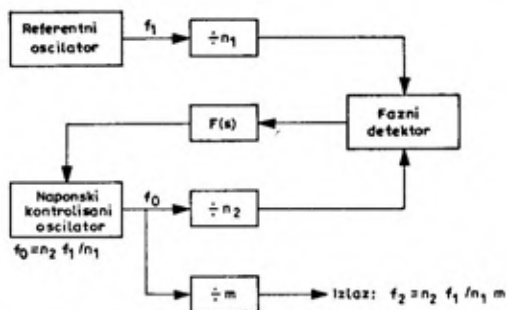
Učestanost signala na izlazu ovog sintezatora opisana je relacijom:

$$f_2 = \frac{n_2 f_1}{n_1 m} \quad (41)$$

pri čemu se učestanost izlaznog signala menja sa korakom:

$$f_{\Delta} = \frac{f_1}{n_1 m} \quad (42)$$

Fazni detektor je, zbog prisustva delitelja sa faktorom m na izlazu na-



Sl. 21 — Sinteza na bazi fazne petlje sa deliteljem na izlazu

ponski kontrolisanog oscilatora, podešen na učestanost f_1/n_1 , što znatno olakšava problem širine fazne petlje.

Prednost sintezatora učestanosti na bazi fazne petlje ogleda se u jednostavnosti i relativno niskoj ceni komponenata koje se u njega ugrađuju, kao i relativno širokom opsegu učestanosti koje on može da generiše. Osnovni nedostaci su nemogućnost postizanja velike rezolucije i dugo vreme prelaska sa jedne učestanosti na drugu. Ovim tipom sintezatora može se postići potiskivanje parazitnih signala u odnosu na nivo korisnog signala do -80 dB.

Umesto zaključka

Razmatrani su principi generisanja referentnih signala u radio-uređajima, i definisani pojmovi koji se odnose na referentne signale i njihove karakteristike. Prikazan je matematički model referentnih signala, a zatim izložene nji-

hove statističke karakteristike. Objašnjeni su osnovni pojmovi iz domena oscilatora i faznih petlji, izloženi principi izrade frekvencijskih sintezatora i analizirani pojedini tipovi frekvencijskih sintezatora, uz navođenje njihovih prednosti i nedostataka.

Literatura:

- [1] R. E. Ziemer, R. L. Peterson: Digital Communications and Spread Spectrum Systems, Macmillan Publishing Company, New York, 1985, Chapter 5.
- [2] A. J. Viterbi: Principles of Coherent Communications, McGraw-Hill, New York, 1966.
- [3] J. Gorski-Popiel, editor: Frequency Synthesis: Techniques and Applications, IEEE Press, New York, 1975.
- [4] R. E. Best: Phase-Locked Loops, McGraw-Hill, New York, 1984.
- [5] W. P. Robins: Phase Noise in Signal Sources, Peter Peregrinus, London, 1982.
- [6] F. W. Gardner: Phaselock Techniques, Wiley, New York, 1979.
- [7] U. L. Rohde: Digital PLL Frequency Synthesizers — Theory and Design, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1983.
- [8] D. B. Leeson: A Simple Model of Feedback Oscillator Noise Spectrum, Proc. of the IEEE, 1966, pp. 329—330.
- [9] S. Cvetković, Z. Cvetković: Elektronika, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1985.
- [10] S. Marjanović: Elektronika — diskretna i integrisana analogna kola, Naučna knjiga, Beograd, 1981.
- [11] Understanding and Measuring Phase Noise in the Frequency Domain, Hewlett-Packard Application Note 207.
- [12] Kristalni oscilatori i filtri, Katalog Instituta Mihajlo Pupin, Beograd, 1987.
- [13] Local Oscillator Phase Noise, Watkins-Johnson Company Tech-notes, Vol. 8, No. 6, November/December 1981.
- [14] Transportation Lag in Phase-Locked Loops, Watkins-Johnson Company Tech-notes, Vol. 5, No. 3, May/June 1978.
- [15] J. Browne: Hybrid Circuit Sets DDS Clock Beyond 1 GHz, Microwaves & RF, February 1990, pp. 128—130.
- [16] Dual Direct Digital Synthesizer, Qualcomm Technical Data Sheet, June 1991.
- [17] M. Sunjevarić, B. Todorović: Radio-komunikacioni sistemi, Beograd, 1995, u pripremi.

Ivan Miletić,
dipl. inž.
Zoran Veljković,
dipl. inž.

PROCENA SREDNJE VEROVATNOĆE POGREŠNE DETEKCije BINARNOG SIMBOLA U PRISUSTVU PROSTOPERIO- DICNOG SIGNALA SMETNJE

Uvod

Sistemi sa proširenim spektrom nastali su iz potrebe da se u komunikacionim sistemima obezbedi pouzdan prenos informacije u uslovima izuzetno visokog nivoa signala smetnje. Pored toga što imaju visok stepen imunosti na aktivno ometanje, ovi sistemi su u velikoj meri otporni na elektronsko izviđanje, odnosno prisluškivanje.

Prenos informacije u ovim sistemima vrši se sa ekstremno malom gustinom snage korisnog signala. Ona može da bude znatno manja od nivoa šuma, što onemogućuje da se prisustvo ovakvog signala u eteru detektuje.

Proširenje spektra korisnog signala realizuje se u procesu u kome su, istovremeno, zastupljeni i elementi kriptografije, čime je poboljšana tajnost informacije.

Sistemi sa proširenim spektrom se primenjuju u telekomunikacionim sistemima, u radio-lokaciji, sistemima za navigaciju, kontrolu vazdušnog saobraćaja, vođenje raketnih projektila, kosmičkim istraživanjima, itd. [5].

Sa druge strane, ovi sistemi su izuzetno složeni, kako sa stanovišta teorijske analize, tako i sa stanovišta praktične realizacije.

Analiza osetljivosti digitalnih sistema za prenos informacije na aktivno ometanje sastoji se u nalaženju izraza

za srednju verovatnoću pogrešne detekcije binarnog simbola u prisustvu signala smetnje.

Veliki broj praktičnih realizacija sistema sa proširenim spektrom signala zasniva se na elementima standardnog sistema za digitalni prenos informacije sa CPSK modulacijom.

Zbog toga će se ovde izvršiti analiza specifičnog slučaja detekcije CPSK signala u prisustvu prostoperiodičnog signala smetnje.

Analiza i rezultati

Pretpostaviće se da se CPSK signal formira tako što pri prenosu binarne jedinice predajnik emituje prostoperiodični signal konstantne amplitude A , konstantne učestanosti ω_0 i nulte faze. Pri prenosu binarne nule emituje se signal iste amplitude i učestanosti, ali faze pomerene za 180° .

Prema tome, CPSK signal može analitički da se predstavi u sledećem obliku [1]:

$$s(t) = A \cos[\omega_0 \cdot t + (1 - \mu) \cdot \pi] = (2 \cdot \mu - 1) \cdot A \cdot \cos \omega_0 \cdot t \quad (1)$$

Pri tome je $\mu = 1$ kada se u sistemu prenosi binarna jedinica, odnosno $\mu = 0$ kada se prenosi binarna nula.

Na prijemnoj strani, osim korisnog signala, nalazi se i aditivni stacio-

narni šum koji ima Gausovu raspodelu, a potiče od samih elemenata prijemnika ili od aktivnog ometanja. S obzirom na to da prijemnici na svom ulazu imaju filter propusnik raspona učestanosti, podešen na noseću učestanost ω_0 , aditivni Gausov šum na izlazu iz tog filtera može se predstaviti u sledećem obliku [2]:

$$n(t) = x \cdot \cos \omega_0 \cdot t - y \cdot \sin \omega_0 \cdot t \quad (2)$$

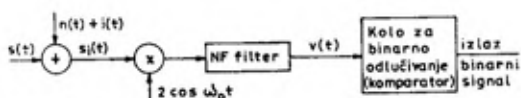
gde su $x(t)$ i $y(t)$ nezavisne slučajne promenljive sa Gausovom raspodelom.

Pored ovog aditivnog stacionarnog šuma, korisnom signalu se dodaje i smetnja za koju će se pretpostaviti da je prostoperiodični signal konstantne amplitude I , učestanosti ω_1 i slučajne faze α_1 [5]:

$$i(t) = I \cdot \cos(\omega_1 \cdot t + \alpha_1) = I \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \Theta) \quad (3)$$

Signal na ulazu u prijemnik predstavlja sumu CPSK signala, uskopojasnog Gausovog šuma i prostoperiodičnog signala smetnje, što je prikazano na slici 1:

$$\begin{aligned} S_i(t) &= s(t) + n(t) + i(t) = \\ &= (2 \cdot \mu - 1) \cdot A \cdot \cos \omega_0 \cdot t + x \cdot \cos \omega_0 \cdot t - \\ &\quad - y \cdot \sin \omega_0 \cdot t + I \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \Theta) = \\ &= [(2 \cdot \mu - 1) \cdot A + I \cdot \cos \Theta + x] \cdot \cos \omega_0 \cdot t - \\ &\quad - (I \cdot \sin \Theta + y) \cdot \sin \omega_0 \cdot t \end{aligned} \quad (4)$$



Sl. 1 — Blok šema demodulatora CPSK signala kada je signal predajnika u fazi sa lokalno generisanim referentnim signalom

Razmatraće se dva slučaja:

1. slučaj:

U prijemniku je moguće lokalno generisati sinfazni referentni signal koji je tačno u fazi sa signalom predajnika.

Posle množenja i NF filtriranja komponenta tog proizvoda iz raspona učestanosti oko ω_0 u kolu sa slike 1, dobija se NF signal na osnovu koga se vrši binarno odlučivanje:

$$v(t) = (2 \cdot \mu - 1) \cdot A + I \cdot \cos \Theta + x \quad (5)$$

Postupak detekcije binarnog simbola sastoji se u tome da se vrednost anvelope ulaznog signala koji se odmerava na izlazu NF filtera poredi sa određenim pragom odlučivanja, b .

Ukoliko je, pri tome, vrednost odmerka veća od praga odlučivanja, konstantuje se da je signal na ulazu postojao, odnosno da se u tom intervalu prenosi binarna jedinica.

Ukoliko je vrednost odmerka u trenutku odlučivanja manja od postavljene praga, konstatuje se da signal na ulazu nije postojao, odnosno da se u tom intervalu prenosi binarna nula.

Pretpostavlja se da se u sistemu prenosi binarna jedinica.

Da bi se odredio izraz za verovatnoću pogrešne detekcije binarne jedinice, neophodno je odrediti funkciju gustine verovatnoće izlaznog signala NF filtera [4]:

$$p(v/1) = (1/\sqrt{2 \cdot \pi \cdot N}) \cdot \exp[-(v - (A + I \cdot \cos \Theta))^2/2 \cdot N] \quad (6)$$

Verovatnoća pogrešne detekcije binarne jedinice u sistemima sa CPSK modulacijom može da se predstavi u sledećem obliku:

$$p(e/1) = P(v < b) = \int_{-\infty}^b p(v/1) dv \quad (7)$$

ili posle zamene relacije (6) u relaciji (7),

$$p(e/1) = \int_{-\infty}^b (1/\sqrt{2 \cdot \pi \cdot N}) \cdot \exp[-(v - (A + I \cdot \cos \Theta))^2/2 \cdot N] dv \quad (8)$$

Koristeći relaciju (8) i činjenicu da je

$$\int_{-\infty}^b p(v/1)dv = 1 - \int_b^{\infty} p(v/1)dv \quad (9)$$

dobija se:

$$p(e/1) = 1 - \int_b^{\infty} (1/\sqrt{2 \cdot \pi \cdot N}) \cdot \exp[-(v - (A + I \cdot \cos \Theta))^2 / 2 \cdot N] dv \quad (10)$$

Uvođenjem smene:

$$v = t \sqrt{2 \cdot N} + (A + I \cdot \cos \Theta) \\ dv = \sqrt{2 \cdot N} \cdot dt \quad (11)$$

dobija se:

$$p(e/1) = 1 - \int_m^{\infty} (1/\sqrt{\pi}) \exp(-t^2) dt, \\ m = \frac{b - (A + I \cdot \cos \Theta)}{\sqrt{2N}} \quad (12)$$

gde je b — prag odlučivanja.

Imajući u vidu definiciju funkcije greške kao i njenog komplementa (Error Function, Complement Error Function), tj.

$$\operatorname{erf}(x) = (2/\sqrt{\pi}) \int_0^x \exp(-t^2) dt \\ \operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x) = \\ = (2/\sqrt{\pi}) \int_x^{\infty} \exp(-t^2) dt$$

relacija (12) može se napisati kao:

$$p(e/1) = 1 - \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{b - (A + I \cdot \cos \Theta)}{\sqrt{2 \cdot N}} \right) \quad (13)$$

Radi lakše analize uzima se da je prag odlučivanja, $b=0$, pa je:

$$p(e/1) = 1 - \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{(A + I \cdot \cos \Theta)}{\sqrt{2 \cdot N}} \right) = \\ = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{A + I \cdot \cos \Theta}{\sqrt{2 \cdot N}} \right) \quad (14)$$

Relacija (14) može se napisati u sledećem obliku:

$$p(e/1) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{(A + I \cdot \cos \Theta)^2}{2 \cdot N}} \right) = \\ = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{A^2}{2 \cdot N} \left(1 + \frac{I}{A} \cos \Theta \right)^2} \right) \quad (15)$$

odnosno

$$p(e/1) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}[(1 + \sqrt{s} \cos \Theta) \sqrt{y}] = \\ = p(e/1, \Theta) \quad (16)$$

pri čemu je:

$$y = \frac{A^2}{2 \cdot N} \text{ — odnos signal-šum,} \\ s = \frac{I^2}{A^2} \text{ — odnos snage signala smet-} \\ \text{nje i snage korisnog signa-} \\ \text{la.}$$

Vidi se da dobijena verovatnoća zavisi od parametra Θ . Pod pretpostavkom da su sve vrednosti faze Θ u rasponu od 0 do 2π u trenutku odmeravanja signala $v(t)$ jednako verovatne, srednja verovatnoća pogrešne detekcije binarne jedinice računa se na osnovu izraza [3]:

$$p(e/1) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} p(e/1, \Theta) d\Theta \quad (17)$$

Identičnim postupkom dokazuje se da je istom relacijom definisana i verovatnoća pogrešne detekcije binarne nule $p(e/0)$:

$$p(e/0) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} p(e/0, \Theta) d\Theta \quad (18)$$

Prema tome, pod pretpostavkom da se binarni simboli, nula i jedinica, u sistemu pojavljuju jednako verovatno, srednja verovatnoća pogrešne detekcije binarnog simbola pri demodulaciji CPSK signala u prisustvu prostoperiodičnog signala smetnje $P(e)$ je:

$$P(e) = p(0)p(e/0) + p(1)p(e/1) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} p(e/1, \theta) d\theta \quad (19)$$

Integral iz ove jednačine nije moguće eksplicitno izračunati, pa se za njegovo izračunavanje koriste numeričke metode. Korišćenjem datog potprograma, integral u relaciji (18) moguće je zameniti sumom oblika:

$$p(e) \cong \frac{1}{2\pi} \sum_{i=1}^N p(e/1, \theta_i) \Delta\theta_i \quad (20)$$

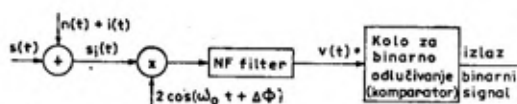
Ako se usvoji dovoljno mali konstantni korak $\Delta\theta_i = \Delta\theta = \frac{2 \cdot \pi}{N}$, relacija (20) poprima oblik:

$$p(e) \cong \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p(e/1, i\Delta\theta) \quad (21)$$

2. slučaj:

Sinfaznost signala predajnika i lokalno generisanog referentnog signala na prijemnoj strani je narušena, pa postoji fazni pomak $\Delta\Phi$ između njih.

Blok-šema demodulatora za ovaj slučaj data je na slici 2.



Sli. 2 — Blok šema demodulatora CPSK signala kada signal predajnika nije u fazi sa lokalno generisanim referentnim signalom

Pod pretpostavkom da se u sistemu prenosi binarna jedinica, ulazni signal je oblika:

$$S_i(t) = [(2 \cdot \mu - 1) \cdot A + I \cdot \cos\theta + x] \cos\omega_0 \cdot t - (I \cdot \sin\theta + y) \sin\omega_0 \cdot t$$

a lokalno generisani signal:

$$z(t) = 2 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \Delta\Phi) \quad (22)$$

Nakon množenja ova dva signala i NF filtriranja dobija se:

$$v(t) = (2 \cdot \mu - 1) \cdot A \cdot \cos(\Delta\Phi) + I \cdot \cos(\theta - \Delta\Phi) + x \cdot \cos(\Delta\Phi) + y \cdot \sin(\Delta\Phi) = A \cdot \cos(\Delta\Phi) + I \cdot \cos(\theta - \Delta\Phi) + \zeta, \quad (23)$$

$$\zeta = x \cdot \cos(\Delta\Phi) + y \cdot \sin(\Delta\Phi)$$

Promenljiva ζ predstavlja ekvivalentni Gausov šum, čiji su parametri određeni sledećom relacijom:

$$\bar{\zeta} = \bar{x} \cdot \cos(\Delta\Phi) + \bar{y} \cdot \sin(\Delta\Phi) = 0$$

$$\sigma_\zeta^2 = \bar{x}^2 \cdot \cos^2(\Delta\Phi) + \bar{y}^2 \cdot \sin^2(\Delta\Phi) = N \quad (24)$$

Relacija (23) je posledica činjenice da promenljive x i y imaju Gausovu raspodelu sa nultom srednjom vrednošću ($\bar{\zeta} = 0$) i varijansom $\sigma_x^2 = \sigma_y^2 = N$.

Sličnim postupkom primenjenim kao u relacijama od (6) do (15), za verovatnoću pogrešne detekcije binarne jedinice dobija se:

$$p(e/1) = \left(\frac{1}{2} \right) \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{A^2}{2 \cdot N} \cos^2(\Delta\Phi)} \cdot \sqrt{\left[1 + \frac{I}{A} (\cos\theta + \sin\theta \operatorname{tg}(\Delta\Phi)) \right]^2} \right) \quad (25)$$

odnosno:

$$p(e/1) = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc}[(\cos(\Delta\Phi) + \sqrt{s} \cos(\theta - \Delta\Phi)) \sqrt{y}] = p(e/1, \theta) \quad (26)$$

Prema tome, izraz za srednju verovatnoću pogrešne detekcije binarnog simbola u ovom slučaju postaje:

$$P(e) = \left(\frac{1}{2\pi} \right) \int_0^{2\pi} p(e/1, \nu) d\theta \quad (27)$$

Analogno prvom slučaju, kada nije postojao fazni pomak, i ovde se za rešavanje integrala u relaciji (27) koriste iste numeričke metode, pa je:

$$P(e) \cong \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p(e/1, i\Delta\theta), \quad (28)$$

$$\Delta\theta = \frac{2\pi}{N}$$

Potprogram za izračunavanje
funkcije $ERF(X)$

FUNCTION ERF(X)

$T = 1/(1 + 0.3275911 * X)$

$ERF = 1 - (0.254829592 * T - 0.28449673 * T^2 +$
 $* 1.421413741 * T^3 - 1.453152027 * T^4 +$
 $* 1.061405429 * T^5) * EXP(-X^2)$

RETURN

END

Zaključak

Analiziran je uticaj prostoperiodičnog signala smetnje na prijem korisnog signala u sistemu sa proširenim spektrom, pri čemu je primenjena demodulacija CPSK signala.

Razmatrana su dva slučaja, i to:

1. U prijemniku je moguće lokalno generisati sinfazni referentni signal koji je tačno u fazi sa signalom predajnika.

2. Sinfaznost je narušena i zbog toga postoji fazni pomak između signala predajnika i lokalno generisanog referentnog signala na prijemnoj strani.

U oba slučaja dobijene su relacije za srednju verovatnoću greške (21) i (28), koje su izražene preko funkcije greške, a za čije brzo izračunavanje je priložen potprogram.

Uočava se, i u jednom i u drugom slučaju, da se sa povećanjem nivoa signala smetnje znatno povećava srednja verovatnoća pogrešne detekcije binarnog simbola.

Poređenjem relacija (15) i (25), vidi se da postojanje fazne greške $\Delta\Phi$ u sinfaznosti predajnog i lokalno generisanog referentnog signala na prijemnoj strani, dovodi do istovremenog smanjenja odnosa signal-šum i povećanja odnosa snage signala smetnje i snage korisnog signala, čime se verovatnoća pogrešne detekcije binarnog simbola u prisustvu fazne greške znatno povećava u odnosu na slučaj kada fazna greška ne postoji.

Literatura:

- [1] GLIŠIĆ, G. S.: Error performance of CPSK System in the presence of interference, *Electronic Letters*, Vol. 15, N.3, pp. 97-99, 1979.
- [2] GLIŠIĆ, G. S.: The Error Performance of CPSK and DPSK Communication Systems in the Presence of Interference, *Research Report*, Cranfield Institute of Technology, September 1977.

- [3] DIXON R. C.: *Spread Spectrum Systems*, JOHN WILEY, New York 1976.
- [4] CAMERON G. A.: *Spread Spectrum Technology Effecting Military Communication*, *Naval Research Review*, Vol. 30, No. 9, pp. 19-36, 1977.
- [5] GLIŠIĆ, G. S.: *Prenos signala sa ekspanzivnim spektrom*, Beograd 1981.

Mr Ljubislav Vasin,
major, dipl. inž.

SAVREMENE TEHNOLOGIJE TRANSPORTA

Uvod

Svakodnevno se u sredstvima informisanja i literaturi susreću pojmovi kao što su transport, transportni proces, transportne tehnologije, integralni transport, transportni lanac, paleta, kontejner i slično koji se često neadekvatno koriste.

U članku se, u najkraćim crtama, daje prikaz i karakteristike osnovnih tehnologija transporta, koje se danas koriste pri prevozu različitih tereta u kopnenom (drumskom i železničkom), pomorskom, rečnom i vazдушnom saobraćaju. O svakoj tehnologiji transporta dato je kratko objašnjenje sa značenjem osnovnih pojmova, a istaknute su i najbitnije prednosti, nedostaci i poteškoće u njihovoj primeni.

Osnovni pojmovi u oblasti transporta

Intenzivan razvoj privrede i društva uslovio je razvoj savremene transportne teorije i primenu novih oblika tehnologije i organizacije transportnog procesa s obzirom na to da transportu pripada važna uloga u procesu proizvodnje, jer se kao obavezan element u realizaciji proizvodnje pojavljuje prevoz sirovina, materijala, polufabrikata i gotovih proizvoda, brzi razvoj proizvodne tehnike i automatizacije uslovio je i dinamičan razvoj tehnologija za

manipulisanje, transport i skladištenje proizvoda, odnosno celog sistema distribucije robe.

Danas se primenjuju različite savremene tehnologije transporta u čijoj realizaciji učestvuju transportna sredstva više vidova i grana transporta primenom iste tovarne jedinice, sa ciljem da se celokupni sistem distribucije robe učini što racionalnijim.

Međutim, pre pregleda najčešće korišćenih novih tehnologija transporta, potrebno je dati objašnjenje nekih osnovnih pojmova koji se susreću u svakodnevnom životu i stručnoj literaturi iz ove oblasti, kao što su: tehnologija, integralni transport, tovarna jedinica, transportni lanac, transportno-manipulativne jedinice tereta i transportni proces.

Tehnologija je nauka o veštinama i zanatima; naučno prikazivanje ljudske delatnosti kojoj je svrha prerada prirodnih proizvoda (sirovina) za ljudsku upotrebu.¹⁾

Može se definisati kao opštetihička disciplina, zasnovana na ekonomskim principima, koja izučava aspekte praktične primene nauke, tehnike i organizacije u rešavanju proizvodnih i drugih problema. U osnovi, tehnologija se bavi problemima kompleksne realizacije određenih dostignuća nauke i tehnike [6].

¹⁾ Vujaklija, M.: Leksikon stranih reči i izraza, Prosveta, Beograd, 1980.

U širem smislu, tehnologija podrazumeva primenu nauke, znanja i veština, uz pomoć sredstava za proizvodnju i odgovarajućih načina za obradu predmeta, odnosno izvršenje transportnih usluga.

Termin *nova tehnologija* odnosi se na mehanizovani i automatizovani proces izvršenja transportnih usluga, realizovan savremenim metodama organizacije transportnog procesa [1].

Može se zaključiti da je *transportna tehnologija* nauka koja izučava zakonitosti transportnih procesa.

Pod pojmom *integralni transport* u našoj praksi podrazumeva se prevoz kompletnih tovarnih jedinica transportnim sredstvima različitih vidova saobraćaja (najmanje dva vida saobraćaja) od pošiljaoca do primaoca robe [1].

U stručnoj literaturi pojam *integralni transport* ima sinonime *kombinovani transport* (uglavnom se koristi u Evropi), *multimodalni transport* (koristi se pretežno u zemljama anglosaksonskog jezičkog područja), a nešto ređe susreću se pojmovi *mešoviti transport* i *intermodalni transport*.

Termin *tovarna jedinica* podrazumeva objedinjavanje robe koja se prenosi pomoću prenosnog, odnosno transportnog sredstva kod kojeg se od većeg broja manje komadne robe, zajedno sa transportnim sredstvom, obrazuje jedinstvena tovarna jedinica [1].

Tovarne jedinice integralnog transporta su:

- palete,
- kontejneri,
- kompletna vozila (drumska, željeznička ili barže rečnog transporta) ili samo pojedini delovi vozila (sedlaste prikolice),
- izmenljivi transportni sudovi.

Transportni lanac je niz uzastopnih tehničkih, tehnoloških, organizacionih i drugih povezanih i sinhronizovanih postupaka, u okviru kojih se vrši premeštanje materijalnih dobara od iz-

vora do cilja, primenom odgovarajućih tovarnih jedinica ili je sinhronizovana, vremenski usklađena realizacija operacija transporta, pretovara i skladištenja kojima se obezbeđuje protok robe [1].

Transportno-manipulativne jedinice tereta mogu biti [7]:

— jedinica rukovanja ili jedinica pakovanja, koja predstavlja određenu količinu tereta, ambalažiranih ili neambalažiranih, kojom se može ručno manipulirati (vreće, kutije, sanduci i dr.),

— jedinica tereta ili teretni paket, složen od više komada jedinica rukovanja u jednu relativno čvrstu celinu, pogodnu za mehanizovano manipulisanje i transport (paleta, kontejner),

— jedinica otpreme koja predstavlja određenu količinu tereta složenu od više jedinica tereta u transportna sredstva,

— jedinica skladištenja koja predstavlja stolove tereta složene u skladištu od većeg broja jedinica tereta.

Transportni proces, u najširem smislu, jeste premeštanje, odnosno prevoženje putnika i tereta na određeno rastojanje, uključujući i sve pripremne i završne operacije, kao što su prijem, priprema, utovar, prevoz, pretovar, istovar, predaja, skladištenje tereta i dr. Prema tome, transportni proces predstavlja zaokruženi niz operacija neophodnih za premeštanje predmeta transporta u prostoru.

Osnovne karakteristike tehnologija klasičnog transporta i savremenih tehnologija transporta

Osnovne karakteristike tehnologija klasičnog transporta su:

— transportni proces se obavlja u više faza, pri kojima se menja tovarna i transportno-manipulativna jedinica, tako da ne postoji kontinuirani, integrisani transport tereta,

— sve operacije u transportnom procesu vrše se odvojeno i zasebno, što ima za posledicu veći utrošak vremena, radne snage i materijala, a to znači i povećanje troškova transporta,

— neusklađenost pojedinih faza i postupaka u procesu transporta, što za posledicu ima male brzine prevoza robe,

— nepostojanje jedinstvenog transportnog suda, odnosno standardizovane tovarne jedinice,

— manja zastupljenost tehničkih sredstava za manipulisanje teretima, a veliko učešće živog rada, što rezultira manjim radnim učinkom,

— slabije zaštićen predmet transporta od spoljašnjih uticaja i oštećenja,

— korišćenje različitih tehničkih sredstava za utovar, odnosno istovar, prilagođenih pojedinim vrstama tereta i različitim vrstama vozila,

— povećani troškovi pakovanja neophodnih za zaštitu robe pri transportu i drugo.

Najznačajnije prednosti primene savremenih tehnologija transporta su:

— znatno smanjenje troškova transporta koje se ostvaruje sastavljanjem robe u jedinstvene tovarne jedinice,

— veće iskorišćenje kapaciteta transportnih sredstava i osoblja zaposlenog u transportu,

— racionalizacija transporta ostvaruje se podelom rada i uprošćavanjem postupaka i operacija tokom transportno-pretovarno-skladišnog procesa,

— prevozom robe u standardizovanim tovarnim jedinicama ostvaruju se uštede u troškovima za pakovanje, jer se eliminišu transportna pakovanja i njihov povratni prevoz,

— obrazovanjem tovarnih jedinica smanjuju se oštećenja robe u procesu prevoza, gubitak i krađa robe,

— veliki broj tovarnih jedinica je, uglavnom, nezavisan u odnosu na izbor transportnog sredstva,

— ubrzava se isporuka robe, odnosno skraćuje vreme dostave robe,

— skraćuje se vreme trajanja utovarno-istovarnih radova, a samim tim i vreme zadržavanja transportnih sredstava, što neposredno utiče na produktivnost njihovog rada,

— na čitavom putu transporta koriste se standardizovane tehnologije utovarno-istovarnih radova, što omogućuje široku primenu standardizovanih sredstava za manipulisanje teretima.

Najznačajnije tehnologije integralnog transporta

Najznačajnije tehnologije integralnih sistema transporta, koje se realizuju u kopnenom (drumskom i železničkom), pomorskom i rečnom transportu su:

— tehnologija prevoza paleta,

— tehnologija prevoza kontejnera,

— tehnologija prevoza tovarnih jedinica Hucke-pack saobraćaja,

— tehnologija izmenljivih transportnih sudova,

— tehnologije transporta tovarnih jedinica Ro-Ro saobraćaja,

— tehnologije transporta barži rečnog saobraćaja.

Tehnologija prevoza paleta

Jedno od prvih sredstava koje je primenjeno u integralnom transportu jeste paleta. Ona je omogućila primenu jedinstvene transportno-manipulativne i tovarne jedinice, čime su stvoreni uslovi za formiranje sistema paletizacije.

Ekspanzija primene paleta u SAD počela je pedesetih godina, a u Evropi početkom šezdesetih. Paletni sistem na našim prostorima najpre je bio primenjen na železnici krajem pedesetih godina, a 1964. osnovana je Jugoslovenska zajednica za paletizaciju, tako da

od tog perioda počinje intenzivnija primena paleta u transportu. To je i vreme početka istraživanja za uvođenje paletizacije u vojnom transportu.

Pod sistemom paletizacije podrazumeva se skup tehničkih sredstava, uređaja ili pomagala potrebnih za manipulisanje, prevoz, skladištenje i izlaganje proizvoda u trgovinama [1].

Treba naglasiti da pojmovi *paleta* i *paletizacija* nisu isti. Paleta je transportno sredstvo (uređaj, naprava, postolje, podloga), a paletizacija predstavlja proces primene paleta u prevozu robe. Tehničku bazu sistema paletizacije čine viljuškari i palete.

Pod pojmom paleta, prema jugoslovenskom standardu JUS M. 22. 300, podrazumeva se *tovarna podloga koja se, uglavnom, sastoji od dva poda razdvojena međupodnicima ili jednog poda oslonjenog na nožice, visine svedene na minimum, tako da se njome lako rukuje viljuškama viljuškara ili paletnim kolicima*, a slično je definiše i Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO).

Od pojave paleta do danas javljale su se razne vrste paleta. Prema obliku, dimenzijama, nameni, vrsti materijala od kojeg su izrađene i konstrukcionim osobinama, palete se dele na dve osnovne podgrupe:

— palete bez nadgradnje (ravne palete),

— palete sa nadgradnjom (stubne ili boks-palete).

Primena paleta omogućava obradovanje standardizovanih tovarnih, transportno-manipulativnih i skladišnih jedinica i time primenu visokoproduktivne mehanizacije (viljuškara) za njihovo manipulisanje.

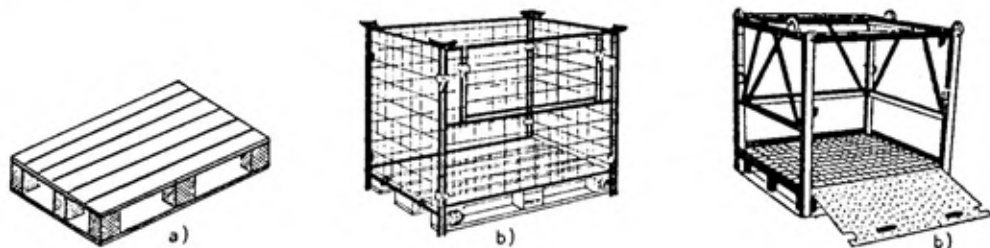
Paletizacija u transportu omogućava racionalizaciju i obezbeđuje neophodne preduslove za smanjenje troškova transporta i velike uštede u celokupnoj distribuciji robe. U Vojsci Jugoslavije ovo je najrazvijenija tehnologija integralnog transporta.

Tehnologija prevoza kontejnera

O vremenu nastanka kontejnera, kao sredstva namenjenog transportu, mogu se naći različiti podaci. Smatra se da su kontejneri nastali 1830. u Engleskoj. U SAD su počeli da se reklamiraju 1911. godine, a sa redovnim prevozom robe u kontejnerima otpočeto je 1917. godine [3]. Kontejneri se intenzivno primenjuju od 1970. godine, i to standardni i tzv. *veliki kontejneri*. Veliku primenu imaju u armijama razvijenih zemalja, ali ne i u našoj vojsci.

U stručnoj literaturi mogu se naći različite definicije kontejnera. Ekonomska komisija OUN za Evropu definisala je kontejner na sledeći način: »Kontejneri su transportna sredstva (sudovi, nepokretne cisterne ili druga slična sredstva) koja su [2]:

— trajnog karaktera, zbog čega se mogu ponovo koristiti,



Sl. 1 — Palete
a) ravna, b) sa nadgradnjom

— specijalno konstruisana da se roba prevozi bez pretovara saobraćajnim sredstvima jednog ili više vidova saobraćaja,

— opremljena uređajima koji olakšavaju njihovu manipulaciju, naročito kod pretovara sa jednog transportnog sredstva na drugo,

— konstruisana tako da je olakšan njihov utovar i istovar,

— imaju unutrašnju zapreminu od najmanje 1 m³«.

Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) načelno je prihvatila ovu definiciju, sa izvesnim dopunama, tako da ta dopunjena formulacija glasi: »Kontejner je pravougaonog oblika, nepromočiv, koji se primenjuje za transport i skladištenje izvesnog broja tovarnih jedinica denčanih pošiljki ili robe u rasutom stanju, štiti njegovu sadržinu od kvarenja i gubitaka, može se odvojiti od transportnog sredstva, kojim se može manipulirati kao jednom jedinicom tovarjenja i može se pretovariti bez istovremenog istovara robe« [2].

Kao jedna od najprihvatljivijih definicija kontejnera može se prihvatiti sledeća: »Kontejner je pomoćna transportno-manipulativna oprema, najčešće u vidu zatvorene posude, koja služi za formiranje krupnih i najkrupnijih transportno-manipulativnih jedinica tereta u cilju racionalizacije manipulativnih, transportnih i skladišnih operacija« [7].

Prema tome, kontejner se razlikuje od vagona, automobila-cisterni ili sanduka-karoserije po tome što oni zajedno sa svojim vozilom čine jedinstveno transportno sredstvo, dok kontejner, bez obzira na to što može da dobije oblik sanduka drumskog vozila, željezničke cisterne ili plovnog sredstva, predstavlja samostalnu transportnu opremu i ne predstavlja transportno sredstvo jedne određene grane saobraćaja. On se uključuje u transport pojedinih grana saobraćaja, ali, u suštini, ostaje

samostalna pomoćna transportno-manipulativna oprema, čija je osnovna funkcija da omogući formiranje krupnih jedinica tereta od različitih komadnih, rasutih ili tečnih tereta [7].

U zavisnosti od karakteristika kontejneri se mogu podeliti prema:

- nameni,
- vrsti robe koja se u njima prevozi,
- nosivosti,
- vrsti materijala od kojeg su izrađeni,
- vrsti konstrukcije,
- mestu korišćenja,
- načinu prevoza,
- vrsti uređaja kojima su opremljeni za obezbeđenje uslova prevoza određenih vrsta tereta,
- podobnostima i mogućnostima za pretovar, i dr.

Primena kontejnera u prevozu tereta unutar svih grana transporta, u zemljama sa razvijenom industrijskom robnom proizvodnjom svakodnevno se povećava. Međutim, na našim prostorima kontejnerski transport se sporo uvodi i razvija, pre svega zbog toga što je njegova primena vezana za velika materijalna ulaganja u sredstva i opremu i prilagođavanje postojećeg transportnog sistema uslovima i zahtevima koje nameće kontejnerizacija.

Tehnologije prevoza tovarnih jedinica Huckle-pack saobraćaja

Tehnologija prevoza drumskih transportnih sredstava na željezničkim teretnim vagonima poznata je pod nazivom *Huckle-pack sistem transporta*.

Ova tehnologija se najpre razvila u SAD, gde se početkom šezdesetih godina uvodi prevoz kamiona na željezničkim vagonima, pod nazivom *Piggy-back*. Nekoliko godina kasnije ovaj način transporta se počeo primenjivati

i u Evropi, pod nazivom *Kengaurou* (kengur) u Francuskoj, *Hucke-pack* u SR Nemačkoj i *Piggy-back* u Engleskoj.

Međutim, ova tehnologija je doživela punu afirmaciju u SR Nemačkoj, nakon uvođenja u eksploataciju 1969. godine. Danas se koristi prvenstveno u zemljama EEZ, a sredinom osamdesetih godina u ovaj sistem se uključila i Jugoslavija na relaciji Minhen—Ljubljana—Minhen.

U svetu postoje tri različite drumsko-železničke tehnologije u integralnom transportu, koje se međusobno razlikuju [2]:

- *Piggy-back*, koristi se u SAD i Kanadi za prevoz svih vrsta drumskih transportnih sredstava na železničkim teretnim vagonima,

- *Kengaurou*, koristi se u Francuskoj samo za prevoz drumskih prikolica,

- *Hucke-pack*, koristi se u srednjoj Evropi.

Hucke-pack sistem transporta, uglavnom, sačinjavaju sledeće tehnologije:

- tehnologija izmenljivih transportnih sudova na železničkim teretnim kolima,

- tehnologija transporta sedlastih prikolica,

- tehnologija transporta kompletnih vozila drumskog saobraćaja na železničkim teretnim vagonima.

Izmenljivi transportni sudovi predstavljaju tovarni prostor vozila drumskog saobraćaja-sanduk, koji se može skidati sa šasijske drumskog vozila [2]. Najčešće predstavljaju standardizovane tovarne jedinice integralnog transporta.

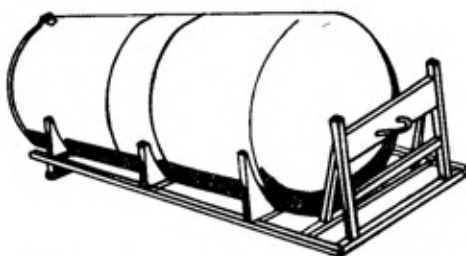
U stručnoj literaturi prevoz izmenljivih transportnih sudova pojedini autori smatraju sistemom transporta tovarnih jedinica hucke-pack saobraćaja, dok ga drugi ubrajaju u sistem trans-

porta kontejnera. Izmenljivi transportni sudovi u Evropi imaju najveću primenu na području Francuske i Nemačke.

Izmenljivi transportni sudovi prevoze se na železničkim teretnim vagonima bez vučnih sredstava i voznog postolja šasijske, što znači da se vučna sredstva mogu intenzivnije koristiti za obavljanje drugih transportnih zadataka. Međutim, za primenu ove transportne tehnologije potrebna je skupa oprema za kamione, njihove prikolice i pretovarna postrojenja. Neka karakteristična rešenja prikazana su na sl. 2 i 3.



Sl. 2 — Utovarna platforma za prevoz komadnih tereta



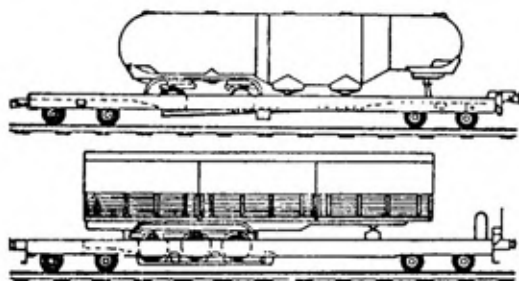
Sl. 3 — Tovarni sanduk za prevoz tečnih tereta

Sedlaste drumske prikolice mogu biti opremljene raznim vrstama karoserija (sanducima, cisternama, hladnjačama) različitih nosivosti.

Kod prevoza sedlastih prikolica vučna sredstva se ne prevoze, što omogućava povećanje transportnih kapaciteta.

Za ovu tehnologiju transporta koriste se specijalna železnička kola sa spuštanim podom (džepom), koja zah-

tečaju dodatnu opremu. Sedlaste prikolice mogu se pretovarati vertikalnim i horizontalnim sistemom pretovara.



Sl. 4 — Sedlaste prikolice na transportnom sredstvu

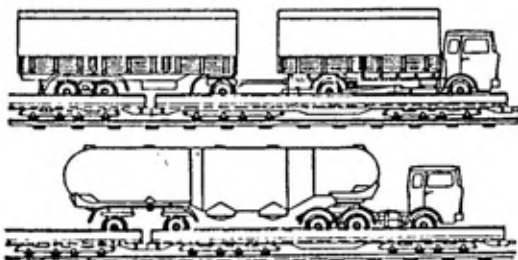
Za prevoz kompletnih vozila drumskog saobraćaja upotrebljavaju se specijalna železnička teretna kola sa spuštanim podom, koja imaju vrlo male točkove.

Jedna od najvažnijih prednosti ove tehnologije jeste u tome što drumska transportna preduzeća mogu učestvovati u ovom sistemu bez dodatnih ulaganja i zamene postojećeg voznog parka. Za pretovarne operacije auto-vozova i sedlastih prikolica nisu potrebna nikakva posebna pretovarna postrojenja i oprema. Ovu tehnologiju transporta karakteriše i velika brzina utovara i istovara železničke kompozicije.

Jedan od najizraženijih nedostataka primene ove tehnologije jeste nepovoljniji odnos korisne težine i ukupne težine po transportnoj jedinici, nego kod čistog drumskog ili železničkog transporta, jer se zajedno sa teretom prevozi relativno velika »mrtva« težina.

Prednosti primene Huckle-pack sistema su:

- masovan prevoz robe,
- sniženje troškova transporta a time i sniženje cene transporta,
- rasterećenje glavnih putnih saobraćajnica od teških vozila drumskog teretnog saobraćaja,



Sl. 5 — Prevoz kompletnih drumskih vozila na železničkim vagonima

— poboljšanje uslova zaštite životne sredine,

— znatno smanjenje transportnih šteta na teretu,

— sniženje troškova za vozno osoblje,

— kratko trajanje vremena utovarno-istovarnih radova, čime su izbegnuta duga vremena zadržavanja drumskih transportnih sredstava i železničkih teretnih kola u pretovarnim i distributivnim centrima,

— povećanje korišćenja transportnih kapaciteta u drumskom teretnom saobraćaju,

— produžen vek trajanja drumskih sredstava i druge.

Značajniji nedostaci primene Huckle-pack tehnologije jesu:

— da bi prevoz bio ekonomičan neophodno je obezbediti određene količine tereta za približno ravnomeran prevoz transportnim sredstvima Huckle-pack saobraćaja u oba smera,

— Huckle-pack sistem transporta zahteva upotrebu specijalnih železničkih teretnih kola, koja su znatno skuplja od teretnih kola normalne konstrukcije,

— na krajnjim relacijama železničkog prevoza neophodno je obezbediti sredstva za obavljanje transportno-pretovarno-skladišnih radova, što iziskuje velika investiciona ulaganja,

— velika investiciona ulaganja za prilagođavanje i zamenu postojećeg

voznog parka potrebama Huckle-pack sistema,

— produženje rastojanja prevoza u odnosu na direktan prevoz transportnim sredstvima drumskog saobraćaja, jer se pretovarna mesta, uglavnom, ne nalaze na direktnim relacijama prevoza, što uslovljava dopunske vožnje do i od izvorišta, odnosno odredišta.

Tehnički problemi koji usporavaju razvoj Huckle-pack tehnologija su:

— različiti gabariti (tvarne dimenzije) željeznice u pojedinim zemljama,

— različite konstrukcije drumskih vozila,

— neujednačenost Huckle-pack transportnih jedinica u pojedinim zemljama, što otežava transport u međunarodnom saobraćaju i drugi.

Tehnologije transporta tovarnih jedinica Ro-Ro saobraćaja

U okviru integralnog kopneno-pomorskog transporta danas se intenzivno koristi tehnologija Ro-Ro sistema.

Ro-Ro je skraćenica engleskog naziva Roll-on / Roll-off, a pored njega, na pojedinim jezičkim područjima upotrebljavaju se i drugi, kao što su: *ferry*, *ferry bot*, *ferry bridge*, *vehicle carier*, *nave tragetto*, *rolker* i dr.

Ovaj sistem u doslovnom smislu znači *dokotrljati-otkotrljati*, a odnosi se na kamionske prikolice koje na točkovima ulaze i izlaze s broda, pomoću specijalno napravljenih rampi na pramcu ili krmi.

Ro-Ro plovila spadaju u kategoriju trajektnih brodova, a prevoze, uglavnom, standardizovane jedinice tereta, koje se horizontalno utovaraju. Razlikuju se dve vrste Ro-Ro brodova. Jedna je specijalizovana za prevoz željezničkih teretnih vagona, a druga (mnogobrojnija) za prevoz motornih vozila, odnosno kompletnih vozila ili prikolica.

Brodovi za prevoz željezničkih vagona imaju na palubi željezničke kolo-seke, tako da mogu primiti celu željezničku kompoziciju i prevesti je s jednog mesta na drugo.

Transport željezničkih teretnih vagona transportnim sredstvima pomorskog saobraćaja naziva se i *Ra-Ra sistem* (Rail-on / Rail-off).

Osnovna karakteristika Ro-Ro brodova je oprema broda na krmi ili na pramcu, koja povezuje palubu sa obalom i omogućava različitim vozilima prelazak na brod.

Utovar, odnosno istovar, obavlja se preko posebnih otvora na krmi ili pramcu broda i preko većeg broja pretovarnih mostova, koji su povezani sa unutrašnjim pokretnim rampama ili unutrašnjim liftovima.

S obzirom na određene specifičnosti, moguće je izdvojiti tri posebne varijante tehnologije Ro-Ro sistema:

— transport teških vozila drumskog saobraćaja (kamiona i prikolica), koja po pravilu prate vozači,

— prevoz prikolica ili poluprikolica drumskog saobraćaja bez vučnih vozila,

— transport različitog kontejnerizovanog ili nekontejnerizovanog tereta uslovio je izgradnju specijalnih brodova za transport kontejnera, koji su opremljeni sredstvima za horizontalan i vertikalni prevoz [2].

Kada je reč o prekomorskom prevozu kontejnera obično se misli na specijalne (celularne) kontejnerske brodove i sistem *lift-on / lift-off* (*Lo-Lo sistem*). Lo-Lo brodovi imaju umesto klasičnih skladišta ćelije u koje se slažu kontejneri. One su usmerene u pravcu pramac-krma, pa se i kontejneri tako postavljaju. Dimenzije ćelija su fiksne i dopuštaju smeštaj kontejnera određenih (standardizovanih) dimenzija.

Utovar kontejnera na brodove vrši se pomoću dizalica na obali sistemom lift-on / lift-off.

Najznačajnije tehnološke i ekonomske prednosti Ro-Ro sistema su sledeće [2]:

- omogućava realizaciju transportnog lanca *od vrata do vrata*, odnosno prevoz tereta od pošiljaoca do primaoca na velikim udaljenostima morskim putem,

- moguć je transport tereta različitih veličina i oblika (kontejneri, palete, kamioni, poluprikolice, vagoni i dr.),

- nisu potrebne velike lučke investicije za izgradnju posebnih terminala,

- skraćanje vremena utovarno-istovarnih radova u lukama, što znači povećanje broja obrta brodova,

- za manipulisanje je dovoljno postojanje drumske saobraćajnice i prostora za prikupljanje vozila i prikolica,

- troškovi utovara, slaganja i razmeštaja tereta znatno su manji,

- smanjena je opasnost od oštećenja na teretu, i dr.

Osnovni nedostatak Ro-Ro brodova je slabije iskorišćenje tovarnog prostora zbog neiskorišćenosti prostora između, ispod i iznad prikolica i prostora zauzetog rampama za pristup vozila na palube. Međutim, ovaj nedostatak se kompenzuje smanjenjem vremena zadržavanja u luci i povećanim brojem obrta brodova.

Tehnologija transporta barži u integralnom pomorskom — rečnom transportu

Tehnologija transporta barži u pomorskom-rečnom transportu primenjuje se od 1969. godine. Od tog vremena ova tehnologija se neprekidno razvija i usavršava, jer je zbog izrazitih prednosti ovog sistema transporta potražnja za brodovima-nosačima barži sve veća.

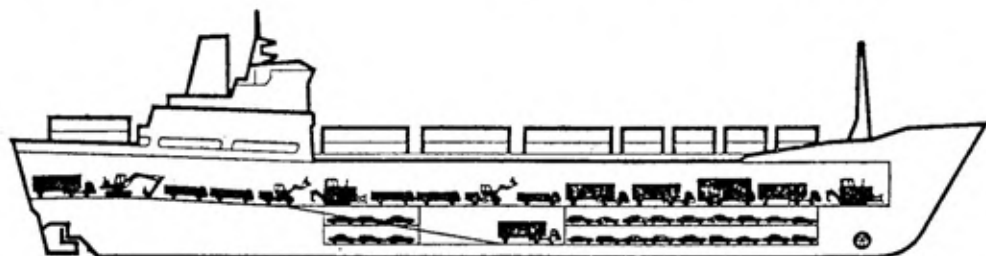
Pokretačku snagu razvoja ove tehnologije čini spajanje prekomorskog transporta sa transportom unutrašnje plovidbe u jedinstven integralni transport međukontinentalnih razmera.

Transport utovarenih i zatvorenih barži posebnim, matičnim brodom znatno skraćuje utovar i istovar tereta, a ujedno omogućava da se ti radovi obave na sidrištu.

Tehničku bazu tehnologije transporta barži čine:

- barže kao tovarne jedinice,
- matični brod (nosač barži),
- pretovarna postrojenja i oprema.

Barža (maona) je deo skladišnog broskog prostora, koji se može odvojiti od broda i predstavljati samostalno rečno plovilo. Izrađuje se od čelika, a u novije vreme i od plastičnih materijala ojačanih staklenim vlaknima. Barže mogu biti različitih dimenzija, a u njih se mogu tovariti različiti tereti (komadna roba, palete, kontejneri, rasuti teret, tečni teret i dr.).



Sl. 6 Ro-Ro brod

Brodovi namenjeni za prevoz barži mogu biti:

— sa vertikalnim načinom pretovara — *LASH sistem* (Lighter on Board Ship),

— sa horizontalnim načinom pretovara — *SEABEE sistem* (Seabees).

LASH brod može da diže i spušta barže sopstvenom dizalicom. Reč je, naime, o izuzetno snažnim dizalicama, portalnog tipa i radnog kapaciteta oko 500 tona. Utovar se obavlja na krmu. Dizalica podiže baržu i, preko šina koje se nalaze duž palube, prenosi je do mesta uskladištenja na brodu.

Kod *SEABEE* broda način utovara i istovara je po principu *Float-on / Float-off* (uplovi/isplovi). Barže uplovljavaju u krmu deo broda-nosača barži, gde ih pokretna platforma (lift) podiže iz vode do određene palube na kojoj se posebnim prenosnicima dopremaju na mesto uskladištenja.

Kategorije prevoza barži rečnog saobraćaja brodovima duge plovidbe, su:

- sistem *LASH*,
- sistem *SEABEE*,
- sistem *BACAT*,
- sistem *FIDER*.

LASH sistem zasniva se na korišćenju matičnog broda-nosača barži, sa širokom krmom i snažnim nosačima, po kojima se kreće dizalica (nosivosti oko 500 tona), bez međupalublja. Barže imaju kuke za prikopčavanje na dizalicu, a smeštaju se ispod i na palubi matičnog broda.

Postoji i takozvana *BOB* varijanta broda, koja se razlikuje od *LASH* broda po tome što ima dizalicu postavljenu na sredini broda čime se povećava njegova stabilnost u toku utovara i istovara.

SEABEE sistem karakterišu brodovi — nosači barži, najveći na svetu, koji nisu opremljeni posebnim portal-

nim dizalicama, već liftom (nosivosti do 2000 tona) smeštenim na zadnjem delu broda. Brodovi imaju tri horizontalne palube za utovar i prevoz barži, od kojih je svaka opremljena sistemom za vuču barži po šinama. Ova tehnologija se više primenjuje na području SAD, Panamskog kanala, a, u poslednje vreme, i u Evropi.

BACAT sistem (Barges Aboard Catamaran) sličan je *LASH* sistemu, ali je prilagođen specifičnostima rečno-kanalskog plovnog sistema. *BACAT* brodovi su znatno manjih dimenzija i nisu građeni za prekookeanski saobraćaj, već za relativno kratke relacije. Barže su, takođe, manjih dimenzija, pa se mogu koristiti i za transport tereta u unutrašnjosti kontinenta, gde se *LASH* i *SEABEE* barže zbog dimenzija ne mogu koristiti.

FIDER brodovi namenjeni su za ostvarivanje veze između velikih luka i perifernih manjih luka u koje veliki brodovi ne mogu uploviti. Ove brodove karakterišu male dimenzije i podesna konstrukcija za utovar različitih tereta. Mogu biti sa ili bez pogona, kao i sa pretovarnim uređajem ili bez njega. Namenjeni su, prvenstveno, za transport tereta iz glavnih u manje luke, kao i za brzo opsluživanje velikih brodova u velikim lukama.

Korišćenjem *FIDER* brodova rastećuju se glavne, velike luke, a istovremeno se manje luke uključuju u integralni sistem transporta bez velikih investicionih ulaganja.

Najznačajnije prednosti primene tehnologije transporta barži su:

- znatno smanjenje ukupnih troškova transporta,
- kratko vreme trajanja utovarno-istovarnih radova,
- kraće vreme zadržavanja brodova u lukama, što omogućava njihov veći broj obrta,
- ušteda u lučkim troškovima, jer brodovi nosači barži mogu pristajati na sidrištima,

— manji troškovi pretovara tereta u potisnice (teglence), koje zbog malog gaza mogu pristati i u manjim pristaništima, zatvorenim halama i na specijalnim pokretnim dakovima,

— uštede troškova za potiskivanje, tegljenje i privezivanje broda,

— manja opasnost od krađa, oštećenja i drugih rizika od kojih zavisi visina premija za osiguranje tereta,

— brodovi nosači barži uključeni su u pomorski saobraćaj i u unutrašnje plovne puteve,

— barže se mogu iskoristiti i kao mali brodovi, a teret pretovarivati konvencionalnim lučkim postrojenjima i drugima.

Osnovni nedostaci primene tehnologije transporta barži su:

— ograničenje saobraćaja na vodnim putevima, za razliku od transporta u kontejnerima, gde se roba može prevoziti svim transportnim putevima i sredstvima do svakog odredišta,

— velika investiciona ulaganja potrebna za tehničku bazu ovog sistema,

— nepovoljne vremenske prilike otežavaju, a ponekad i onemogućavaju dizanje i spuštanje barži,

— hidrološke prilike na unutrašnjim plovnim putevima često mogu onemogućavati kontinuiran transport tokom cele godine.

Zaključak

Praksa je pokazala potrebu šireg uvođenja novih tehnologija transporta. Velike količine materijalnih sredstava, neophodnih za obezbeđenje svih faza borbenih dejstava, nameću, kao imperativ, potrebu za primenom savremenih tehnologija transporta u materijalnom i saobraćajnom obezbeđenju oružanih snaga.

Prilikom uvođenja integralnog transporta u našim oružanim snagama najviše pažnje je posvećeno tehnologijama paletizacije i kontejnerizacije. O-

stale tehnologije, iako mogu naći svoje mesto i primenu, nisu do sada istraživane.

Paletizacija je našla široku primenu kao manje složena i jeftinija tehnologija, i u masovnoj je primeni u skladištima raznih materijalnih sredstava, a posebno u skladištima municije i minsko-eksplozivnih sredstava.

U pogledu uvođenja i primene kontejnera u armijski transport, potrebno je naglasiti da je kontejnerizacija na samom početku. Dva su osnovna razloga sporog uvođenja kontejnera u armijski transport. Prvo, iziskuje velika materijalna ulaganja za potrebna sredstva i opremu, kao i za prilagođavanje čitavog sistema transporta zahtevima koje nameće kontejnerizacija, a, drugo, intenzitet i stalnost tokova armijskih tereta nisu veliki, tako da se postavlja pitanje ekonomičnosti takvog transporta i opravdanosti velikih investicionih ulaganja u kontejnerizaciju.

Osnovne karakteristike primene savremenih tehnologija transporta pri prevozu tereta u Vojski Jugoslavije u dosadašnjem periodu su:

— relativno visok stepen opremljenosti mehanizacijom i paletama i nepotpuna organizacijsko-formacijska rešenja,

— neodgovarajući procenat složenih, od raspoloživih paletnih jedinica, i stvaranje uslova za mehanizovano manipulisanje paletama,

— neprilagođenost postojeće infrastrukture u Vojski Jugoslavije za mehanizovano manipulisanje teretima,

— nedovoljna izgradnja novih i spora modernizacija starih skladišta, prema zahtevima integralnog transporta,

— korišćenje, u većoj meri, starih tehnologija pri eksploataciji skladišnih kompleksa, što povećava troškove distribucije tereta,

— početna faza primene kontejnerizacije,

— nepovezanost taktičkih nosilaca materijalnih sredstava i saobraćajnih organa po nivoima, sa nedovoljno razgraničenim nadležnostima u pogledu prilagođenosti osnovne i transportne ambalaže zahtevima integralnog transporta, i dr. [5].

Može se zaključiti da je, iako pogodan za rešavanje značajnih zadataka u vojnom transportu, nakon ubrzanog razvoja pojedinih tehnologija integral-

nog transporta, u prvom redu paletizacije, došlo do stagnacije, pa i prekida istraživanja daljeg razvoja. Iskustva iz borbenih dejstava ukazuju na značaj ukрупnjavanja tereta, potrebe za efikasnom manipulacijom i transportom materijalno-tehničkih sredstava i zamene ljudskog rada u transportu, kao i na potrebu nastavka daljeg istraživanja i razvoja savremenih transportnih tehnologija.

Literatura:

- [1] R. Perišić: Savremene tehnologije transporta I, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1985.
- [2] R. Perišić: Savremene tehnologije transporta II, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1991.
- [3] I. Županović: Tehnologija cestovnog prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1986.
- [4] I. Marković: Savremeni transportni sistemi, Centar za informacije i publicitet, Zagreb, 1981.
- [5] Grupa autora: Saobraćajno obezbeđenje oružanih snaga, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1988.
- [6] R. Perišić: Kontejnerizacija transporta, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1977.
- [7] V. Miladinović, Z. Mitić: Savremene metode skladištenja, manipulisanja i transporta (lek-cija), TSC, Zagreb, 1980.
- [8] Lj. Topenčarević: Organizacija i tehnologija drumskog transporta, Građevinska knjiga, Beograd, 1967.



prikazi iz inostranih časopisa

STANJE I PERSPEKTIVE RAZVOJA BORBENIH IZVIĐAČKIH VOZILA*)

Borbena izviđačka vozila su oklopna vozila na gusenicama ili točkovima, naoružana topovskim ili mitraljeskim naoružanjem, opremljena specijalnom opremom za potrebe izviđanja. Ova vozila se, takođe, mogu upotrebiti i za izvođenje borbenih dejstava.

Smatra se da je izviđanje jedna od važnih vrsta borbenog obezbeđenja na operativno-taktičkom nivou u jedinicama KoV NATO. Izviđanjem se bave formacijske ili privremeno formirane jedinice veličine od voda do bataljona, uključujući osmatračnice i osmatračke stanice, pokretne izvidnice i izviđačke odrede na tenkovima, oklopnim izviđačkim vozilima i automobilima kao i pešadijske izvidnice.

SAD

U snagama KoV SAD danas se za izviđanje koriste borbena izviđačka vozila M3 BREDLI (Bradley), oklopni transporteri M113A3 i višenamenska vo-

zila velike prohodnosti M998 HAMER (Hammer) 4x4.

U naoružanje KoV SAD 1981. godine uvedeno je borbeno izviđačko vozilo M3 »bredli« koje je razvijeno na bazi borbenog vozila pešadije M2 BREDLI. Vozilo je prošlo nekoliko etapa modernizacije: godine 1985. pojavila se modifikacija M3A1, a 1988. — M3A2, dok je za 1995. godinu predviđeno dalje usavršavanje i pojava M3A3.

Po svojoj konstrukciji vozilo M3 je identično borbenom vozilu pešadije M2 BREDLI. Izmenjena je samo kompozicija borbenog odeljenja gde su smeštene dva izviđača-osmatrača, borbeni komplet municije za 10 protivoklopnih vođenih projektila TOW, motocikl, radar za kopнено izviđanje AN/PPS-15 i druga oprema. Vozilo nema puškarnice na bočnim stranama i zadnjem delu, kao ni dodatni oklop na podu vozila.

U dvosednoj oklopnoj kupoli smešten je automatski top kalibra 25 mm M242 i spregnuti mitraljez kalibra 7,62 mm M240. Osnovno naoružanje stabilizovano je u dve ravni, tako da je moguće precizno gađanje i iz pokreta. U slučaju otkaza električnog upravljanja naoružanjem predviđeno je ručno koje je u nadležnosti komandira vozila. Komandir može da osmatra pomoću optičkog uređaja za kružno osmatranje

*) Prema podacima iz časopisa ЗАРУБЕЖНОЕ ВОЕННОЕ ОБОЗРЕНИЕ, 12/1994.

sa četverostrukim i dvanaestostrukim uvećanjem za potrebe izviđanja i lansiranja protivoklopnih vođenih projektila), koji je spregnut sa dnevno-noćnom nišanskom spravom nišandžije. Optički uređaj za kružno osmatranje ima IC modul i sa svake strane po jedan periskop za osmatranje u sektoru od 120°.

Kupola se može kružno okretati brzinom od 60°/s pomoću elektrohidrauličnog mehanizma za okretanje. Sa njene spoljašnje strane nalazi se 8 bacača dimnih bombi, a na levoj strani lanser protivoklopnih vođenih projektila TOW sa dva klizača za projekte. Sredinom osamdesetih godina ovaj lanser je modernizovan, kako bi se mogli koristiti vođeni projektili TOW-2.

Vozilo ima osmocilindrični dizelmotor VTA-903T, sa turbokompresorom i hidromehaničku transmisiju HMPT-500 u jedinstvenom bloku, koji su smešteni u prednjem delu tela vozila, desno od vozača. Elastično oslanjanje je torziono sa hidrauličnim amortizerima postavljenim na prvom, drugom, trećem i šestom oslonom točku. Gusenice imaju skidajuće gumene papuče.

Borbeno izviđačko vozilo M3 ima uređaje za noćno osmatranje, radio-stanice AN/VRC-12 i AN/PRC-77, uređaj za filtriranje i ventilaciju, i automatski protivpožarni sistem. Vođene prepreke savladava plovljenjem pomoću guseničnog pokretača.

Za razliku od vozila M3, borbeno izviđačko vozilo M3A1 poseduje unificirani protivoklopni raketni sistem TOW-2, i novi uređaj za filtriranje i ventilaciju M13A1. Automatski top koristi nove pancirne potkalibarne projekte kalibra 25 mm povećane dužine. Na krovnoj ploči u otvorima iznad desantnog odeljenja smeštena su 4 periskopa. Sedišta izviđača postavljena su ispod ovih otvora, i podešavaju se po visini. Rekonstruisan je i borbeni komplet za protivoklopne vođene projekte, i za municiju topa 25 mm.

Pored toga, pojednostavljeno je pričvršćenje stelaža, sedište vozača je tapacirano, izmenjen je smeštaj dve maskirne mreže, a posuda za vodu, zapremine 38 l, zamenjena je sa dve posude po 19 l.

Modifikacija M3A2 ima povećani nivo oklopne zaštite koja je ostvarena dodatnim oklopnim čeličnim pločama na čeonim i bočnim stranama oklopnog tela i kupole, postavljanjem blokova reaktivne zaštite u periodu borbenih dejstava i unutrašnjem opšivke od kevlar, kao i dopunskim pločama za zaštitu borbenog i desantnog odeljenja. To je dovelo do povećanja borbene mase vozila do 29,9 t. Snaga motora je povećana od 368 na 441 kW.

Planirano je da serijska proizvodnja vozila M3A3 otpočne 1995. godine. Vozilo će imati: multipleksni sistem (jedinствена magistrala podataka) koji objedinjuje elektronske sisteme upravljanja i kontrole u informacijsko-upravljački sistem IVNIS, elektronski balistički računar sa laserskim daljinomerom, prijemnik kosmičkog radio-navigacijskog sistema NAVSTAR, termovizijski uređaj vozača za osmatranje, i autonomni navigacijski sistem. Pored toga, korišće se kombinovana zaštita od oružja za masovno uništenje i reaktivna zaštita zasnovana na novim principima, a preduzeće se mere za poboljšanja protivmiske otpornosti.

Istovremeno su nastavljani radovi, započeti 1988. godine, na modernizaciji borbenog izviđačkog vozila M3, koji će dovesti do varijante M3A4 BRE-DLI. Razmatra se mogućnost ugradnje topa većeg kalibra (do 50 mm), motora snage 551 do 735 kW, kao i poboljšanje oklopne zaštite i maskiranja.

Pored toga, u SAD se razmatra koncepcija stvaranja perspektivnog borbenog izviđačkog vozila FSV sa vrlo velikom pokretljivošću, izrađenog po tehnologiji »stealth« (koncepcija teško uočljivog tenka), adekvatno naoružanog za uništenje lakooklopljenih ciljeva.

sa pouzdanim sistemom za izviđanje u svim vremenskim uslovima, danju i noću, i sa kompjuterizovanim sistemom upravljanja, pouzdanim sistemom veze i radio-elektronske borbe. Novo borbeno izviđačko vozilo treba da savlađuje vodene prepreke, da se izbacuje iz aviona pomoću padobrana i da ima veliku autonomiju vožnje. Planirano je da se razvoj ovog vozila završi posle 2000. godine.

Nemačka

U snagama KoV Nemačke za izviđanje se koristi borbeno izviđačko vozilo LUKS 8x8. Proizvedeno je 408 ovih vozila, a dalja produkcija je obustavljena. Predstavlja jedno od najtežih vozila točkaša u nemačkim OS (19,5 t).

Čeoni oklop tela i kupole obezbeđuje zaštitu članova posade od artiljerijskih projektila kalibra 20 mm. Posadu sačinjavaju 4 člana. Vozač je smešten u prednji levi deo tela vozila, dok su komandir i nišandžija smešteni u kupoli. Obojica mogu da gađaju topom kalibra 20 mm. Iznad ulaznog otvora komandira ugrađen je mitraljez kalibra 7,62 mm, kojim se mogu gađati ciljevi na zemlji i u vazдушnom prostoru. Za osmatranje se koristi 12 periskopa. Na levoj strani kupole postavljen je reflektor dnevne i IC svetlosti koji se u vertikalnoj ravni pomera zajedno sa topom. Pokretanje topa po horizontali i vertikalni je elektrohidrauličko. Vozilo ima pokazivač azimuta i radio-stanicu SEM-25.

Četvrti član posade borbenog izviđačkog vozila LUKS, koji obavlja dužnost radiste i drugog vozača, smešten je iza kupole sa leve strane. On može da upravlja vozilom pri kretanju unazad, a njegovi uređaji za osmatranje su isti kao i kod glavnog vozača.

U zadnjem delu vozila smešteno je motorno-transmisiono odeljenje koje je izolovano od borbenog hermetičnom pregradom, a ima i automatski protiv-

požarni sistem. Pogonsku grupu vozila čini motor i četvorostepeni hidraulični menjač. Vozilo može da se kreće istom brzinom napred i nazad (po putu 90 km/h). Svih 8 točkova su upravljački, ali pri vožnji po putevima promena smera kretanja obavlja se pomoću 4 prednja točka. Na levoj strani tela vozila nalaze se vrata za ulaz članova posade.

Borbeno izviđačko vozilo LUKS je amfibijsko, a za pogon na vodi služe dva vodoprotlačna pokretača koji dobijaju pogon od motora preko konusnog prenosa. Pre ulaska u vodu, iznad prednjeg dela tela vozila podiže se valobranska ploča i uključuju tri vodocrpne pumpe (dve u borbenom odeljenju i jedna u motorno-transmisionom).

Program modernizacije borbenog izviđačkog vozila LUKS A2 predviđa ugradnju nezavisnih tenkovskih nišanskih sprava, novih pneumatika niskog pritiska, radio-stanice i termovizijskih uređaja.

Nedostatak borbenog izviđačkog vozila LUKS je nedovoljno snažno osnovno naoružanje. Zbog toga je firma »Erlikon« predložila da se na istoj šasiji ugradi nova kupola sa automatskim topom kalibra 35 mm. KDE.

Nemački i francuski vojni stručnjaci zajedno rade na razvoju novog izviđačkog amfibijskog vozila COBEL, koje bi u svoje izviđačke jedinice uvele obe države. Za razvoj je odabran laki oklopni automobil COBEL, prema taktičko-tehničkim uslovima KoV Nemačke.

Konstrukciona specifičnost ovog vozila je u tome što su propeleri za kretanje na vodi smešteni u prednjem delu vozila. U sastav izviđačke opreme trebalo bi da uđu: televizijska i termovizijska kamera, laserski daljinomer, navigacijska oprema i sredstva za vezu. Moguće su i druge varijante opreme (radar za otkrivanje ciljeva na zemlji, sistem protivoklopnih vođenih

projektila, sistem protivavionskih vođenih projektila, itd.).

KoV Nemačke ima potrebu za 330 ovih vozila, a i Velika Britanija je ispoljila interesovanje. Predviđa se da bi serijska proizvodnja počela 1997. godine.

Velika Britanija

U jedinicama KoV Velike Britanije u toku 1993. godine nalazilo se preko 1000 borbenih izviđačkih vozila različitih modifikacija: FERET (FV701, 4x4), FOKS (FV721, 4x4), SIMETER (FV107 na bazi lakog tenka SKORPION). Radi se na razvoju perspektivnog borbenog izviđačkog vozila po programu TREISER koje bi trebalo da zameni laki tenk SKORPION i borbeno izviđačko vozilo FOKS u svim izviđačkim jedinicama. Godine 1992. firma nosilac razvoja VIKERS odredila je prototipove budućeg vozila. Bilo je planirano da se 1993. godine izradi probni primerak, sistem naoružanja i izviđačka oprema.

Ministarstvo odbrane Velike Britanije planira da sprovede svestrana ispitivanja probnih primeraka novog borbenog izviđačkog vozila i da otpočne pripremu za serijsku proizvodnju. Uvođenje u naoružanje planirano je za 2003. godinu.

Jednovremeno sa razvojem borbenog izviđačkog vozila po programu TRESSER u Velikoj Britaniji su aktivirani radovi na razvoju kompleta elektronske opreme za izviđanje (program VERDI — Vehicle Electronics Research and Development Initiative). Biće uključena sredstva za izviđanje i otkrivanje, uređaji sistema za upravljanje vatrom i oprema za obezbeđivanje. Predviđeno je da se koriste već gotove komponente i postojeća tehnologija (sredstva za otkrivanje ciljeva na bojištu i sredstva za nišanje, procesori,

itd.). Sve to bi trebalo da obezbedi standardizaciju osnovnih sredstava borbenog vozila.

Francuska

U snagama KoV Francuske u 1993. godini nalazilo se oko 4560 borbenih izviđačkih vozila različitih tipova, kao što su VBL, VBC-90 (G), AML-60, ERC-90 i AMX-10RC.

Borbeno izviđačko vozilo AMX-10RC uvedeno je u naoružanje 1976. godine. Njegovo telo i kupola izrađeni su od legure aluminijuma i obezbeđuju zaštitu članova posade od zrna manjeg kalibra i parčadi granata. Vozilo ima četvoročlanu posadu.

Vozač je smešten u prednjem delu oklopnog tela sa leve strane. On može da osmatra zemljište pri zatvorenim ulaznim otvorima kroz tri osmatračka uređaja periskopskog tipa, od kojih srednji može da bude zamenjen uređajem za noćno osmatranje. Ostali članovi posade smešteni su u kupoli. Komandir i nišandžija nalaze se sa desne strane topa, a punilac sa leve. Punilac koristi tri periskopa za osmatranje (napred, levo i nazad).

Komandir vozila ima mogućnost kružnog osmatranja preko šest periskopa, osmatračkih sprava periskopskog tipa i periskopske panoramske nišanske sprave M389 sa dvostrukim i osmostrukim uvećanjem. Nišandžija ima na raspolaganju teleskopsku nišansku spravu M504 sa desetrostrukim uvećanjem, laserski daljinomer M550 i uređaj M553 koji koriguje pomeranje nišanske linije.

Sistem za upravljanje vatrom SO-TAS ima različite davače koji uvode u balistički računar sledeće podatke: daljinu izmerenu laserskim daljinomerom, horizontalnu i vertikalnu brzinu kretanja cilja, ugao nagiba vozila, brzinu vetra, temperaturu vazduha (dva zadnja parametra se uvode ručno).

Za gađanje noću borbeno izviđačko vozilo AMX-10RC opremljeno je televizijskim uređajem koji radi pri niskom nivou svetlosti (LLLTV) DIVT 13, a sastoji se od televizijske kamere, koja je ugrađena na levoj strani maske topa, bloka elektronike, bloka za upravljanje i dva televizijska ekrana — za komandira i nišandžiju. Blok elektronike projektuje oznaku nišana na ekran monitora, balistički računar uvodi popravke i pomera oznaku nišana, isto kao i pri gađanju u dnevnim uslovima. Uređaji za kontrolu i proveru brzo otkrivaju neispravni podsklop u svakom bloku.

Motor je smešten u zadnjem delu tela vozila, a isti je kao i kod borbenog vozila pešadije AMX-10P. Preko hidrodinamičkog pretvarača sa blokirajućom spojnicom motor je spojen sa menjačem koji obezbeđuje četiri stepena prenosa za kretanje napred ili nazad, odvod snage na dva uređaja za kretanje na vodi, a i zaokret uz pomoć planetarnih mehanizama i disk-kočnica. Zaokret vozila vrši se kočenjem točkova na jednoj strani vozila.

Hidropneumatsko oslanjanje omogućuje podešavanje klirensa prema uslovima kretanja. Minimalni klirens je 210 mm, pri kretanju po putevima — 350 mm, preko ispresecanog zemljišta — 470 mm, a pri savlađivanju vodenih prepreka — 600 mm.

Kao osnovno naoružanje koristi se poluautomatski top kalibra 105 mm sa vertikalnim klinastim zatvaračem, dvokomornom gasnom kočnicom i cevi sa termoizolacionom oblogom. Borbeni komplet sačinjava 38 granata, od kojih je 12 smešteno u kupoli.

Na zahtev naručioca borbeno izviđačko vozilo AMX-10RC može se isporučivati bez sistema za klimatizaciju, grejača, uređaja za filtriranje i ventilaciju, noćne nišanske sprave, sredstava za kopnenu navigaciju i opreme za kretanje na vodi.

U naoružanju KoV Francuske od 1979. godine nalazi se borbeno izvi-

đačko vozilo ERC-90 koje se, takođe, izvozi u zemlje Južne Amerike i Afrike. Njegova posada ima 3 člana, a borbeno masa je 8 do 10 t (zavisno od vrste naoružanja). Proizvode se dve varijante ovog vozila: amfibijsko i neamfibijsko. Za pogon pri plovljenju mogu da se koriste točkovi, čime se obezbeđuje brzina kretanja do 4,5 km/h, ili specijalni uređaji za kretanje na vodi (vodomlazni pokretači) kojima se ostvaruje brzina kretanja do 9,5 km/h.

Italija

U jedinicama KoV Italije izviđanje obavljaju oklopno-izviđačke jedinice koje su opremljene borbenim izviđačkim vozilima FIAT 6616 4x4. Ovo vozilo uvedeno je u naoružanje 1972. godine. U toku modernizacija njegova masa je povećana na 8 t, povećana mu je dužina, a visina nešto smanjena. Vozilo je naoružano automatskim topom kalibra 20 mm i mitraljezom kalibra 7,62 mm. Na zahtev naručioca, na kupoli ispred otvora za ulaz komandira vozila mogu da budu postavljeni lanseri protivoklopnih vođenih projektila TOW i MILAN ili bestrzajni top kalibra 106 mm.

Španija

Pored zastarelih borbenih vozila američke i britanske proizvodnje, španska KoV u svome sastavu ima borbeno izviđačko vozilo na točkovima VEC 3562 6x6 koje je razvijeno na bazi borbenog izviđačkog vozila BMR-600. Masa vozila opremljenog za borbu iznosi 13,75 t, posada ima 5 članova a uvedeno je u naoružanje 1978. godine.

Oklopno telo vozila izrađeno je zavarivanjem od legura lakih metala sa delimično razdvojenim oklopom. Ima šestocilindarski dizel-motor 9157/8 PE-GASO, snage 228 kW, koji obezbeđuje brzinu kretanja do 100 km/h. Pomoću hidropneumatskog uređaja elastičnog oslanjanja može se menjati klirens vozila.

Osnovne taktičko-tehničke karakteristike borbenih izviđačkih vozila

Naziv vozila	Zemlja	Masa u borbenom stanju (t) (Posada, članovi)	Dimenzije [mm]				Snaga motora (kW)	Maksimal. brzina (km/h) po putu na vodi	Autonomija vožnje (km)
			dužina	širina	visina	klirens			
M3A2 BREDLI	SAD	29,9 (5)	6453	3200	2972	457	441,6	66 7,2	480
LUKS	Nemačka	19,5 (4)	7740	2980	2905	440	287	90 9	800
COBEL	Nemačka, Francuska	6 do 8 (3)	—	—	—	—	105,2	100 7,5	750
SIMITER	V. Britanija	7,8 (3)	4985	2242	2130	420	139,8	80 6,4	640
FOKS	V. Britanija	6,2 (3)	5080	2134	2200	300	139,8	104 5,3	430
AMX-10RC	Francuska	15,8 (4)	9150	2950	1565	200 do 600	220,8	85 7,2	1000
ERC-90	Francuska	10 (3)	7970	2760	1545	380	144,25	110 7,2	600
FIAT tip 6616	Italija	8 (3)	5370	2500	2035	370	117,8	100 5	700
VEC 3562	Španija	13,75 (5)	6100	2500	2000	400	228,2	103 9	800
»87«	Japan	14	5990	2480	2800	450	226,7	100 —	500

*) Postoje, takođe, dva lansirna protivoklopnih vođenih projektila TOW. (borbeni komplet čini 12 vođenih projektila).

Vozač je smešten u prednjem delu oklopnog tela sa leve strane ispred dvosedne kupole, iza koje se, sa desne strane, nalazi sedište za četvrtog člana posade. Peti član posade smešten je u zadnjem delu oklopnog tela, takođe sa desne strane. Svaki član posade ima uređaj za osmatranje.

Osnovno naoružanje ovog vozila čini automatski top kalibra 25 mm sa kojim je spregnut mitraljez kalibra 7,62 mm. Borbeni komplet topa sadrži 170 metaka, i to: 135 kumulativnih i 35 potkalibarnih. Pored toga, vozilo ima dva trocevna bacača dimnih bombi.

Japan

Osnovno borbeno izviđačko vozilo u jedinicama KoV Japana je BIV »87« 6x6 koje je uvedeno u naoružanje 1987. godine. Ono predstavlja modifikaciju komandno-štabnog vozila »82«.

Oklopno telo je izrađeno zavaranjem čeličnih ploča. U njegovom prednjem delu, sa desne strane, nalazi se upravno odeljenje, a u zadnjem delu — motorno-transmisiono. U oklopljenoj obrtnoj kupoli smešteni su komandir i nišandžija. U sastav posade takođe ulaze radista i osmatrač, koji su smešteni u borbenom odeljenju.

Borbeno izviđačko vozilo »87« naoružano je automatskim topom kalibra 25 mm i mitraljezom kalibra 7,62 mm koji je spregnut sa topom. Na bokovima kupole ugrađeni su bacači dimnih bombi. Pogon obezbeđuje desetocilindarski dizel-motor snage 226,7 kW. Vozilo nije amfibijsko, a planirano je da se za potrebe KoV Japana nabavi 70 ovih vozila.

Zaključak

Smatrajući izviđanje vrlo važnim u borbenom obezbeđenju jedinica, preduzimaju se naponi za poboljšavanje taktičko-tehničkih karakteristika borbenih

izviđačkih vozila i njihovo opremanje savremenim elektronskim sredstvima, kao što su: televizijske kamere, termovizori, laserski daljinomeri, navigaciona sredstva za kopnenu navigaciju i nova sredstva za vezu.

U tabeli 1 prikazane su osnovne taktičko-tehničke karakteristike borbenih izviđačkih vozila.

P. Marjanović

SAMOHODNI PROTIVOKLOPNI TOP KENTAUR B1*)

Samohodni protivoklopni top B1 KENTAUR serijski se proizvodi i isporučuje jedinicama od 1991. godine Italijanska KoV naručila je ukupno 450 ovih topova koji bi trebalo da zamene zastarele M47.

Ovo borbeno vozilo uglavnom je namenjeno za uništavanje tenkova na daljinama do 3000 m i za neposrednu vatrenu podršku jedinica. Naoružano je tenkovskim topom kalibra 105 mm sa ožljebljenom cevi, dužine 52 kalibra, i ima veliku brzinu gađanja. Njegove unutrašnje balističke karakteristike su identične karakteristikama formacijskog topa 105 mm NATO L7 (M68). Zahvaljujući veoma efikasnoj gasnoj kočnici, koja apsorbira oko 40% energije trzajućih delova, kao i produženom trzanju (750 mm), sila trzanja pri gađanju je 11772 daN. Zbog toga je bilo moguće korišćenje šasije vozila na točkovima. Dijapazon navođenja topa po visini je od -6° do $+15^{\circ}$, dok je po pravcu 360° , što se obezbeđuje obrtnom kupolom. Top koristi svu formacijsku NATO municiju 105 mm.

Oklopno telo vozila je varene konstrukcije. Čeonik oklop štiti od artiljerijskih projektila manjeg kalibra. U

*) Prema podacima iz časopisa ЗАРУБЕЖНОЕ ВОЕННОЕ ОБОЗРЕНИЕ, 7/1994.

prednjem delu vozila nalazi se motor-no-transmisiono odeljenje, što predstavlja dodatnu zaštitu članova posade. Za pogon se koristi dizel-motor V-konstrukcije sa turbokompresorom. Transmisija je automatska sa 4 stepena prenosa za kretanje napred i 1 za kretanje nazad. Sistem za podešavanje pritiska vazduha u pneumaticima omogućava prilagođavanje točkova uslovima kretanja.

Sistem za zaštitu članova posade od sredstava za masovno uništenje sastoji se od uređaja za prečišćavanje i ventilaciju vazduha koji je postavljen u zadnjem delu tela vozila. Za sprečavanje ulaska otrovnih materija i radio-aktivne prašine u borbeno odeljenje, u njemu se može stvarati natpritisak pre očišćenog vazduha. Vozilo ima automatski protivpožarni uređaj i mogućnost zagrevanja unutrašnjosti vozila.

Taktičko-tehničke karakteristike samohodnog topa B1 KENTAUR

Borbena masa (t)	24
Posada (članovi)	4
Dužina tela vozila (m)	7,4
Širina (m)	3,05
Visina do krova kupole (m)	2,71
Klirens (m)	0,42
Formula točkova	4 x 4
Kalibar topa (mm)	105
Mitraljez (broj x kalibar)	2 x 7,62
Borbeni komplet topovske municije (kom)	40
Snaga dizel-motora (kW)	382,4
Maksimalna brzina na putu (km/h)	100
Autonomija vožnje (km)	800
Maksimalni uspon (stepeni)	31

Borbeni komplet municije sačinjava 40 granata kalibra 105 mm (u kupoli 14 i u oklopnom telu 26). U sekundarno naoružanje spadaju mitraljez kalibra 7,62 mm, koji je spregnut sa topom, i mitraljez istog kalibra, ugrađen na nosač ispred otvora komandira. Na bočnim stranama kupole po-

stavljani su četvorocetni bacači dimnih bombi za stvaranje dimne zavesе. Sistem za upravljanje vatrom sastoji se od stabilizatora naoružanja, dnevnih i noćnih nišanskih sprava komandira i nišandžije, laserskog daljinomera i balističkog računara. Nišanska sprava komandira R-T-694 ima uvećanje 2,5 i 10 puta. Nišanska sprava nišandžije, čije je vidno polje stabilizovano u 2 ravni, ima kanal sa desetstrukim uvećanjem. Obe nišanske sprave imaju termovizijske kanale za noćno osmatranje. Balistički računar sa šesnaestokanalnim mikroprocesorom proračunava podatke, uzimajući u obzir meteorološke uslove, temperaturu barutnog punjenja, nagib kupole i druge parametre koji utiču na tačnost gađanja.

P. Marjanović

PROTIVAVIONI SKI RAKETNI SISTEM TOR (TOR-M1)*

Sredinom sedamdesetih godina uvedena su u naoružanje vrlo precizna ofanzivna oružja kao što su: bespilotne letelice, IC samonavođeni projektili, projektili vođeni radio-snomom, televizijski vođene avionske bombe i nevođene rakete. Pojava ovog naoružanja inicirala je razvoj pouzdanih i efikasnijih sredstava PVO. Tadašnja sovjetska istraživačko-proizvodna asocijacija ANTEJ dobila je nalog da obavi taj zadatak. Ova firma već je proizvela u svetu poznate PVO sisteme, kao što su KRUG (SA-4 GANEF) i OSA (SA-8 GECKO). Kada su ovi sistemi uvedeni u naoružanje bili su najefikasnije protivavionsko oružje u svojoj klasi, a sistem OSA i danas ima nadmoć nad mnogim drugim sličnim sistemima.

Stručnjaci asocijacije ANTEJ dobili su nalog da u kratkom vremenskom

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar-februar 1994.

periodu razviju sistem protivavionskog vođenog projektila, koji bi bio u stanju da locira, prepozna i uništi ofanzivna oružja, zasnovana na najnovijim dostignućima nauke i tehnike. Ovaj sistem PVO sastoji se od mobilnog protivavionskog sistema S-300B sa dva tipa vođenih projektila, SA-12a GLADIATOR i SA-12b GIANT, i protivavionskog sistema za sve vremenske uslove TOR (SA-15). Kasnije se, kao modifikacija sistema TOR, pojavio sistem TOR-M1.

Protivavionski raketni sistem TOR-M1 namenjen je za izvršavanje zadataka PVO na nivou divizije. On može pouzdano da štiti vojne i civilne objekte od napada krstarećih raketa vođenih avionskih bombi, aviona, helikoptera, bespilotnih letelica i drugih sredstava sa daljinskim upravljanjem.

Sistem TOR-M1 može da izvršava borbene zadatke u svim vremenskim uslovima. Njegove najvažnije karakteristike su: manevarske sposobnosti, pokretljivost, brzo reagovanje, automatizacija borbenih operacija i velika efikasnost protiv različitih ciljeva. Sistem TOR-M1 ugrađen je na guseničnom vozilu.

Na vojnim vežbama u evropskom delu Rusije, pokazalo se da u dva navedena lovaca-bombardera iskusni piloti nisu mogli da probiju, bez ojačanja, zonu PVO koju je branila baterija sistema TOR-M1.

Protivavionski sistem TOR-M1 predstavljen je javnosti 1992. godine.

Prilikom demonstriranja vatrene moći sistema TOR-M1 gađani su raketni ciljevi MD-20 (raketni projektili legendarnih KACUŠA — BM-13) koji su leteli brzinom od 600—700 m/s. Dužina ovih projektila je 1 m, a lansirani su sa skrivenih položaja, 17 km udaljenih od raketnih sistema TOR-M1. Projektili su leteli po balističkoj putanji, ali su simulirali »krstareće projektele« ili »planirajuće bombe« u pogledu njihovih radio-tehničkih karakteristika.

Rezultati ovih gađanja bili su uverljivi, jer je svih 8 vođenih projektila pogodilo svoje ciljeve.

Sistem TOR-M1 sastoji se od borbenog vozila 9A331, transportera-utovarivača 9T244, i od sredstava za op ravku i održavanje. Borbeno vozilo je postavljeno na šasijsu GM-355 na gusenica sa podešavajućim klirensom. Hidromehanička transmisija i hidropneumatsko oslanjanje obezbeđuju dobre manevarske osobine i ravnomerno kretanje preko ispresecanog zemljišta. Borbeno vozilo sistema TOR-M1 može biti transportovano svim vrstama prevoznih sredstava, uključujući i avione. Masa šasijsu je 34250 kg, a maksimalna brzina na putevima sa dobrom podlogom 65 km/h.

U borbenom vozilu smeštena su sredstva za pružanje informacija i komandovanje, upravljački mehanizmi, sredstva za vezu i navigaciju, dva transportno-lansirna kontejnera sa po 4 protivavionska vođena projektila, i autonorni generator električne energije. Sredstva za pružanje informacija i komandovanje obezbeđuju otkrivanje cilja, merenje koordinata cilja i vođenje projektila. U ova sredstva spadaju radar za akviziciju cilja, praćenje i vođenje.

Borbeno vozilo sa sistemom TOR-M1 poseduje i opremu za identifikaciju cilja, sredstva za sekundarnu obradu radarskih informacija, radar za »hvatanje« cilja i praćenje u završnoj fazi leta vođenog projektila, digitalni specijalizovani računar SEVER sa velikom brzinom rada i upravljačku konzolu sa pokazivačima.

Akviziciju cilja vrši trokoordinatni Doplerov radar sa kružnim skeniranjem i višekanalnim digitalnim sredstvima za obradu signala. Povezan sa računarom, radar može da otkrije 48 ciljeva na daljini od 25 km, a nakon toga da prati 10 najopasnijih. Ciljevi su podeljeni u prioritetne sekvence u

pogledu opasnosti koju oni predstavljaju. Podaci za gađanje pripremaju se za najopasnije ciljeve.

Informacija o ovim ciljevima uvođi se u komandirov uređaj i u radar za praćenje i vođenje. Praćenje i vođenje obavlja monopulsni Doplerov radar sa faziranom antenskom rešetkom i upravljanjem elektronskim snopom. Radar prečišćava podatke o cilju, obavlja četvorokoordinatno merenje parametara cilja i obezbeđuje njegovo praćenje. Maksimalni dolet radara je 25 km. Koordinate dva cilja i dva vođena projektila, koji se koriste za njihovo uništavanje, mere se simultano u radnom sektoru. Ciljevi se svrstavaju u klase prema putanji i podacima signala koji se uvođe u sistem za upravljanje projektilom, radi optimiziranja njihovog režima leta. Podaci se obrađuju, a projektilima se upravlja preko digitalnog računara. Zahvaljujući žirostabilizaciji antenskog sistema akvizicijskog radara, moguće je otkrivanje ciljeva i procenjivanje situacije u vazдушnom prostoru dok se borbeno vozilo sistema TOR-M1 kreće u borbenoj formaciji jedinica koje treba da štiti. Vozilo se zaustavlja samo kada treba da lansira vođene projekte. Radarska antena može se sklopiti na maršu. U slučaju intenzivnog protivničkog ometanja (aktivnih protivelektronskih dejstava protivnika) i kada ciljevi lete na minimalnoj visini može se koristiti rezervni televizijski kanal za praćenje.

Lansirna cev je postavljena u obrotnoj kupoli, kao i dva vertikalno postavljena transportno-lansirna kontejnera sa vođenim projektilima. Protivionski vođeni projektil 9M331 ima jedinstveni raketni motor na čvrsto gorivo. Razorna bojna glava ima u sebi parčad od legura velike gustine, a aktivira se radio-upaljačem. Vođenje projektila obavlja se radio-putem, tako da

on ima visoke manevarske sposobnosti (dovoljni faktor opterećenja je do 30 g), čime je omogućeno uništenje brzih ciljeva malih dimenzija koji lete nisko i manevrišu sa opterećenjem do 12 g. Projektil 9M331 isporučuje se oružanim snagama spreman za dejstvo, i ne zahteva nikakvo održavanje u toku 10 godina.

Vođeni projektil lansira se vertikalno pomoću katapulta. Posle napuštanja lansera okreće se prema cilju pomoću mlaznih komandi koje se nalaze u glavi projektila, i tada počinje da radi raketni motor. Autonomni radio-goniometar širokog ugla zahvata uvođi projektil u snop radara za vođenje.

Vođeni projektili se utovaraju u borbeno vozilo pomoću manipulatora transportera-utovarivača. Za popunu je potrebno 18 minuta. Projektili se mogu utovarivati i iz konvencionalnog transportnog vozila pomoću kрана.

Sistem za navigaciju, topografsko vezivanje položaja i orijentaciju, automatski utvrđuje položaj borbenog vozila i unosi azimut njegovog kretanja. On, takođe, obezbeđuje povezivanje sa drugim borbenim sredstvima radi razmene podataka o situaciji u vazдушnom prostoru. Električnu energiju obezbeđuje ugrađeni generator koji pokreće gasna turbina ili izvod snage od glavnog motora. Ugrađeni automatski sistem za kontrolu funkcionisanja koristi se za održavanje borbene spremnosti sistema i osiguranje pouzdane procene stvarnog stanja opreme sistema. U slučaju otkaza, sistem sam traži grešku i locira mesto otkaza.

Sistem TOR-M1 može da obavlja borbene zadatke samostalno ili kao deo automatizovane PVO divizije. Komandno vozilo baterije tada koordinira rad u okviru sistema, a informacije se razmenjuju preko radio-kanala za predaju

podataka. Posadu borbenog vozila sa sistemom TOR-M1 sačinjavaju komandir, vozač i nišandžija-operator. Posada je zaštićena od oružja za masovno uništenje. Za obezbeđenje potrebnih uslova rada, u kupoli je ugrađena specijalna oprema.

Za obuku nišandžije-operatora izrađen je specijalni trenažer. On imitira unutrašnjost vozila i glavni upravljački blok radi simuliranja različitih situacija u vazдушnom prostoru i svih potrebnih podataka koje daje oprema i koje koristi nišandžija u toku borbe. Simuliranje situacija u vazдушnom pro-

STRATEŠKI BOMBARDER TU-22M3*)

Novi model ruskog bombardera Tu-22M3, poznat na Zapadu kao BACKFIRE-C, uveden je u naoružanje 1981. godine i to u sastav strateških bombarderskih i mornaričkih snaga-raketonošača. Prvi strateški bombarderi sa promenljivom geometrijom krila bili su prototip Tu-22M i bombarderi iz predserijske proizvodnje Tu-22M1 i Tu-22M2, koje je usvojilo RV 1975. godine. Svaki avion sa oznakom M znatno se razlikuje po svojoj konstrukciji i sadržaju od osnovnog modela Tu-22.

Najnoviji model strateškog bombardera eliminiše izvesne slabosti neposrednog prethodnika — aviona Tu-22M2. Bombarder Tu-22M3 može da dejstvuje na većim daljinama, noseći specijalizovani ubojni teret, leteći na velikim visinama i nadzvučnim brzinama, a i na malim visinama i visokim podzvučnim brzinama. Poboljšane karakteristike, zahvaljujući radikalnim izmenama strukture aviona, omogućuju bombarderu da poveća borbeni radijus i neprimećen priđe ciljevima. Ovaj avion može da dejstvuje 24 časa dnevno, u povoljnim i nepovoljnim vremenskim uslovima, pod jakom protivničkom vatrom i elektronskim protivmerama. Podrazumeva se da avion ove kategorije poseduje kompletnu opremu potrebnu za nošenje nuklearnog ubojnog tereta. Zbog toga je Tu-22M3 na listi oružja čija se proizvodnja i razmeštaj kontrolišu prema dogovoru SALT-2.

Posada aviona ima 4 člana koji su smešteni u sedištim za izbacivanje koja, za razliku od aviona Tu-22, omogućavaju vertikalno izbacivanje u slučaju potrebe. Automatizovani sistem za izbacivanje dejstvuje pod pritiskom i u sekvencama. Posadu čine dva pilota,

Tehničke karakteristike protivavionskog raketnog sistema TOR-M1

Uništavajući domet (km)	1 do 12
Raspon visina (m)	10 do 6000
Vreme reagovanja posle okrivljanja cilja (s)	5 do 8
Broj projektila (osnovna jedinica) (kom.)	8
Broj kanala po cilju	2
Brzina kretanja vozila (km/h)	65
Masa raketnog projektila pri lansiranju (kg)	167
Kalibar (mm)	235
Dužina (mm)	2900
Maksimalna brzina projektila (m/s)	850
Prosečna brzina projektila (m/s)	650
Masa bojne glave (kg)	15

storu postavlja se u programiranom obliku, ili ručno u obliku dijaloga. Obuka obezbeđuje potencijalne izmene operativne situacije u vazдушnom prostoru radi simuliranja sukoba. Smatra se da nišandžija-operator može da se osposobi za 2,5 časa obuke, dok kompletan kurs za obuku traje 20 časova.

P. Marjanović

*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar—februar 1984.

navigator i nišandžija repnog topa koji je ujedno i radista.

Ugao strele napadne ivice krila bombardera može da se menja u rasponu od 20° do 65°. Ugao od 20° obično se koristi pri poletanju i sletanju, ugao od 38° se koristi za letove na velikim daljinama, dok je ugao od 65° karakterističan za velike visine i nadzvučne brzine ili male visine i visoke podzvučne brzine. Nepokretni deo krila, bliže obrtnom stožeru, ima aerodinamičku zaštitu koja sprečava protok vazduha duž površine krila. Površina poprečnog preseka krila je mala, čime se smanjuje čeon otpor i omogućava postizanje nadzvučnih brzina.

Repni deo ima nadtrupni stabilizator koji povećava površinu vertikalnog stabilizatora, čime se poboljšavaju aerodinamičke karakteristike aviona. Pokretljivi stabilizator obezbeđuje promenu nagiba aviona i udvaja funkciju promene bočnog nagiba u slučaju otkaza ovog upravljanja. Stabilizator obezbeđuje ravnomerni protok vazduha i pri punom odklonu.

Pogonska grupa strateškog bombardera sastoji se od 2 motora NK-25. Nominalni potisak po jednom motoru iznosi 142 kN, a sa naknadnim sagorevanjem 245,2 kN. Uopšteno govoreći, pogonska grupa ima visoke funkcionalne karakteristike.

Avion ima devet grupa rezervoara za gorivo sa ukupnim kapacitetom od 50000 kg. Za njihovo popunjavanje potrebno je 30 minuta.

Svaka noga stajnog trapa ima po 6 točkova, što omogućava da se avion koristi i sa slabijih betonskih pista. Dužina poletanja je 1920 m, mada može da bude i kraća sa dodatnim startnim raketama. Dužina sletanja zavisi od mase aviona pri sletanju, brzine i efikasnosti kočnica, tako da iznosi između 1250 i 1450 m.

Avion ima impresivnu vatrenu moć, koja se zasniva na vođenim projektlima i avionskim bombama. Vođeni pro-

jektil dalekog dometa X-22 (AS-4 KIT-CHEN) sa tečnim pogonskim gorivom, podvešen je ispod trupa u poluuvučenom položaju, a još dva projektila su podvešena ispod krila. Zavisno od vrste i karaktera cilja ovi vođeni projektili mogu da budu opremljeni jednim od tri sistema za vođenje. Vođeni projektil X-22 koristi se za uništavanje stacionarnih i visestrukih ciljeva na vodi, kao i sredstava protivničke PVO. Ovaj projektil već duže vreme koriste i ruske kopnene snage, a smatra se da snaga bojne glave potpuno kompenzira prilično nizak stepen preciznosti rakete.

Lanser revolverskog tipa smešten je u trupu u srednjem odeljku za ubojna sredstva. U njega može da stane 6 vođenih projektila kratkog dometa X-15 (AS-16 KICKBACK) ili njihove modifikacije vazduh-zemlja. Ovaj nadzvučni aerobalistički vođeni projektil ima masu pri lansiranju od 1200 kg. Po spoljašnjem izgledu sličan je američkom AGM-69 SRAM, kojim se naoružavaju američki bombarderi B-52, B-1B i B-2. Vođeni projektil X-15 ima domet od 60 do 150 km. Posle lansiranja projektil leti nadzvučnom brzinom krstarenja korišćenjem aerodinamičkog uzgona. U završnoj etapi leta projektil leti po balističkoj putanji brzinom $M=5$. Ovo oružje, od koga se mnogo očekuje, ima interesantan sistem vođenja: u fazi putanje krstarenja koristi inercijalni sistem vođenja, a u završnoj fazi sistem samonavođenja uz pomoć aktivnog radara koji radi na milimetarskoj talasnoj dužini.

Ukupna nosivost avionskih bombi je 24000 kg, a podvešene su u odeljku za bombe u trupu, a i ispod krila i trupa. Avion može da ponese 69 bombi po 250 kg i 8 bombi po 1500 kg, leteći brzinom zvuka. Postoje i druge varijante nosivosti ubojnih sredstava. Bombardovanje sa malih visina pri velikim brzinama leta aviona je vrlo efikasno. Za te svrhe bombarder nosi

bombe za male visine od 500 kg, sa tempernim upaljačima i kočecim padobranima. Ovaj naen bombardovanja koristi se za uništavanje prostranih ciljeva, kao što su poletno-sletne staze ili kolone borbenih vozila.

Avion je, takođe, naoružan odbrambenim modifikovanim topom GS-23, koji je ugrađen u repu, a namenjen je za zaštitu bombardera sa zadnje strane. Dve cevi topa, jedna za drugom, dejuvaju brzinom od 4000 metaka/min. Borbeni komplet municije za top sastoji se od razornih, pancirnih i pancirno-zapaljivih projektila. Municijsa se uvodi sa neprekidnog redenika i omogućuje upotrebu svih vrsta topovskih projektila. Nišandžija topa smešten je u zajedničkoj kabini za posadu, a topom upravlja daljinskim putem. Nišanski sistem topa ima televizijski i radarski kanal.

Prema savremenim ratnim standardima, ovaj avion ima slabo odbrambeno naoružanje jer je namenjen za prodore kroz protivničku PVO radi njenog neutralisanja, pri emu ga prate i štite lovački avioni tipa Su-27.

Sistem za upravljanje vatrom sačinjavaju radar dalekog dometa, koji može da radi u režimu navigacije i režimu nišanjenja, i precizni inercijalni navigacioni sistem. Automatski sistem za upravljanje letom održava avion na izabranom kursu i omogućava mu da sledi konfiguraciju zemljišta na unapred postavljenoj visini. Bombardovanje olakšava optički nišan koji je izrađen na osnovu najsavremenijih tehničkih dostignuća. Celokupnim naoružanjem bombardera upravlja digitalni računarski sistem.

Kada su unapred poznate koordinate cilja, elektronska oprema može automatski da dovede avion do određene tačke i posle obavljenog zadatka da ga vrati do jedne od određenih baza.

Bombarder ima sisteme za elektronska protivdejstva gde spadaju

sredstva za aktivno ometanje, pasivni elektronski izviđački sistem i IC uređaj za traganje i obaveštavanje da je avion napadnut.

Bombarder Tu-22M3 se masovno proizvodi u, prema protokolu SALT 2, godišnjoj produkciji od 30 komada.

Za razliku od američkog bombardera B-1B, ruski bombarder Tu-22M3 nema automatski sistem za praćenje konfiguracije zemljišta koji ograničava mogućnosti bombardera na malim visinama. Sistem klasifikacije borbenih aviona, koji važi u ruskom RV, svrstava bombardere Tu-22M3 i B-1B u različite kategorije, pa se, prema tome ne mogu upoređivati.

Tehnički podaci bombardera Tu-22M3

Maksimalna masa u poletanju (kg)	124000
Maksimalna masa u poletanju sa startnim raketama (kg)	126400
Maksimalna brzina (km/h)	2300
Brzina krstarenja (km/h)	900
Daljina preletanja (km)	7000
Akcioni radijus (let na velikoj visini, delimično nadzvučnom brzinom) (km)	2200
Praktični vrhunac leta (pri brzini M=1,3) (m)	14000
Maksimalno g-opterećenje	2,5

P. Marjanović

JURIŠNI AVION Su-25*)

Sredinom pedesetih godina, kada je iz naoružanja izašao poznati jurišni avion Il-10 sa klipnim motorom, RV Sovjetskog Saveza je ostalo bez jurišnog aviona specijalne namene. U toku dugog vremenskog perioda, zadatke jurišnog aviona obavljali su laki

*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar—februar 1994.

bombarderi i lovački avioni sa jačom oklopnom zaštitom i jačim naoružanjem. Međutim, potrebe su iziskivale razvoj novog »letećeg tenka« sa karakteristikama jurišnog aviona kao što su: velika verovatnoća preživljavanja u borbi, dobre manevarske sposobnosti i mogućnost upotrebe i sa nepripremljenih uzletišta. Pošto je bio najuspešniji na konkursu, jurišni avion Su-25 uveden je u naoružanje 1978. godine.

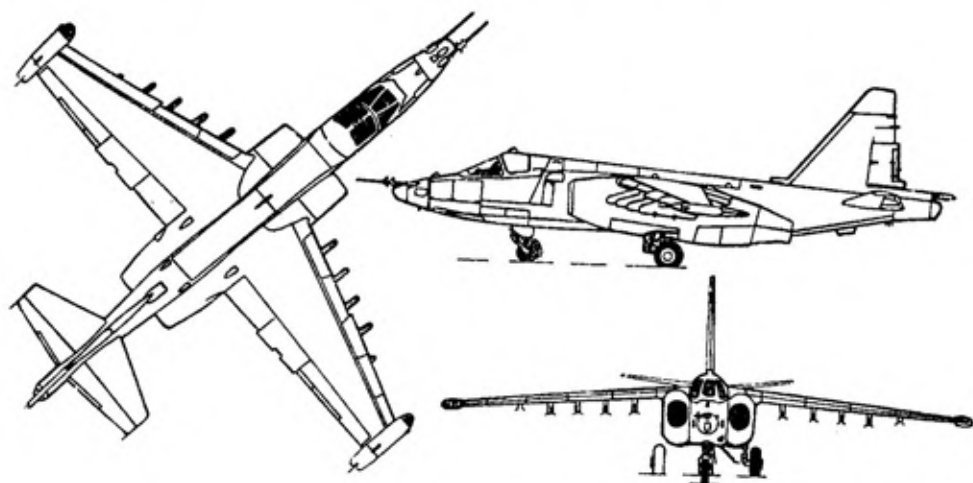
Realizacija jurišnog aviona zahtevala je da pilot i kritični elementi letelice budu pouzdano zaštićeni i duplirani. Pilot je smešten u kabini izrađenoj od legura titana, koja obezbeđuje zaštitu od pogodaka iz glavnih pravaca napada. Oklopna kabina i zavareni spojevi mogu da izdrže najmanje 50 pogodaka bez pojave prskotina ili loma. Zidovi oklopne kabine su debljine 10 do 24 mm, dok je debljina prednjeg oklopnog bloka 57 mm. Prednji ostakljeni deo kabine može da izdrži direktne pogotke mitraljeza većeg kalibra.

U toku razvoja aviona Su-25 obavljeno je oko 40 eksperimentalnih i istraživačkih operacija, a oko 600 uzora-

ka i maketa podvrgnuto je ispitivanjima. Preko 2000 metaka ispaljeno je u letelicu iz mitraljeza većeg kalibra i automatskih topova kalibra do 40 mm. Takođe, ispitani su efekti dejstva parčadi vođenih projektila velikih brzina. Na osnovu toga došlo je do znatnog poboljšanja oklopne zaštite i rasporeda uređaja aviona. Ukupna masa oklopa za zaštitu pilotske kabine iznosi približno 500 kg, dok sredstva koja obezbeđuju opstanak aviona na bojištu imaju masu od oko 1500 kg.

Polužni sistem za upravljanje avionom je udvojen, a ugrađen je duž trupa aviona. Ove poluge velikog prečnika mogu da funkcionišu i nakon po- gađanja zrnima kalibra 12,7 mm.

Sistemi za snabdevanje električnom i hidrauličkom energijom su, takođe, udvojeni. Zidovi rezervoara za gorivo su, sa spoljašnje strane, obloženi brzozaptivajućim pločama koje zaptivaju otvore koji nastaju u slučaju pogodaka i sprečavaju isticanje goriva. Odeljci koji se nalaze neposredno uz rezervoare goriva napunjeni su elastičnim poroznim materijalima. Da bi se sprečilo onesposobljavanje motora



Sl. 1 — Jurišni avion Su-25

jednim pogotkom, oni su razdvojeni. Iz istog razloga i kontejneri sa 120 toplotnih lažnih ciljeva postavljeni su u repnom delu trupa.

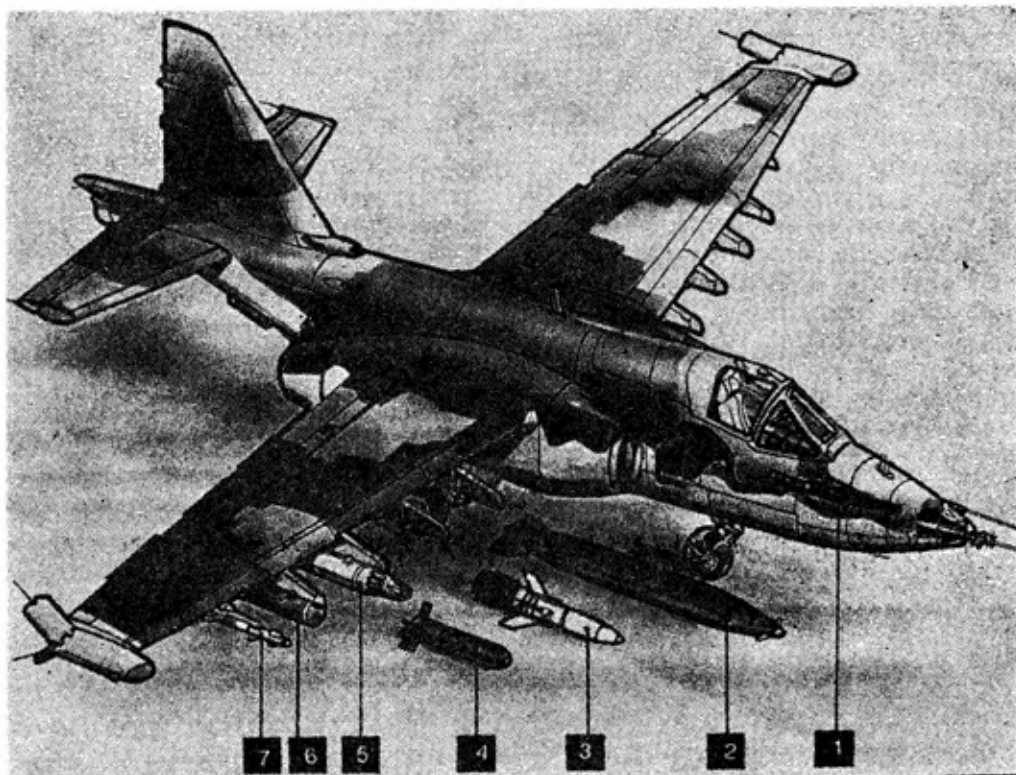
Točkovi stajnog trapa imaju široke pneumatike koji omogućavaju korišćenje aviona i sa nepripremljenih uzletišta. Dešavalo se da je avion Su-25 uspešno poletao sa neravnih podloga, na koje cisterna sa gorivom nije mogla da pride. Zbog toga je popularno nazvan FROGFOOT («žablja noga»).

Za obezbeđenje autonomnog dejstvovanja sa uzletišta, koja su blizu linije fronta, avion može da ponese sva neophodna sredstva za održavanje. Za ove potrebe konstruisana su 4 specijalna spoljna kontejnera.

Letelica ima visoke manevarske i brzinske karakteristike. Maksimalno g-opterećenje je 6,5, a maksimalna brzina 950 do 1000 km/h.

Serijski proizvedeni avioni, kao pogonsku grupu, imaju motore R95S, koji se smatraju najpouzdanijim u svetu, sa srednjim vremenom između dva otkaza od 1400 časova.

Za izvršavanje zadataka podrške snaga KoV, avion Su-25 je naoružan različitim ubojnim sredstvima podešenim na 10 nosača (sl. 2). Dva krajnja nosača, po pravilu, koriste se za vođene projekte vazduh-vazduh R-60. Na druge nosače mogu se podvesiti avionske bombe od 100 do 500 kg, kasetne bombe i kontejneri za manja ubojna



Sl. 2 — Varijanta naoružavanja aviona Su-25

1 — top velikog kalibra, 2 — spoljašnji rezervoar za gorivo, 3 — vođeni projektil vazduh-zemlja AS-7, (KERRY), 4 — protivoklopni vođeni projektil, 5 — lanser nevođenih raketa, 6 — kasetna bomba, 7 — vođeni projektil vazduh-vazduh AA-8, za samoodbranu

sredstva, kao što su mine za miniranje iz vazdušnog prostora. Ugrađeni laserski osvetljivač i daljinar KLEN-PS omogućavaju da avion nosi vođene projekte vazduh-zemlja X-25ML (AS-10) ili projekte složenije konstrukcije X-29L. Obično se koriste i nevođene rakete različite namene S-8, S-13, S-24 i S-25, kalibra od 80 do 340 mm.

Naoružanje aviona Su-25 čini i dvocevni automatski top kalibra 30 mm sa borbenim kompletom municije od 250 metaka. Zbog povećanja vatrene moći u spoljašnjim kontejnerima smešteni su fleksibilni automatski topovi kalibra 33 mm, čiji borbeni komplet municije sadrži po 260 metaka.

Nosivost avionskih bombi je 4000 kg. Avion Su-25 ne zahteva veliko održavanje. U slučaju potrebe kao pogonsko gorivo može da se koristi dizel-gorivo umesto kerozina.

Su-25 je korišćen kao osnovna verzija za razvoj novih modifikacija: aviona za vuču vazdušnih meta, aviona za obuku i palubnog aviona za obuku. Najnovija modifikacija, koja nosi oznaku Su-25TK, ima snažnije naoružanje i složeniju elektronsku opremu, a može da uništava pokretne ciljeve malih dimenzija. U konstruisanju ovog aviona korištena su iskustva iz afganistanskog rata. Čvrstoća srednjeg dela trupa je povećana, IC odraz motora je znatno smanjen, pilotska kabina bolje zaštićena a motori R-195 imaju veću snagu.

Zahvaljujući automatskom sistemu upravljanja, avion može da pogađa ciljeve u svim vremenskim uslovima, danju i noću, sa velikom preciznošću. Ovaj novi jurišni avion opremljen je nišanskim kompleksom I-251, koji može da prepozna i automatski prati ciljeve malih dimenzija i pokretne ciljeve, proračunava podatke o cilju, usmerava vođene projekte i upravlja vatrom nevođenih raketa i topova.

U nišanski kompleks aviona spada dnevni optronički nišanski sistem

ŠKVAL sa televizijskim i laserskim kanalima, koji obezbeđuje preciznost nišanja od 1 do 2 m. Takođe, obezbeđuje automatsko praćenje cilja, obeležavanje cilja za vođene projekte i upravljanje protivoklopnim projektlima. Za noćna dejstva nišanski kompleks je dopunjen optotelevizijskim sistemom MERKURI, koji je smešten u spoljašnji kontejner. Dnevni televizijski sistem otkriva i »hvata« (prelazi na automatsko praćenje) ciljeve na daljinama od 10 do 15 km, dok noćni sistem ima manji domet. Televizijske informacije se pokazuju na jednobojnom TV pokazivaču.

Kod aviona Su-25TK sve operacije u vezi sa navigacijom i napadom na ciljeve su maksimalno automatizovane. Pilot može da interveniše samo da bi se uverio da će odabrani cilj biti naпадnut i, po potrebi, da inicira komandu za drugi napad, ili neposredno pred sletanje. Sve ostale operacije, neposredno posle dolaska u označenu zonu i traženja cilja, izbora naoružanja i povratka u bazu, obavlja ugrađena automatska oprema za upravljanje.

U odbrambena sredstva aviona Su-25TK spada elektronski kompleks za izviđanje, prepoznavanje, neutralisanje i uništenje radara. Za ometanje projektila sa radarskim i IC vođenjem, u repnom delu trupa aviona smešten je kontejner sa 192 IC lažne mete i dipolnih radarskih odražavača. Pored toga, avion poseduje IC generator i avionske lažne mete koje se lansiraju iz uređaja B-13.

Osim naoružanja koje pripada osnovnoj verziji Su-25, novi avion je naoružan i protivradarskim vođenim projektlima X-58.

Deo naoružanja aviona Su-25TK čini 16 protivoklopnih vođenih projektila VIHOR, koji su slični onima na helikopteru Ka-50. Ovi vođeni projektili nadzvučne brzine mogu da probiju čeonu oklop svih savremenih tenko-

va. Zahvaljujući velikoj brzini projektila u toku jednog napada može biti uništeno nekoliko ciljeva. Za uništavanje ciljeva u vazдушnom prostoru ovi vođeni projektili se opremaju rasprskavajućom bojnom glavom.

Avion je naoružan i navođenim raketama vrlo preciznog dejstva, konstruisanim specijalno za ovaj tip aviona,

Tehnički podaci za avion Su-25

Poletna masa (kg):	
— maksimalna	17600
— normalna	14600
Borbeni teret (kg)	4400
Radijus borbenog dejstva sa teretom (km):	
— na maloj visini	750
— na velikoj visini	1250
Maksimalno g-opterećenje	6,5
Dinamički vrhunac leta (m)	7000
Dužina poletanja — sletanja (m)	600
Dva turbomlazna motora sa ukupnim potiskom (kN)	88,3

Tehnički podaci za avion Su-25TK

Maksimalna masa pri poletanju (kg)	19500
Količina goriva u spoljašnjim rezervoarima (kg)	3840
Maksimalna nosivost (kg)	4360
Broj tačaka za podvešanje ubojnog tereta (kom.)	10
Maksimalna brzina (km/h)	950
Maksimalna visina leta (m)	10000
Maksimalno g-opterećenje	6,5
Radijus borbenog dejstva sa 2 t ubojnog tereta (km):	
— na nivou mora	400
— na optimalnoj visini	700
Daljina preletanja sa spoljašnjim rezervoarima (km)	2500
Dužina poletanja na nepripremljenom uzletištu (m)	600 do 700

na bazi nevođene rakete velikog kalibra S-25. Model rakete S-25L ima laserski sistem vođenja, a može se koristiti i razorniji vođeni projektil. X-29 sa laserskim i televizijskim sistemom vođenja. Nosivost avionskih bombi povećana je samonavodećim avionskim bombama do 500 kg.

Ugrađeno naoružanje sastoji se od dvocevnog automatskog topa kalibra 30 mm sa borbenim kompletom od 200 metaka. Topovsko naoružanje može da bude dopunjeno sa dva spoljašnja kontejnera sa topovima kalibra 30 mm i borbenim kompletom municije od 300 metaka.

P. Marjanović

RAKETNE KRSTARICE KLASE S L A V A*)

Pre 12 godina uvedena je u naoružanje ruske RM prva namenski izrađena raketna krstarica novog tipa pod imenom SLAVA. To je jedan od najsavremenijih ratnih brodova ruske RM. Namena ove raketne krstarice je uništavanje velikih protivničkih brodova, uključujući i nosače aviona. Razvoj ovog broda bio je iniciran radi stvaranja okeanskog zaštitnog pojasa.

U SAD je započeta rekonstrukcija artiljerijskih u raketne krstarice još 1959. godine. Prvi takav brod, uveden u naoružanje 1961. godine, bio je na nuklearni pogon pod imenom LONG BEACH.

U SSSR-u su u početku izgrađivani protivpodmornički brodovi, a planirana je izgradnja jednog većeg broda. To je dovelo do uvođenja u naoružanje raketne krstarice pod imenom GROZNI 1962. godine. Istovremeno planirana

*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar—februar 1994.

je izrada još devet brodova iste klase, čije bi glavno naoružanje bili četvorostruki lanseri za protivbrodske vođene projekte P-35. Ovi projektili namenjeni su za gađanje ciljeva na daljinama do 300 km. Pored toga, svaka krstarica bila bi naoružana sa po dva brodska topa kalibra 76 mm, protivavionskim raketnim sistemom srednjeg dometa VOLNA, protivavionskim mitraljezima i sa dve trostruke torpedne cevi za protivpodmornička torpeda. Međutim, posle uvođenja četvrtog broda te klase (VARJAG) u sastav Pacifičke flote, a zbog toga što je tadašnje sovjetsko rukovodstvo izmenilo stav o ulozi koju bi trebalo da ima nacionalna RM, izgradnja ostalih brodova te serije je obustavljena.

Posle 1964. godine nastao je zastoj u programu izgradnje raketnih krstarica, sem takozvanih protivpodmorničkih brodova klase ADMIRAL ZOZULJA, naoružanih protivbrodskim raketnim sistemima, mada su proizvođači nastavili rad na različitim programima za velike površinske raketne krstarice.

Tada je za glavnog konstruktora krstarica klase SLAVA došao V. Mutikin. Skica konstrukcije ovog broda završena je 1973. godine, a detaljnija konstrukcija 1974. godine.

Prvi brod ove klase uveden je u naoružanje Crnomorske flote 1982. godine, drugi brod pod nazivom MARSAL USTINOV 1986. godine u sastav Severne flote, a treći brod ČERVENA UKRAINA u Pacifičku flotu 1989. godine.

Krstarica klase SLAVA smatra se najboljom u svojoj klasi. Treba pomenuti da i ruska i američka RM imaju flotu takvih raketnih krstarica (odnosi se na klasu TICONDEROGA od 27 raketnih krstarica, koja je započeta 1980. godine).

Deplasman raketne krstarice klase SLAVA dvostruko je veći nego klase GROZNI. Sa dužinom od 186 m i širinom od 20 m standardni deplasman iznosi preko 9000 tona, a puni depla-

sman preko 11000 tona. Sa punim deplasmanom srednji gaz iznosi 6,27 m. Posadu sačinjava 500 mornara, uključujući i 60 oficira.

Za pogon broda koristi se gasno-turbinska dvoosovinska pogonska grupa, koja ima dva motora za krstarenje i četiri glavna motora koji se koriste u toku borbe. Ukupna snaga pogonske grupe je 84640 kW, koja omogućuje da krstarica razvija maksimalnu brzinu od 32 čvora (58 km/h). Ekonomična brzina je 18 čvorova, a daljina krstarenja pri toj brzini je 6000 milja.

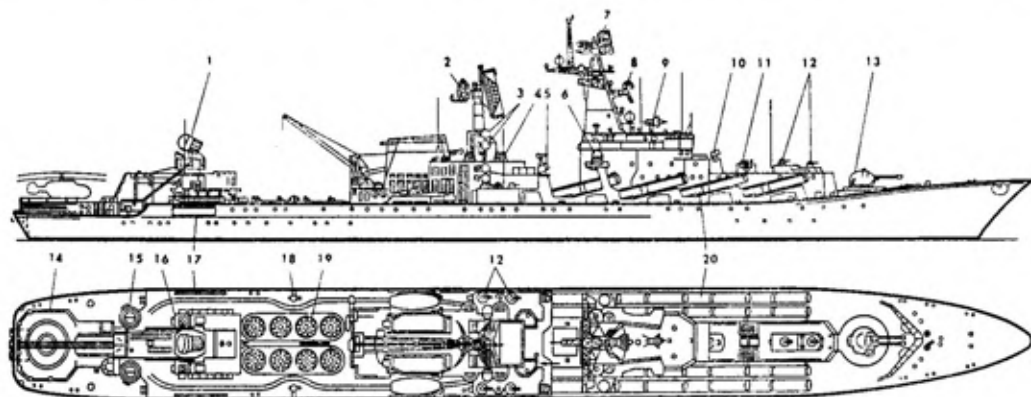
Osnovno naoružanje raketnih krstarica klase SLAVA su protivbrodski krstareći raketni projektili, smešteni u 16 jednostrukih kontejnera, po osam sa svake strane na prednjoj palubi. Posle lansiranja, a pre faze završnog aktivnog IC samonavođenja, svaki projektil prolazi kroz kraću fazu prethodno programiranog vođenja. Ciljeve mogu da otkriju i markiraju i drugi brodovi, avioni i sateliti.

Za zaštitu pomorskih snaga od savremenih i perspektivnih aviona, krstarećih raketa i drugih sredstava za napad iz vazdušnog prostora, uključujući i ona koja mogu da manevrišu i lete na maloj visini iznad površine mora, krstarica klase SLAVA koristi protivavionske vođene projekte za kolektivnu odbranu S-300 F. Ovi sistemi mogu jednovremeno da prate do šest ciljeva i da navode do 12 projektila. Smatra se da postojanje u pomorskoj formaciji krstarice koja je naoružana takvim sistemom može da ostvari efikasnu zaprečnu vatru protiv protivničkih vazdušnih snaga pre njihovog ulaska u zonu koju pokrivaju te snage. Veliki efikasni domet ovih vođenih projektila i brzo reagovanje sistema za upravljanje vatrom, uz veliku brzinu gađanja, jesu elementi kojima je postignuta visoka efikasnost sistema u odbijanju masovnih napada iz vazdušnog prostora.

Višefunkcionalna fazna antenska rešetka, sastavni deo sistema za upravljanje vatrom, postavljena je na obrtnom postolju koje joj omogućava napade na ciljeve koji dolaze iz bilo kojeg smera. Čvrstoća konstrukcije stuba antene i sposobnost stabilizacije elektronskog snopa antene omogućuju si-

i pasivnog ometanja. Brzo reagovanje sistema postiže se visokim stepenom njegove automatizacije.

Sistem S-300 F koristi vođene projektele sa jednostepenim raketnim motorom sa čvrstim gorivom. Maksimalni efikasni domet ovih projektila protiv ciljeva u vazдушnom prostoru je 90



Sl. 1 — Raketna krstarica klase SLAVA

1 do 10, 16 — antene radioelektronskih sredstava, 11 — lanseri raketa, 12 — automatski top 30 mm AK-630M, 13 — dvocevni automatski top 130 mm AK-130, 14 — platforma za slanje helikoptera, 15 i 19 — lanseri za S-300F i OSA-M, 17 — torpedna vrata, 18 — bacači lažnih ciljeva, 20 — dvostruki lanseri, primarnih protivbrodskih odbrambenih sistema.

stemu da lansira vođene projektele sa broda koji se kreće po talasima, a da to ne utiče na preciznost vođenja.

Komandni sistem protivavionskih vođenih projektila S-300 F koristi mikropcesorske računare sa dijagnostičkim uređajima, ugrađenu funkcionalnu ispitnu opremu za kontrolisanje delova sistema i simulator za obuku poslužioca. Sistem određuje režime rada i upravlja funkcionisanjem uređaja, obrađuje i pokazuje informacije i izmenjuje ih sa drugim korisnicima. U toku dugih krstarenja pouzdanost celokupne opreme se prikazuje na displeju. Višefunkcionalni radar, koji je uključen u sistem upravljanja, obezbeđuje visoki stepen preciznosti praćenja cilja i vođenja projektila i u uslovima aktivnog

km. Vođeni projektil ima snažnu boju glavu, čija je masa 130 kg, sa blizinskim upaljačem koja se može koristiti za gađanje ciljeva u vazдушnom prostoru kao i brodova. U režimu praćenja projektil se vodi pomoću primopredajne opreme. Način vođenja obezbeđuje pouzdano praćenje cilja i u uslovima ometanja.

Ovaj sistem, takođe, ima potpalubni dobošasti lanser. Projektili su smešteni u transportno-lansirnim kontejnerima vertikalno u vodičama doboša. Svaki vođeni projektil lansira se vertikalno iz kontejnera smeštenog ispod lansirnog otvora. Marševski motor projektila aktivira se neposredno nakon napuštanja lansera, čime se sprečava pojava požara ili eksplozije. Kada pro-

jektil napusti lanser, doboš se okreće i dovodi sledeći vođeni projektil u položaj za lansiranje.

Vertikalno lansiranje vođenih projektila eliminiše potrebu navođenja lansera u željenom smeru. Kretanje vođenog projektila, posle napuštanja lansera, određuje program koji se uvodi u vođeni projektil u fazi pripreme za lansiranje.

Lanser poseduje utovarni uređaj za dopremanje transportno-lansirnih kontejnera sa vođenim projektilima sa palube broda u magacin, i postavljanje u vođice doboša. Na taj način operacija popune projektila je skoro potpuno mehanizovana, čime se smanjuje vreme utovara vođenih projektila u brod. Vođeni projektili se skladište i isporučuju u transportno-lansirnim kontejnerima, tako da ne zahtevaju proveru i podešavanje u roku od 10 godina.

Raketni sistem za protivavionsku kolektivnu odbranu prima podatke o cilju od brodskih sredstava preko prilagodnog uređaja koji je deo sistema za upravljanje. U nezavisnom režimu traganja za ciljem, sistem skanira vazdušni prostor i traga za ciljevima u okviru predviđenog sektora. Prilagodni uređaj (interfejs), takođe, povezuje sistem sa brodskim senzorima koji daju podatke o kretanju broda (valjanju, propinjanju, skretanju i brzini).

Maksimalni kosi domet za otkrivanje ciljeva na visinama od 2 km, pa do maksimalne visine leta aviona (plafona) iznosi 90 km, a za visine koje su niže od 25 km — 25 km. Vođeni projektili mogu da pogode ciljeve koji lete brzinom preko 4200 km/h. Minimalni interval između dva lansiranja projektila u sistemu S-300 F iznosi 3 s.

Za otkrivanje, identifikaciju, praćenje i napad na protivbrodske krstarice rakete, a i na ciljeve iz vazdušnog prostora koji lete na malim visinama

i površinske ciljeve u neposrednoj blizini, krstarice klase SLAVA koriste brodski protivavionski raketni sistem tipa OSA-M. Ovaj sistem je prisutan dugi niz godina u naoružanju gde je stekao dobru reputaciju, i ugrađen je, praktično, na sve tipove ruskih površinskih ratnih brodova. Na krmi raketne krstarice postavljena su dva udvojená potpalubna podizuća lansera, tipa ZIF-122, za lansiranje protivavionskih vođenih projektila sa daljinskim upravljanjem tipa 9M33M5 (RZ-13, 9M33M). Protivavionski raketni sistem namenjen je za napade na ciljeve koji lete na različitim visinama, čija je efektivna površina manja od 0,1 m², na daljinama 1,2 do 10 km. Sastoji se od lansera, centralnog i antenskog postolja. Sistem za upravljanje sačinjavaju radar za akviziciju cilja, praćenje i nišanje, stanica za prenos komandi, komandne table za tri poslužioce (operatora), prilagođivač pogona i kontrolni uređaji.

Projektil se vodi do cilja preko radio-komandi, a bojna glava se aktivira pomoću blizinskog upaljača (osnovni način) ili putem radio-komandi, ukoliko se cilj nalazi na ekstremno maloj visini. Radari protivavionskog raketnog sistema rade u SHF području i zaštićeni su od smetnji.

Odbranu brodova od protivbrodskih vođenih projektila obezbeđuje 6 topova kalibra 30 mm AK-630M, sa brzinom gađanja do 5000 granata/min. Tom brzinom gađanja i beznačajnom disperzijom granata AK-630M može da dejstvuje po ciljevima sa velikom verovatnoćom pogađanja. Pošto su uglovi elevacije topa od -25° do +90°, a ugao po azimutu +180°, samoodbrambene sposobnosti krstarice od dolazećih krstarjećih raketa pokrivaju sve sektore. Borbeni komplet jednog brodskeg topa je 2000 razorno-parčadnih i razorno-osvetljavajućih granata.

Za odbranu od niskoletećih protivbrodskih projektila, na prednjoj palubi

krstarice postavljen je artiljerijski sistem AK-130. Njegova dva topa kalibra 130 mm takođe se mogu upotrebiti za dejstvo protiv ciljeva na kopnu i moru, i za podršku operacija iskrcavanja. Efikasni horizontalni domet topa je preko 20 km. Koristi nekoliko vrsta jednodelnih metaka: razorno-parčadne sa udarnim upaljačem, razorno-parčadne sa radio-upaljačem i razorno-parčadne sa upaljačem kojim se komanduje daljinskim putem. Početna brzina artiljerijskog projektila je 850 m/s, masa metka 53 kg, a masa projektila (granate) 32 kg. Borbeni komplet čini 180 metaka. Sektor gađanja ovog broskog topa je vrlo širok: ugao po azimutu je 200° , a po elevaciji od -10° do $+80^\circ$. Brzina okretanja topa po azimutu je $25^\circ/\text{s}$. Pribor za upravljanje vatrom MR-184 obezbeđuje precizno merenje kretanja vazduha, mora i obalskih ciljeva, korekturu vatre pri gađanju ciljeva na moru prema udarima granata u vodu, automatsko praćenje artiljerijskog projektila i određivanje meteoroloških popravki na osnovu praćenja sopstvene granate. Pribor za upravljanje vatrom opremljen je brisačem stalnih odraza (pokazivačem pokretnih ciljeva) i sredstvima za zaštitu od ometanja.

Brzina gađanja univerzalnog artiljerijskog sistema može da dostigne 86 metaka/min, što ga čini vrlo efikasnim protiv ciljeva u vazдушnom prostoru i velikih ciljeva na moru.

Za zaštitu krstarice od dejstva protivničkog naoružanja, brod je opremljen bacačima pasivnih protivradarskih mamaca PK-10 (po 6 bacača na svakom boku) i PK-2 (dva bacača po boku). Radarska i optronička sredstva ovih bacača za ometanje mogu da postave lažne ciljeve i ostvare pasivno ometanje, čime se krstarici omogućuje prikriveno kretanje.

Za borbu protiv podmornica, krstarica klase SLAVA ima ispod zadnjeg nadgrađa dva petocevna torpedna ure-

đaja za protivpodmornička torpeda i raketne bacače na vrhu nadgrađa.

Krstarice klase SLAVA pripadaju najsavremenijim ratnim brodovima.

P. Marjanović

BRODSKI RADAR PILOT*)

Razvoj broskog radara PILOT završen je 1989. godine. Ispitivanja su pokazala da se njegovo zračenje može otkriti sredstvima za elektronsko izviđanje sa daljine od svega 1,3 milje. To je postignuto zračenjem frekventnomodulisanih kontinualnih talasa pri njegovom radu. Postojeća sredstva za elektronsko izviđanje mogu da registruju impulsne radarske signale, ali su slabo osetljiva na postepeno povećavanje snage zračenja. Što god je veća učestanost ponavljanja impulsa, toliko je srednja snaga zračenja bliža nivou impulsne snage. Prema tome, najmanja uočljivost radara, pri visokoj srednjoj snazi, može se postići na račun kontinualnog zračenja. Ako se, pak, zrače frekventnomodulisani signali na različitim frekvencijama, on se može koristiti po principu običnih radara i izdvojiti signal odbijen od cilja. Kod radara PILOT odbijeni signali se integrišu koherentno u celom periodu promena frekvencije, imajući dijapazon koji je ekvivalentan promeni frekvencije (oko 1 kHz). Na taj način, razlike u propusnom dijapazonu prijemnika elektronskog izviđanja i radara su u odnosu 10000:1 (40 dB).

Kao rezultat obrade signala, izlazna snaga radara PILOT od 1 W odgovara impulsnoj snazi od 10 kW i srednjoj snazi od 10 W običnih impulsnih radara. Za proračun daljine koristi se digitalni procesor signala koji koristi algoritam brze Furijeove transformacije, a to uslovljava visoki ste-

*) Prema podacima iz časopisa ЗАРУБЕЖНОЕ БОЕНОЕ ОБОЗРЕНИЕ, 9/1994.

*Taktičko-tehničke karakteristike radara
PILOT*

Dijapazon korišćenih frekvencija (mHz)	9345 do 9405
Granica odstupanja frekvencije (mHz)	50; 25; 12,5; 6,25; 3,125 i 1,5625
Period promene frekvencije (kHz)	1
Brzina obrtanja antene (min ⁻¹)	24 i 48 (20 i 40)
Širina snopa u horizontalnoj ravni (°)	1,2
Širina snopa u vertikalnoj ravni (°)	20
Koeficijent pojačanja antene (dB)	30
Izlazna snaga (približno) (W)	1
Nivo sopstvenog šuma prijemnika (dB)	3
Praktična daljina otkrivanja plovila sa depasmanom od 400 t (km)	15 do 20

pen rezolucije koja iznosi 3 m na daljini od 0,375 milja i 96 m na daljini od 24 milje. To omogućava da se radar koristi za otkrivanje periskopa i radarskih antena podmornica i plutajućih mina.

Radar PILOT može da radi autonomno ili u sastavu broskog borbene i informacionog centra, jer njegov procesor obezbeđuje videoizlaz koji se može povezati sa većinom displeja i sistema za digitalnu obradu podataka. Može biti ugrađen na brod sa sopstvenom antenom, da koristi antenu drugog navigacijskog radara, a radi i u kombinaciji sa drugim radarima. Pored toga, može da koristi pojedinačnu antenu (masa sa jarbolom 55 kg) ili udvojenju (masa oko 90 kg). Udvojena antena omogućava povećanje dometa radara za 25%.

Cena radara PILOT dva puta je veća od cene običnog impulsnog navigacijskog radara.

P. Marjanović

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, organizaciju i stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i usavršavanju pripadnika Vojske Jugoslavije.

Članak se dostavlja Redakciji u dva primerka, a 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.

Članak treba da sadrži rezime u najviše desetak redova, uvod, razradu i zaključak. Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim proredom). Tekst mora biti jezički i stilski dočekan, 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.

Spisak grafičkih priloga treba da 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. Opširan pregled literature neće se prihvatiti.

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.

LEKTOR

Dobrila Miletić, prof

KORICE

Milojko Milinković

KOREKTOR

Bojana Uzelac

Cena: 8,00 dinara

Tiraž: 1600 primeraka