IZDAVAČKI SAVET:

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

General-major
dr ALEKSANDAR RADOVIĆ, dipl. inž.

General-major
dr MILORAD ĐRAGOJEVIĆ, dipl. inž.

General-major
mr MILAN ZAKLAN, dipl. inž.

Pukovnik
ĐORĐE ĐUKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
LJUBODRAG PAVLOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr ZORAN STOJILJKOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr JOSIP LENASI, dipl. inž.

Pukovnik
dr DOBRICA PETRIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr JUGOSLAV KODŽOPELJIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr VLADIMIR VOLAREVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
BORIS JURKOVIĆ-PERIŠA, dipl. inž.

Pukovnik
MILOSAV BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr NOVICA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr ZAHARIJE VLAŠKALIN, dipl. inž.

Pukovnik
JOVAN MARKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr VIDOJE PANTELIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr MILISAV ARSIĆ, dipl. inž.

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

Pukovnik
IVAN SLAVKOV, dipl. inž.

Potpukovnik
ŽIVOTA ILIĆ, dipl. inž.

Major
RADOLJUB DOŠIĆ, dipl. inž.

Kapetan I klase
MEŠUD HADŽIALIĆ, dipl. inž.
FRANJO BRKIĆ, dipl. inž.

●

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Pukovnik
mr TOMISLAV ŠTULIĆ, dipl. inž.

●

SEKRETAR REDAKCIJE

BRANKA STOJAKOV

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI GLASNIK — Beograd, Svetozara Markovića 70, VE-1. Telefoni: centrala 658-122, lokali: odgovorni urednik 22-976, sekretar 23-156, pretplata 32-937, žiro-račun: Vojnoizdavački i novinski centar (za Vojnotehnički glasnik) 60823-849-2393 Beograd. Godišnja pretplata: za pojedince — 150 dinara, a za ustanove, organizacije udruženog rada i druge organizacije — 450 dinara. Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna štamparija — Beograd, Generala Zdanova 40 b.

YU ISSN 0042-8469

IZDAJE
SAVEZNI SEKRETARIJAT ZA NARODNU ODBRANU

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS JUGOSLOVENSKE NARODNE ARMIJE

VOJNOTEHNIČKI *glasnik*



2

GODINA XXXIX ● MART—APRIL 1991.

SADRŽAJ

Mr Srđa Primus, potpukovnik, dipl, inž. 117 Značaj efektivnosti NVO za obezbeđenje b/g i izvršavanje zadataka u oružanoj borbi

Mr Zoran Ristić, potpukovnik, dipl. inž. 128 Određivanje racionalne efikasnosti gasne kočnice artiljerijskih oruđa

Mr Dušan Regodić, kapetan I klase, dipl. inž. 136 Analiza otpornosti cevi artiljerijskog oruđa

Mr Safet Karabegović, kapetan I klase, dipl. inž. 144 Doprinos postupku nameštanja gusenice na tenku M-84

Mihajlo Stankić, kapetan I klase, dipl. inž. 147 Metode sinhronizacije elektroagregata pri sprezanju u paralelnu mrežu

Stevan Sinkovski, kapetan I klase, dipl. inž. 155 Principi projektovanja radioelektronskih sistema integralnog tipa

Mr Dragan Knežević, potpukovnik, dipl. inž. 168 Analitičko definisanje vremena zatvaranja kombinovanih protivudarnih ventila sa membranom za regulaciju nadpritiska

Mr Nenad Parčina, major, dipl. inž. **Dušan Dobrila,** dipl. inž. 174 Tehnologije za masovno spremanje podataka

Mr Vlada Radić, kapetan I klase, dipl. inž. 191 Uticaj velikih brzina deformisanja na promenu karakteristika metala

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

203 »Tenkovski topovi budućnosti«
Deo 1: Topovi sa čvrstim i tečnim pogonskim punjenjem — P.M.

211 Novi norveški obalski topovi — P.M.

213 Razvoj mobilnih taktičkih sistema nevođenih raketa — P.M.

222 Superprovodnost: stanje i perspektive — L.B.

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

226 Automat 9 mm »MINI SMG 821« italijanske firme SOCIMI

226 Pištolj »DA DOUBLE EAGLE SERIES 90« američke firme COLT

227 Američki ometač sistema za dejstva iz vazduha »FIRESHIELD«

228 Detektor za otkrivanje helikoptera »PICKET« britanske firme FERRANTI

228 Familija inercijalnih sistema vođenja »SIGAL« francuske firme SAGEM

229 Nova švedska raketa »MK-2« za PVO sisteme »RBS 70« i »RBS 90«

230 Hemijske bombe »SWAT« američke firme MARTIN ELECTRONICS

230 Minijaturni raketni motor za upravljanje budućeg američkog vazdušno-kosmičkog projektila »LEAP«

230 Razvoj francusko-nemačkog helikoptera »PAH-2/HAC/HAP«

231 Detektor hemijskih BOt »CHAMP« izraelske firme RAFAEL

232 Sovjetska oklopna pokretna radionica i radno vozilo »BREM 1«

233 Kupola za dva člana posade »T.25« francuske firme CREUSOT-LOIRE INDUSTRIE

233 VVF/FM radio-uređaj sa frekvencijskim skakanjem »RTM-880« španske firme INISEL

234 Francuski poluprovodnički radar »DRBV 26C«

235 Minijaturni vojni štampač »TEMPEST IMT 100« francuske firme SECRE

235 Američka galijum-arsenidska integrisana kola

Mr Srđa Primus,
potpukovnik, dipl, inž.

Značaj efektivnosti sredstava naoružanja i vojne opreme za obezbeđenje borbene gotovosti i izvršavanje zadataka u oružanoj borbi

Uvod

Ostvarena dostignuća nauke, tehnologije i tehnike omogućavaju realizaciju sve savršenijih i, uslovima upotrebe, bolje prilagođenih sredstava i sistema naoružanja i vojne opreme (NVO), kojima se još uspešnije zadovoljavaju potrebe krajnjih korisnika.

Međutim, pošto su ova savršenija sredstva složenija, a zato i skuplja, to se u uslovima sve većih budžetskih ograničenja moraju naći kompromisi koji će omogućiti optimalno uravnotežene postojećih potreba i raspoloživih finansijskih sredstava.

Da bi se to ostvarilo, neophodno je primeniti nova i kompleksnija vrednovanja karakteristika različitih sredstava NVO, kojima se može realizovati jedna te ista potreba ili zadatak, a radi donošenja najcelishodnijih odluka u toku planiranja, istraživanja i razvoja ovih sredstava. Za ovu svrhu se, u poslednje vreme, sve više koriste koncept i teorija efektivnosti koji, u sprezi sa troškovima životnog ciklusa, omogućuju kompleksnu ocenu različitih rešenja u pogledu borbene gotovosti i uspeha u oružanoj borbi.

Zbog toga se krajnji korisnici sredstava i sistema NVO više ne ograničavaju samo na propisivanje osnovnih funkcionalnih i tehničko-eksploatacionih karakteristika sredstava kojima žele da se opreme, nego dopunski traže da se blagovremeno sagleda:

— koliki će procenat od ukupno nabavljenih sredstava biti u svakom trenutku spreman da funkcioniše;

— koliki će procenat od broja sredstava koja započnu funkciju uspešno izvršiti predviđeni borbeni zadatak;

— koliko će efikasno biti izvršenje ovog borbenog zadatka.

Pošto se, kao što je već prethodno bilo napomenuto, odgovori na ova pitanja iskazuju preko efektivnosti i njenih parametara, u ovom članku će se pokazati na koji način se to vrednuje, i pokazati zašto su ove karakteristike značajne za obezbeđenje ukupne borbene gotovosti jedinica i vođenje oružane borbe.

Efektivnost i njen značaj za borbenu gotovost i izvršavanje zadataka u oružanoj borbi

Pojam efektivnosti se, kako je već pomenuto, koristi u smislu opisivanja sveukupnih svojstava sredstava i sistema u pogledu izvršavanja onih zadataka zbog kojih je sistem i uveden u NVO.

Postoji više različitih definicija efektivnosti, ali je najšire prihvaćena

ona koja je određuje kao proizvod sledećih parametara:

$$\text{Efektivnost} = R \cdot P \cdot FP \qquad (1)$$

gde su:

R — raspoloživost sredstva, odnosno verovatnoća da će sredstvo u trenutku upotrebe biti spremno da izvrši predviđeni borbeni zadatak;

P — pouzdanost sredstva, odnosno verovatnoća da će sredstvo na propisan način funkcionisati u određenom intervalu i u predviđenim radnim uslovima;

FP — funkcionalna podobnost ili efikasnost sredstva za izvršenje određenog zadatka (npr. za vozilo: nosivost, brzina, ubrzanje, mogućnost savlađivanja uspona, mogućnost kretanja po bespuću; za streljačko naoružanje: tačnost gađanja, domet, brzina gađanja, itd.).

Iz navedenog izraza je očigledno da se, ako kod nekog sredstva ili sistema bilo koji od parametara efektivnosti nema zadovoljavajuću vrednost, neće moći očekivati da to sredstvo ili sistem postigne željeni učinak u toku borbenih dejstava.

Jedan od jednostavnijih primera za prikazivanje značaja efektivnosti je primer ručne bombe. Da bi se u toku vođenja borbe ovom bombom postigao željeni efekat, neophodno je da:

— u trenutku ukazane potrebe bude spremna za primenu (odnosno da je borac ima kod sebe ispravnu);

— pouzdano deluje (odnosno da u propisanom vremenu posle aktiviranja izazove eksploziju eksplozivnog punjenja);

— posle eksplozije izazove očekivani učinak.

Ako bilo koji od ta tri navedena uslova ne bi bio ispunjen, ne bi se moglo očekivati da će se ovom bombom postići željeni efekat.

Pri tome je iz datog primera jasno da postoji i određen redosled kritičnosti.

Najbitnije je da sredstvo bude raspoloživo, jer ako sredstvo nije na raspolaganju ne može se ni očekivati da se sa njim može izvršiti bilo koji zadatak.

Iza toga je bitno da sredstvo bude željene pouzdanosti, jer što je ono manje pouzdano, to je manja verovatnoća da će se sa njim uspešno realizovati predviđeni zadatak.

Na kraju, ali samo ako su ispunjena prva dva uslova da je sredstvo bilo raspoloživo i da je ono bez otkaza ispunilo svoju funkciju, može se očekivati da će njegova upotreba dati željeni efekat.

Međutim, korisnici, uglavnom, najčešće vode računa samo o parametru funkcionalne pogodnosti i retko razmišljaju o tome kolika će, u slučaju potrebe, biti stvarna raspoloživost njihovih sredstava i sa kolikom će pouzdanošću trenutno raspoloživa sredstva uspeti da obave predviđeni zadatak.

Jedan od mogućih razloga tome je činjenica da su se za vođenje oružane borbe ranije prvenstveno koristila masovna i srazmerno jednostavna sredstva, koja su uvek imala visoku pouzdanost, a zbog visoke pouzdanosti i masovnosti i dobru raspoloživost. Međutim, poslednjih 20 godina u NVO se uvode sve složenija sredstva i sistemi koji zbog toga imaju znatno manju ukupnu pouzdanost.

Istovremeno, na uspeh oružane borbe sve više utiču malobrojni veoma skupi sistemi (avioni, radarski, raketni, izviđački, i dr. sistemi), za koje je veoma teško obezbediti željenu raspoloživost.

Navedene činjenice ukazuju na to da je neophodno da svaki korisnik vodi računa i o ovim parametrima i ne dozvoli da se u NVO uvedu sredstva ili sistemi nezadovoljavajućih vrednosti ili su te vrednosti nedovoljno poznate ili potpuno nepoznate.

Ovde je nužno napomenuti da se efektivnost kao mera sveukupnih svojstava sredstava i sistema NVO može razmatrati sa dva aspekta:

— procenjivati rezultate izvršenja istih borbenih zadataka pomoću više vrsta sredstava ili sistema NVO i prihvatiti povoljniju varijantu, i

— ocenjivati varijante (u konstrukcionom, tehnološkom, proizvodnom i sl. pogledu) jedne iste vrste sredstava ili sistema koji se razvijaju za već definisani borbeni zadatak.

U oba slučaja nužno je takva razmatranja povezati sa odgovarajućim troškovima, tj. sa cenom svake varijante, kako bi se donela adekvatna odluka o prihvatanju najpovoljnije vrste sredstava, kao i odluka o njegovom najpovoljnijem konstrukcionom i tehnološkom rešenju. Takva metodologija omogućava da se za izvršenje namenjenih zadataka odaberu sredstva najveće efektivnosti, a uz najmanju cenu za celokupni prognozirani vek upotrebe.

Od čega zavisi i putem kojih mera se može postići željena efektivnost

Iako je sve što je do sada izloženo i opravdano i neophodno, može se reći da ima dosta nejasnoća i problema kada treba da se precizira kolika bi u pogledu vrednosti morala biti efektivnost sredstva ili sistema i šta bi stvarno značila neka ovako propisana vrednost.

Razlog ovome su, kako dosadašnje nepoznavanje pojma efektivnosti, tako i srazmerno velika neodređenost pojma funkcionalne podobnosti ili efikasnosti. U odnosu na već dati opis korišćenja efektivnosti u oblasti izbora vrste sredstava, to se može pokazati sledećim primerom.

Zadatak je da se na određenom delu fronta obezbedi vrsta i količina sredstava koja će efikasno uništiti bar 90% nastupajućih neprijateljevih srednjih tenkova.

Ovaj zadatak se može, u principu, ispuniti na više načina:

— određenim brojem i karakteristikama nagaznih PT mina;
— određenim brojem i karakteristikama senzorskih PT mina;
— PT topovima;
— nevođenim PT raketama;
— vođenim PT raketama;
— dejstvom helikoptera;
— dejstvom avijacije;
— samohodnim oruđima;
— tenkovima;
— ostalim vrstama artiljerijskih sredstava;
— kombinacijom navedenih sredstava.

Iako su sva navedena sredstva funkcionalno podobna za uništavanje neprijateljevih tenkova, njihove ostale karakteristike i parametri efektivnosti variraju u veoma širokom rasponu, tako da se, po pravilu, ne mogu direktno porediti.

Međutim, pri donošenju početne odluke, a posle integralnog razmatranja mogućnosti svih navedenih sredstava i njihovog poređenja u pogledu različitih aspekata (npr. efikasnosti, mogućnosti višekratne upotrebe, pokretljivosti, neranjivosti, potrebe za brojem i obučenošću njihovih posluga, orijentacione cene opremanja, itd.) treba se opredeliti za jedno od sredstava tačno određenih karakteristika. Ova upoređivanja i analize treba vršiti još u toku taktičke studije (TS) a najkasnije u toku prethodne analize (PA), i to na intervidovskom nivou, pri čemu se najčešće, primenjuje višekriterijska analiza, uz pridodavanje određenih težinskih faktora svakom od parametara.

Kada je posle ovih upoređivanja odlučeno da se, radi efikasne borbe protiv tenkova, izvrši opremanje sa određenim predstavnikom navedenog asortimana sredstava, prestaju dalja razmatranja da li bi neka druga grupa sredstava efikasnije obavila isti zadatak. Može se, takođe, pretpostaviti da

će se sredstvo tako konstruisati, da će obezbediti sve tražene tehničko-eksploatacione karakteristike.

Zato se iz prethodno navedenog izraza za efektivnost (1) tada može zanemariti parametar funkcionalne podobnosti, odnosno smatrati da će taj parametar imati vrednost 1.

U tom slučaju se obrazac za efektivnost svodi na:

$$E = R \cdot P \cdot 1 = R \cdot P = \text{raspoloživost} \cdot \text{pouzdanost} \quad (2)$$

Pošto su i raspoloživost i pouzdanost verovatnoće čija se vrednost može kretati u granicama od 0 do 1, to će se i ukupna vrednost efektivnosti kretati u granicama od 0 do 1.

Ukoliko se, kao što je već navedeno, pod efektivnošću podrazumeva tehnička osposobljenost određenog broja odabranog tipa sredstava ili sistema NVO da sa predviđenom efikasnošću izvrše njima predodređeni zadatak, treba sagledati koji parametri određuju njenu vrednost.

Pošto je, posle opredeljenja na odabrano funkcionalno rešenje, formula za efektivnost uprošćena na

$$E = R \cdot P$$

jasno je da se mora utvrditi od čega zavise vrednosti ova dva parametra.

Prvi od njih je raspoloživost koju u opštem slučaju definiše odnos:

$$R = \frac{\text{vreme u toku kojeg je sredstvo sposobno za izvršenja zadatka}}{\text{ukupno kalendarsko vreme}} \quad (3)$$

Odavde je očigledno da je efektivnost, u stvari, verovatnoća koja pokazuje koliki će procenat od ukupnog broja sredstava određenog tipa biti u svakom trenutku tehnički sposobno da izvrši za njih predviđeni zadatak.

Pošto je brojitelj prethodnog izraza na prvi pogled neodređen, formula za raspoloživost se jasnije iskazuje kao:

$$R = \frac{\text{srednje vreme između održavanja}}{\text{sred. vreme između održavanja} + \text{sred. vreme zastoja zbog održavanja}} \quad (4)$$

Odnosno, ako vrednost efektivnosti iznosi, na primer 0,85, to znači da se u jedinici koja je popunjena određenim brojem sredstava za izvršenje predviđenog zadatka, može očekivati da će samo 85% ovih sredstava biti tehnički sposobno da ga započne izvršiti.

Ukupna efektivnost jedinice može biti još i manja i to zato što ona zavisi i od osposobljenosti, broja i mogućnosti korišćenja ljudi koji treba da rukuju ovim sredstvima. Pored toga, sposobnost jedinice zavisi i od odgovarajuće popunjenosti i raspoloživosti neophodnih borbenih potreba u koje spadaju municija, gorivo, električna energija, i slično. Sve to može da utiče na umanjenje ukupne efektivnosti jedinice kao celine da u slučaju najnepovoljnije situacije efikasno obavi određeni zadatak.

Dakle, da bi raspoloživost posmatranog sredstva ili sistema bila što veća, moralo bi biti što veće srednje vreme između održavanja i što manje srednje vreme zastoja zbog održavanja.

Zato je u svakom slučaju za korisnika veoma bitno da obezbedi optimalne vrednosti oba parametra koji određuju raspoloživost.

Srednje vreme između održavanja, koje bi moralo biti što veće, zavisi od:

— pouzdanosti sredstva, jer što je ona veća to će sredstvo ređe otkazivati, odnosno dolaziti u neispravno stanje;

— vremenske stabilnosti njegovih deklarisanih karakteristika, koja, takođe, mora biti što veća kako bi se sredstvo moralo ređe pregledati, podešavati, podmazivati, zaštićivati itd., jer se u toku ovih aktivnosti takođe ne može koristiti;

— očekivanog procenta oštećenja usled ratnih dejstava, za koji je poželjno da bude što niži, kako bi se zbog ovakvih oštećenja sredstvo ređe slalo na popravke.

Međutim, ako se detaljnije analiziraju sva tri navedena parametra koji određuju vrednost srednjeg vremena između održavanja, onda je lako utvrditi da prva dva od njih, a to su pouzdanost i vremenska stabilnost deklarisanih karakteristika, isključivo zavise od odabranog konstrukcionog rešenja, a treći od intenziteta borbenih dejstava koji nam nameće protivnik i neranjivosti koja je zavisna od konstrukcionog rešenja.

Odnosno, iako taktički i tehnički nosilac mogu zahtevati da razvijano sredstvo ili sistem ima željenu pouzdanost i vremensku stabilnost deklarisanih karakteristika, vrednost ovih parametara će prvenstveno zavisiti od nosioca razvoja, koji putem odabranog konstrukcionog rešenja zadovoljava ili ne zadovoljava postavljene vrednosti.

Razume se, sve ovo što je rečeno odnosi se na optimalno moguće vrednosti pouzdanosti i stabilnosti deklarisanih karakteristika, koje se u praksi mogu znatno pogoršati zbog nepropisnog rukovanja i neizvršavanja preventivnih aktivnosti osnovnog i tehničkog održavanja.

Ako nakon toga razmotrimo od čega zavisi srednje vreme zastoja zbog održavanja, koje je drugi parametar koji utiče na raspoloživost sredstva, može se utvrditi da ono zavisi od:

— konstrukcionog rešenja, kojim je određeno koji se procenat od ukupnog broja nastalih neispravnosti može uspešno defektirati i otkloniti na nivou lakog remonta (LR), zbog kojeg se procenta tih neispravnosti sredstvo mora slati na srednji remont (SR) i koji se procenat neispravnosti može otkloniti samo na nivou generalnog remonta (GR);

— vremena zastoja zbog održavanja sredstva na određenom nivou remonta,

Odnosno

$$t_{\text{zastoja zbog održavanja}} = \frac{X \cdot t_{\text{zastoja LR}} + Y \cdot t_{\text{zastoja SR}} + Z \cdot t_{\text{zastoja GR}}}{X + Y + Z} \qquad (5)$$

gde su:

- X — broj neispravnosti koje se mogu otkloniti na nivou LR;
- Y — broj neispravnosti zbog kojih se sredstvo mora slati na SR;
- Z — broj neispravnosti koje se jedino mogu otkloniti na GR;
- $t_{\text{zastoja LR}}$ — vreme zastoja zbog LR — koje se za većinu sredstava može uzeti da iznosi do 8h, a najduže 1 dan;
- $t_{\text{zastoja SR}}$ — vreme zastoja zbog SR — koje se za većinu sredstava može uzeti da iznosi oko 10 do 30 dana;
- $t_{\text{zastoja GR}}$ — vreme zastoja zbog GR — koje se za većinu sredstava može uzeti da iznosi oko 90 do 180 dana.

Ako se u ovu formulu unesu prethodno pomenuta prosečna vremena zastoja na nivou LR, SR i GR, dobiće se da srednje vreme zastoja zbog održavanja iznosi:

$$t_{\text{zastoja zbog održavanja}} = \frac{X + (10 \text{ do } 30)\,Y + (90 \text{ do } 180)\,Z}{X + Y + Z} \qquad (6)$$

Odavde je po visini uticaja očigledno da će ukupno vreme zastoja zbog održavanja biti manje što je manji broj neispravnosti zbog kojih se sredstvo mora slati na srednji i generalni remont.

Međutim, isto tako, može se reći da će se prosečno vreme zastoja zbog održavanja skratiti onda, kada se skrati vreme zastoja zbog održavanja na svim nivoima, a naročito na srednjem i generalnom remontu.

Može se izvesti opšti zaključak da se teži konstrukcijama koje manje otkazuju i za čije otkaze je potrebno manje angažovanje viših nivoa održavanja.

Iako je to tačno, ipak je činjenica da su se, već dugi niz godina, svi napori za skraćivanje srednjeg vremena zastoja zbog održavanja svodili na traženje načina da se smanji vreme zastoja zbog SR i GR. Odnosno, u tom periodu se nije išlo ka tome da se od nosioca razvoja izričito zahteva da odgovarajućim konstrukcionim rešenjima obezbedi da se većina ili sve neispravnosti mogu otkloniti na nivou LR.

Zbog toga postoje velike i do sada skoro nekorišćene mogućnosti da se putem odgovarajućeg konstrukcionog rešenja obezbedi što kraće prosečno vreme zastoja. Istovremeno su srazmerno male šanse da se ovo vreme zastoja znatnije reducira putem daljeg usavršavanja organizacije rada:

— saobraćajne službe od koje zavisi vreme slanja i povratka sa remonta;

— tehničke službe od koje zavisi vreme aktivnog remonta i čekanja na otpočinjanje remonta;

— korisnika od kojeg zavisi vreme čekanja za preuzimanje sa remonta.

Pored toga, postavlja se pitanje da li će se u uslovima ratnih dejstava moći znatnije reducirati vremena zastoja zbog SR i GR. Razlog tome su:

— otežane mogućnosti transporta — zbog naglo naraslih potreba za prevozom, verovatne ispresecanosti terito-rije i intenzivnih aktivnosti vazduhoplovstva neprijatelja;

— znatno veće opterećenje remonta — zbog naglog povećanja broja neispravnosti prouzrokovanih daleko dužom eksploatacijom, otežanim uslovima upotrebe i oštećenjima usled borbenih dejstava.

Zbog toga je verovatno da se daleko više može postići optimizacijom parametra raspoloživosti putem konstrukcionog rešenja koje će omogućiti:

— da se sve ili bar velika većina od svih nastalih neispravnosti mogu otkloniti na nivou lakog remonta;

— da se svi kontrolno-tehnički pregledi, podešavanja i ostale radnje tehničkog održavanja, kojima se preduprežuju i otklanjaju posledice postepene degradacije karakteristika, takođe mogu izvesti na nivou LR;

— da se svi ili velika većina svih neispravnih sklopova i blokova, koji su zamenjeni na nivou lakog remonta, mogu opraviti na nivou srednjeg remonta,

— da nijedan normalan eksploatacioni otkaz ne sme biti uzrok da se kompletno sredstvo pošalje na generalni remont — drugim rečima, generalni remont treba predvideti samo za sklopove sredstava koji su otkazali u normalnoj eksploataciji, a koji se ne mogu opraviti na nivou srednjeg remonta ili za, zbog vanrednih ili borbenih oštećenja, delimično uništena kompletna sredstva.

Pri tome, treba naglasiti da su ovi zahtevi vrlo često potpuno ostvarljivi. Na primer, već je razvijen prenosni radio-uređaj kod kojeg su oni do kraja ostvareni i to putem sledećih mogućnosti:

— u uređaju je obezbeđena automatska provera ispravnosti svih karakteristika — zbog čega je izbegnuta potreba za bilo kojim kontrolno-tehničkim pregledom;

— ugrađeni sistem automatske provere ispravnosti istovremeno obezbeđuje automatsku defektaciju neispravnosti kada on korisniku signalizira da je ona nastala zbog otkaza tačno određenog sklopa;

— konstrukciono rešenje uređaja je takvo da se do bilo kojeg sklopa može doći posle odvijanja 6 vijaka koji drže poklopac uređaja, i da se bilo koji

sklop može izvući ili ponovo ubaciti u uređaj bez korišćenja bilo kakvog alata,

— kada je sklop za koji je sistem automatske provere utvrdio da je neispravan, zamenjen ispravnim sklopom, pomenuti sistem automatske provere će ponovo ispitati uređaj i obavestiti korisnika da li je sve u redu.

Dakle, ukoliko postoji ispravni sklop, svaku opravku tog radio-uređaja može izvršiti ne samo mehaničar iz jedinice tehničkog održavanja, nego i sam korisnik.

Ukoliko se sada ponovo vratimo na osnovni izraz za raspoloživost

$$R = \frac{t_{\text{između održavanja}}}{t_{\text{između održavanja}} + t_{\text{zastoja zbog održavanja}}} \qquad (7)$$

i prisetimo se da srednje vreme između održavanja zavisi od konstrukcionog rešenja i gubitaka usled ratnih dejstava, odnosno da je vreme između održavanja funkcija koja zavisi od konstrukcije i ratnih gubitaka, a da srednje vreme zastoja zbog održavanja zavisi od konstrukcionog rešenja i organizacije transporta, remonta i preuzimanja, odnosno da je ovo vreme zastoja funkcija koja zavisi od konstrukcije i organizacije, pa ako se ove dve matematičke funkcije ubace u izraz za raspoloživost dobiće se:

$$R = \frac{f_{1(\text{konstrukcije, gubitaka})}}{f_{1\,(\text{konstrukcije, gubitaka})} + f_{2\,(\text{konstrukcije, organizacije})}} \qquad (8)$$

Ukoliko se ponovo vratimo na početni izraz za efektivnost, koji glasi $E = R \cdot P$, onda je jasno da u njemu figuriše i parametar pouzdanosti za koji je već ranije navedeno da isključivo zavisi od odabranog konstrukcionog rešenja, znači $P = f_3$ (konstrukcije).

Odavde je očigledno da je posle opredeljivanja na određeno funkcionalno rešenje ukupna efektivnost sredstva ili sistema određena jednačinom

$$E = R \cdot P = \frac{f_{1(\text{konstrukcije, gubitaka})} \cdot f_{3(\text{konstrukcije})}}{f_{1\,(\text{konstrukcije, gubitaka})} + f_{2(\text{konstrukcije, organizacije})}} \qquad (9)$$

Pošto svaki član ove jednačine zavisi od konstrukcionog rešenja, jasno je da i efektivnost, odnosno tehnička osposobljenost određenog broja odabranog tipa sredstva ili sistema NVO da sa predviđenom efikasnošću izvrše njima predodređeni zadatak, prvenstveno zavisi od konstrukcionog rešenja sredstva ili sistema, a u daleko manjoj meri od procenta ratnih gubitaka i stepena usavršenosti organizacije transporta, održavanja i korišćenja.

Iz toga je logično da u pogledu obezbeđenja efektivnosti najviše može učiniti baš nosilac razvoja, koji je dužan da putem odgovarajućeg konstrukcionog rešenja obezbedi optimalnu vrednost karakteristike sredstava i sistema NVO koja se razvijaju ili modernizuju.

Odnos efektivnosti sredstava i sistema NVO i finansijskih sredstava za opremanje

Pošto se iz godine u godinu reducira ukupni armijski budžet, to se u tom odnosu, pa čak i više, smanjuju novčana sredstva za opremanje novim sistemima i sredstvima NVO.

Stoga je retko koji taktički nosilac uspeo da se opremi baš onolikim količinama sredstava NVO kolike bi, po njemu, bile potrebne za postizanje željenog uspeha. Zbog toga svaki od njih nastoji da putem mogućih ušteda u razvoju i proizvodnji obezbedi bar malo, ali za njega ipak značajno povećanje ukupnog broja novih sredstava.

Pri tome je svakom od korisnika jasno da je za njega bitnija ukupna e-

fektivnost nego ukupan broj nabavljenih sredstava, odnosno da je za njega povoljnije da za ista novčana sredstva obezbedi npr. 950 sredstava koja će u slučaju potrebe imati efektivnost od 95%, nego da umesto toga nabavi 1000 sredstava koja će imati efektivnost od 80%. Razlog za takvu odluku jeste što bi u prvom slučaju 902 njegova sredstva u trenutku ukazane potrebe uspešno realizovala svoj zadatak, dok bi u drugom slučaju samo 800 ovih sredstava na očekivani način izvršilo postavljeni zadatak.

Iako je to računski potpuno jasno, još uvek je teško imati objektivne i potpuno očigledne podatke o efektivnosti postojećih sredstava, a ima problema i pri određivanju koliko bi se putem dopunskih ulaganja u razvoj i proizvodnju mogla povećati efektivnost i umanjiti troškovi životnog veka novouvođenih sredstava iste namene.

Da bi se to sagledalo, pođimo od jednog primera.

Neka je u nekoj jedinici za neku grupu sredstava ili sistema NVO prosečna raspoloživost sredstava NVO manja od 0,92, odnosno da je u jedinici nešto manje od 92% sredstava koja su uvek spremna za rad i nešto više od oko 8% sredstava koja se, zbog neispravnosti ili degradacije svojih karakteristika, nalaze u jedinicama ili ustanovama tehničkog održavanja, srednjeg i generalnog remonta, ili koja su još u jedinici, ali nisu spremna za rad.

Polazeći od tog hipotetičkog podatka, iz izraza za raspoloživost (7) može se utvrditi da prosečno vreme zastoja zbog održavanja iznosi oko 8,7% od vremena između održavanja.

Ako se uzme u obzir da bi, u toku oružane borbe, naglo povećani intenzitet eksploatacije i borbena oštećenja, na primer, bar za 2 puta (a verovatno više od 3 puta — što zavisi od mesta sredstva i sistema u borbenom ešelonu) skratili dužinu srednjeg vremena između održavanja, onda je:

$$t_{\text{između održavanja u ratu}} \leq 0{,}5 \cdot t_{\text{između održavanja u miru}}$$

Pošto se istovremeno može pretpostaviti da je:

$$t_{\text{zastoja zbog održavanja u ratu}} \geq t_{\text{zastoja zbog održavanja u miru}}$$

može se utvrditi da će prosečna raspoloživost te grupe sredstava ili sistema NVO u ratu opasti na

$$R_{\text{u ratu}} = \frac{t_{\text{između održavanja u ratu}}}{t_{\text{između održavanja u ratu}} + t_{\text{zastoja u ratu}}} \tag{10}$$

$$R_{\text{u ratu}} \leq \frac{0{,}5 \cdot t_{\text{između održavanja u miru}}}{0{,}5 \cdot t_{\text{između održavanja u miru}} + 0{,}087 \cdot t_{\text{između održavanja u miru}}} \tag{11}$$

$$R_{\text{u ratu}} \leq \frac{0{,}5}{0{,}587} = 0{,}85$$

Znači, ako je uzeto da postojeća grupa sredstava NVO u miru ima raspoloživost koja nije veća od 0,92, tada u uslovima ratnih dejstava ova raspoloživost ne može biti veća od 0,85.

Ukoliko se krene od ovih vrednosti, onda se, uzimajući u obzir potpuno realne i vrlo skromne procene da se putem dopunskih radova na projektovanju i pomoću poboljšane proizvodne kontrole može obezbediti bar 50% povećanje srednjeg vremena između održavanja i četvorostruko smanjenje vremena zastoja zbog održavanja, putem iste računice može utvrditi da bi se ovim dopunskim radovima prosečna raspoloživost tih sredstava u miru pove-

ćala sa 0,92 na 0,985, a prosečna raspoloživost u ratu sa 0,85 na 0,97.

Ako se na osnovu ovih vrednosti, kao i prikupljenih informacija o troškovima životnog veka, pokušaju utvrditi opravdanost vršenja dopunskih radova radi povećanja borbene gotovosti i smanjenja ukupnih troškova životnog veka razmatranog sredstva NVO, utvrdiće se sledeće:

	Troškovi životnog veka u slučaju postojećeg načina rada	Troškovi životnog veka sa navedenim poboljšanjem vrednosti raspoloživosti
Razvoj	3%	4,5%
Proizvodnja	30%	33%
Eksploatacija i održavanje	67%	33,5%
Ukupno	100%	71%

Pri tome treba napomenuti da se ovde pošlo od, za sada, nepostojećeg slučaja da su kod sadašnjih sredstava troškovi eksploatacije i održavanja samo dva puta veći od troškova opremanja. U praksi su, kao što je poznato, ovi troškovi za 3 do 5 puta veći od troškova opremanja.

Isto tako, ovde se smatralo da će se, usled povećanja raspoloživosti, odnosno zbog povećanja pouzdanosti i skraćenja i pojeftinjenja vremena održavanja, samo za 2 puta reducirati troškovi eksploatacije i održavanja, mada se već stvarno može realno očekivati da će ova redukcija biti i veća.

Odavde je očigledno da bi se sa 13,64% (37,5% : 33%) većim troškovima opremanja (razvoja i proizvodnje) postigla ne samo daleko veća efektivnost u miru i u ratu, nego i znatno manja vrednost ukupnih troškova životnog veka.

U ovom hipotetičkom slučaju, sadašnjim budžetskim sredstvima za opremanje, zbog povećanih troškova opremanja, moglo bi se nabaviti samo 88% od ranije planirane količine, odnosno ako je ranije planirana nabavka 1000 komada, sada bi se za ista novčana sredstva moglo nabaviti samo 880.

Međutim, kada se pođe od sadašnje proračunom utvrđene raspoloživosti u ratu i raspoloživosti koja bi se postigla putem poboljšanja pouzdanosti i skraćenja prosečnog vremena zastoja, utvrdiće se da će od sadašnjih 1000 komada sredstava u ratu biti raspoloživo samo 850, dok bi od 880 sredstava sa poboljšanom efektivnošću bilo raspoloživo 854 komada.

Dakle, i pored toga što će se zbog povećanih troškova opremanja umesto 1000 moći kupiti samo 880 predviđenih sredstava NVO, povećana raspoloživost ovih 880 omogućiće veću efektivnost nego 1000 dosadašnjih sredstava NVO. Pored toga, ukupni troškovi životnog veka bi se smanjili za 29%, što ne samo da bi u velikoj meri reduciralo budžetska opterećenja, nego bi istovremeno umanjilo potrebe za ukupnim brojem remontnih kadrova.

Pošto je iz navedenih činjenica jasno da bi napori za povećanje efektivnosti doneli neposredne koristi i taktičkom nosiocu (koji će povećati šanse da ostvari bolje efekte u borbi) i tehničkom nosiocu (koji će i sa reduciranim brojem kadrova uspeti da brže i pouzdanije spreči nastajanje i otkloni nastale otkaze) i za ukupni budžet (jer bi se bar za 20% umanjili ukupni troškovi životnog veka određenog sredstva), jasno je da je za sve ove organe i potrebno i korisno da insistiraju na povećanju efektivnosti.

Mere za obezbeđenje povećanja efektivnosti

Kao što je već navedeno, željeno povećanje efektivnosti prvenstveno se

može realizovati putem konstrukcionog rešenja kojim će se:

— povećati pouzdanost i vremenska stabilnost deklarisanih karakteristika novouvođenog sredstva (povećanjem ovih parametara produžuje se ranije pominjano srednje vreme između održavanja);

— obezbediti mogućnost jednostavne i pouzdane defektacije i brze i lake zamene neispravnih blokova i sklopova, koja će garantovati da se svi ili bar velika većina otkaza sredstva mogu otkloniti na nivou tehničkog održavanja, odnosno u jedinici korisnika, a time se eliminiše potreba da se sredstvo šalje na SR ili GR (zbog čega se drastično smanjuje srednje vreme zastoja zbog održavanja);

— obezbediti da se u jedinici korisnika može izvršiti objektivna provera tehničkog stanja sredstva (to, takođe, smanjuje srednje vreme zastoja zbog održavanja);

— obezbediti da se na nivou SR mogu otkloniti svi ili bar velika većina otkaza blokova i sklopova, koji su bili defektirani i zamenjeni na nivou tehničkog održavanja (time se smanjuje potreba da se ovi blokovi i sklopovi šalju na GR, što umanjuje i srednje vreme zastoja zbog održavanja i smanjuje količinu blokova i sklopova koja bi se morala nabaviti radi obezbeđenja remonta novouvedenog sredstva ili sistema NVO);

— obezbediti da se kritični sastavni delovi izrađuju od kvalitetnijih, jačih i pouzdanijih materijala, da se pooštre i usavrše metodi međufazne i završne kontrole, da se propiše i sprovede obavezna provera pouzdanosti i uvede razrada kritičnih sklopova pod opterećenjem (time se, takođe, povećava ili bar sprečava pogoršanje već spomenutog srednjeg vremena između održavanja).

Da bi se sve to ostvarilo, nužno je:

— da se još pre otpočinjanja razvoja, odnosno proizvodnje, svi ovi zahtevi ugrade u odgovarajuće taktičko-tehničke zahteve (TTZ) i propise o kvalitetu proizvoda (PKP);

— da se obezbede nešto veća finansijska sredstva za plaćanje dopunskih troškova razvoja i proizvodnje;

— da se u ugovorima za razvoj, odnosno proizvodnju, jasno definišu aktivnosti kojima nosilac razvoja, odnosno proizvođač, treba da postigne propisane karakteristike pouzdanosti i pogodnosti za održavanje, koje određuju željenu efektivnost novouvođenog sredstva ili sistema NVO, kao i kaznene odredbe u slučaju nepostizanja zahtevanih vrednosti;

— obezbediti da se u Tehničkom opitnom centru i u toku prethodnih internih provera obavezno vrše objektivna ispitivanja, proračuni ili bar procene parametara pouzdanosti i pogodnosti za održavanje, koji utiču na raspoloživost i efektivnost novo uvođenog sredstva ili sistema NVO.

Zaključak

Izvršena analiza ukazuje da se pri istraživanju, razvoju i proizvodnji sredstava ili sistema NVO posebna pažnja mora pokloniti određivanju efektivnosti, pošto se prikazuje:

1. da se preko efektivnosti mogu objektivno porediti sveukupna svojstva više različitih vrsta sredstava koja se mogu iskoristiti za obavljanje istog zadatka, ali i više istovrsnih sredstava koja, takođe, mogu obaviti isti zadatak;

2. da je efektivnost činilac koji omogućava taktičkom nosiocu da realno sagleda koliki će procenat od ukupnog broja određenog tipa sredstva biti stvarno sposoban da uspešno realizuje zadatak;

3. da je za korisnika povoljnije da raspolaže nešto manjom količinom efektivnijih sredstava nego većom količinom manje efektivnih sredstava;

4. da je efektivnost parametar koji najviše zavisi od konstrukcionog rešenja sredstva ili sistema NVO;

5. da se željena efektivnost može obezbediti samo putem blagovremenog preciziranja zahteva u vezi sa pouzdanošću i pogodnošću za održavanje u TTZ i PKP za razvoj sredstava ili sistema NVO;

6. da se troškovi uloženi u postizanje željene efektivnosti u potpunosti vraćaju i nadoknađuju, ne samo povećanjem broja sredstava koja će u ratnim uslovima uspeti uspešno da izvrše svoj zadatak, nego i velikim uštedama u eksploataciji i održavanju efektivnijih sredstava.

Mr Zoran Ristić,
potpukovnik, dipl. inž.

Određivanje racionalne efikasnosti gasne kočnice artiljerijskih oruđa

Uvod

U fazi projektovanja artiljerijskih oruđa, određivanje racionalne efikasnosti gasnih kočnica je delikatan zadatak. Brojni su parametri koji utiču na efikasnost gasne kočnice (GK). Interes konstruktora je da nađe najpovoljnije rešenje i kompromis, kako bi moguća ograničenja za efikasnost GK bila zadovoljena.

U ovom radu se na osnovu modela [1] izlaže metodologija određivanja racionalne efikasnosti GK, s obzirom na usvojene kriterijume.

Razmatrani kriterijumi, praktično, predstavljaju moguća ograničenja, koja se nužno nameću pri izboru na konkretnom primeru odabranog kalibra oruđa. Rezultati proračuna treba da potvrde koliko je model korektan i primenljiv za konkretna rešenja oruđa sa GK. S druge strane, analiza rezultata treba da ukaže i na ostale mogućnosti, koje se nude navedenim modelom u procesu projektovanja artiljerijskih oruđa.

Uticaj gasne kočnice na ukupnu masu artiljerijskog oruđa

Gasne kočnice artiljerijskih oruđa apsorbuju deo energije trzanja cevi, čime smanjuju silu otpora trzanju i opterećenje lafeta oruđa. S obzirom na efikasnost delovanja u procesu opaljenja, GK omogućuju smanjenje ukupne mase oruđa u borbenom položaju.

Jedan od mogućih načina za utvrđivanje promene mase vučnih lafetnih oruđa, u zavisnosti od parametra efikasnosti GK, jeste metod V. Sluhockog [1].

Suština metode sastoji se u sledećem: za poznati kalibar oruđa određuje se koeficijent relativne moći oruđa prema:

$$C_e = \frac{m V_0^2}{2d^3} = \frac{E_0}{d^3} \qquad (1)$$

gde je:

- m — masa projektila;
- V_0 — početna brzina projektila;
- d — kalibar oruđa;
- E_0 — kinetička energija projektila na ustima cevi.

Na osnovu (1) može se odrediti veličina koeficijenta η_M, a zatim masa oruđa u borbenom položaju M_b, prema:

$$M_b = \frac{C_e d^3}{\eta_M} \qquad (2)$$

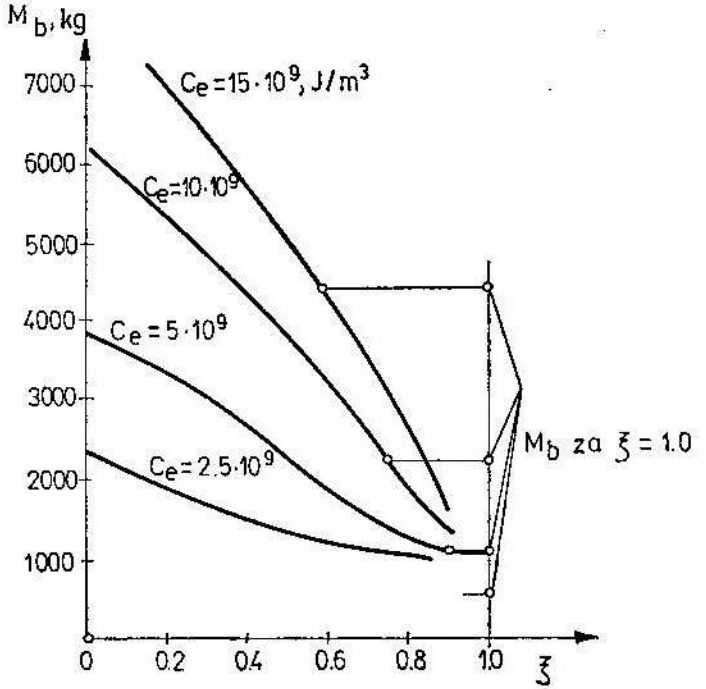
Ako artiljerijsko oruđe ima ugrađenu GK čija je efikasnost dejstva (ξ), onda se određivanje koeficijenta η_M i M_b vrši na osnovu relacija:

$$C_e^* = (1 - \xi)\, C_e \qquad (1')$$

$$M_b^* = \frac{C_e^* d^3}{\eta_M^*} \qquad (2')$$

Zavisnost $M_b = f(\xi)$ za kalibar oruđa d = 100 mm i različite vrednosti C_e, s obzirom na primenjene vrste projektila, može se prikazati na slici 1, prema [1].

Ostale veličine u (3) predstavljaju:
p — pritisak barutnih gasova u cevi oruđa,
S — površinu poprečnog preseka kanala cevi.



Sl. 1 Efikasnost gasne kočnice u zavisnosti od mase oruđa

Treba naglasiti, za vrlo visoku efikasnost GK, navedeni metod nije potpuno korektan, a može se prihvatiti kao približni proračun.

Bez obzira na to da li oruđe ima ili nema GK, masa oruđa ne može biti manja od mase cevi sa zatvaračem. S obzirom na ovaj uslov, potrebna masa cevi sa zatvaračem u fazi projektovanja određuje se približno iz sledećih relacija:

$$pSX_u = \frac{m\ V_0^2}{2} \qquad (3)$$

Odakle sledi put projektila u cevi oruđa:

$$X_u = \frac{m\ V_0^2}{2pS}$$

Masa cevi dužine X_u je:

$$m_{c1} = \gamma\ \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot \frac{m\ V_0^2}{2pS} \qquad (4)$$

gde su:
γ — specifična masa cevi,
D — prečnik spoljne trase cevi.

Relativna debljina zida cevi na osnovu uslova čvrstoće je:

$$D^2 - d^2 = \frac{\frac{np}{\sigma_e}}{1 - \frac{np}{\sigma_e}} \cdot d^2 \qquad (5)$$

gde je:
n — koeficijent čvrstoće cevi,
σ_e — granica čvrstoće materijala cevi.

Ako se (5) uvrsti u (4) nakon sređivanja izraza dobija se:

$$m_{c1} = \frac{\gamma n}{\sigma_e} \cdot \frac{E_o}{1-\frac{np}{\sigma_e}} \qquad (6)$$

Masa cevi dužine barutne komore, izvedena na osnovu mase barutnog punjenja, određuje se preko relacije:

$$m_{c2} = \frac{\gamma np}{\sigma_e} \cdot \frac{E_o \chi}{\eta_\omega \cdot \Delta} \cdot \frac{1}{1-\frac{np}{\sigma_e}} \qquad (7)$$

gde je:

χ — koeficijent proširenja barutne komore,

η_ω — koeficijent mase barutnog punjenja,

Δ — gustina barutnog punjenja.

Ako se uzme da je dužina tela zatvarača $l_{tz} \cong 1{,}5\,d$, onda je masa zatvarača:

$$m_{c3} = 1{,}5\,d^3 \cdot \gamma \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \chi^2 \cdot \frac{1}{1-\frac{np}{\sigma_e}} \qquad (8)$$

Prema tome, ukupna masa cevi sa zatvaračem iznosi:

$$m_c = m_{c1} + m_{c2} + m_{c3} \qquad (9)$$

Koeficijent iskorištenja mase cevi na osnovu poznatih relacija je:

$$\eta_c = \frac{E_o}{m_c} = \frac{\sigma_e}{n \cdot \gamma} \cdot \left(1-\frac{np}{\sigma_e}\right) \cdot \frac{1}{1+\frac{\eta_\omega \cdot \Delta}{\chi \cdot p}+\frac{1{,}5\pi}{4n} \cdot \frac{\chi^2 \cdot \sigma_e}{C_e}} \qquad (10)$$

Veličina η_c se relativno malo menja sa promenom C_e, što se jednostavnim proračunom može dokazati.

Ukoliko se sa sklopom cevi povezuju drugi uređaji i mehanizmi (npr. za usmeravanje i utvrđivanje cevi, delovi nišanskih sprava, i sl.), to će se ukupna masa oruđa povećati. Približno se može uzeti da je ovo povećanje proporcionalno masi cevi. Prema nekim istraživanjima za oruđa (npr. bestrzajna), kod kojih bi efikasnost GK teorijski bila ($\xi = 1{,}0$) može se uzeti da je koeficijent ukupne mase oruđa približno:

$$\eta_M = 0{,}5\,\eta_c \qquad (11)$$

Na osnovu (11) može se ustanoviti zavisnost $M_b = f(\xi)$, odnosno odrediti minimalna masa oruđa M_b pri $\xi = 1{,}0$. Praktično su rešenja GK sa stopostotnom efikasnošću neizvodiva.

S obzirom na realne vrednosti (ξ) za GK, i naš praktični interes, može se reći da postoji neka racionalna efikasnost GK posle koje njeno dalje povećanje ne dovodi do smanjenja mase oruđa. Fizikalni smisao ove pojave objašnjava se time što se zahtevana čvrstoća lafeta ograničava opterećenjima pri transportovanju, a nije uslovljena opterećenjima pri opaljenju. Stoga je dalje povećanje efikasnosti GK nesvrsishodno. Osim navedenog, racionalna efikasnost GK može biti razmatrana i s obzirom na druga ograničenja [npr. prema dozvoljenom natpritisku talasa barutnih gasova na poslugu (Δp), dozvoljenoj veličini konstruktivne karakteristike (α) GK, i slično].

Ograničenja efikasnosti gasne kočnice

Praktična primena izvedenih GK i opiti pokazuju da se konstruktivna karakteristika (α) nalazi u granicama (0 do $-0{,}2$). Za takvu karakteristiku (α) još uvek su prihvatljive ostale veličine GK (masa, dimenzije GK i dozvoljeni pritisak barutnih gasova na posadu oruđa).

Veza efikasnosti GK i (α) daje se relacijom [1]:

$$\xi = 1 - \left(\frac{1+\alpha C^2}{1+C}\right) \qquad (12)$$

Približno se uzima da je koeficijent C (balistička karakteristika oruđa):

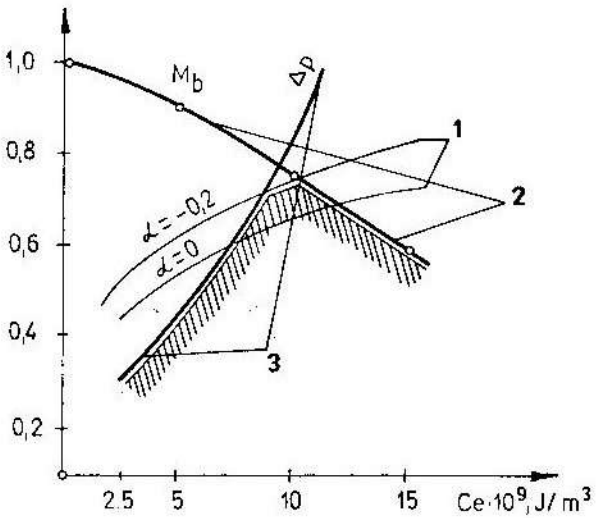
$$C = \beta \frac{\omega}{m} i \quad \beta = \frac{1300}{v_o} \qquad (13)$$

Usvajanjem mase projektila $m \cong 15\ d^3$, za razne vrednosti C_e, tabela 3.6 [1], proračunava se efikasnost (ξ) i daje grafički, slika 2.

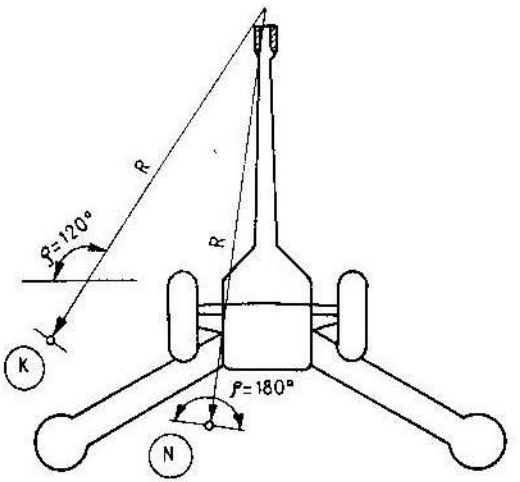
Na slici 2 se vidi da se krive racionalne i moguće efikasnosti GK seku obrazujući pojas (oblast) opravdane i svrsishodne primene GK.

Postavlja se problem definisanja uticaja dopuštenog natpritiska talasa barutnih gasova na posługu. Prema [1], [2] pritisak talasa barutnih gasova u tačkama sa koordinatama (R, ρ) (sl. 3) daje se u obliku:

$$\Delta p = \frac{2}{2{,}2} \cdot (M^2 - 1)\, p_n \cdot \frac{Wk}{\pi R^2 (R+h)} \cdot \left[\frac{\sigma}{2}\left(1+\cos^2\frac{\rho}{2}\right) + \frac{1-\sigma}{2}\left(1+\cos^2\frac{\rho-\psi}{2}\right)\right] \qquad (14)$$



Sl. 2 Efikasnost gasne kočnice



Sl. 3 Koordinate razmeštaja posluge

gde je:

$$M = \frac{\beta v_0}{a} = \frac{1300}{a}$$

- a — brzina zvuka u vazduhu,
- W_k — zapremina kanala cevi,
- h — visina linije vatre,
- σ — količina barutnih gasova koji ističu napred,
- ψ — ugao odvođenja gasova iz GK,
- R — rastojanje od GK do razmeštaja posluge,
- ω — masa barutnog punjenja (13).

Ako se relacija (14) sredi, za tačke u zadnjem preseku cevi važi sledeća relacija:

$$\Delta p = 2{,}6\,\frac{\omega f}{L_c^3}\left[\sigma + \frac{1-\sigma}{2}\cdot\left(1+\cos^2\frac{180-\rho}{2}\right)\right] \qquad (15)$$

gde je:

f — specifičan rad barutnih gasova,

σ — relativna količina barutnih gasova iz GK.

Izražena preko parametara σ i ψ, konstruktivna karakteristika (α) ima oblik:

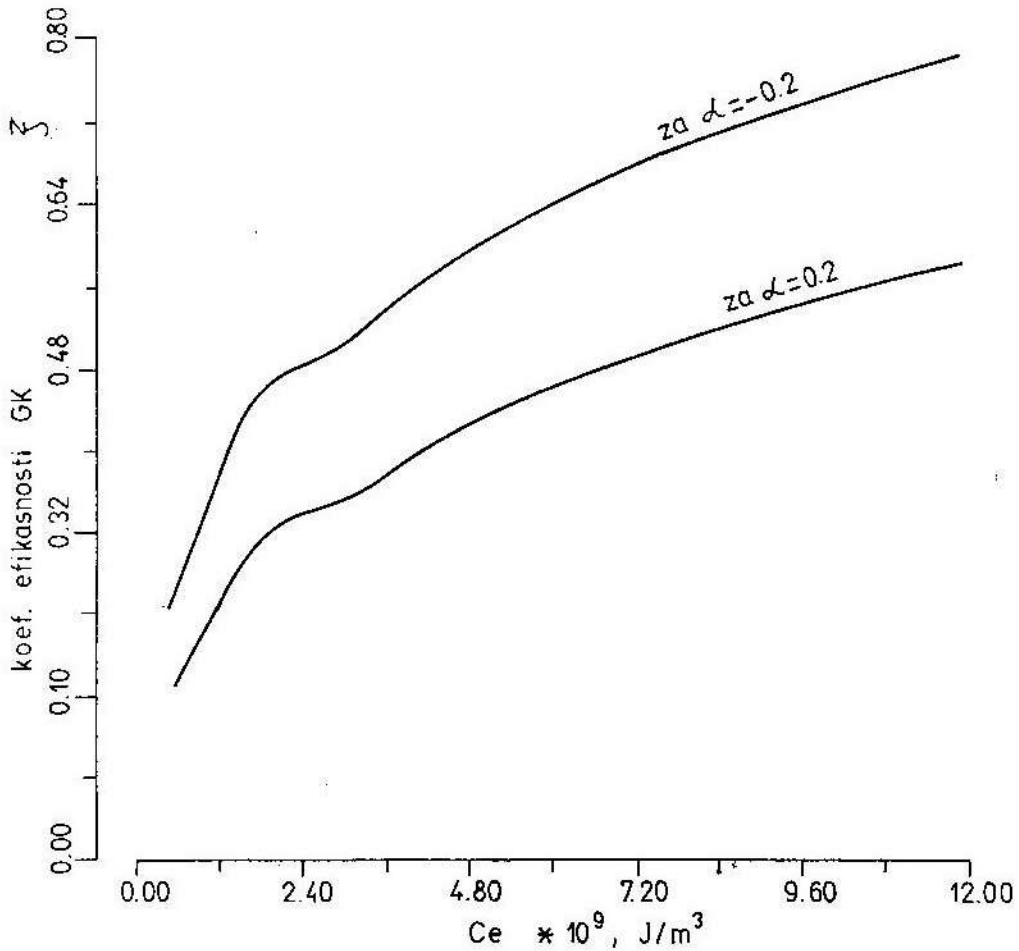
$$\alpha = \sigma + (1-\sigma)\cdot\cos\psi \qquad (16)$$

Analizom izraza (15 i 16) može se zaključiti da je (Δ_p) tim manji što je manja vrednost (σ) uz konstantni iznos (α).

Zato je preporuka da se iz konstruktivnih razloga, koliko oni to objektivno omogućuju, uzimaju što manje vrednosti (σ). Takva vrednost prema opitima [1] izvedenih GK može biti σ = 0,2.

Uz ovakav uslov dobija se:

$$\cos\psi = \frac{\alpha - 0{,}2}{0{,}8} \qquad (17)$$



Sl. 4 Efikasnost gasne kočnice za razne vrednosti α

odnosno konačno: $$\Delta p = 2{,}6\,\frac{\omega f}{L_c^3}\left[0{,}2 + 0{,}4\cdot\left(1+\cos^2\frac{180 - \arccos\psi}{2}\right)\right] \quad (18)$$

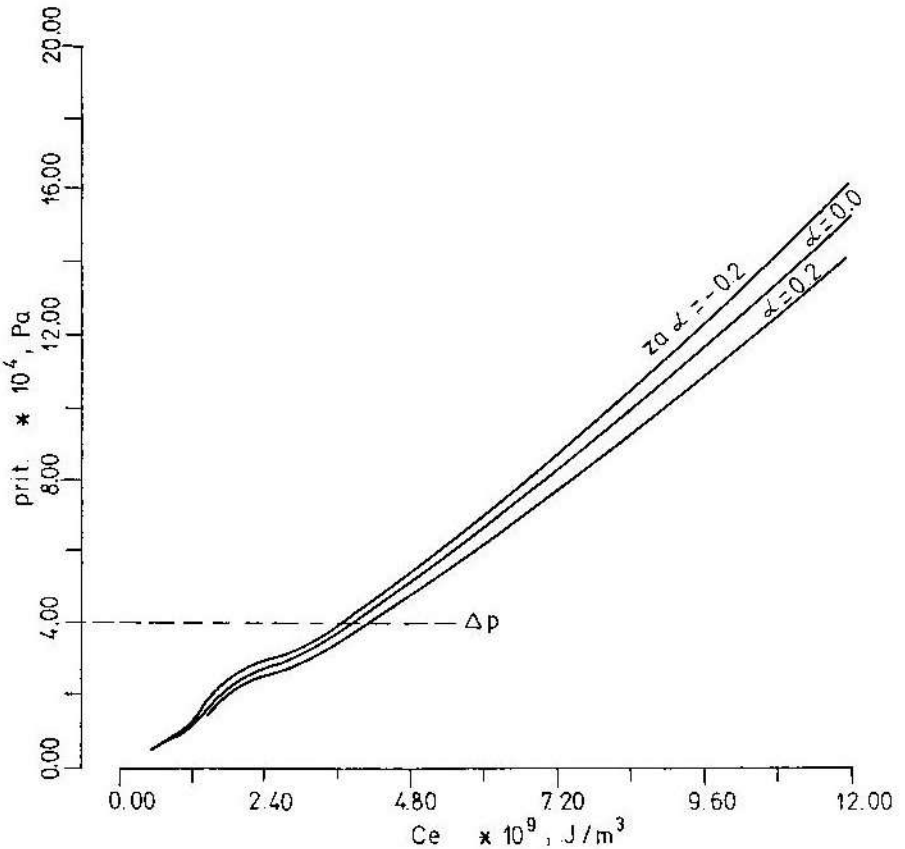
Za artiljerijska oruđa sa štitovima na lafetu, uticaj ovog zaštitnog omotača definiše se koeficijentom $k_š$ koji je:

$$k_š = \left(\frac{L_c - l_1}{L_c}\right)^3 \quad (19)$$

l_1 — rastojanje GK do štitova oruđa,
L_c — dužina cevi.

GK. Odgovarajuće veličine nakon proračuna mogu se prikazati dijagramski.

Iako projektovanjem oruđa treba da se zadovolje i ostali brojni zahtevi, opšti pristup i metodologija rešavanja izbora racionalnih efikasnosti GK, data u radu, može se primeniti u svakom konkretnom slučaju oruđa.



Sl. 5. Promena nadpritiska barutnih gasova usled gasne kočnice

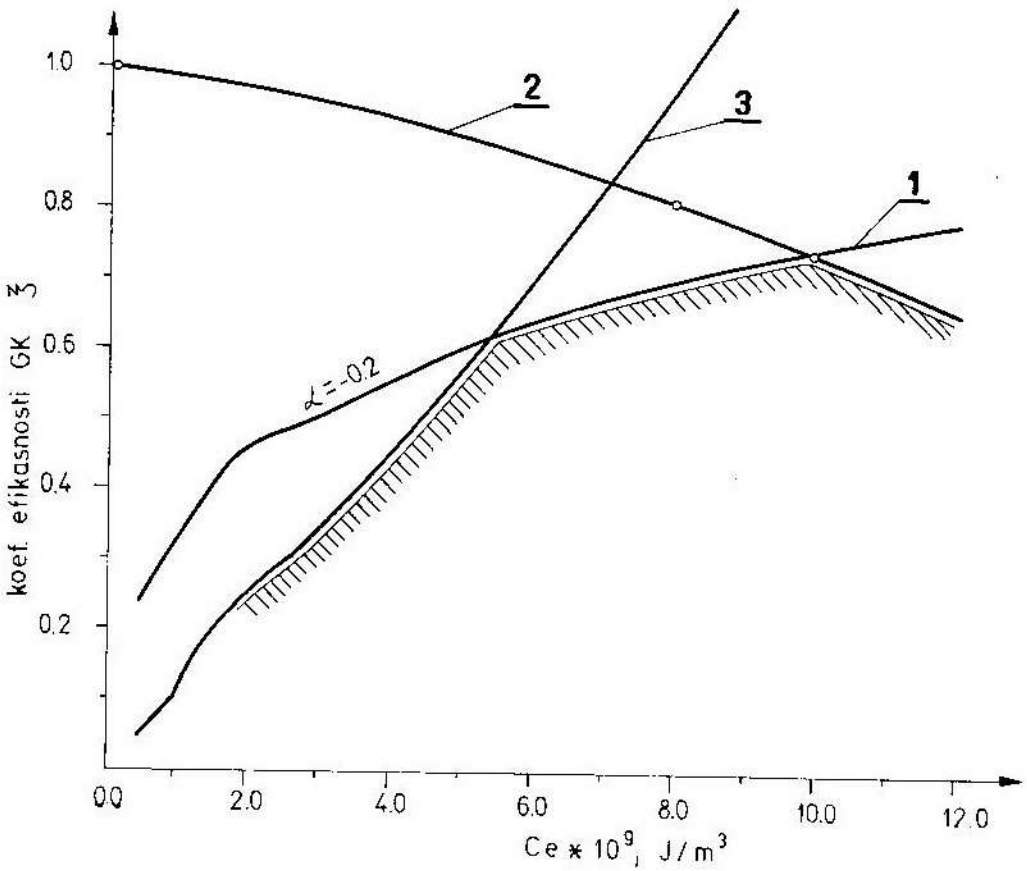
Ako se uzme da je dozvoljeni natpritisak talasa barutnih gasova na mestima razmeštaja posluge $\Delta p = 4$ N/cm², prema (18 i 19) može se odrediti dozvoljena (prihvatljiva) veličina (α), a zatim prema (12) racionalna efikasnost

Primer proračuna i analiza rezultata

Na osnovu prikazanog modela, za odabrani primer artiljerijskog oruđa prikazane su neke od navedenih proračunskih veličina. Korištenjem podata-

ka [1] za oruđe kalibra d = 155 mm, proračunate su veličine: efikasnost gasne kočnice (ξ) za vrednosti geometrijske karakteristike $\alpha = -0{,}2$ i $\alpha = 0{,}2$ (sl. 4), natpritisak barutnih gasova (Δp) (sl. 5) i masa oruđa u borbenom položaju preko koeficijenta mase cevi (η_c).

Proračunske vrednosti navedenih veličina su u korelaciji sa prikazanim veličinama u [1], što upućuje na zaključak da je prikazani model prihvatljiv i korektan za primenu na konkretnim tipovima artiljerijskih oruđa. S druge strane, model omogućuje analizu



Sl. 6 Područje raconalne efikasnosti GK:
1 — moguća efikasnost GK, 2 — racionalna efikasnost GK, 3 — efikasnost GK s obzirom na natpritisak barutnih gasova

Sve veličine određene su u zavisnosti od koeficijenta relativne moći oruđa (C_e).

Na slici 6 određen je i prikazan dijapazon racionalne efikasnosti GK s obzirom na ograničenja u pogledu njene efikasnosti.

efikasnosti gasnih kočnica na oruđima za svako od navedenih mogućih ograničenja. To će u procesu projektovanja oruđa zavisiti od toga koje će se ograničenje (kriterijum) uzeti kao dominantno.

Zaključak

Izložena metodologija određivanja racionalne efikasnosti gasnih kočnica je relativno jednostavna. Brzo daje nužne i korisne informacije konstruktorima oruđa, a može se uspešno primeniti u gotovo svim fazama projektovanja oruđa. Takođe se može korisno primeniti i za moguće korekcije pri rešavanju problema koji su uže vezani za samo projektovanje gasnih kočnica na oruđima.

Za gasne kočnice visoke efikasnosti ($\xi > 0{,}70$), navedeni model treba usavršiti radi bolje korektnosti rezultata.

Literatura:

[1] V. Čuev: »Proektirovanie stvolnih kompleksov«, Mašinostroenie, Moskva, 1976.

[2] V. Orlov, i dr. »Ustrojstvo i proektirovanie stvolov artillerijskih orudlj«, Mašinostroenie, Moskva, 1975.

[3] KNAO: Seminarski rad, VVTŠ, Zagreb 1989.

Mr Dušan Regodić,
kapetan I klase, dipl. inž.

Analiza otpornosti cevi artiljerijskog oruđa

Uvod

Cev je osnovni element svakog oruđa. U njoj se odvija proces opaljenja i razvijaju barutni gasovi velikog pritiska i visoke temperature. Opaljenje oruđa je složen termodinamički i gasodinamički proces skoro trenutnog pretvaranja hemijske energije baruta u toplotnu, a potom u kinetičku energiju koju barutni gasovi prenose projektilu cevi i lafetu. Opaljenje oruđa traje od nekoliko hiljaditih do nekoliko stotih delova sekunde; maksimalni pritisak gasova dostiže vrednost P_m = 3000—6000 bara, temperatura gasova je u momentu nastajanja T = 2100—3800 K, a u momentu izlaska projektila iz cevi T = 1500—2000 K, maksimalna brzina projektila u momentu izlaska projektila iz cevi je V_0 = 300—1800 m/s. Visoki pritisci i temperature narastaju do maksimuma veoma brzo [0,002—0,008] s, a zatim naglo opadaju. Ovakav režim rada je nepovoljan za materijal od kojeg je izrađena cev, pošto izaziva velika naprezanja i deformacije. Brzina barutnih gasova je velika, te pored trenja vodećeg prstena ti gasovi pospešuju trošenje cevi. Barutni gasovi su različitih fizičko-hemijskih osobina, te u izvesnoj meri potpomažu razaranje materijala od kojeg je izrađena cev. Problem pravilnog dimenzionisanja i odabiranja materijala za izradu cevi je vrlo složen. Nezavisno od tipa, izrada cevi mora da zadovolji sledeće zahteve: dovoljna otpornost i krutost, visoka žilavost, da obezbedi određenu početnu brzinu i stabilnost leta projektila, jednostavnu, brzu i ekonomičnu proizvodnju te što jednostavniju eksploataciju i održavanje.

U ovom radu izvršena je analiza naprezanja i deformacija zida cevi nastalih jednovremenim delovanjem pritiska i temperature zagrejanih barutnih gasova, dok se ostala spoljna opterećenja zida cevi zanemaruju.

Da bismo izvršili potpunu analizu opterećenja zida cevi neophodno je uvesti generalne postavke matematičkog modela pri rešavanju naprezanja i deformacija cevi artiljerijskog oruđa:

1. cev je osnosimetrično valjkasto telo, konstantne dužine, konstantnog unutrašnjeg prečnika i promenljivog spoljnog prečnika po dužini cevi;

2. pritisak i temperatura barutnih gasova u dinamičkim uslovima (pri opaljenju) predstavljaju spoljna opterećenja na unutrašnji zid cevi. Ova opterećenja su promenljiva i nestacionarna u cevi oruđa za vreme kretanja projektila;

3. prostiranje toplote kroz zid cevi i prenos pritiska su stacionarni;

4. zanemaruje se udarni i temperaturni šok na zid cevi, zbog velikih vrednosti pritiska i temperature, čije

su vrednosti promenljive u jedinici vremena.

U ovom radu posmatran je kritični presek u kojem se javlja maksimalni pritisak i temperatura barutnih gasova, a rađen je po teoriji razvijenoj u literaturi [2]. Problem se rešava na primeru cevi debelih zidova opterećenoj u opasnom preseku sa maksimalnim pritiskom i pripadajućom temperaturom barutnih gasova. Proračun otpornosti zida cevi sastavljen je od proračuna naprezanja i deformacija u zidovima cevi. Cev trpi složena naprezanja koja se uslovno mogu razložiti na naprezanja u radijalnom, tangencijalnom i aksijalnom pravcu. Da bi se izvršila potpuna analiza opterećenja zida cevi i definisala otpornost neophodno je:

— odrediti naprezanja i deformacije na osnovu maksimalnog pritiska barutnih gasova;

— odrediti naprezanja i deformacije na osnovu temperature zagrejanih barutnih gasova u području gde se javlja maksimalni pritisak, i

— izvršiti superpoziciju navedenih naprezanja.

Naprezanja zida cevi oruđa nastala delovanjem pritiska barutnih gasova na kritični presek

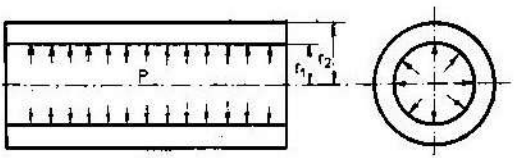
Vrednost normalnih naprezanja σ_τ, σ_r, σ_z i njihova zavisnost od geometrije cevi i pritiska barutnih gasova u cevi mogu se odrediti usvajanjem određenih pretpostavki:

— pritisak barutnih gasova p deluje u pravcu normale na unutrašnju površinu cevi i raspoređen je ravnomerno i simetrično u jednom preseku (sl. 1);

— svi preseci cevi pre i posle deformacije ostaju nedeformabilni (kompatibilni);

— materijal za cev je homogen i izotropan, i

— spoljne i unutrašnje sile su u ravnoteži.



Sl. 1 Cev sa zatvorenim krajevima opterećena pritiskom barutnih gasova

Analiza naprezanja vršena je kod cevi kalibra d = 30 mm, dužine L_u = = 2100 mm. Maksimalni pritisak barutnih gasova $p_m = 3432 \cdot 10^5$ Pa je u udaljenosti X(L) = 150 mm [3]. Na slici 2 prikazana su normalna naprezanja beskonačno malog elementa sa centralnim uglom $d\Theta$, radijusa r i $r + dr$, dužine dz na odstojanju z od kraja cevi.

Na krajevima ovog beskonačno malog elementa deluju elastične sile. Rezultante ovih elastičnih sila delovaće u središtima stranica i biće jednake proizvodu naprezanja sa odgovarajućom površinom.

Ako se neojačana monoblok cev podvrgne dejstvu unutrašnjeg pritiska p, u njenim zidovima se javljaju:

— radijalno normalno naprezanje

$$\sigma_r^p = -p \frac{r_1^2}{r^2} \cdot \frac{r_2^2 - r^2}{r_2^2 - r_1^2}; \qquad (1)$$

— tangencijalno normalno naprezanje

$$\sigma_\tau^p = p \frac{r_1^2}{r^2} \cdot \frac{r_2^2 + r^2}{r_2^2 - r_1^2}; \qquad (2)$$

— aksijalno normalno naprezanje za posmatrani presek cevi [3]

$$\sigma_z p = \sigma_z' + \sigma_z'' + \sigma_z''' = 670{,}76 \cdot 10^5 \ [N/m^2] \qquad (3)$$

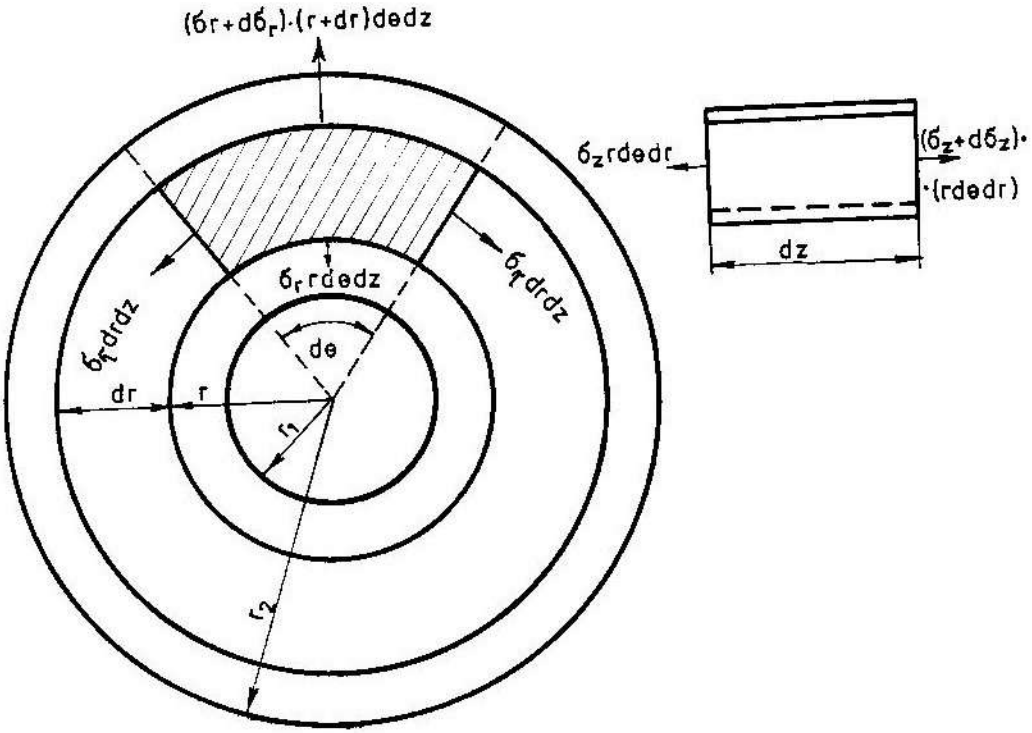
— naprezanje nastalo delovanjem pritiska na »uslovno dno« cevi

$$\sigma_z' = p \frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} = 380{,}2 \cdot 10^5 [N/m^2] \qquad (3.1)$$

— naprezanje nastalo delovanjem sile inercije I=118552,76 N

$$\sigma_z'' = -\frac{I}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} = 185{,}9 \cdot 10^5 [N/m^2]; \quad (3.2)$$

Promenama normalnih napona σ_r^p, σ_τ^p i σ_z^p proračunatih po formulama (1), (2) i (3) za posmatrani poprečni presek sa korakom $\Delta r = 5 \cdot 10^{-3}$ [m] po debljini zida cevi data je u tabeli 1.



Sl. 2 Naprezanja beskonačno malog elementa u zidu cevi

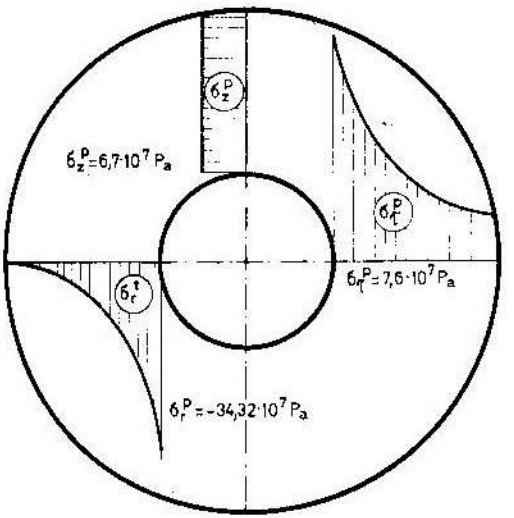
— naprezanje nastalo delovanjem aksijalne sile reakcije gasne kočnice, čija je impulsna karakteristika $\chi = -0{,}35$; površina poprečnog preseka $S = 706 \cdot 10^{-4}$ [m²]; pritisak na ustima cevi $p_u = 700 \cdot 10^5$ [N/m²]

$$\sigma_z''' = \frac{p_u S(1-\chi)}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} = 104{,}66 \cdot 10^5 [N/m^2] \quad (3.3)$$

Na slici 3 prikazana je promena normalnih napona u zidovima neojačane monoblok artiljerijske cevi pri dejstvu unutrašnjeg pritiska $P = P_{max}$ na udaljenosti L = 0,15 m od zadnjeg preseka cevi.

Promena normalnih naprezanja po debljini zida cevi *Tabela 1*

$r \cdot 10^{-3}$[m]	15	20	25	30	35	40	45	47,5
$\sigma_r^p \cdot 10^7$[N/m²]	—34,32	—17,64	—9,92	—5,73	—3,2	—1,56	—0,43	0
$\sigma_\tau^p \cdot 10^7$[N/m²]	41,92	25,24	17,52	13,33	10,8	9,16	8,04	7,60
$\sigma_z^p \cdot 10^7$[N/m²]	6,707	6,707	6,707	6,707	6,707	6,707	6,707	6,707



Sl. 3 Promena normalnih naprezanja u zidu monoblok artljerijske cevi u području P_{max}

Deformacija cevi nastala delovanjem pritiska barutnih gasova za kritični presek

Ukupna deformacija nastaje jednovremenim delovanjem naprezanja različite veličine i smera, a mogu delovati kao rezultante duž tri koordinatne ose sistema. Prema teoriji najvećih linearnih deformacija, relativna deformacija zidova cevi određuje se uz pretpostavku da je: cev monoblok, spoljni pritisak zanemarljiv u odnosu na unutrašnji i uz zanemarenje aksijalnih deformacija se dobija:

— relativna deformacija cevi u tangencijalnom pravcu

$$\varepsilon_\tau^p = \frac{2}{3}\,\frac{p}{E}\,\frac{r_1^2}{r^2}\cdot\frac{(2r_2^2 + r^2)}{(r_2^2 - r_1^2)} \qquad (4)$$

— relativna deformacija cevi u radijalnom pravcu

$$\varepsilon_r^p = -\frac{2}{3}\,\frac{p}{E}\,\frac{r_1^2}{r^2}\cdot\frac{(2r_2^2 - r^2)}{(r_2^2 - r_1^2)} \qquad (5)$$

— relativna deformacija cevi u aksijalnom pravcu

$$\varepsilon_z^p = 0 \qquad (6)$$

Cev je izrađena od čelika čija je granica elastičnosti $\sigma_r = 90 \cdot 10^7$ [N/m²] i modul elastičnosti $E = 21{,}6 \cdot 10^{10}$ [N/m²]. U tabeli 2 date su vrednosti relativnih deformacija za unutrašnju i spoljnu površinu cevi u području maksimalnog pritiska, izračunate po formulama (4), (5) i (6).

Relativne deformacije unutrašnje i spoljne površine cevi

Tabela 2

Poluprečnik [mm] / Relativne deformacije	$r_1 = 15$	$r_2 = 47{,}5$
$\varepsilon_\tau^p \cdot 10^{-3}$	2,47	0,352
$\varepsilon_r^p \cdot 10^{-3}$	—2,23	—0,117

Zaključujemo da su relativne radijalne deformacije manje od tangencijalnih relativnih deformacija, pa se proračun otpornosti cevi po ovoj metodi vrši na osnovu tangencijalnih deformacija. Kako je $\varepsilon_\tau^p = \frac{u}{r}$ i $\varepsilon_r^p = \frac{du}{dr}$, apsolutne radijalne deformacije se računaju po formuli:

— na unutrašnjoj površini cevi ($r = r_1$):

$$U^p_{(r=r_1)} = r_1 \cdot \varepsilon^p_{\tau\,(r=r_1)} \qquad (7)$$

— na spoljašnjoj površini cevi ($r = r_2$):

$$U^p_{(r=r_2)} = U^p_{(r=r_1)} + dU =$$
$$= U^p_{(r=r_1)} + (r_2 - r_1)\cdot \varepsilon^p_{r\,(r=r_1)} \qquad (8)$$

Apsolutne radijalne deformacije predstavljaju povećanje unutrašnjeg i spoljašnjeg prečnika pri delovanju unutrašnjeg pritiska. Tangencijalne deformacije predstavljaju povećanje dužine unutrašnjeg i spoljašnjeg vlakna cevi pri opaljenju. Apsolutne tangencijalne deformacije računamo na osnovu apsolutnih radijalnih deformacija:

— na unutrašnjoj površini cevi:

$$V^p_{(r=r_1)} = 2\pi(r_1+U) - 2\pi r_1 = \\ = 2\pi U_{(r=r_1)} \quad (9)$$

— na spoljašnjoj površini cevi:

$$V^p_{(r=r_2)} = 2\pi(r_2+U+dU) - \\ -2\pi r_2 \quad (10)$$

Temperatura naprezanja cevi oruđa za kritični presek

Temperaturna naprezanja mogu nastati pri gađanju (zagrevanje) iz cevi i nazivaju se temperaturnim naprezanjima prvog reda. Pri hlađenju unutrašnja i spoljna temperatura površine cevi se brzo izjednačava sa temperaturom atmosfere. Hlađenje spoljnih slojeva cevi je brže od unutrašnjih, radi čega se javljaju temperaturna naprezanja, poznata kao naprezanja drugog reda. Uticaj temperaturnih naprezanja drugog reda na stanje naprezanja cevi je zanemariv i u radu se neće razmatrati.

Vrednost temperaturnih naprezanja određuje se na osnovu pada temperature ΔT [3] u poprečnom preseku cevi. Temperaturno naprezanje zavisi od režima gađanja, konstrukcije cevi i njenih vatrenih mogućnosti. Temperaturna naprezanja u zidovima cevi određena su na osnovu nekoliko pretpostavki:

— posmatramo osnosimetrični problem prostiranja toplote kroz zid cevi;

— proračunate temperature cevi imaju konstantne vrednosti po dužini cevi;

— modul elastičnosti E i koeficijent linearnog širenja materijala cevi posmatramo kao konstantne vrednosti, i

— toplota po debljini zida cevi prostire se stacionarno.

Normalna temperatura naprezanja

U literaturi [2], str. 238, izvedene su formule za normalna temperaturna naprezanja:

— radijalna temperaturna naprezanja

$$\sigma_r^t = -\frac{\alpha\Delta T\,(r_1,r_2)\cdot E}{2(1-\mu)\cdot \ln\frac{r_2}{r_1}}\left[\ln\frac{r_2}{r} - \frac{r_1^2\,(r_2^2-r^2)}{r^2\,(r_2^2-r_1^2)}\cdot\ln\frac{r_2}{r_1}\right] \quad (11)$$

— tangencijalna temperatura naprezanja

$$\sigma_\tau^t = -\frac{\alpha\Delta T\,(r_1,r_2)\cdot E}{2(1-\mu)\cdot \ln\frac{r_2}{r_1}}\left[1 - \frac{r_1^2\,(r_2^2+r^2)}{r^2\,(r_2^2-r_1^2)}\cdot\ln\frac{r_2}{r_1} - \ln\frac{r_2}{r}\right] \quad (12)$$

— aksijalna temperaturna naprezanja

$$\sigma_z^t = -\frac{\alpha\Delta T\,(r_1,r_2)\cdot E}{2(1-\mu)\cdot \ln\frac{r_2}{r_1}}\left[1 - \frac{2r_1^2}{r_2^2-r_1^2}\cdot\ln\frac{r_2}{r_1} - 2\ln\frac{r_2}{r}\right] \quad (13)$$

gde su $\alpha = 1{,}25\cdot 10^{-5}$ [1/K] — koeficijent linearnog širenja,

$E = 21{,}6\cdot 10^{10}$ [N/m^2] — modul elastičnosti,

$\Delta T_{(r_1,r_2)} = 288$ [K] — pad temperature između unutrašnje i spoljne površine,

$\mu = 0{,}3$ — Poasonov koeficijent.

U tabeli 3 dat je proračun normalnih naprezanja po jednačinama (11), (12) i (13).

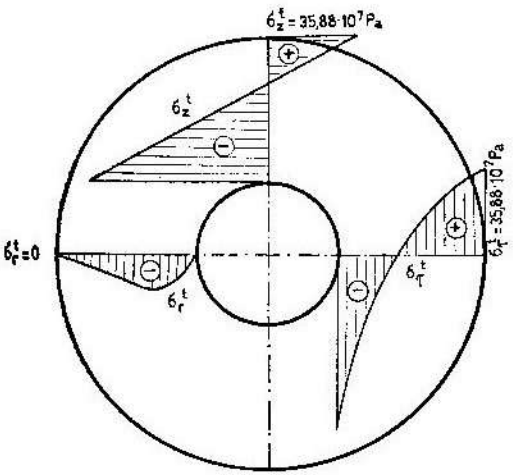
Normalna temperatura naprezanja po debljini zida cevi

Tabela 3

$r \cdot 10^{-3}$[m]	15	20	25	30	35	40	45	47,5
$\sigma_r^t \cdot 10^7$[N/m²]	0	—12,87	—14,88	—11,45	—9,54	—5,76	—1,90	0
$\sigma_\tau^t \cdot 10^7$[N/m²]	—75,17	—34,10	—11,11	4,47	15,98	25,08	32,58	35,88
$\sigma_z^t \cdot 10^7$[N/m²]	—75,17	—57,04	—25,98	—8,403	6,48	19,32	30,67	35,88

Vrednosti dobijenih normalnih temperaturnih naprezanja se približno poklapaju sa teorijskom analizom koju je vršio B. V. Orlov, E. K. Larman, B. G. Malikov [2]. Na slici 4 prikazana su normalna naprezanja zida artiljerijske cevi u području maksimalnog pritiska, gde je pad temperature između unutrašnje i spoljne površine $\Delta T = 288$[K].

Sa slike 4 se vidi da su najveća tangencijalna naprezanja σ uz unutrašnji zid cevi i da po debljini cevi menjaju znak. Radijalna temperaturna naprezanja su negativnog znaka i na unutrašnjoj i spoljnoj površini cevi jednaka su nuli. Aksijalna temperaturna naprezanja linearno menjaju svoju vrednost po debljini zida cevi.



Sl. 4 Raspored normalnih temperaturnih naprezanja u poprečnom preseku cevi

Temperaturne deformacije za kritični presek

Temperaturne deformacije zida zagrejane cevi mogu se odrediti kao algebarska suma

$$\varepsilon_\tau^t = \varepsilon_\tau^o + \alpha \cdot T_i \qquad (14)$$

gde su: ε_τ^t

— sumarna temperaturna deformacija,

$$\varepsilon_\tau^o = \frac{\alpha \cdot \Delta T\,(r_1, r_2)}{2 \ln \frac{r_2}{r_1}} \left[1 - \frac{2 r_1^2 r_2^2}{r^2 (r_2^2 - r_1^2)} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} \right]$$

— elastična temperaturna deformacija izazvana neravnomernim zagrevanjem,

$\alpha \cdot T_i$ — deformacija izazvana slobodnim širenjem, usled ravnomernog zagrevanja zida cevi na temperaturi T_i.

U tabeli 4 data je ukupna temperaturna deformacija unutrašnje i spoljne površine cevi ε_τ^t u slučaju zagrevanja spoljne površine do temperature 740 K i unutrašnje površine cevi 1028 K [3].

Tabela 4

$r \cdot 10^{-3}$[m]	15	47,5
T_i · [K]	1028	740
$\alpha \cdot 10^{-5}$[1/K]	1,25	1,25

nastavak tabele 4

$\alpha \cdot T_i \cdot 10^{-5}$	1285	925
$\varepsilon_r^0 \cdot 10^{-5}$	—243	6,1
$\varepsilon_\tau^t \cdot 10^{-5}$	1042	931,1

Ukupna naprezanja nastala jednovremenim delovanjem pritiska i temperature barutnih gasova na zid cevi oruđa za kritični presek

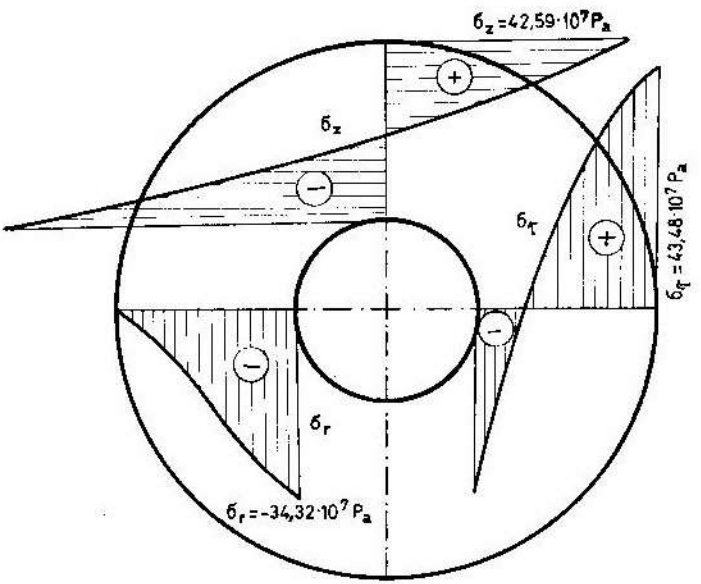
Pritisak i temperatura zagrejanih barutnih gasova pri opaljenju predstavljaju spoljna opterećenja na zid cevi. Da bi se izračunala ukupna normalna naprezanja zida cevi neophodno je izvršiti superpoziciju parcijalnih naprezanja nastalih delovanjem pritiska i temperature zagrejanih barutnih gasova po formuli:

$$\sigma_r = \sigma_r^p + \sigma_r^t$$
$$\sigma_\tau = \sigma_\tau^p + \sigma_\tau^t \qquad (15)$$
$$\sigma_z = \sigma_z^p + \sigma_z^t$$

U tabeli 5 prikazana su ukupna normalna naprezanja nastala delovanjem pritiska i temperature zagrejanih barutnih gasova, izračunatih po formuli (15), za nekoliko odabranih slojeva r_i.

Tabela 5

$r \cdot 10^{-3}$[m]	15	20	25	30	35	40	45	47,5
$\sigma_r \cdot 10^7$[Pa]	—34,32	—30,51	—24,88	—17,18	—12,74	—7,32	—2,33	0
$\sigma_\tau \cdot 10^7$[Pa]	—33,25	—8,86	6,41	17,8	26,78	34,24	40,62	43,48
$\sigma_z \cdot 10^7$[Pa]	—68,46	—50,34	—19,27	—7,513	13,187	26,027	37,38	42,59



Sl. 5 Raspored ukupnih normalnih naprezanja u kritičnom preseku cevi artiljerijskog oruđa

Iz tabele 5 se vidi da ukupna normalna naprezanja odstupaju od parcijalnih normalnih naprezanja na pritisak i temperaturu. Temperaturna naprezanja menjaju vrednost naprezanja nastalih delovanjem pritiska, pa ih je neophodno uzimati u obzir pri proračunu otpornosti cevi artiljerijskih oruđa (sl. 5).

Ukupne deformacije za kritični presek

Na osnovu izračunatih deformacija izazvanih pritiskom barutnih gasova i temperaturom, možemo izračunati ukupnu relativnu deformaciju kao sumu

$$\varepsilon_\tau = \varepsilon_\tau^p + \varepsilon_\tau^t \qquad (16)$$

Vrednosti relativnih deformacija nastalih delovanjem pritiska barutnih gasova ε_τ^p izračunate su po formuli (4) i iznose

$\varepsilon_{\tau\,(r=r_1)}^p = 2{,}470 \cdot 10^{-3}$ i $\varepsilon_{\tau\,(r=r_2)}^p = 3{,}52 \cdot 10^{-4}$, a usled temperature prema relaciji (14). U tabeli 6 date su ukupne relativne deformacije izračunate po formuli (16).

Tabela 6

$r \cdot 10^{-3}$[m]	15	47,5
$\varepsilon_\tau^p \cdot 10^{-3}$	2,47	0,352
$\varepsilon_\tau^t \cdot 10^{-3}$	10,42	9,311
$\varepsilon_\tau \cdot 10^{-3}$	12,89	9,663

Apsolutna maksimalna deformacija može se izračunati po formuli

$$U_i = \varepsilon_\tau \cdot r \qquad (17)$$

U tabeli (7) date su vrednosti apsolutnih maksimalnih deformacija unutrašnje i spoljne površine cevi.

Tabela 7

$r \cdot 10^{-3}$[m]	15	47,5
$\varepsilon_\tau \cdot 10^{-3}$	12,89	9,663
$U_i \cdot 10^{-4}$[mm]	1,9335	4,5899

Zaključak

Uzajamnim delovanjem strujno-dinamičkih i toplotnih efekata barutnih gasova dolazi do razmene toplote, koja se manifestuje porastom temperature zida cevi i promenom termičko-mehaničkih karakteristika materijala cevi. Akumulirana toplota dovodi do nejednakog širenja čestica materijala cevi, narušavajući njihove međusobne veze, a kao posledica se javljaju temperaturna naprezanja. Raspored naprezanja na pritisak σ_r^p, σ_τ^p i σ_z^p menja se bitno dedelovanjem temperaturnih naprezanja σ_r^t, σ_τ^t i σ_z^t, tako da se pokazala opravdanom analiza temperaturnih naprezanja.

Navedenu analizu neophodno je izvršiti radi određivanja što pravilnijeg režima gađanja. Pravilnim izborom režima gađanja očuvale bi se mehaničke karakteristike materijala cevi i u najnepovoljnijim uslovima gađanja. U ovom radu izvršena je stacionarna analiza radi jednostavnijeg rešavanja problema radi što kvalitetnijeg rešavanja predlaže se nestacionarna analiza problema, te da se on posmatra prostorno, metodom konačnih elemenata. Navedena analiza omogućila bi optimizaciju pri izradi cevi.

Literatura:

[1] Kalezić M.: »Projektovanje cevi artiljerijskih oruđa«, VTI Beograd, 1985.
[2] B. V. Orlov, E. K. Larman, B. G. Malinov.: »Konrstukcija i projektovanje cevi artiljerijskih oruđa«, Moskva, 1976.
[3] Regodić D.: »Naprezanje cevi artiljerijskog oruđa«. Magistarski rad, Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd, 1988.
[4] Čukić R.: »Rešenje nekih zadataka termoelastičnosti primenom integralnih transformacija«, Naučna knjiga, Beograd, 1979.
[5] Malić D.: »Termodinamika i termotehnika«, Građevinska knjiga, Beograd, 1980.
[6] Bazjanac D.: »Nauka o čvrstoći«, Tehnička knjiga, Zagreb, 1976.
[7] William H. Mc Adams: »Heat transmision«, Mc Crawhill Book Company, Inc. New York — Toronto — London, 1954.
[8] Jojić K.: »Predavanja na poslediplomskim studijama«, Mašinski fakultet, Beograd, 1985.

Mr Safet Karabegović,
kapetan I klase, dipl. inž.

Doprinos postupku nameštanja gusenice na tenku M-84

Uvod

Posada tenka M-84 (komandir, nišandžija i vozač) obučava se i osposobljava da pravilno i odgovorno koristi i održava tenk u skladu sa odgovarajućim uputstvima.

Obučavanje i osposobljavanje članova posade vrši se prema propisanim postupcima i radnjama opisanim Tehničkim uputstvom TU-I (opis, rukovanje i osnovno održavanje) i Pravilom tenka M-84.

Radi poboljšanja opisanog postupka nameštanja gusenice i razrešenja eventualnih dilema, kao što su:

a) — postupak prinošenja prednjeg dela gusenice što bliže vodećem točku;

b) — postupak nanošenja gusenice na točkove nosače gusenice pomoću velike poluge;

c) — preciziranje postupaka i radnji koje izvodi komandir tenka, a koje nišandžija i vozač.

Korisno je skrenuti pažnju da postoje i određene mogućnosti nameštanja gusenice koje su proistekle iz prakse.

Postupak prinošenja prednjeg dela gusenice što bliže vodećem točku, da bi se moglo pričvrstiti čelično uže za prvi članak, te da bi se drugi kraj užeta mogao namotati na glavčinu pogonskog točka iza graničnog diska tri do četiri namotaja, složen je iz više razloga.

Prinošenje prednjeg dela gusenice ručno (snagom članova posade) otežano je zbog malog broja članova posade, velike mase gusenice, te potrebe za radom u svim terenskim i meteorološkim uslovima.

Zbog toga prinošenje prednjeg dela gusenice treba propisati postupcima koji će omogućiti korišćenje snage motora ugrađenog u tenku.

Postupak nanošenja gusenice na točkove nosače gusenice pomoću velike poluge mora biti precizno opisan, jer praktična iskustva su pokazala da poluga mora biti pravilno oslonjena na tačno određenom mestu (u protivnom, postoji mogućnost iskliznuća poluge, mogućnost da se pravovremeno ne nanese gusenica na točak nosača gusenice, da se pokida čelično uže, kao i da dođe do povrede člana posade).

Postupci i radnje komandira tenka, nišandžije i vozača moraju biti sinhronizirani i precizno opisani.

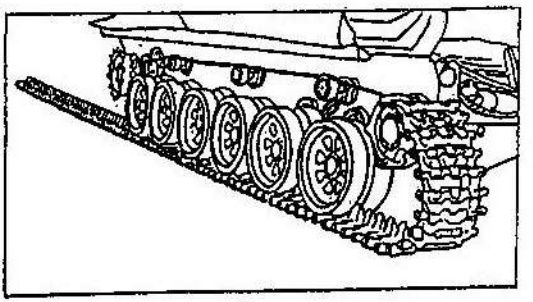
Sve radnje moraju se izvoditi pažljivo.

Predlog za postupak pri nameštanju gusenice na tenku M-84

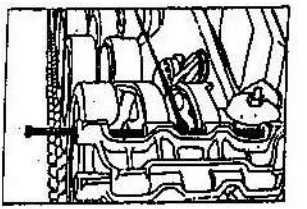
Da bi se postavila gusenica potrebno je:

— prostreti gusenicu ispred tenka, tako da članci budu okrenuti sa četiri ušice napred;

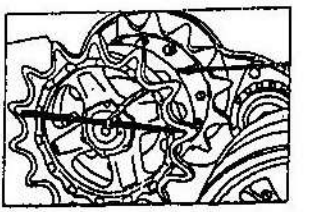
vesti čelično uže za navlačenje gusenice kroz žleb vodećeg točka i pričvrstiti jedan kraj užeta za prvi članak pomoću



a)



b)



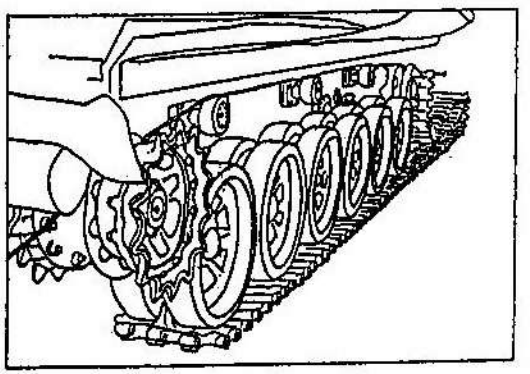
c)

Sl. 1, a, b, c Priprema za prinošenje prednjeg dela gusenice

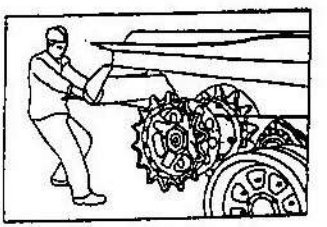
— u prvom stepenu prenosa lagano naići na gusenicu, dok prednji potporni točak ne dođe do prednjeg dela gusenice, tako da se prednji deo gusenice može podići u visinu vodećeg točka;

— izvršiti pripremu za prinošenje prednjeg dela gusenice, (sl. 1a), tj. proveći izbijača osovinice (sl. 1b), a drugi kraj čeličnog užeta namotati na glavčinu pogonskog točka iza graničnog diska, i u stranu prema oklopu, tri do četiri namotaja.

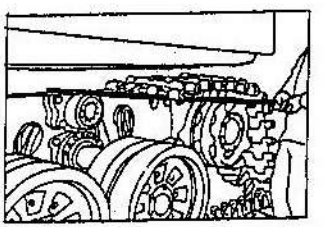
Pri radu po blatu ili snegu drugi kraj čeličnog užeta učvrstiti na pogon-



a)



b)



c)

Sl. 2. a, b, c Priprema i nameštaje gornjeg dela gusenice

skom točku pomoću izbijača za olakšano spajanje gusenice (sl. 1c);

— uključiti hod unazad, te držeći ukočen pogonski točak na strani gusenice koja se namešta lagano se tenkom kretati unazad dok zadnji potporni točak ne dođe do pretposlednjeg članka na gusenici koja se namešta (u tom položaju ukočiti tenk).

Nakon toga izvršiti pripremu za nameštanje gornjeg dela gusenice (sl. 2a), tako što zadnji kraj čeličnog užeta za navlačenje gusenice (namotan na glavčinu pogonskog točka iza graničnog diska tri do četiri namotaja u stranu oklopa) nišandžija treba da zategne pomoću izbijača za olakšano spajanje gusenice (sl. 2b).

Laganim okretanjem pogonskog točka unazad na strani gusenice koja se namešta, nameštati gornju stranu gusenice da se dva ili tri prednja članka uzube sa zupcima pogonskog točka.

U toku nameštanja gornje strane gusenice, u trenutku nailaska prednjeg članka do točka nosača gusenice, komandir prednji kraj gusenice zadiže na točak nosač gusenice velikom polugom, tako što veliku polugu čvrsto osloni na gornji deo točka nosača gusenice ispod užeta, prebacujući prednji kraj gusenice preko točka nosača gusenice (sl. 2c).

Tenk ukočiti, zaustaviti rad motora i skinuti čelično uže za navlačenje gusenice (odvojiti ga od pogonskog točka i gusenice). Pustiti motor u rad, a zatim gornji deo gusenice zategnuti laganim okretanjem pogonskog točka unazad. Ukočiti tenk i zaustaviti rad motora.

Napravom za sastavljanje gusenice zahvatiti čaure članaka, te pritegnuti krajeve gusenice da bi se krajevi mogli spojiti.

Dalji postupak spajanja krajeva gusenice (ovisno o tipu gusenice) opisan je u Tehničkom uputstvu TU-I (opis, rukovanje i osnovno održavanje) i u Pravilu tenka M-84.

Zaključak

Radi poboljšanja postupka nameštanja gusenice na tenku M-84, treba skrenuti pažnju da postoje i određene mogućnosti nameštanja gusenice koje su proistekle iz prakse.

Predloženi postupak nameštanja gusenice razrešava određene dileme, kao što su: postupak prinošenja prednjeg dela gusenice što bliže vodećem točku, postupak nanošenja gusenice na točkove nosače gusenice, te precizira postupke i radnje komandira tenka i nišandžije.

Prednost predloženog postupka ogleda se i u tome što za prinošenje prednjeg dela gusenice što bliže vodećem točku omogućava korišćenje snage motora ugrađenog u tenk i rad posade tenka u svim terenskim i meteorološkim uslovima.

Razrešene su dileme oko postupka nanošenja gusenice na točkove nosače gusenice i obezbeđena je sigurnost članova posade u toku izvođenja opisanih radnji.

Literatura:

[1] TU-I: »TENK M-84«, knjiga 1 (opis, rukovanje i održavanje), TU SSNO, Beograd, 1988.

[2] TU-I: »Tenk T-72(S)«, deo I (opis, rukovanje i održavanje), TU SSNO, Beograd, 1981.

[3] Pravilo: »TENK M-84 i T-72« (prvi deo), U OMJ GS OS, Beograd, 1981.

[4] »Priručnik za izvođenje praktičnih vežbi na tenku M-84«, ŠCOMJ, 1988.

Mihajlo Stankić,
kapetan I klase, dipl. inž.

Metode sinhronizacije elektroagregata pri sprezanju u paralelnu mrežu

Uvod

Tehnička modernizacija oružanih snaga na svim nivoima uslovljava sve veću potrebu za električnom energijom. Modernizacijom postojećih, te uvođenjem novih sredstava i vojne opreme, proporcionalno raste specifična potrošnja električne energije u jedinicama trupnog ešelona.

Znatan broj izvora električne energije svoju osnovnu funkciju ostvaruje i u specifičnim terenskim uslovima. Istraživanja u oblasti eksploatacije izvora električne energije jedan su od bitnih zadataka armijske elektroenergetike. Navedeni problem se intenzivno istražuje na polju elektrohemijskih izvora električne energije, dok je elektromehaničkim izvorima neopravdano dodeljen sekundarni značaj.

Sprezanje elektroagregata u paralelan rad, čime se u određenim okolnostima rešava problem deficita snage, na prvi pogled izgleda jednostavno. Međutim, radi se o problemu čije rešavanje zahteva potpuno poznavanje problematike sinhronizacije, odnosno fenomenologije sinhrone mašine.

Teoretske osnove sinhronizacije

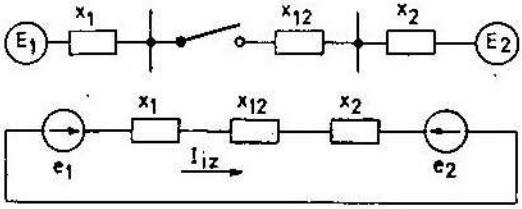
Odlučimo li spregnuti dva ili više agregata u paralelnu mrežu, neophodno je da u momentu priključenja jednog od agregata impuls struje izjednačenja (I_{iz}) ne pređe dozvoljenu granicu, a da rotor priključenog generatora brzo postigne sinhronu brzinu vrtnje bez izraženijih oscilacija. Za ostvarenje navedenih uslova neophodno je, prethodnom regulacijom, brzinu vrtnje priključenog generatora podesiti na brzinu najbližu sinhronoj, a napon na njegovom izlazu (ako je generator pobuđen) dovesti na vrednost koja je jednaka ili po iznosu priključka naponu postojeće mreže. Takođe je vrlo bitno odrediti momenat iniciranja komande za izvršenje galvanskog sprezanja generatora na postojeću mrežu. Opisani proces upravljanja frekvencijom i naponom, te izbor momenta priključenja generatora na mrežu naziva se SINHRONIZACIJA.

Generatori dovedeni u sinhronizam imaju u tački spajanja jednake frekvencije i napone po iznosu i fazi:

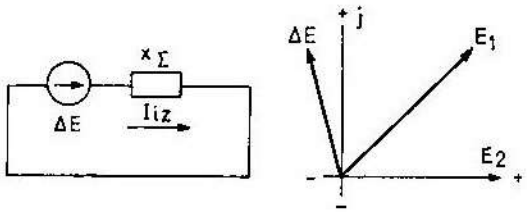
$$Ug = Um;\ fg = fm;\ \Theta = 0;$$

Iznos struje izjednačenja pri sinhronizaciji određen je geometrijskom razlikom između elektromotornih sila (EMS) sinhronizirajućih generatora i impendacijom ekvivalentnog kruga (sl. 1). Na osnovu slike 2 geometrijska razlika je:

$$\Delta\dot{E} = E_1 \cos(\Theta) - E_2 + jE_1 \sin(\Theta) \quad (1)$$



Sl. 1 Ekvivalentna shema paralelne sprege



Sl. 2 Ekvivalentni krug sa vektorskim dijagramom EMS

gde je Θ ugao zaostajanja vektora E_1 za E_2 u momentu sprezanja. Struja izjednačenja (sl. 3) određena je izrazom:

$$\dot{I}_{iz} = \frac{\Delta\dot{E}}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{\Delta\dot{E}}{jx_\Sigma} = \frac{E_1}{x_\Sigma}\sin(\Theta) + j\left(\frac{E_2}{x_\Sigma} - \frac{E_1}{x_\Sigma}\cos(\Theta)\right) \qquad (2)$$

Sinhronizacija podrazumeva da u momentu sprezanja pojedinih generatora do pojave struje izjednačenja uopšte ne dođe, a time i do padova napona na elementima kruga u kojem se dešava prelazni proces. Da bi se to zaista ostvarilo, pre sprezanja generatora na mrežu, nizom postupaka potrebno je ostvariti sledeće jednakosti:

1) jednakost napona sinhronizirajućih jedinica

$$E_1 = E_2;$$

2) jednakost frekvencija, odnosno ugaonih brzina vrtnje

$$f_1 = f_2\ (\omega_1 = \omega_2);$$

3) jednakost odgovarajućih uglova vektora napona sprezajućih elemenata sistema

$$\Theta_1 = \Theta_2\ (\Theta = 0).$$

Navedene jednakosti nazivaju se uslovima sinhronizacije. Neispunjavanje bar jednog od njih rezultuje neželjenim prelaznim procesima, koji mogu da dovedu do znatnih oštećenja na generatorima.

Razmotrimo uticaj odsustva svakog od tri uslova sinhronizacije:

1. $E_1 \neq E_2;\ \omega_1 = \omega_2;\ \Theta = 0.$

Kao rezultat nejednakosti napona po iznosu proizilazi pojava struje izjednačenja, shodno (1), odnosno (2). Po karakteru je reaktivna, što znači da ne unosi mehaničke poremećaje u sistem, ali rezultuje padovima napona. Struja I_{iz} je u kašnjenju za 90° u odnosu na EMS.

2. $E_1 = E_2;\ \omega_1 = \omega_2;\ \Theta \neq 0.$

Naponi su izjednačeni po iznosu, međutim, u momentu sprezanja pomereni su vektorski za ugao Θ. U ovom slučaju (isključivši momenat $\Theta = 180$) struja izjednačenja sadrži i aktivnu komponentu. Aktivna komponenta I_{iz} rezultira impulsom aktivne snage:

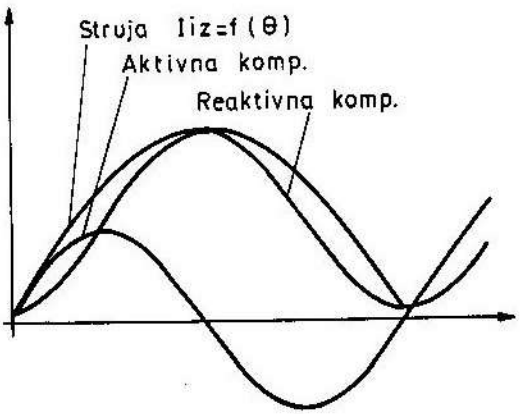
$$P_{iz} = E \cdot I_{iz} \cos(\Theta/2),$$

koji se prenosi elementima sistema. Za slučaj $\dot{E}_1 > \dot{E}_2$, udarni val je usmeren od priključenog agregata ka mreži, odnosno ekvivalentnom generatoru. Rezultat impulsa aktivne snage je usporenje rotora jedne, odnosno ubrzanje rotora druge strane (drugog agregata). Aktivna komponenta struje izjednačenja maksimalna je pri $\Theta = 90°$ i $\Theta = 270°$. Pri $\Theta = 180°$ aktivna komponenta iščezava, ali je reaktivna komponenta maksimalna.

3. $E_1 = E_2\ \omega_1 \neq \omega_2;\ \Theta = 0.$

Jasno je da se iskaz pod tačkom tri mora uzeti uslovno, jer pri $\omega_1 \neq \omega_2$ menja se i Θ. U momentu uključenja ge-

neratora na mrežu pri $\Theta = 0$ i struja izjednačenja biće jednaka nuli. Ukoliko je $\omega_1 > \omega_2$, pod uticajem nastale nestabilnosti kinetičke energije rotor generatora G_1 počinje se ubrzavati u odnosu na rotor ekvivalentnog generatora G_2. Generator G_2 preuzima na sebe izvesnu dopunsku aktivnu snagu, što kao rezultat ima usporenje njegovog rotora. Što je razlika u ugaonim brzinama vrtenje veća, to će biti veći ugao pomaka E_1 i E_2. Pri određenoj, dovoljno velikoj razlici $\omega_1 \neq \omega_2$ sinhronizam neće ni nastupiti, pa dolazi do asinhronog režima rada sistema.



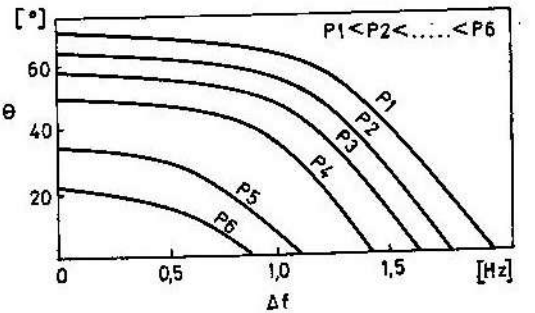
Sl. 3 Struja izjednačenja Iiz=f(θ)

Iz ranije provedenih razmatranja možemo izvući sledeće zaključke:

1. Sprezanjem generatora u paralelan sistem, pri egzistiranju pomaka između vektora napona istoimenih faza i pojavom aktivne komponente struje izjednačenja, delovat će mehanička naprezanja elemenata sistema, što određenog momenta može biti kritično.

2. Sprezanje generatora pri velikoj razlici u frekvencijama automatski izaziva pomak vektora napona za znatan ugao Θ, te pojavu aktivne komponente struje izjednačenja. Pri velikom klizanju (razlici ugaonih brzina) zbog njihanja kinetičke energije sistem će zauzeti asinhroni hod.

3. Najmanju opasnost predstavlja razlika napona po iznosu, uz zadovoljen uslov $\omega_1 = \omega_2$ i $\Theta = 0$. Pri tome je struja izjednačenja proporcionalna aritmetičkoj razlici napona i po karakteru je isključivo reaktivna.



Sl. 4 Zavisnost ugla θ od frekvencije Δf (parametar snaga sistema)

Interesantna je zavisnost ugla Θ od razlike frekvencija sinhronizacije Δf, pri kojoj još ne nastupa asinhroni režim rada (sl. 4), pri čemu je parametar snaga sistema. Sa slike zaključujemo da povećanjem snage sistema (mreže) idemo u zonu manjih Θ i Δf kao uslova sinhronizma.

U slučaju kad su sinhronizirajući naponi jednaki po amplitudi ($E_1 = E_2 = E$), razlika njihovih trenutnih vrednosti je:

$$\Delta U = E_1 \sin \omega_1 t - E_2 \sin \omega_2 t = 2E \sin \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t \cdot \cos \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t \qquad (3)$$

Razlika trenutnih vrednosti predstavlja izvesno harmonijsko kolebanje u funkciji dve frekvencije, odgovarajućih polusuma i polurazlika ugaonih brzina vrtnje generatora G_1 i G_2. Ovo harmonijsko kolebanje naziva se pulzacija, a razlika ΔU naponom pulzacije. Grafik napona E_1 i E_2 u funkciji vremena predstavljen je slikom 5a. Od praktičnog značaja je anvelopa ampli-

tudnih iznosa napona pulzacije (sl. 5b). Matematički izraz anvelope ima oblik:

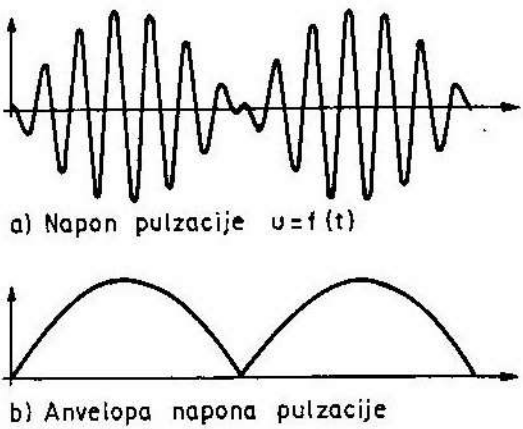
$$u_k = 2E\sin\left(\frac{\omega_k t}{2}\right) = 2E\sin\left(\frac{\Theta}{2}\right) \quad (4)$$

gde je:

u_k — trenutni iznos anvelope koji je, u stvari, napon klizanja;

ω_k — kružna frekvencija klizanja;

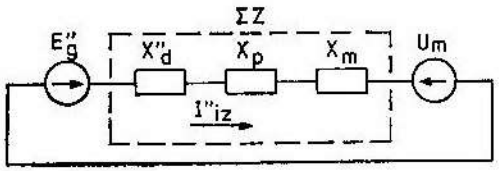
Θ — ugao pomaka (faza) među vektorima EMS sinhronizirajućih generatora.



Sl. 5 Napon pulzacije i anvelopa amplitudnih iznosa

Tačna sinhronizacija

Pri sprezanju generatora u paralelan rad tačnom sinhronizacijom potrebno je provesti odgovarajući postupak. Generator se ubrzava do frekvencije koja je bliska sinhronoj i pobuđuje se. Zatim se ručno ili češće putem automatike izravnavaju frekvencije i naponi sinhronizirajućih elemenata. Posle navedenog postupka sledi komanda za priključenje generatora na mrežu, odnosno ekvivalentni generator. Da bi struja izjednačenja ostala u dozvoljenim granicama, a oscilacije prelaznog procesa brzo bile prigušene, neophodno je vrlo tačno izjednačiti frekvencije i napone sprezajućih elemenata, te izabrati odgovarajući momenat uključenja (sprezanja) generatora na sabirnice mreže, odnosno ekvivalentnog generatora.



Sl. 6 Ekvivalentna shema kruga struje izjednačenja

Slika 6 predstavlja ekvivalentnu shemu konture kojom se zatvara struja izjednačenja. Saglasno II Kirhofovom zakonu možemo pisati:

$$\dot{U}_m - \dot{E}''_g = \dot{I} \cdot \dot{Z}_\Sigma \quad (5)$$

Iz (5) možemo izraziti struju izjednačenja kao:

$$\dot{I}_{iz} = \frac{\dot{U}_m - \dot{E}''_g}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{\Delta\dot{U}}{\dot{Z}_\Sigma} \quad (6)$$

gde su:

$\Delta\dot{U}$ — razlika sinhronizirajućih napona (EMS) (u momentu sprezanja generator je predstavljen EMS $\dot{E}''_g$ i subtranzijentnom reaktancijom $\dot{X}''_d$);

$\dot{I}_{iz}$ — struja izjednačenja u momentu sprezanja;

$\dot{Z}_\Sigma$ — suma reaktancija konture (sl. 6).

Amplituda struje izjednačenja u momentu sprezanja generatora je:

$$I''_{iz} = \frac{\sqrt{2} \cdot 1{,}8 \cdot \Delta U}{Z_\Sigma} \quad (7)$$

Ako su EMS generatora i napon ostalog dela sistema (mreže) jednaki po apsolutnom iznosu i u momentu sprezanja zatvaraju ugao Θ, struja je:

$$I_{iz} = \frac{2 \cdot U\sin\frac{(\Theta)}{2}}{Z_\Sigma} \quad (8)$$

U opštem slučaju, kada EMS generatora i napon mreže nisu jednaki po apsolutnom iznosu, izraz za struju izjednačenja ima oblik:

$$I_{iz} = \frac{\sqrt{E_g''^2 + U_m^2 - 2 E_g'' U_m \cos\Theta}}{Z_\Sigma} \qquad (9)$$

Kao što se vidi iz (9), u momentu sprezanja generatora na mrežu, struja izjednačenja će biti proporcionalna razlici sinhronizirajućih napona i znatno će zavisiti od veličina ugla među vektorima istoimenih faza. Kako u realnim uslovima pri sinhronizaciji uvek postoji izvesna razlika frekvencija fg i fm, ugao među navedenim vektorima napona Θ i razlika napona ΔU se neprekidno menjaju. Pri tome je razlika trenutnih vrednosti sinhronizirajućih napona:

$$\Delta u = e_g'' - u_m = E_g \sin \omega_g t - U_m \sin \omega_m t,$$

gde su:

ω_g i ω_m — ugaone brzine vrtnje vektora EMS generatora i mreže respektivno;

$$\omega_g = 2 \cdot \pi \cdot f_g;\ \omega_m = 2 \cdot \pi \cdot f_m;$$

Pri uslovu Eg = Um = U

$$\Delta u = U (\sin \omega_g t - \sin \omega_m t)\ 2U \cdot \sin \frac{\omega_g - \omega_m}{2} t \cdot \cos \frac{\omega_g + \omega_m}{2} t$$

Grafik napona ΔU predstavljen je slikom (sl. 5a), o čemu je bilo reči ranije.

Za sad nam je interesantna anvelopa amplitudnih iznosa napona pulzacije (sl. 5b).

Matematički izraz anvelope ima sledeći oblik:

$$Us = 2U \sin \frac{\omega_g - \omega_m}{2} t = 2U \sin \frac{\omega_k}{2} t$$

gde je:

$\omega_k = \omega_g - \omega_m$ ugaona brzina klizanja.

Anvelopa napona pulzacije menja se od nule do maksimuma ravno dvostrukoj amplitudi 2U i ponovo poprima vrednost nule. Vreme ciklusa promene napona pulzacije od nule kroz maksimum, te ponovo do nule ili između dva maksimuma, naziva se period klizanja Tk.

$$Tk = \frac{2\pi}{\omega_k} = \frac{1}{f_k} \qquad (10)$$

Kako tačna sinhronizacija ima za cilj odsustvo impulsa struje izjednačenja, kontakti sklopnika putem kojeg vršimo sprezanje generatora u mrežu moraju biti zatvoreni u momentu kada je anvelopa napona pulzacije ravna nuli (tačka 1 na sl. 5b). Taj momenat se naziva momentom optimuma.

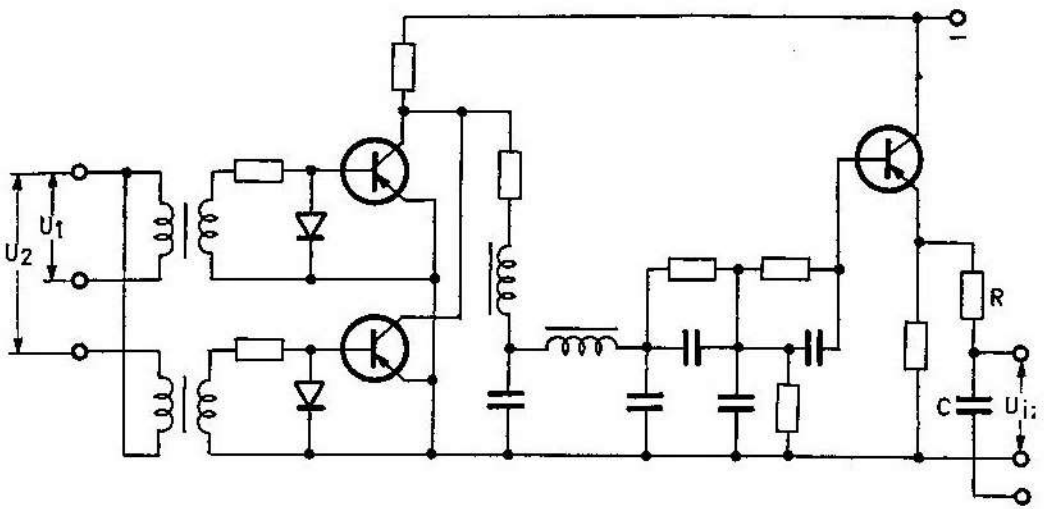
Pošto sklopnik ima sopstveno vreme kašnjenja (inercija sklopnika), komanda za njegovo dejstvo mora slediti sa odgovarajućim preticanjem momentu optimuma, nezavisno od veličine klizanja. Pri uslovu konstantne ugaone brzine klizanja (ωk = const.), vreme preticanja je u čvrstoj relaciji sa uglom Θ. Analogno tome, ugao preticanja $\Theta_{pr} = \omega k \cdot tpr$ zavisi od klizanja:

$$\Theta_{pr} = \omega_k \cdot t_{pr} = \frac{d\Theta}{dt} \cdot t_{pr}$$

Pri promenljivom klizanju ($a_k = \frac{d\omega_k}{dt} \neq 0$), uz pretpostavku konstantnog ubrzanja rotora ekvivalentnog generatora, ugao koji prevali rotor od momenta komande sklopniku do momenta zatvaranja njegovih kontakata dat je izrazom:

$$\Theta_{pr} = \omega_k \cdot t_{pr} \qquad (11)$$

Da bismo odredili vreme preticanja, neophodno je ostvariti linearno pretvaranje ugla Θ u odgovarajući jednosmerni napon, proporcionalan uglu Θ. Jedno od mogućih rešenja je predstavljeno slikom 7.



Sl. 7 Principijelna shema pretvarača ugla θ u napon

Izlazni napon pretvarača srazmeran je vremenu i zavisi od RC konstante izlaznog stepena, te popunjenosti impulsa t/T, koja se javlja funkcijom ugla Θ.

$$U_{iz} = U_p\,(1 - e^{-t/\tau}) \approx (t/\tau)\cdot U_p$$

Već je rečeno da se kontakti sklopnika moraju zatvoriti pri uglu $\Theta = 0$ (ili $\Theta = 2\pi$), te karakteristika sinhronizatora može biti napisana kao:

$$\Theta_{sr} + \Theta_{pr} = 2\pi \text{ ili } \Theta_{sr} + \Theta_{pr} = 0 \qquad (12)$$

Uslov (12) može se napisati putem naponske jednačine kao:

$$U_{iz}\,(\Theta) + t_{pr}\frac{dU_{iz}}{dt} = U_{iz}(2\pi)$$

gde su:

$U_{iz}\,(\Theta)$ — izlazni napon pretvarača pri tekućem iznosu ugla Θ,

$U_{iz}(2\pi) = U_{iz}(\Theta)$ — izlazni napon pretvarača pri izjednačenju napona po fazi.

$$U_{iz}\,(2\pi) = kU_p;\ \Theta \leq k < 1$$

Tako odziv pretvarača možemo pisati kao prvu derivaciju ugla Θ:

$$U_{iz}(\Theta) = U_{iz}(\Theta;2\pi) - t_{pr}\frac{dU_{iz}(\Theta)}{dt}$$

Greška ugla uključenja je, prema tome:

$$\Delta\Theta_{pr} = \frac{d^2\Theta \cdot t^2_{pr}}{dt^2 \cdot 2}$$

Dakle, kod sinhronizatora sa neposrednim pretvaranjem ugla Θ u ekvivalentni napon relativno je lako uračunati ubrzanje klizanja, tako što dvaput deriviramo izlazni napon pretvarača, te postavimo uslov odziva nul-indikatora kao:

$$\Theta + \Theta_{pr} = 2\pi.$$

Kako je $\Theta_{pr}' = \dfrac{d\Theta}{dt}\cdot t_{pr} - \dfrac{d^2\Theta}{dt^2}\cdot\dfrac{t_{pr}^2}{2}$ (14)

imamo izraz za napon:

$$U_{iz}(\Theta) = U_{iz}(0;2\pi) - t_{pr}\cdot\frac{dU_{iz}(\Theta)}{dt} - \frac{d^2U_{iz}(\Theta)}{dt^2}\cdot\frac{t_{pr}^2}{2}$$

Jasno je da se na izlazu pretvarača nalazi isti izlazni napon pri uglovima Θ i $2\pi-\Theta$. Određenje stvarnog ugla rešava se logikom uređaja. U principu je moguće ostvariti pretvarač čiji će odziv biti linearan pri promeni ugla Θ od 0° do 360°.

Samosinhronizacija

Sprezanje generatora metodom tačne sinhronizacije zahteva kontrolu velikog broja parametara. Dovođenje relativno velikog broja parametara u određene granice za izvesni kratak interval, moguće je samo posredovanjem sistema automatske regulacije. No, i pored posredovanja automatike, taj interval ipak nije kratak. Želimo li skratiti vreme potrebno za sprezanje generatora u paralelnu mrežu, te izbeći posredovanje uređaja automatske regulacije, broj kontrolnih parametara mora se svesti na minimum. Postupak samosinhronizacije se u grubom opisu svodi na ubrzanje generatora do frekvencije bliske sinhronoj, te se potom tako nepobuđen spreže na mrežu.

Dakle, kontrola napona i ugla Θ je neobavezna, dok je kontrola klizanja zadržana, jer je tek mala razlika u ugaonim brzinama vrtnje uslov uspešnog ulaska generatora u sinhronizam.

Procenu o tome da li određeni elektroagregat (generator) možemo spregnuti u paralelan rad postupkom samosinhronizacije donosimo na osnovu iznosa struje uključenja (I_u). Pri prelaznom procesu samosinhronizacije amplitudni iznos struje uključenja dat je izrazom:

$$I_u = \sqrt{2}\cdot\frac{1{,}8\cdot U_m}{X_d''+X_e+X_m} \qquad (15)$$

gde su:

U_m — napon mreže (ekvivalentnog generatora),

X_d'' — subtranzijentna reaktancija generatora,

X_e — reaktancija elemenata posredstvom kojih je generator spregnut na mrežu,

X_m — ekvivalentna reaktancija mreže.

U najtežem slučaju, kada je $X_e+X_m=0$, amplituda struje uključenja je:

$$I_u'' = \sqrt{2}\cdot 1{,}8\cdot U_m/X_d'' \qquad (16)$$

Po konstrukciji generator podnosi struju trofaznog kratkog spoja:

$$I_{ks}'' = \sqrt{2}\cdot 1{,}8\cdot E_g/X_d'' \qquad (17)$$

Dakle, pri $E_g=U_m$ maksimalni iznos struje uključenja može biti:

$$I_{u\,max}'' = I_{ks}''$$

Samosinhronizacija je dopustiva kao regularan postupak sprezanja generatora u paralelan rad, ako odnos efektivnog iznosa prelazne komponente struje uključenja i nominalne struje generatora ne prelazi 3,5 [3].

Uzevši koeficijent 1,5 kao srednji odnos EMS, struju uključenja u normiranom obliku možemo pisati kao:

$$\bar{I}_u = 1{,}5\cdot(\bar{X}_d'+\bar{X}_e+\bar{X}_m) \leq 3{,}5 \qquad (18)$$

Iz (18) proizilazi da je uslov $\bar{I}_u \leq 3{,}5$ ispunjen pri sumi reaktancija $\bar{X}_d+\bar{X}_e+\bar{X}_m \geq 0{,}3$, što je sigurno ispunjeno kod generatora dizel-elektroagregata (videti tehničke karakteristike pojedinih pojedinih agregata u knjizi tehničkih uputstava).

Postupak samosinhronizacije izaziva određene padove napona pri prelaznom procesu sprezanja, što se mora imati u vidu, jer određena trošila, ukoliko su priključena na mrežu u trenutku prelaznog procesa, ne podnose tolika kolebanja napona.

Pri uključenju generatora u paralelan režim napon na njegovim stezaljkama je:

$$U_g = U_m \left(1 - \frac{X_e - X_m}{X_g + X_e + X_m}\right) \qquad (19)$$

gde je:

X_g = X_d'' na početku prelaznog procesa samosinhronizacije,

X_g = X_d pri ulasku generatora u sinhronizam.

Znajući reaktancije X_g, X_m i X_e za konkretan agregat lako se može izračunati iznos napona kolebanja, te izvesti zaključak o tome da li je postupak samosinhronizacije dopustiv ili ne sa stanovišta naponskih stanja u procesu sinhronizacije.

Zaključak

Postupak tačne sinhronizacije zahteva istovremenu kontrolu velikog broja parametara. Opravdan je pri, sprezanju većih jedinica u paralelan rad. Kako se može ostvariti isključivo posredovanjem kompleksnog sistema automatske regulacije, to se kod dizel-elektroagregata retko primenjuje. Postoji niz uređaja koji kontrolišu samo nekoliko parametara merodavnih za proces sinhronizacije i koje proizvođač naziva automatskim sinhronizatorima. Međutim, krajnji rezultat nikako nije tačna sinhronizacija.

Postupak samosinhronizacije se svojom jednostavnošću nameće kao najpogodnije rešenje i može se izvesti isključivo uz zadovoljen uslov izražen sa (18).

Literatura:

[1] Berković M. A., Komarov A. N., Semenov V. A.: »Osnovi avtomatiki energosistem«, Moskva, Energoizdat, 1981.

[2] Požar H.: »Visokonaponska rasklopna postrojenja«, Školska knjiga, Zagreb, 1980.

[3] Barkan J. D., Orehov L. A.: »Avtomatizacija energosistem«, Moskva, Višaja škola, 1981.

[4] Vostroknutov N. N., Sirotinskij E. L.: »Novij princip polučenija postojanovo vremeni opreženija v avtomatskih sinhronizatorah«, Električetstvo, 8/1961.

Stevan Sinkovski,
kapetan I klase, dipl. inž.

Projektovanje radio-elektronskih sistema integralnog tipa metodama nelinearne estimacije

Uvod

Do razvoja složenih sistema dolazi ili usavršavanjem karakteristika odvojenih elemenata sistema, koji u svom radu koriste nove fizičke principe, ili povećanjem stepena integracije opreme koja ulazi u njihov sastav kroz nova algoritamska rešenja. U radu je na primeru integrisanih sistema avionske elektronske opreme (letno-navigacijskih sistema LNS) prikazana sinteza informacionog dela LNS metodama nelinearne estimacije. Za razliku od integralne obrade informacija, zasnovane na metodama linearne estimacije [1], u radu su dati algoritmi zajedničke obrade i podataka i signala, tzv. primarne obrade informacija.

Razlikujemo funkcionalnu i informacionu integraciju informaciono-mernih uređaja i/ili sistema letelica. Funkcionalna integracija daje višefunkcionalne sisteme formirane na bazi jednofunkcionalnih sistema veze, navigacije i identifikacije. Primer ovakve integracije je sistem MFBARS/ICNIA, TIES koji čine sledeći sistem: sistem veze, sistem TACAN, satelitski navigacijski sistem GPS, sistem identifikacije IFF i sistem razmene taktičkih informacija JTIDS [2].

Informaciona integracija predstavlja integraciju na višem nivou [3]. Ovde je reč o zajedničkoj, integralnoj obradi informacija od nekoliko uređaja i sistema koji određuju jedne te iste ili funkcionalno povezane parametre. Merenje jednih te istih parametara uređajima i sistemima koji na različitim fizičkim principima rade, uslovljeno je činjenicom da ni jedan od njih ne zadovoljava sve zahteve koji se pred njih postavljaju. Tako, na primer, savremeni inercijalni navigacijski sistem i INS ne zadovoljavaju zahtev tačnosti, radio-sistemi bliže navigacije RSBN — zahtev otpornosti na ometanje i daljinu dejstva, doplerovski merač brzine — zahtev upotrebljivosti u svim uslovima leta (prelazak u režim »pamćenje« pri velikim uglovima valjanja i propinjanja, loš rad nad morskom površinom [2].

Cilj integracije je objedinjavanje različitih mernih sistema u jedinstven sistem sa poboljšanim karakteristikama tačnosti, otpornosti na smetnje i pouzdanosti merenja informacija u poređenju sa svakim od njih ponaosob [1, 2, 3, 4, 5, 6].

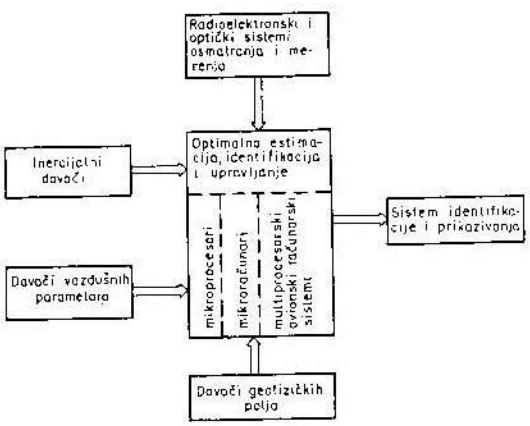
Integralna obrada informacija do sada se primenjivala samo u tzv. sekundarnoj obradi informacija. Proširenje kruga zadataka, postavljenih pred složene sisteme, dovelo je do potrebe povećanja stepena integracije opreme. Maksimalan dobitak informacionog integrisanja ostvaruje se određivanjem optimalne strukture i karakteristika in-

tegralne obrade informacija. Problemi sinteze rešavaju se metodama teorije markovskih i uslovnih markovskih procesa. Zbor specifičnosti problema integracije same metode su značajno modifikovane, tako da je formulisana posebna teorija — teorija integracije uređaja i sistema [2].

Integracija davača na nivou primarne obrade informacija

Podela na primarnu i sekundarnu obradu informacija je, u suštini, uslovna [2, 4, 7]. Pod primarnom obradom informacija (obradom signala) podrazumeva se traženje, otkrivanje, selekcija, transformacija i pojačanje ulaznih signala navigacijskih, pilotažnih i specijalnih davača, s ciljem da se odrede odgovarajući parametri. Pod sekundarnom obradom informacija (obradom podataka) podrazumeva se obrada izlaznih signala samih davača u avionskom računaru [2, 7].

Struktura navigacijskog sistema integrisanog na nivou primarne obrade informacija prikazana je na slici 1, [3].



Sl. 1 Struktura navigacijskog sistema integrisanog na nivou primarne obrade informacije

Primarni inercijalni davači su akcelerometri i žiroskopi. Davači vazdušnih parametara su davači statičkog i dinamičkog pritiska, temperature atmosfere, i dr. Radio-elektronski primarni merni sistemi su daljinomeri, doplerovski merači radijalne brzine i obični osmatrački sistemi. Signali svih tih primarnih davača dospevaju u hijerarhijski multiprocesorski sistem. Estimacija, identifikacija i upravljanje ostvaruju se posredstvom optimalnih algoritama [3]. U vezi sa tim kao glavni problem javlja se razvoj arhitekture integrisanog sistema sa stanovišta računarske tehnike. Kao elemenat integracije elektronske opreme ustanovljena je višestruka magistrala, čija propusna moć omogućava obradu velikog broja podataka u realnom vremenu [9, 10]. Problemi projektovanja interfejsa, prekida, načina obrade podataka, digitalnih sistema upravljanja i sistema prikazivanja informacija nisu predmet razmatranja ovog rada.

U današnje vreme pri sekundarnoj obradi informacija široko se primenjuju optimalni algoritmi estimacije dobijeni na osnovu metoda linearne nestacionarne filtracije Kalmana [1, 2, 4]. Pri tome pozitivan efekat daju samo davači na čijim su izlazima dovoljno »dobri« signali. U realnim uslovima ovaj zahtev često nije ispunjen. Optimizacija algoritama pri sekundarnoj obradi informacija ne obuhvata optimizaciju samih davača. Otuda je jasno koliko je važno povećanje efektivnosti, tačnosti i otpornosti navigacijskih, pilotažnih, nišanskih i drugih specijalnih davača. Ono se postiže na račun integralne obrade informacija [2, 4].

Integracija na nivou primarne obrade informacija omogućava: kompenzaciju uticaja kretanja vazduhoplova na rad mernih sistema, odstranjivanje ili smanjivanje metodske greške radio-tehničkih mernih sistema, skraćenje vremena traženja signala, smanjenje ili potpuno isključenje verovatnoće lažnog zahvata pratećih sistema, smanjenje verovatnoće prekida praćenja odgovarajućih parametara radio-signala, poboljšanje karakteristika tačnosti i otpornosti na smetnje mernih sistema u

režimu praćenja. Integracija na nivou primarne obrade informacija omogućava izradu optimalnog matematičkog modela, uprošćuje sistem i smanjuje cenu složenih sistema, kao i praćenje njihove pouzdanosti [3].

Iz navedenog može se zaključiti da je cilj integracije na nivou primarne obrade informacija poboljšanje kvaliteta funkcionisanja mernih sistema u nenormalnim režimima rada (režim prekida praćenja, lažnih zahvata, itd.), kao i povećanje tačnosti u režimu praćenja [2, 4].

Pozitivni efekti integralne obrade informacija (primarna i sekundarna) ostvaruju se primenom metoda teorije optimizacije stohastičkih sistema. Kod integralne sekundarne obrade informacija koristi se vinerovska ili Kalmanova teorija integracije [5, 6]. Za integralnu primarnu obradu informacija široke mogućnosti pružaju metode markovske teorije integracije uređaja i sistema, odnosno markovska teorija nelinearne estimacije [2, 4]. Kao moguća rešenja sreću se i razne vrste suboptimalnih algoritama, npr. nelinearni filter Kalmana I reda, koji ima osobinu da sa jednim preciznim senzorom (daljinomerom), kao sredstvo korekcije, obezbedi optimalnu tačnost svih komponenti vektora stanja [3].

Markovska teorija integracije uređaja i sistema

Markovska teorija integracije uređaja i sistema zasniva se na metodama teorije markovskih i uslovnih markovskih procesa. Teoriju čine:

— definisanje problema, odnosno razrada matematičkog modela vektora stanja i vektora merenja;

— sinteza optimalnih algoritama i odgovarajućih sistema prijema i integralne obrade informacija i izračunavanje potencijalnih karakteristika kvaliteta funkcionisanja, i

— analiza mogućnosti praktične realizacije projektovanih sistema ili zadatih algoritama [2].

Matematički modeli signala, smetnji, informacionih i neinformacionih procesa razrađuju se za svaki konkretni problem sinteze ili analize. Sam model mora voditi računa o nameni integrisanog sistema prijema i obrade signala, fizičkoj suštini razmatranih pojava i specifičnosti realnih uslova funkcionisanja, oslanjajući se na eksperimentalne podatke. Po mogućnosti, matematički modeli moraju biti jednostavni i pogodni za praktičnu upotrebu i da vode računa o neophodnosti jednoobraznog opisivanja podataka davača različite prirode. Oblik razrađenih matematičkih modela i analiza njihovih statističkih karakteristika omogućavaju da se izabere konkretni metod sinteze ili analize sistema obrade signala [2, 4].

Sinteza metodama markovske teorije integracije uređaja i sistema, omogućava dobijanje optimalnih (kvazioptimalnih) algoritama i strukturnih šema odgovarajućih sistema prijema i integralne obrade signala, kao i određivanje njihove potencijalne tačnosti.

U markovskoj teoriji zadatak estimacije vektorskog parametra $\alpha(t)$ zamenjuje se zadatkom estimacije nekog stohastičkog vektorskog parametra $x(t)$ nazvanog vektor stanja. Pri tome se podrazumeva da se kao komponente $x(t)$ javljaju traženi vektor parametar $\alpha(t)$ i neki neinformativni vektor parametar $\beta(t)$:

$$x^T(t) = [\alpha^T(t), \beta^T(t)] \qquad (1)$$

Specifičnost markovskog prilaza je u tome što je proces $y(t,\alpha)$ više dimenzionalni uslovni markovski proces u odnosu na više dimenzionalni markovski proces $x(t)$ koji podleže estimaciji. U ovom slučaju komponente vektora $\alpha(t)$ i $\beta(t)$ ne moraju biti markovski procesi.

Zadatak sinteze u markovskoj teoriji svodi se na donošenje optimalne procene $\hat{x}(t)$ na osnovu obrade mernog procesa:

$$y(t) = S[x(t), t] + N(t),$$
$$t_0 < t < T_u \qquad (2)$$

gde su:

S (t, x) — vektor signala,
x (t) — vektor stanja, i
N (t) — vektor smetnji.

Kao kriterijum optimalnosti koristi se Bajesov kriterijum uz odgovarajuću funkciju gubitaka, pa procena iznosi:

$$\hat{x}(t) = \int x w(x, t)\, dx \qquad (3)$$

Specifičan momenat markovske teorije je zadavanje markovskog vektorskog parametra x (t) u vidu stohastičke diferencijalne jednačine:

$$\frac{dx(t)}{dt} = F[x(t), t] + G[x(t), t] \cdot N_x(t),\ x(t_0) = x_0 \qquad (4)$$

gde su:

F( ) i G( ) — matrice koeficijenata zanošenja i difuzije,
N_x (t) — više dimenzionalni beli šum

ili u obliku:

$$dx(t) = F(\,)\,dx + G(\,)\,dz \qquad (5)$$

gde je:

z (t) — vektorski vinerovski proces sa nultim matematičkim očekivanjem i korelacijom $W_x(t_2 - t_1)$.

Za izvođenje osnovne jednačine nelinearne estimacije neophodno je poznavati aposteriornu gustinu verovatnoće vektora stanja p (x, t). Za izraz (4) ona se potčinjava jednačini Foker—Plank—Kolmogorova:

$$\frac{\delta}{\delta t} p(x, t) = L\, p(x, t),$$
$$p(x, t_0) = p(x_0) \qquad (6)$$

gde je sa L označen direktni diferencijalni operator:

$$L(\,) = -\sum_{i=1}^{n} \frac{\delta}{\delta x_i} f_i(x, t) + \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^{n} g_{ij}(x, t) \cdot \frac{\delta^2}{\delta x_i\, \delta x_j} \qquad (7)$$

koji se izražava kroz komponente matrica koeficijenata zanošenja i difuzije F (x, t), G (x, t) i komponente vektora stanja x (t).

Ako, u realnim uslovima, merni proces y (x, t) nije markovski, tada se uvodi novi proces koji obezbeđuje da on bude uslovni markovski proces:

$$Y(t) = \int_{t_0}^{t} y(\tau) d\tau = \int_{t_0}^{t} s(\tau) d\tau + \chi(\tau) \qquad (8)$$

gde je:

χ (τ) — više dimenzionalni Vinerov proces.

Na osnovu uvedenih pretpostavki izvedena je jednačina optimalne nelinearne filtracije Stratonoviča za aposteriornu gustinu verovatnoće vektora stanja:

$$\frac{\delta w(x, t)}{\delta t} = Lw(x,t) + M(x,t) \qquad (9)$$

gde je:

L ( ) — direktni diferencijalni operator (7),

M(x, t) — funkcija koja može da ima jedan od dva oblika:

a) $M(x, t) = F(X,Y,t) - \langle F(X,Y,t) \rangle$ (10)

gde je sa $\langle\ \rangle$ označeno uslovno matematičko očekivanje,

b) $M(x, t) = \{s(x,t) - \langle s(x, t) \rangle_{x/y}\}^T \cdot W_y^{-1} \{y(t) - \langle s(x,t) \rangle_{x/y}\}$ (11)

Važan pojedinačan slučaj je skalarni merni proces y(t) pri vektorskom parametru x(t):

$$y(t) = s[x(t), t] + n(t) \qquad (12)$$

gde je beli gausovski šum sa spektralnom gustinom N_0. Jednačina optimalne nelinearne filtracije u simetričnoj formi ima oblik:

$$\frac{\delta w(x, t)}{\delta t} = L\, w(x,t) + \{F(x,y,t) - \langle F(x,y,t) \rangle\}\, w(x,t) \qquad (13)$$

gde je:

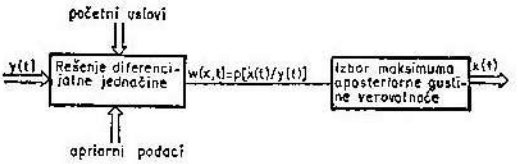
$$F(x,y,t) = \frac{2}{N_0} \cdot [y(t)\, s(x,t) - \frac{1}{2} s^2(x,t)] \qquad (14)$$

Rešenje jednačine optimalne nelinearne filtracije (9) veoma je teško dobiti u opštem slučaju, te se pribegava različitim aproksimacijama aposteriorne gustine verovatnoće. Najčešće primenjivana je gausovska aproksimacija. Usvajanjem pretpostavke da vektor stanja x(t), na celom intervalu (t_0,t), ima gausovsku aposteriornu gustinu verovatnoće w(x,t), koja je u potpunosti određena sa prva dva momenta, dobijamo da se procena vektora stanja x(t) poklapa sa matematičkim očekivanjem:

$$\hat{x}(t) = \int xw(x,t)\, dx \qquad (15)$$

Strukturna šema optimalne nelinearne filtracije s opštim algoritmom (9) ima izgled kao na slici 2.

Uopštena strukturna šema optimalne nelinearne filtracije može se prikazati kao na slici 3 [4, 13].



Sl. 2 Strukturna šema optimalne nelinearne filtracije sa opštim algoritmom

Šemi na slici 3 odgovaraju sledeće jednačine filtracije:

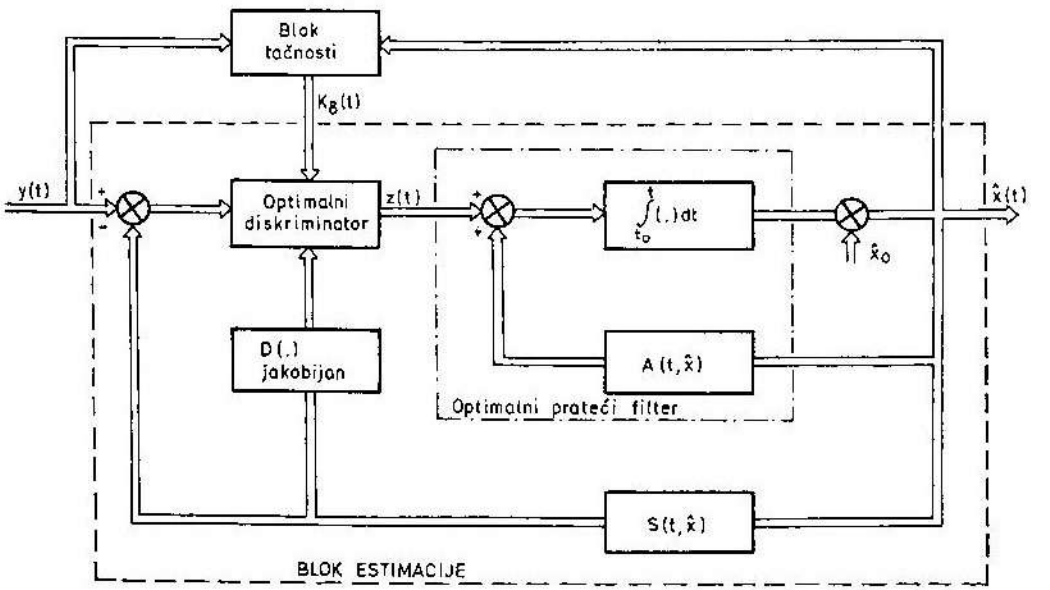
$$\frac{d\,x(t)}{dt} = A\,[\hat{x}(t),t] + z(t)$$

$$z(t) = K(t) \cdot D\{s[x(t),t]\}$$
$$W_y^{-1}(t)\{y(t) - s[x(t) \cdot t]\} \qquad (16)$$

gde je:

$W_y^{-1}(t)$ — inverzna matrica spektralne gustine belog šuma iz vektora merenja W_y,

D( ) — jakobijan, povezan sa operatorom diferenciranja sledećom relacijom:



Sl. 3 Uopštena strukturna šema optimalne delinearne filtracije

$$D(A) = \{ (\frac{\delta}{\delta x})^T \} A^T, \text{ odnosno}$$

$$D^T = [s(x,t)] \; [x - \hat{x}] =$$

$$\sum_{i=1}^{n} (x - \hat{x}_i) - \frac{\delta \hat{s}\,(t, x)}{\delta x_i}$$

K(t) — matrica aposteriornih momenata data je izrazom:

$$\frac{dK(t)}{dt} = D^T [A(\hat{x},t)] \; K(t) + K(t) \cdot$$
$$\cdot D\,[A(\hat{x},t)] + G_x(t)\, G_X^T\,(t) + K(t) \cdot$$
$$\cdot D\,\{D[s(x,t)]\; W_y^{-1}[y(t) - s(\hat{x},t)]\} \cdot$$
$$\cdot K(t)$$

Optimalni algoritmi integralne obrade informacija

Neka se u intervalu (t_0,t) meri sveukupnost slučajnih procesa koju možemo predstaviti u vidu dva vektora:

$$y_1(t) = S_1(t,x) + G_1(t) \cdot N_1(t) \qquad (17)$$

$$y_2(t) = S_2(t,x) + U(t) \qquad (18)$$

gde su:

$S_1(t,x)$, $S_2(t,x)$ — poznate nelinearne vektor-funkcije svojih argumenata,

$N_1(t)$ — vektor belih gausovskih šumova sa nultim matematičkim očekivanjem i jediničnim intenzitetom,

$G_1(t)$ — poznata matrica,

$U(t)$ — vektor obojenih šumova merenja neradio-tehničkih davača.

Pretpostavimo da je vektor stanja X(t) dimenzija (nx1), koji pretpostavlja sveukupnost svih informacionih i neinformacionih procesa podložnih merenjima, opisan stohastičkom diferencijalnom jednačinom:

$$\frac{dX}{dt} = R_x(t,X) + G_x(t,X) \cdot N_x(t) \qquad (19)$$

gde su:

R_x, G_x — funkcije kontinualne po svim argumentima i kontinualno diferencijabilne po svim argumentima osim po vremenu,

N_x — vektor formirajućih belih gausovskih šumova sa nultim matematičkim očekivanjem i jediničnim intenzitetom.

Cilj optimalne integracije informaciono-mernih sistema po ma kakvom zadatom kriterijumu je dobijanje procene procesa (19) po rezultatima merenja (17) i (18). Posmatrani model je dovoljno opšti i obuhvata probleme integracije, kako pri primarnoj obradi informacija [kada deo merenja npr. $y_1(t)$ opisuje procese na ulazima, a drugi deo, npr. $y_2(t)$ na izlazima odgovarajućih davača], tako i pri sekundarnoj obradi informacija [kada se procesi (17) i (18) mere na izlazima davača].

Odredimo optimalne i kvazioptimalne algoritme integralne obrade informacija, odnosno estimacije procesa (19) u slučaju kada se merenje izvodi na fonu obojenih šumova.

Postojanje obojenih šumova iziskuje da u skladu sa markovskom teorijom — izraz (8), uvođenjem novog procesa Y_1, obezbedimo da merni proces bude uslovni markovski proces. Radi toga se uvodi proces:

gde je:

$$Y_1(t) = \int_{t_0}^{t} y_1(\tau)\, d\tau$$

$$Y_2(t) = y_2(t)$$

$U(t) = Y_2(t) - S_2(t,X)$, prema izrazu (18).

Uvedeni proces Z(t) definisan je lokalnim karakteristikama: koeficijentom zanošenja A i matricom difuzije B.

$$A_z = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} E\{[Z(t+\Delta t) - Z(t)]/z(t)\}$$

$$A_z = \begin{bmatrix} A_x \\ A_{y1} \\ A_{y2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Rx + \frac{1}{2}\left[\left\{ G_x^T \left(\frac{\delta}{\delta x}\right)^T \right\}^T \cdot G_x^T\right]^T \\ S_1 \\ \frac{\delta S_2}{\delta t} + \frac{\delta S_2}{\delta x} \cdot Rx + Ru\ (t, Y_2 - S_2, x) \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$B_{zz} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} E\{[Z(t+\Lambda t) - Z(t)] \cdot [Z(t+\Lambda t) - Z(t)]^T / Z(t)\}$$

$$B_{zz} = \begin{bmatrix} B_{xx} & 0 & B_{x1} \\ 0 & B_{11} & 0 \\ B_{1x} & 0 & B_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_x \cdot G_x^T & 0 & G_x \cdot G_x^T \left(\frac{\delta S_2}{\delta x}\right)^T \\ 0 & G_1 G_1^T & \\ \frac{\delta S_2}{\delta x} G_x G_x^T & 0 & \frac{\delta S_2}{\delta x} G_x \left(\frac{\delta S_2}{\delta x}\right)^T + G_u G_u^T \end{bmatrix} \quad (21)$$

pri čemu je: $$\frac{\delta}{\delta X} = \left[\frac{\delta}{\delta x_1} \quad \frac{\delta}{\delta x_2} \quad \cdots \quad \frac{\delta}{\delta x_m}\right]$$

odnosno za: $$G_x = \begin{bmatrix} g_{11} & \cdots & g_{1k} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ g_{n1} & \cdots & g_{nk} \end{bmatrix}$$

sledi da je: $$\left[G_x^T \left\{\left(\frac{\delta}{\delta x}\right)^T\right\}^T G_x^T\right] = \begin{bmatrix} \sum_{i,j=1}^{k,n} g_{ij} \frac{\delta g_{1j}}{\delta x_i} \\ \sum_{i,j=1}^{k,n} g_{ij} \frac{\delta g_{2j}}{\delta x_i} \\ \sum_{i,j=1}^{k,n} g_{ij} \frac{\delta g_{nj}}{\delta x_i} \end{bmatrix}$$

Kod izraza (20) i (21) podrazumeva se da su ispunjeni sledeći uslovi:

1. $\frac{S_2}{X} G_x = \Phi(t)$ — gde je $\Phi(t)$ funkcija samo vremena koja označava da merenje X(t) ne može da se izvrši za beskonačno malo vreme.

2. da su B_{11} i B_{22} sopstvene matrice, što fizički označava da nikakva kombinacija komponenata vektora merenja (17) i (18) ne dozvoljava formiranje tačnog merenja X(t).

Informacija o realizaciji vektora stanja X(t) zadržana je u uslovnoj gustini raspodele verovatnoće w(t, x), koja zadovoljava jednačinu Stratonoviča (9):

$$\frac{\delta w}{\delta t} = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^{n} \frac{\delta^2 (\overline{b}_{ij} \cdot w)}{\delta X_i \cdot \delta X_j} - \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta (a_i \cdot w)}{\delta X_i} +$$
$$+ [F(t, X, Y) - \{F(t, X, Y) \cdot w(t, X/Y_{t_0}^t)$$
$$dx]w \quad \ldots (22)$$

Koeficijenti jednačine (22) u razmatranom slučaju (20) i (21) dati su relacijama [2, 4, 6]:

$$\overline{B}(t, X) = B_{xx} - B_{1x} B_{22}^{-1} B_{1x}^T = [b_{ij}]$$

$$\overline{A}(t, X) = [a_i] = A_x + B_{1x} B_{22}^{-1} \left[\frac{dY_2}{dt} - A_{y2} \right] -$$

$$- \frac{1}{2} \left[\left\{ B_{1x}^T \left(\frac{\delta}{\delta X} \right)^T \right\}^T \cdot B_{22}^{-1} \cdot B_{1x}^T \right]^T$$

$$F(t, X, Y) = A_{y1}^T \cdot B_{11}^{-1} \left[\frac{dy_1}{dt} - \frac{1}{2} A_{y2} \right] +$$

$$+ A_{y2}^T \cdot B_{22}^{-1} \left[\frac{dy_2}{dt} - \frac{1}{2} A_{y2} \right] -$$

$$- \frac{1}{2} \left\{ B_{1x}^T \left(\frac{\delta}{\delta X} \right)^T \right\}^T \cdot B_{22}^{-1} \cdot A_{y2} -$$

$$- \frac{1}{2} \left\{ B_{22}^T \left(\frac{\delta}{\delta Y_2} \right)^T \right\}^T \cdot B_{22}^{-1} \cdot R_u(t, Y_2 - S_2, X)$$

Optimalna procena $\hat{X}$ (t) vektora stanja, prema rezultatima merenja na intervalu (t_0, t), određuje se minimizacijom aposteriornog srednjeg rizika:

$$\int C(\hat{X}, X) \cdot w(t, X/Y_{t_0}^t) \, dX = \min_{\hat{X}} \quad \ldots (23)$$

gde je C($\hat{X}$, X) zadata funkcija gubitaka definisana izabranim kriterijumom optimalnosti.

Algoritam optimalne integracije davača po kriterijumu srednje kvadratne greške dat je izrazima:

$$\frac{d\hat{X}}{dt} = \int \{A(t, X, Y) + (X - \hat{X}) \cdot F(t, X, Y)\} \cdot w(t, X/Y_{t_0}^t) \cdot dX \quad \ldots (24)$$

$$\frac{dK}{dt} = \int \{B(t, X) + A(t, X, Y) \cdot (X - \hat{X})^T + (X - \hat{X}) A^T(t, X, Y) + [(X - \hat{X})(X - \hat{X})^T - K(t, Y)] \cdot F(t, X, Y)\} \cdot w(t, X/Y_{t_0}^t) \ldots (25)$$

Kada je poznato rešenje jednačine optimalne nelinearne filtracije (22), tada navedeni izrazi (24) i (25) omogućavaju projektovanje uređaja integralne obrade informacija, izračunavanja grešaka merenja i određivanja odgovarajućih veza između različitih mernih uređaja.

Tačno rešenje jednačine (22) može se odrediti za slučaj linearne estimacije i u slučaju filtracije Kalman-Bjusi, kada važe sledeće jednakosti: $S_1(t, X) = H_1(t) X$, $S_2(t, X) = H_2(t) X$, $R_u(t, U, X) = R_{1u}(t) U + R_{2u}(t) X$, $R_x(t, X) = R_x(t) X$ i $G_x(t, X) = G_x(t)$. Proizilazi da je:

$$\frac{d\hat{X}}{dt} = R_x \hat{X} + K H_1^T B_{11}^{-1} (y_1 - H_1 \hat{X}) + (B_{xx} H_2^T + K H_3^T) B_{22}^{-1} \left[\frac{dy_2}{dt} - R_{1u} y_2 - H_3 \hat{X} \right] \quad \ldots (26)$$

$$\frac{dK}{dt} = B_{xx} - B_{xx} H_2^T B_{22}^{-1} H_2 B_{xx} + (R_x - B_{xx} H_2^T B_{22}^{-1} H_3) \cdot K + K(R_x - B_{xx} H_2^T B_{22}^{-1} H_3)^T - K(H_1^T B_{11}^{-1} H_1 + H_3^T B_{22}^{-1} H_3) K \quad \ldots (27)$$

gde je:

$$H_3(t) = \frac{dH_2}{dt} + H_2 \cdot R_x - R_{1u} \cdot H_2 + R_{2u}$$

Iz relacije (26) i (27) pri $H_2 = R_{2u} = 0$ dobija se kalmanovska optimalna linearna filtracija pri merenjima na fonu samo belih gausovskih šumova, a pri $H_1 = R_{2u} = 0$ pri merenjima samo na fonu obojenih gausovih šumova.

Kvazioptimalni algoritmi integralne obrade informacija

Jednačina nelinearne filtracije (22) daje u opštem slučaju otvoren sistem nelinearnih diferencijalnih jednačina za parametre aposteriorne raspodele čije je rešenje ili modeliranje veoma komplikovano. Izuzetak čine samo neki slučajevi, na primer, kada je X(t) gausovski raspodeljeno. Tada je aposteriorna raspodela takođe gausovska i jednačina nelinearne filtracije daje sistem od dve jednačine. U mnogim drugim slučajevima pribegava se kvazioptimalnim metodama koji omogućavaju dobijanje zatvorenog sistema jednačina pogodnih za modeliranje.

Postoji čitav niz metoda zasnovanih na parametrizaciji aposteriorne raspodele. Najrasprostranjeniji u praksi su: metod gausovske aproksimacije, ra-

zlaganje nelinearne funkcije u Tajlerov red u okolini procene, aproksimacija aposteriorne raspodele funkcionalnim redovima, kao i ortogonalno razlaganje po momentima, kumulantima ili kvazimomentima [4, 8, 11, 12]. Većina tih metoda pretpostavlja da je aposteriorna gustina raspodele verovatnoće gausovska ili se malo razlikuje od nje, što je tačno samo pri velikom odnosu signal — šum. U slučaju da je aposteriorna raspodela suštinski negausovska, npr. klasa mnogomodalnih raspodela, korisni su metodi koji se koriste splajn-aproksimacijama kao i metodi zasnovani na

laganjem u stepene redove u okolini procene $\hat{X}(t)$. U zavisnosti od toga koliko članova tih redova uzimamo u obzir, dobijamo kvazioptimalne algoritme integracije — integralne obrade informacija sa različitim stepenom tačnosti. Tako, na primer, kvazioptimalni algoritam, nastao aproksimacijom prvog reda, ima oblik:

$$\frac{d\hat{X}}{dt} = \bar{A}(t,\hat{X},Y) + K(t)\left[\frac{\delta F(t,\hat{x},y)}{\delta \hat{x}}\right]^T;$$

$$\hat{x}(t_0) = E\{x(t_0)\} \qquad (28)$$

$$\frac{dK}{dt} = \bar{B}(t,\hat{X}) + \left[\left\{\left(\frac{\delta}{\delta \hat{x}}\right)^T \bar{A}(t,x,y)\right\}^T \cdot k(t) + k(t)\left[\left\{\left(\frac{\delta}{\delta \hat{x}}\right)^T\right\} \cdot \bar{A}(t,x,y)\right] + \right.$$

$$\left. + k(t)\left[\left\{\left(\frac{\delta}{\delta \hat{x}}\right)^T\right\} \frac{\delta F(t,x,y)}{\delta \hat{x}}\right] \cdot k(t) \qquad (29)$$

upotrebi aproksimacije raspodele gausovskim sumama [14].

Kao rezultat aproksimacije imamo obične diferencijalne jednačine po koeficijentima razlaganja ili rekurentne jednačine u slučaju diskretnog procesa. Kao najprostija i u praksi najčešća izdvaja se gausovska aproksimacija koja sadrži jednačinu filtra za $\hat{X}(t)$ i jednačinu za disperzionu matricu K(t).

U mnogim zadacima nelinearne filtracije moguće je primeniti gausovsku aproksimaciju za funkciju aposteriorne gustine raspodele verovatnoće. Ovo dopuštanje ima veliki praktični značaj i opravdanost za složene inercione nelinearne sisteme pri normalnoj raspodeli grešaka merenja. Osim toga, pri dovoljno velikom odnosu signal — šum ima osnova da se aposteriorna gustina verovatnoće vektora stanja sistema smatra gausovskom [2, 4, 11].

U granicama gausovske aproksimacije jednačine (24) i (25) daju »tačne« kvazioptimalne algoritme estimacije, koje je moguće koristiti u slučaju da je moguće izvršiti traženo integraljenje. U opštem slučaju, nelinearne funkcije (24) i (25) aproksimiramo razgde je:

$$K(t_0) = E\{(X - \bar{X})(X - \bar{X})\}^T_{t=t_0}$$

Relacije (28) i (29) omogućavaju dobijanje strukturne šeme integrisanog uređaja obrade informacija. U režimu praćenja taj uređaj poseduje optimalne karakteristike koje možemo kvantitativno oceniti pomoću relacije (29).

Na analogan način možemo dobiti jednačine optimalne nelinearne filtracije u aproksimaciji drugog ili bilo kog reda [4].

Strukturna šema optimalnog uređaja, pri gausovskoj aproksimaciji prvog reda, nelinearne estimacije kontinualnog procesa X(t), predstavljena je na slici 3. Struktura optimalnog prateće filtra određena je apriornom jednačinom vektora stanja. Sa slike vidimo da se za beskonačno mali vremenski interval (dt) procena vektora stanja X(t) menja za beskonačno malu veličinu (dX) koju čine dve komponente: pomak $A\,dt + K(t) \cdot D[s] N^{-1} s\,dt$ i pomak $K(t) \cdot D[s] N^{-1} y(t)\,dt$ uslovljen merenjem y(t). Koeficijent optimalnog filtra $K(t) = K[t, \hat{X}(t), y(t)]$ jeste nepoznata veličina, koja može biti određena u skladu sa relacijom (29). U opštem slučaju, je-

dnačine procene vektora stanja (28) i kovariacione matrice grešaka (29) povezane su međusobno i moraju se rešavati zajedno po meri dobijanja rezultata merenja y(t).

U okvirima metoda gausovske aproksimacije aposteriorne gustine verovatnoće primenjuju se i dopunska uprošćenja jednačina (28) i (29) metodom malog parametra ili metodom usrednjavanja [4]. Kod metode malog parametra, u jednačini (29) odbacuju se fluktuacioni članovi koji sadrže beli šum N(t) i matrica grešaka estimacije K(t) postaje bezuslovna, te se može izračunati ranije. Metoda vremenskog usrednjavanja primenjuje se za ustaljeni režim. Suština metode je da se koeficijenti k(t) kovariacione matrice K(t) zamene srednjim vrednostima. Kao krajnji rezultat imamo da se matrična diferencijalna jednačina (29) svodi na algebarsku jednačinu, jer je $\frac{dK}{dt} = 0$.

Primer sinteze integrisanog sistema

Posmatrajmo optimalnu integraciju merača pri primarnoj obradi informacija. Na ulazu radio-tehničkog merača izmeren je proces:

$$\xi_1(t) = s(t,x_1) + \sqrt{\frac{N_1}{2}} \cdot n_1(t) \qquad (30)$$

a na izlazu neradio-tehničkog procesa:

$$\xi_2(t) = y_2(t) = x_1(t) + u(t) \qquad (31)$$

Ovde je:

$s(t,x_1)$ — signal u kojem je sadržana informacija o skalarnom procesu $x_1(t)$ koji podleže estimaciji,

$n_1(t)$ — beli gausovski šum merenja sa poznatim statističkim karakteristikama,

$u(t)$ — obojeni šum merenja.

U skladu sa markovskom teorijom optimalne nelinearne filtracije proces $x_1(t)$ i obojeni šum merenja $u(t)$ opisuju se stohastičkim diferencijalnim jednačinama:

$$\frac{dx_1}{dt} = -\alpha_1 x_1 + \sqrt{2\alpha_1 \cdot D_1} \cdot n_x(t)$$

$$\frac{du}{dt} = -\alpha_2 u + \sqrt{2\alpha_2 \cdot D_2} \cdot n_u(t) \qquad (32)$$

gde su:

α_i i D_i — poznate veličine koje karakterišu širinu spektra fluktuacija i stacionarne vrednosti disperzije procesa $x_1(t)$ i $u(t)$,

$n_x(t), n_u(t)$ — nezavisni beli gausovski šumovi sa nultim matematičkim očekivanjem i jediničnim intenzitetom.

U datom slučaju, prema (30) — (32), lokalne karakteristike procesa $Z^T(t) = [x_1, y_1, y_2]$ jesu:

$$A_z = \begin{bmatrix} -\alpha_1 x_1 & & \\ & s(t,x_1) & \\ -\alpha_1 x_1 & \alpha_2(y_2 - x_1) & \end{bmatrix}; \quad B_{zz} = \begin{bmatrix} 2\alpha_1 D_1 & 0 & 2\alpha_1 D_1 \\ 0 & \frac{N_1}{2} & 0 \\ 2\alpha_1 D_1 & 0 & 2(\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2) \end{bmatrix} \qquad (33)$$

Stavljajući (33) u izraze za koeficijente jednačine (22), dobijamo:

$$\bar{A} = -\alpha_1 x_1 + \frac{\alpha_1 D_1}{\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2} \cdot \left[\frac{d\xi_2}{dt} + \alpha_2 \xi_2 + (\alpha_1 - \alpha_2) x_1 \right]$$

$$\bar{B} = \frac{2\alpha_1 \alpha_2 D_1 D_2}{\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2}$$

odnosno prema (14) je:

$$F = \frac{1}{N_1}[2\xi_1(t)\cdot s(t,x_1) - s^2(t,x_1)] - \frac{d\xi_2(t)}{dt}\frac{[\alpha_1 x_1 + \alpha_2(\xi_2 - x_1)]}{2(\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2)} -$$

$$- \frac{[\alpha_1 x_1 + \alpha_2(\xi_2 - x_1)]^2}{4(\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2)} - \frac{\alpha_1 D_1(\alpha_2 - \alpha_1)}{2(\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2)} + \frac{\alpha_2}{2} \qquad (34)$$

Iz (28), uzimajući u obzir (34), za optimalnu procenu $\hat{x}_1(t)$ dobijamo jednačinu:

$$\frac{d\hat{x}_1}{dt} = -\alpha_1\hat{x}_1 + k(t)\frac{2}{N_1}\cdot\frac{\delta s(t,\hat{x}_1)}{\delta\hat{x}_1}[\xi_1(t) - s(t,\hat{x}_1)] +$$

$$+ \frac{2\alpha_1 D_1 - (\alpha_1 - \alpha_2)\cdot k(t)}{2(\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2)}\left[\frac{d\xi_2}{dt} + \alpha_2\xi_2(t) + (\alpha_1 - \alpha_2)\hat{x}_1\right] \qquad (35)$$

Na slici 4 prikazana je strukturna šema uređaja optimalne integralne obrade signala (30) i (31), projektovana u skladu sa algoritmom (35). Saglasno metodu vremenskog usrednjavanja, funkcija K(t) zamenjena je svojom usrednjenom stacionarnom vrednošću $\bar{k}$. Takva zamena smanjuje kvalitet estimacije (naročito u toku drugih prelaznih procesa), ali se uprošćava tehnička realizacija uređaja obrade informacija.

Optimalni integralni uređaj predstavlja nelinearan filter sa dva ulaza. U njegov sastav ulaze pojačavači sa koeficijentima pojačavanja

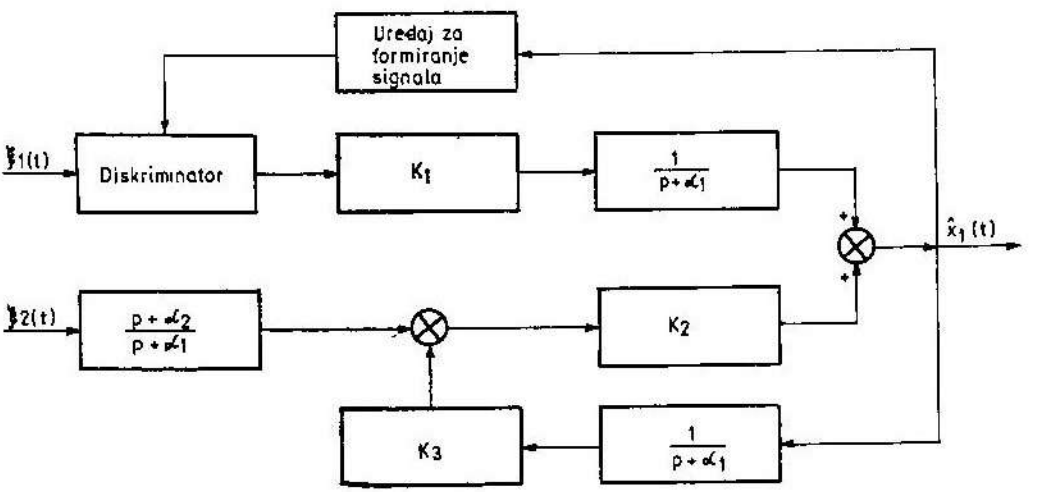
$$k_1 = \frac{2\bar{k}}{N_1}$$

$$k_2 = \frac{(2\alpha_1 D_1 - k_3\bar{k})}{2(\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2)},$$

$$k_3 = \alpha_2 - \alpha_1$$

sumatori, filtri sa funkcijama prenosa $\frac{1}{p+\alpha_1}$, $\frac{p+\alpha_2}{p+\alpha_1}$ i diskriminatori koji realizuju operaciju:

$$\frac{\delta s(t,\hat{x}_1)}{\delta\hat{x}_1}[\xi_1(t) - s(t,\hat{x}_1)]$$



Sl. 4 Strukturna šema uređaja optimalne integralne obrade podataka

Pri neograničenom rastu intenziteta šuma u ma kojem merenju, optimalni integralni uređaj zadržava radnu sposobnost na račun obrade informacija drugog davača. Za $\alpha_2 \gg \alpha_1$ ($\alpha_2 \to \infty$, $2D_2/\alpha_2 = \text{const}$) iz (35) sledi algoritam optimalne integralnle obrade, u slučaju kada se oba merenja izvode na fonu belih gausovskih šumova.

Aposteriorna disperzija procesa $x_1(t)$, prema (29) i (35), iznosi:

$$\frac{dk}{dt} = \frac{2\alpha_1 D_1 \alpha_2 D_2}{\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2} - \frac{2\alpha_1\alpha_2(D_1+D_2)}{\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2} \cdot k(t) + k^2(t) \left\{ \frac{2}{N_1} \cdot \frac{\delta}{\delta \hat{x}_1} \left[\frac{\delta s(t,\hat{x}_1)}{\delta \hat{x}_1} (\xi_1(t) - s(t,\hat{x}_1)) \right] \right\} - \frac{(\alpha_1-\alpha_2)^2}{2(\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2)} \tag{36}$$

Primenom gausovske aproksimacije izraz (36) svodi se na:

$$\frac{dk}{dt} = \frac{2\alpha_1\alpha_2 D_1 D_2}{\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2} - k(t) \cdot \frac{2\alpha_1\alpha_2(D_1+D_2)}{\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2} - k^2(t) \left[c + \frac{(\alpha_1-\alpha_2)^2}{2(\alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2)} \right] \tag{37}$$

gde je:

$c = \frac{2}{N_1} \left[\frac{dj(\varepsilon)}{d\varepsilon} \right]$ — proporcionalna strmina diskriminacione karakteristike koja karakteriše srednju fluktuacionu grešku diskriminatora,

$j(\varepsilon)$ — diskriminaciona karakteristika.

Relativna disperzija grešaka pri integralnoj obradi informacija na osnovu stacionarnog rešenja relacije (37) iznosi:

$$\delta k^2 = \frac{\bar{k}}{D_1} = \frac{1}{b_1} \left[\sqrt{1 + \frac{2b_1}{1+\gamma}} - 1 \right]$$

gde je:

$$b_1 = \frac{2cD_1(\alpha_1\gamma + \alpha_2) + \gamma(\alpha_1-\alpha_2)^2}{2\alpha_1\alpha_2(1+\gamma)} \tag{38}$$

$$\gamma = \frac{D_1}{D_2}$$

Za $\gamma \to 0$ (tj. $D_2 \to \infty$) iz (32) i (38) za relativnu disperziju greške obrade merenja (30) bez inegracije dobija se

$$\delta^2_{nk} = \frac{1}{b_2} \left[\sqrt{1+2b_2} - 1 \right]$$

$$b_2 = \frac{cD_1}{\alpha_1} \tag{39}$$

Iz odnosa (38) i (39) sledi da je $\delta^2_{nk} \leq \delta_k$, odnosno da integracija mernih sistema na letelici povećava opštu tačnost merenja.

Zaključak

Zajednička integralna obrada informacija od nekoliko uređaja i(ili) sistema koji određuju jedne te iste ili funkcionalno povezane parametre jeste jedan od načina povećavanja tačnosti i pouzdanosti u sistemima merenja. Najperspektivnije pravce razvoja sinteze integralnog tipa pružaju statističke metode: kalmanovska filtracija i nelinearna bajesovska estimacija.

U radu je u kratkim crtama izložena teorija i primena nelinearne bajesovske estimacije u projektovanju informaciono-mernih sistema integralnog tipa. Pokazano je da je nelinearna estimacija, izrazi (26) i (27), opšti slučaj kalmanovske filtracije i da se primenom metoda gausovske aproksimacije mogu dobiti kvazioptimalni algoritmi (28) i (29), pogodni za modeliranje.

Na primeru sinteze integrisanog sistema (neradio-tehničkog i radio-tehničkog uređaja, npr. barometarskog visinomera i radio-visinomera) pokazano je da je integrisani sistem radno sposoban čak i kada jedan od uređaja otkaže, izraz (35), kao i da se integracijom uređaja koji rade na različitim fizičkim principima povećava tačnost merenja. Naime, relativna disperzija grešaka pri integralnoj obradi informacija manja je od relativne disperzije grešaka merenja bez integracije uređaja, izrazi (38) i (39).

U današnje vreme i integralna obrada informacija široko se koristi na nivou obrade podataka (tzv. sekundarna obrada informacija) uz primenu poznatih metoda teorije estimacije: nestacionarna filtracija Kalmana, metod najmanjih kvadrata, metod maksimalne verodostojnosti i robustna estimacija. Izloženi metodi pružaju mogućnost integralne obrade signala (tzv. primarne obrade informacija), uz optimizaciju samih davača, čime se može uticati na poboljšanje kvaliteta njihovog funkcionisanja.

Literatura:

[1] Simkovski S.: »Kompleksna obrada informacija u informaciono-mernim uređajima vazduhoplova«, VTG broj 2, Beograd, 1989.

[2] Koblov V. L., Jarlikov M. S.: »Radiotehnika«, 1987, № 2, str. 20—28.

[3] Krasovskij A. A.: »Nadežnost navigacii letatel'nyh apparatov«. — B kn.: »Problemi nadežnosti letatel'nyh apparatov«. Moskva, Mašinostroenije, 1985, str. 82—97.

[4] Jarlikov M. S.: »Statističeskaja teorija radionavigacii«, Radio i svjaz, Moskva, 1985.

[5] Oljanuk P. V. Golovškina G. V.: »Radio-navigacio sverhdlinovolnovogo diapazona«, Radio i svjaz, Moskva, 1985.

[6] Jarlikov M. S., Mironov M. A.: »Radiotehnika i elektronika«, 1982, № 10, str. 1949—1956.

[7] V. V. Barašenkov, Lutčenko A. E., Skorohodov E. M.: »Cifrovye radio navigacionnye ustrojstva«, Sovetskoe radio, Moskva, 1980.

[8] Krasovskij A. A.: »Spravočnik po teorii avtomatičeskogo upravlenia«, Nauka, Moskva, 1987.

[9] Gajić A.: »Razvoj arhitekture integrisanih sistema elektronske opreme vazduhoplova do kraja ovog veka« (Program PAVE PILAR), naučno-tehnička informacija, 1987. broj 3, VTI.

[10] Warwick G.: »Flight« broj 3938 (prevod V. Traičković), Vazduhoplovnotehničke informacije, 1985, broj 2, VTU.

[11] Kazakov I. E., Gladkov D. I.: »Metodi optimizacii stohastičkih sistem«, Nauka, Moskva, 1987.

[12] Kazakov I. E., Maljčikov S. B.: »Analiz stohastičkih sistem v prostranstve sostojanij«, Nauka, Moskva, 1983.

[13] Kondratjev V. S., Kotov A. F., Markov L. N.: »Mnogopozicionie radiotehničeskie sistemy«, Radio i svjaz, Moskva, 1986.

[14] Šahurin A. P.: »Radioelektronika« 1979, tom XXII, № 7, str. 79—82.

Mr Dragan Knežević,
potpukovnik, dipl. inž.

Analitičko definisanje vremena zatvaranja kombinovanih protivudarnih ventila sa membranom za regulaciju natpritiska

Uvod

U radu je analitički definisano vreme zatvaranja kombinovanog protivudarnog ventila za regulaciju natpritiska i zaštitu od prodora vazdušno-udarnog talasa u unutrašnjost objekta, nastalog pri nuklearnoj eksploziji.

Cilj rada je nalaženje analitičkog izraza vremena zatvaranja ventila, u zavisnosti od radnih i geometrijskih parametara ventila. Zatim, da se na osnovu analize teorijski izvedenog analitičkog izraza vremena zatvaranja ventila, izvrši izbor optimalnih i univerzalnih rešenja ventila nazivnih prečnika 100, 150 i 200 mm, otpornosti 300, 600 i 900 kPa.

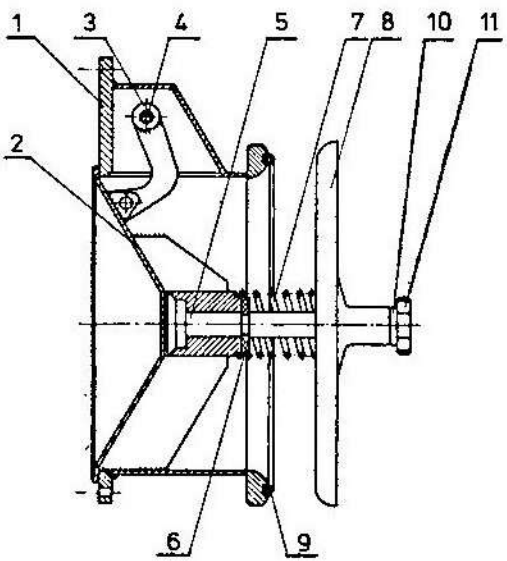
Protivudarni ventil za regulaciju natpritiska u objektu

Uloga i namena

U svim uslovima ventilacije u objektu je potrebno održavati natpritisak u odnosu na spoljnu atmosferu, kako bi se sprečio prodor RHB-kontaminacije. Natpritisak je potrebno održavati i između pojedinih prostorija u sklopu objekta, radi posredne ventilacije sporednih prostorija objekta.

Vazduh koji se dovodi u objekat za ventilaciju, odvodi se u određenoj količini u spoljnu atmosferu kroz izduvne kanale. Protok vazduha kroz kanale uslovljen je natpritiskom u objektu. Da bi se on održavao u propisanim granicama, na otvorima se postavljaju ventili za njegovu regulaciju.

Osnovni zadatak ventila je da regulišu odvod istrošenog vazduha iz objekta, čime se reguliše natpritisak u objektu.



Sl. 1 Kombinovani protivudarni ventil za regulaciju natpritiska:

1 — telo ventila; 2 — disk; 3 — držač diska; 4 — osovinica; 5 — osovina; 6 — zaptivač; 7 — opruga; 8 — tanjir; 9 — »0«-prsten; 10 — zaptivač; 11 — navrtka.

Predmet ovog rada su protivudarni ventili za regulaciju natpritiska, otporni na dejstvo VUT-a, koji se ugrađuju na spoljnim zidovima objekta. Koncepcija i konstrukciona rešenja ovih ventila trebalo bi da obezbede njihovu otpornost i funkcionalnost pri visokim udarnim opterećenjima, tj. njihovo zatvaranje pri dejstvu VUT-a i otvaranje po prestanku njegovog dejstva, čime se obezbeđuje slobodan odvod istrošenog vazduha iz objekta. Na slici 1 dat je šematski izgled protivudarnog ventila za regulaciju natpritiska sa membranom.

Funkcija protivudarnog ventila za regulaciju natpritiska

Pri nailasku vazdušnoudarnog talasa na objekat usmereni talas kroz kanal protivudarnog ventila za regulaciju natpritiska (u daljem tekstu ventila), dejstvom pritiska na površinu membrane, naglo zatvara otvor na izlaznom vodu. Proces zatvaranja ventila odvija se u kratkom vremenskom intervalu, zahvaljujući visokom udarnom opterećenju i maloj masi pokretnog sklopa ventila. Ventil je zatvoren sve dok se spoljašnja atmosfera nalazi pod natpritiskom. Kada nastupi negativna faza VUT-a, pokretni tanjir (8) ventila pod dejstvom potpritiska naglo će se pomeriti i prekinuti vezu sa spoljnom atmosferom. Po prestanku dejstva VUT-a, membrana ventila pod dejstvom sile usled isticanja vazduha dovodi se u otvoren položaj.

Nalaženje analitičkog izraza vremena zatvaranja ventila

Kod ovog ventila u eksploataciji mogu da nastupe dva granična slučaja, i to:

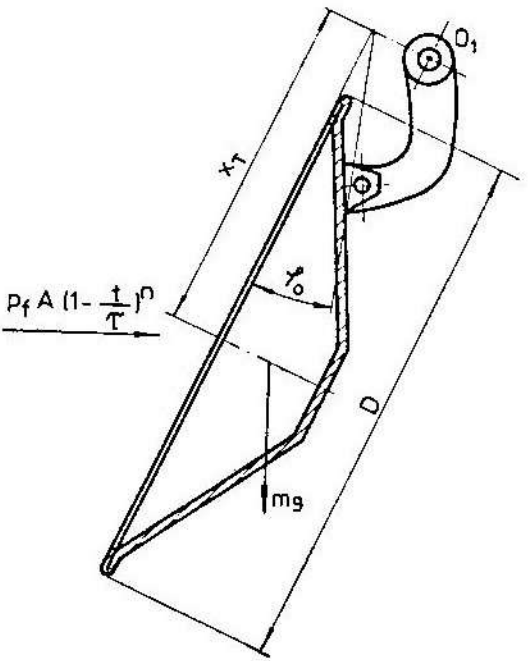
— membrana ventila u otvorenom položaju za ugao (φ_0) pod dejstvom sile usled isticanja vazduha, i

— membrana ventila u zatvorenom položaju, za slučaj kada nastane prekid odvoda vazduha, tj. kada u objektu ne vlada natpritisak.

U okviru rada razmatraće se nepovoljniji slučaj, tj. kada je membrana ventila u otvorenom položaju pri nailasku VUT-a, nastalog pri nuklearnoj eksploziji.

Određivanje analitičkog izraza vremena zatvaranja ventila

Mehanički model ventila prikazan je na slici 2.



Sl. 2 Mehanički model pokretnog sklopa protivudarnog ventila za regulaciju natpritiska

Membrana ventila sa uglom otklona φ u trenutku t, pod dejstvom prinudne sile F_p, kreće se u zatvoren položaj. Na membranu deluju momenti koji potiču od inercijalne sile $J \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2}$, moment od mase pokretnog sklopa ventila $mgx_T \sin\varphi$ i moment od prinudne sile $F_p x_T \cos\varphi$. Neka je početni ugao otklona membrane ventila od položaja u kojem je ventil zatvoren φ_0.

Ako postavimo momentnu jednačinu za obrtnu tačku pokretnog sklopa ventila, mase m (sl. 2):

$$J \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -(F_p x_T \cos\varphi + mgx_T \sin\varphi), \quad (1)$$

dobija se diferencijalna jednačina sistema, oblika:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -(F_p x_T \cos\varphi + mgx_T \sin\varphi) \cdot \frac{1}{J} \quad (2)$$

gde je:

$\frac{d^2\varphi}{dt^2}$ — ugaono ubrzanje pokretnog sklopa,

m — masa pokretnog sklopa,

x_T — rastojanje težišta membrane ventila od obrtne tačke,

F_p — prinudna sila, koja deluje na membranu ventila,

φ — ugao otklona membrane ventila u trenutku t.

Analitički izraz za prinudnu silu F_p ima oblik:

$$F_p = p_f A \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^n, \text{ odnosno} \quad (3)$$

$$F_p = p_f A \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^2$$

gde je:

p_f — pritisak u frontu vazdušno-udarnog talasa,

A — površina membrane ventila,

t — vreme za koje se odvija kretanje membrane ventila i ono je reda veličine milisekunde,

τ — vreme trajanja pozitivne faze VUT-a u sekundama,

n — eksponent zavisan od nivoa reflektovanog pritiska (detaljnije vidi [2], [3], [4], [5]).

U konkretnom slučaju eksponentu n je dodeljena vrednost 2. Pošto je $\frac{t}{\tau} << 1$, ovaj odnos se može i zanemariti u odnosu na jedinicu, a nameće se zaključak da veličina eksponenta n nema uticaja na proces zatvaranja ventila, pa je svejedno koju vrednost dodeljujemo eksponentu n.

Izraz za prinudnu silu F_p ima oblik:

$$F_p = p_f \pi R_2^2 \quad (4)$$

gde je

R_2 — spoljni prečnik membrane ventila.

Diferencijalna jednačina sistema (2) može da se napiše u obliku:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = (-p_f R_2^2 \pi x_T \cos\varphi - mgx_T \sin\varphi) \cdot \frac{1}{J} \quad (5)$$

Nakon dvostruke integracije diferencijalne jednačine (5) i uvođenja početnih uslova:

1. $t = 0;\ \varphi = \varphi_0$,

2. $t = 0;\ \frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi} = 0$,

rešenje diferencijalne jednačine ima oblik:

$$\varphi_0 - \varphi = (p_f R_2^2 \pi x_T \cos\varphi + mgx_T \sin\varphi) \cdot \frac{t^2}{2J} \quad (6)$$

Rešenjem jednačine (6) po t, uz granični uslov $t = T_z$ za $\varphi = 0$, analitički izraz vremena zatvaranja ventila ima oblik:

$$T_z = \left(\frac{2J\varphi_0}{mgx_T \sin\varphi_0 + p_f R_2^2 \pi x_T \cos\varphi_0}\right)^{1/2} \quad (7)$$

U izrazu (7) figurišu veličine:

J — moment inercije pokretnog sklopa ventila za osu koja prolazi kroz obrtnu tačku,

m — masa pokretnog sklopa ventila ($m = m_D$),

x_T — rastojanje težišta pokretnog sklopa ventila od obrtne tačke,

p_f — pritisak u frontu direktnog VUT-a, i

φ_o — ugao otklona pokretnog sklopa ventila, koje je potrebno analitički definisati, $\left(\varphi_o^r = \frac{\pi}{180}\varphi_o\right)$.

Moment inercije pokretnog sklopa J definiše se po Steinerovoj teoremi (vidi sl. 3);

$$J = J_D + m_D a^2 + J_d + m_d a_t \qquad (8)$$

gde je:

J_D — moment inercije diska za težišnu osu,

m_D — masa diska ventila,

J_d — moment inercije držača diska za težišnu osu,

m_d — masa držača diska,

$a = x_T$, i

a_t — rastojanje težišta držača diska od ose.

Na slici 2 dat je šematski prikaz pokretnog sklopa protivudarnog ventila za regulaciju natpritiska.

Analitički izraz momenta inercije diska ventila glasi:

$$J_D = \frac{2\pi\delta\gamma}{4000}\left[R^4 + \frac{1}{\cos\alpha}(R_1^4 - R^4) + R_2^4 - R_1^4\right] \qquad (9)$$

gde je:

δ [mm] — debljina materijala diska,

γ [kg/m^3] — zapreminska masa materijala diska ventila,

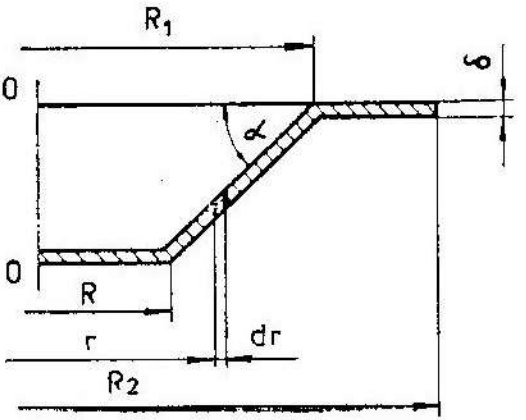
R, R_1 i R_2 [m] — odgovarajući poluprečnici diska ventila (vidi sl. 3), i

$\alpha = 30^\circ$ — ugao nagiba diska ventila.

Na slici 3 prikazan je izgled membrane ventila.

Pošto je moment inercije držača diska ventila znatno manji od momenta inercije diska ($J_d << J_D$), to je J_d i zanemaren u odnosu na J_D.

Položajni moment inercije držača diska ventila je znatno manji od položajnog momenta inercije diska ventila ($m_d a_t^2 << m_D a^2$) pa je i zanemaren u odnosu na $m_D x_T^2 (a^2 = x_T^2)$.



Sl. 3 Membrana protivudarnog ventila za regulaciju natpritiska

Pošto je $m_d << m_D$, masa pokretnog sklopa ventila je $m = m_D$.

Moment inercije pokretnog sklopa ventila za osu koja prolazi kroz obrtnu tačku O_1 iznosi:

$$J = J_D + m_D x_T^2). \qquad (10)$$

Masa diska ventila definisana je izrazom:

$$m_D = \frac{\pi\delta\gamma}{1000}\left[R^2 + \frac{1}{\cos\alpha}(R_1^2 - R^2) + R_2^2 - R_1^2\right] \qquad (11)$$

Analitički izraz pritiska u frontu direktnog vazdušnoudarnog talasa u funkciji reflektovanog pritiska, vidi [3], definisan je izrazom:

$$p_r = 2p_f + \frac{6p_f^2}{p_f + 7{,}2}\ [\text{bar}] \qquad (12)$$

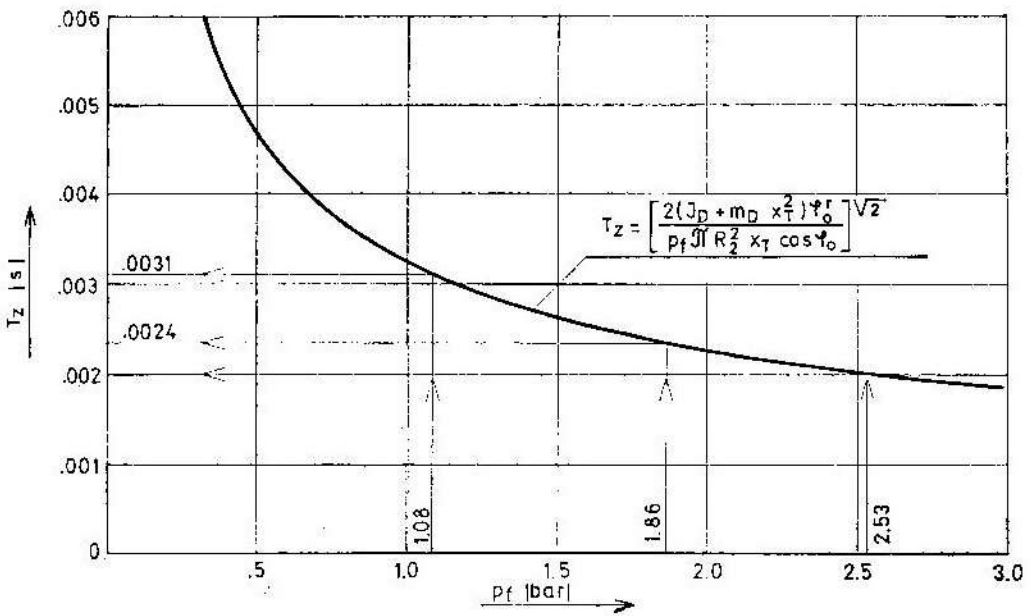
U jednačini (12) p_r je reflektovani pritisak VUT-a, koji u ovom slučaju predstavlja nivo otpornosti ventila.

Uporedna analiza vremena zatvaranja ventila

Na konkretnom primeru lako je dokazati koja greška se čini kada se zanemari moment $mgx_T \sin\varphi_o$ u jednačini

Tabela 1

Red. br.	Oznaka i veličina		Nazivni prečnik		
			PUVRN-100	PUVRN-150	PUVRN-200
1.	Poluprečnik diska ventila	R[m]	0,0125	0,021	0,025
2.	Poluprečnik diska ventila	R_1[m]	0,0525	0,0775	0,100
3.	Poluprečnik diska ventila	R_2[m]	0,060	0,0875	0,112
4.	Ugao nagiba diska	α[°]	30°	30°	30°
5.	Rastojanje težišta diska ventila od obrtne tačke	x_T[m]	0,078	0,105	0,148
6.	Zapreminska masa diska ventila	γ[kg/m³]	2600	2600	2600
7.	Debljina diska ventila	δ[mm]	2,5	2,5	2,0
8.	Vreme zatvaranja ventila otpornosti 900 kPa	T_z[s]	0,0020	0,0020	0,0020
9.	Pritisak u frontu direktnog VUT-a (za otpornost ventila 900 kPa)	pf[Pa]	253000	253000	253000
10.	Ugao otklona membrane ventila	φ[°]	40°	30°	30°



Sl. 4 Zavisnost vremena zatvaranja Tz protivudarnih ventila za regulaciju nadpritiska nazivnih prečnika 100, 150 i 200 mm od pritiska p u frontu direktnog VUT-a

(7) u odnosu na vreme zatvaranja ventila, kada se taj član ne zanemaruje. Umesto dokaza daju se zaključci:

— moment $mgx_T \sin \varphi$ nema uticaja na vreme zatvaranja ventila, te se za razmatrani slučaj može i zanemariti, a greška koja se pri tom čini iznosi 0,018%,

— vreme zatvaranja ventila u daljem radu računaćemo po obrascu:

$$T_z = \left[\frac{2(J_D + m_D x_T^2)\varphi_0^2}{p_{fi}\,\pi\,R_2^2 x_T \cos \varphi_0}\right] \qquad (13)$$

Kriterijumi za izbor rešenja ventila

Analiza bi trebalo da pokaže da li su primenljivi isti kriterijumi za izbor univeralnih rešenja ovih ventila, kao kod protivudarnih ventila za dovod i odvod vazduha iz objekta, prema [4]. Izbor rešenja ventila vrši se iz uslova da su vremena zatvaranja ventila 2 ms za otpornosti ventila 900 kPa. Da bi se došlo do cilja postavljenog ovim radom, za ventile nazivnih prečnika 100, 150 i 200 mm, na osnovu analitičkih izraza kojima je definisan ventil i postavljenog kriterijuma vremena zatvaranja ventila 2 ms za ventile otpornosti 900 kPa, potrebno je izvršiti proveru date pretpostavke.

Tabelarni prikaz dimenzija i drugih podataka o ventilima nazivnih prečnika 100, 150 i 200 mm dat je u tabeli 1.

Na osnovu analitičkih izraza kojima je definisano vreme zatvaranja ventila i ulaznih podataka za ventile date u tabeli 1 konstruisan je dijagram zavisnosti vremena zatvaranja ventila nazivnih prečnika 100, 150 i 200 mm od pritiska u frontu direktnog vazdušno-udarnog talasa, dat na slici 4.

Izbor optimalnih karakteristika ventila

Do optimalnih karakteristika ventila dolazi se iz uslova:

— da vreme zatvaranja ventila otpornosti 900 kPa bude 2 ms,

— da protok vazduha kroz ventil bude nominalan, i

— da otpor ventila bude manji od 200 Pa (detaljnije vidi [6]).

Zaključak

1. Postavljen je analitički izraz zatvaranja ventila u zavisnosti od pritiska u frontu vazdušno-udarnog talasa nuklearne eksplozije i geometrijskih karakteristika ventila.

2. Izraz je uopšten, pa je primenljiv za konstrukciju geometrijski sličnih ventila željenih nazivnih prečnika i otpornosti.

3. Iz uslova da je vreme zatvaranja ventila 2 ms za ventile otpornosti 900 kPa došlo se do kriterijuma za izbor optimalnih vremena zatvaranja ventila otpornosti 300 i 600 kPa, i to:

$T_z = 2{,}4$ ms — za ventile otpornosti 600 kPa,

$T_z = 3{,}2$ ms — za ventile otpornosti 300 kPa.

4. Potrebno je limitirati ugao otklona membrane ventila.

Literatura:

[1] Vujanović, B.: »Dinamika«, Beograd, Naučna knjiga, 1976.

[2] Mandić, J.: »Sistem zaštite u skloništima za kolektivnu zaštitu«, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 1979.

[3] Mandić, J.: »Ostvarivanje udarnog kratkotrajnog impulsa pritiska u udarnim cevima izjednačavajućeg pritiska«, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka 1976.

[4] Knežević, D.: »Iznalaženje analitičkog izraza vremena zatvaranja protivudarnih ventila«, naučno-tehnički pregled, XXXV 1985, 8.

[5] Knežević D.: »Istraživanje optimalnih rešenja za zaštitu od vazdušno udarnih talasa nuklearne eksplozije u vazduhu i uporedna analiza teorijskih i eksperimentalnih rezultata«, magistarski rad, Novi Sad, 1983.

[6] »Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju skloništa« (Sl. list SFRJ, br. 55/1983).

Mr Nenad Parčina,
major, dipl. inž.
Dušan Dobrila,
dipl. inž.

Tehnologije za masovno spremanje podataka

Uvod

Upotreba računara u svakodnevnom životu i radu donosi potrebu za zapisivanjem velikog broja najrazličitijih podataka uz istovremenu potrebu za njihovom upotrebom u što kraćem vremenu. Ova dva, u prvi mah oprečna zahteva, dovela su do razvoja više različitih tehnologija koje im pokušavaju odgovoriti na zadovoljavajući način.

Posmatra li se upotreba računara u JNA, uočava se da je već sada gotovo nezamislivo da se tehnička materijalna sredstva, a naročito vazduhoplovna, razvijaju i održavaju bez računara. TOb i VTOb, uz primenu računara, razrešavaju složene situacije u svojim kompleksnim vidovima organizacije, a RiK bez trenutnog pristupa ogromnim količinama podataka u procesu odlučivanja više ne može brzo i pravilno reagovati na novonastale situacije.

Ovaj članak obrađuje najnovije svetske trendove tehnologija za masivno spremanje podataka — stvaranje baza podataka koje su već danas potreba, a bez kojih se sutra ne može ni zamisliti.

Uvodna razmatranja o tehnologijama spremanja podataka

Masivno spremanje podataka je tema vrućih rasprava u računarskim krugovima. Da li će optički medijumi zameniti magnetske? Mnogi ljudi misle da hoće i da je to samo pitanje vremena. Danas su magnetski medijumi još uvek daleko od nestanka i prevazilaze optičke po nekim svojim karakteristikama. Možda će magnetski medijumi u potpunosti izdržati izazov koji su doneli optički, ali će najverovatnije oba medija biti spojena i dati neku hibridnu formu.

Sukob između klasičnih magnetskih i optičkih medija uključuje brzinu, cenu, prenos podataka, i količinu podataka koja se sprema. Glavna razlika između ta dva pristupa je, osim tehnologije, i način na koji se omogućava manipulacija podacima. Hibrid ove dve tehnologije mogao bi kombinovati dobre osobine obe tehnologije i tako dati optimalno rešenje.

Najrasprostranjeniji oblik magnetske tehnologije je disk, bilo meki (floppy) ili tvrdi (hard). Ako tehnologija magnetskih diskova opstane, ona će morati da poboljša brzinu, kapacitet, gustinu i druge karakteristike.

Posle diskova, najrasprostranjeniji magnetski medijum je traka. Ne mora se razmišljati o trakama kada se radi sa mikroračunarima, ali kod složenih i velikih računarskih sistema traka postaje neophodna za pravljenje kopija glav-

nih diskova (backup). Pošto pravljenje kopija sa diska na disk nije praktično traka predstavlja dobru alternativu i otvara prostor za razvoj digitalnog zapisivanja na audio traku [8].

Jedna nova optička tehnologija spremanja podataka, koja se nedavno razvila, naziva se »fazna promena« (phase change). Ovaj način spremanja podataka kombinuje kapacitet magnetsko-optičkog spremanja podataka sa brzinom rada većom od one kod klasičnog optičkog spremanja. Ova tehnologija može premostiti jaz između optičkog i magnetskog spremanja podataka [6].

Postoji i jedna nova ideja o spremanju podataka u kristale pomoću svetlosti. To je holografsko spremanje podataka, tehnologija čiji kapacitet prevazilazi čak i kapacitet kod optičkih diskova, ali daje daleko brži pristup podacima [2], [4].

Nedavno se pojavila još jedna nova tehnologija masovnog spremanja podataka, tehnologija koja ima oblik kompaktne »disk« tehnologije. Integrisana kola trenutno memorije (flash memory), upakovane u uređaj veličine kreditne kartice ulaze na scenu mikrokompjutera [7].

Diskete i diskovi

Ukoliko se vaši podaci nalaze u datotekama, tada vam svakako treba tvrdi disk. Prednosti tvrdog diska ogledaju se u njegovoj brzini, ceni i univerzalnosti. Na sadašnjem tržištu niti jedan optički disk po svojim karakteristikama nije ni blizu tvrdog magnetskog diska.

Tvrdi disk sprema podatke pomoću magnetizovanih područja na površini diska. »On« i »off« bitovi predstavljeni su područjima magnetisanim u suprotnim pravcima. Glava za upis i čitanje je, u stvari, elektromagnet koji upisuje bit tako što magnetiše područje uz odgovarajuću orijentaciju. Glava određuje da li područje predstavlja 0 ili 1 pomoću struje koja se indukuje u glavi prilikom prelaska preko magnetisanog područja. Tvrdi diskovi spremaju bitove po koncentričnim krugovima na disku koji se okreću brzinom od 3600 obrtaja u minuti. Da bi se povećao kapacitet tvrdog diska, mora se povećati broj tragova po centimetru površine diska, a da bi se poboljšale karakteristike diska, mora se povećati broj bitova po tragu, što će omogućiti da više bitova prođe ispod glave u jedinici vremena. Sabijanje više tragova na istu površinu i više bitova u jedan trag zahteva kvalitetniji medij za zapis i visoke performanse glave za upis i čitanje.

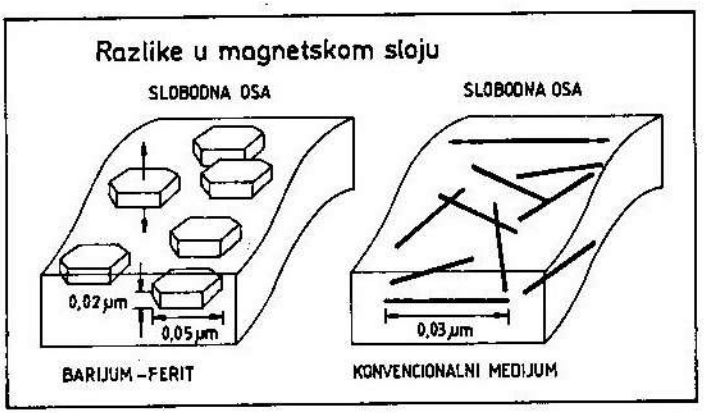
Do pre nekoliko godina površina za zapisivanje na tvrdim diskovima bila je napravljena od železnog oksida (Fe_2O_3) u kristalnoj strukturi. Koristile su se feritne glave i to je davalo relativno dobre karakteristike. Problem sa železnim oksidom je u tome što on ne omogućuje gusto zapisivanje, odnosno ako se bitovi smeštaju jedan do drugog, mora se obezbediti da se bitovi međusobno ne magnetišu. Diskovima od Fe_2O_3 mogu se poboljšati osobine ukoliko se njihova površina presvuče sa kobaltom, i tada se dobije gustina zapisa dva puta veća od standardne, ali još uvek daleko od gustine kod optičkog zapisivanja. Danas je većina diskova presvučena slojem čistog magnetnog materijala koji omogućava veću gustinu zapisa i smanjuje odnos signal — šum. Ovi magnetski materijali najčešće su legure kobalta i nikla, ne sadrže nemagnetne okside koji smanjuju magnetizaciju, što rezultira popravljenim odnosom signal — šum. Signal koji se indukuje u glavi direktno je proporcionalan magnetizaciji, što je izuzetno važno pri gustom zapisu.

Druga prednost kobalta je u tome što je jako anizotropan, tako da reagu-

je mnogo jače na magnetsko polje duž određene ose, a to znači da pravilno postavljeni bitovi dobro reaguju na glavu za upis i čitanje, a slabo na magnetizaciju od susednih bitova. Loša strana kobalta je u tome što je podložan koroziji, pa se zato mora presvlačiti zaštitnim slojem.

U stvari, medijumi na kojima se drže podaci nisu limitirajući za kapacitet diskova, već je to glava za upis i čitanje. Da bi čitala bitove koji su gusto pakovani, glava mora biti malih dimenzija i istovremeno veoma osetljiva. Pre otpori na sklopu, a glava čita podatke detektujući prolaz struje kroz sklop. Treba reći da ovakav sklop nije još na tržištu, ali se sa sigurnošću može kazati da ima budućnost.

Što se tiče mekikh diskova ili, popularnije, diskeťa, japanska firma Toshiba razvila je tehnologiju perpendikularnog zapisivanja na mediju barijum-feritu. Za razliku od klasičnog zapisivanja, gde se magnetizacija vrši horizontalno ili paralelno na površinu diskete, ovde se barijum-ferit magnetiše vertikalno (sl. 1).



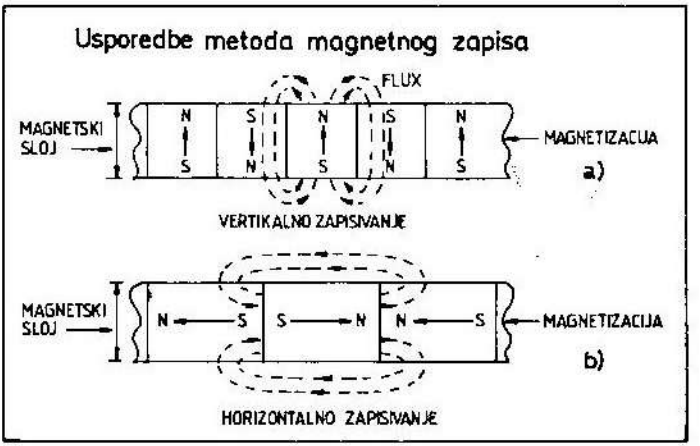
Sl. 1 Razlike u tehnici zapisivanja kod klasičnog i barijum-feritnog medija

par godina IBM je demonstrirao neinduktivnu magnetsku glavu sposobnu da čita bitove gustine od 1,8 miliona bitova po kvadratnom milimetru, što je gotovo tri puta više nego kod magnetno-optičkih diskova. Demonstrirani disk koristio je nemagnetsku glavu za čitanje gusto zapisanih bitova. Ova glava koristi tanki sloj koji je zapravo, osnovni magnetski element pričvršćen između dva provodnika. Ovaj sklop je, u stvari, promenljivi otpornik kome se otpornost menja u funkciji ugla magnetizacije, a ugao magnetizacije se menja prolaskom ovog sklopa iznad namagnetisanog sloja. Zbog toga što različito polarisani bitovi proizvode različite uglove magnetizacije, stvaraju se različiti

Gustina pakovanja povećala se zbog toga što su magnetski elementi smešteni jedan blizu drugog, mnogo bliže nego što je to normalno moguće. To je rezultiralo povećanjem gustine sa 17434 bita po inču na 34768 bita po inču.

Kako su delovi barijum-ferita magnetisani vertikalno, postoji oštar magnetski prelaz između delova, čak i na velikim gustinama (sl. 2-a), što nije slučaj kod klasičnog zapisivanja (sl. 2-b).

Delovi barijum-ferita su ravne pločice i omogućavaju relativno ravnu površinu za podatke, što se vidi na slici 3-a. Delovi medija kod konvencionalnog diska pokazuju različitu magnetizaciju

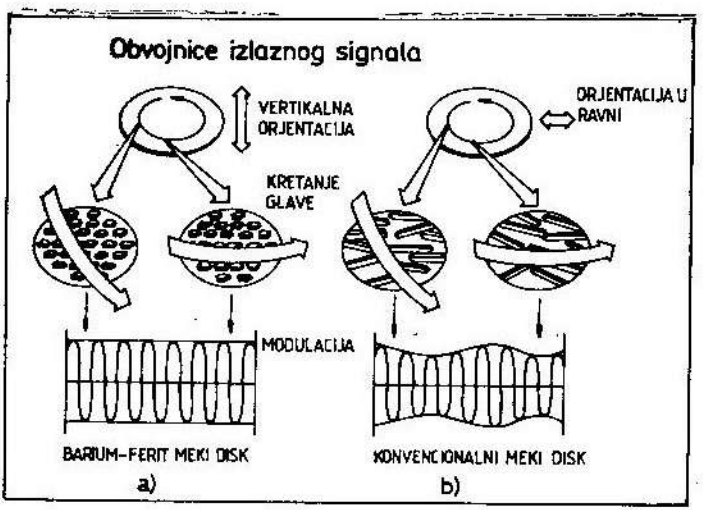


Sl. 2 Poređenje metoda vertikalnog i horizontalnog magnetskog zapisa

oblik karakteristika i fluktuaciju čitanog signala (sl. 3-b).

Budući razvoj servo sistema za pozicioniranje glave treba da omogući preciznije pozicioniranje, što bi moglo povećati kapacitet barijum-ferit disketa na 32 MB. Smatra se da bi, konačno ova barijum-feritna tehnologija omogućila da se na meku disketu smesti 64 MB.

U budućnosti magnetske memorije ne treba sumnjati, one će ostati najvažniji oblik za trajni zapis, iako je druge tehnologije pokušavaju istisnuti.



Sl. 3 Obvojnice izlaznog signala kod konvencionalnog i barijum-feritnog mekog diska

Magnetske trake

Sa pojavom personalnih računara pojavila se i magnetska traka od četvrtine inča. Razvijena je da spremi 5 MB

podataka i ubrzo po pojavi postala je popularna za pravljenje kopija diska (backup) za personalni računar.

Ubrzo se pojavio 8-milimetarski format koji je koristio standardni VHS metod za spremanje podataka (helical scan), a na kasete sa ovom trakom moglo je da stane 2 gigabajta podataka.

Današnja tehnologija je donela 4-milimetarsku digitalnu audio traku (DAT) koja koristi digitalnu tehnologiju zapisivanja razvijenu za DAT uređaje u muzici. DAT trake imaju sposobnost da smeste gigabajte podataka na samo jednu traku [8].

Na tabeli 1 prikazana je usporedba 1/4 inčne trake sa DAT trakom.

treba da se kreće brzo, ona ima brzinu od 1/3 inča u sekundi. Kod DAT sistema svaka glava čita svoj trag, a kako se tragovi mogu preklapati, to smanjuje prazan prostor na traci. Sve to zajedno omogućuje da se traka sporije kreće, a samim tim i da duže traje. Ove trake mogu izdržati i preko 1000 prolaza.

Oba sistema, sistem 8 mm i DAT sistem 4 mm koriste »»helical scan« tehnologiju. Glavna razlika sistema je u stepenu namotavanja trake oko rotirajućeg bubnja. Kod sistema 8 mm on iznosi 221°, a DAT sistem ima daleko manji ugao — svega 90°, što smanjuje trenje i sprečava gužvanje za vreme brzih pretraživanja (sl. 4).

T1 Uporedne karakteristike 1/4 inčne i DAT trake

Tabela 1

	1/4 Inčna traka	DAT
Kapacitet	60—500 MB	2.5 GB
Mogući kapacitet	1 GB	5 GB
Gustina zapisa	12 500 Bajta/Inču	61 000 Bajta/Inču
Brzina prenosa	90 KB/sec	207 KB/sec
Tehnologija glave	Stacionarna	Rotirajući bubanj
Metod zapisivanja	Analogno	Digitalno
Cena po 100 MB	25 $	1.20 $

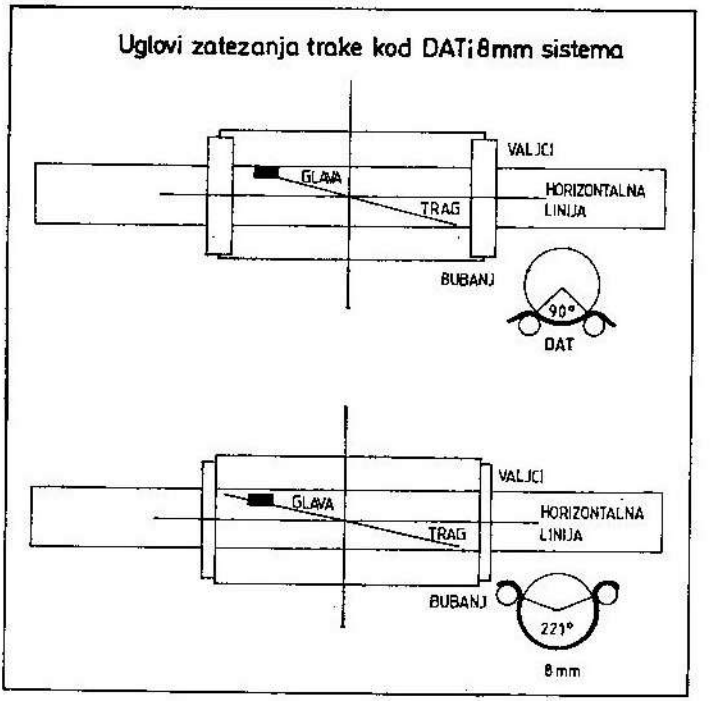
Već prvi pogled na tabelu ukazuje na velike prednosti DAT trake. Treba naglasiti da se traka kod konvencionalnih sistema mora kretati brzo (90—120 inča u sekundi) da bi se dobila zadovoljavajuća brzina i kvalitet zapisivanja. To stvara problem zagrevanja trake pri prolazu preko stacionarne glave i dovodi do uništavanja magnetskog sloja — prosečno trake mogu da izdrže od 200 (150 MB) do 400 (60 MB) prolaza.

DAT sistem koristi rotirajući bubanj. Zato što glave na rotirajućem bubnju čine glavni posao, DAT traka ne

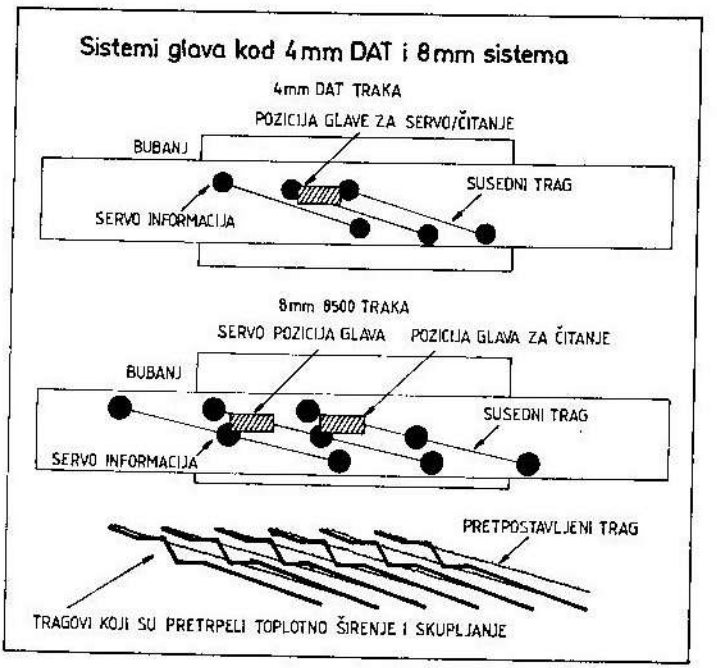
Prednost DAT sistema u ovom manjem uglu namotavanja oko rotirajućeg bubnja ujedno omogućava pretraživanje trake sa brzinom 200 puta većom od nominalne brzine čitanja i upisa.

DAT sistem i sistem 8 mm imaju različite organizacije glava. DAT sistem ima jednu glavu za čitanje i upis i to mu omogućuje da mnogo uspešnije od klasičnog sistema prati oštećene tragove (sl. 5).

Spremanje tako velikog broja podataka na traku zahteva izvanrednu kontrolu grešaka. Za traku od 1,2 giga-



Sl. 4 Uglovi zatezanja trake kod DAT i sistema 8 mm



Sl. 5 Sistemi glava kod DAT 4 mm i sistema 8 mm

bajta greška od 10^{-8} kao kod konvencionalnih sistema ovde više nije zadovoljavajuća. Zato se kod DAT sistema koristi poseban sistem za kontrolu grešaka (FEC-Forward Error Correction), pa je greška smanjena na jednu u 10^{15} bita, što znači — jedna greška na 1 000 000 traka.

Kako radni diskovi rastu u kapacitetu, raste i potreba spremanja kopija tih diskova, tako da DAT ima svoju sigurnu budućnost. Već je preko 15 000 DAT sistema instalirano u SAD i Evropi, a veliki svetski proizvođači JVC, Hitachi, Sony i mnogi drugi su na tržištu sa DAT proizvodima.

Optičke memorije

Optički i magnetski medijumi za spremanje podataka nalaze se na različitim stranama po svojim osobinama. Optički medijumi nude velike kapacitete, a magnetski dobre karakteristike. Svojim kapacitetom, zamenljivim kartridžima od po nekoliko gigabajta, optički diskovi omogućavaju spremanje velike količine informacija u obliku pogodnom za mašinsku obradu. Sa druge strane, vreme pristupa podacima ispod 10 ms, uz brzinu prenosa od 10 megabita u sekundi, daje prednost magnetskim diskovima u slučajevima kada je potreba za podacima na disku česta.

Optički diskovi su spori iz više razloga. CD-ROM i neki WORM (write once, read many times) diskovi koriste konstantnu linearnu brzinu (CLV), tj. podaci su organizovani sekvencijalno u kontinualnom spiralnom tragu, a ne u tragovima i sektorima (sl. 6).



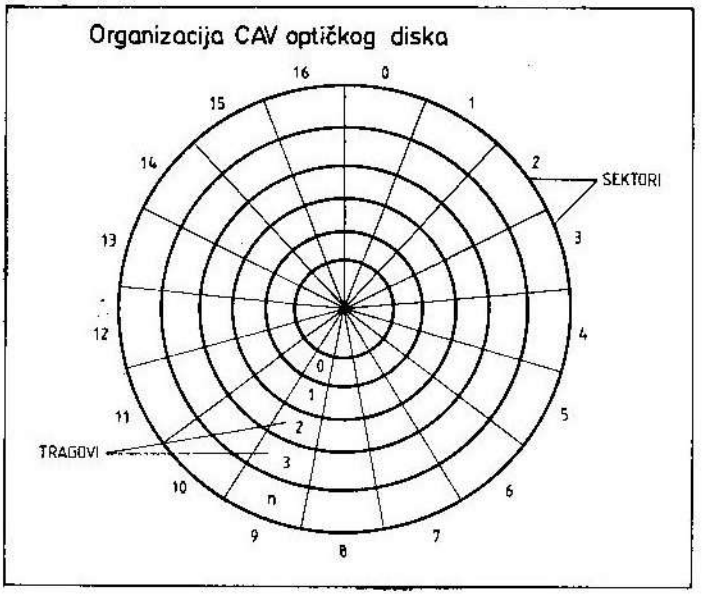
Sl. 6 Organizacija CLV optičkog diska

Kada se traži neki podatak, glava za čitanje mora pronaći položaj podatka, a ne njegovu adresu. To znači da glava mora proći preko celog diska da bi očitala traženi podatak. Pri tome, što je glava bliža spoljnoj ivici diska, to se on brže okreće. U svakoj sekundi glava pročita 2 kilobajta podataka.

Optički diskovi koji koriste konstantnu uglovnu brzinu (CAV) — imaju

podatke organizovane u sektore i tragove (sl. 7). Zapis je gušći što su tragovi manji i što su bliži centru. CAV sistem ima manje podataka na disku od CLV sistema, ali se podacima znatno brže pristupa.

prolazi glava preko njih drugačija. Zato Z-CAV diskovi mogu da drže 1 gigabajt podataka umesto normalnih 650 MB. Brzina pristupa spoljnjim tragovima takođe je veća nego kod CAV diskova.



Sl. 7 Organizacija CAV optičkog diska

Kod optičkih memorija glava je teža od glave kod magnetskih diskova, pa joj stoga treba više vremena da pristupi podacima.

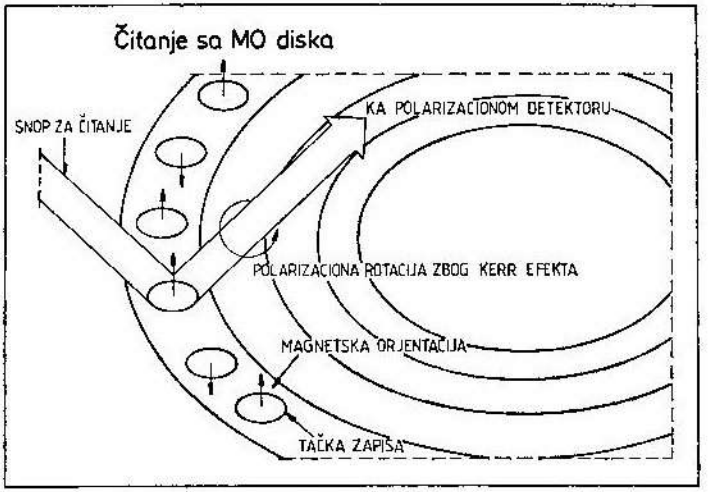
Do sada su loše osobine optičkih diskova bile vezane za tehnologiju magneto-optičkih diskova, koja zahteva dva prolaza glave preko diska za upis podatka. Prvi prolaz je za brisanje postojećeg podatka, a drugi za upis novog. Osim ove postoji još jedna varijanta korištenja magnetno-optičkih diskova, a naziva se Z-CAV (zoned constant angular speed). Ova tehnologija još nije postala standard, ali veliki svetski proizvođači, kao Hewlett Packard i Maxoptics počeli su da je primenjuju. Z-CAV koristi činjenicu da su spoljnji tragovi na disku duži nego oni unutrašnji i da omogućavaju gušće pakovanje podataka ukoliko je istovremeno i brzina kojom

Magnetno-optičke memorije

Nova tehnologija, koja se nedavno pojavila, prva je optička tehnika zapisa koja ne zahteva dva prolaza glave za upis podatka. Ova fazno promenljiva tehnologija zasniva se na magnetno-optičkoj (MO) tehnologiji. Kao što ime kazuje, magnetno-optički diskovi su kombinacija magnetske i optičke tehnologije i za razliku od čisto optičkih tehnologija kao CD-ROM i WORM, MO sistemi ovise o magnetizmu i optici.

Uspešna tehnologija upisa i čitanja treba da omogući jasno razlikovanje stanja 1 i stanja 0 na mediju. Kao što magnetski medijumi ispunjavaju ove zahteve, tako ih ispunjavaju i MO diskovi, a interesantan je poseban način na koji oni to čine. MO diskovi napravljeni su od slojeva stakla ili polikarbon-

skih substrata. Aktivni sloj za upis je od lantanida (retke zemlje) koji je u sendviču dva sloja, tako da pojačava efekat laserskog snopa. Dva dodatna sloja štite aktivni sloj od zagađenja. On je uvek namagnetisan. Magnetska površina deluje na polarizaciju bilo koje



Sl. 8 Čitanje sa MO diska

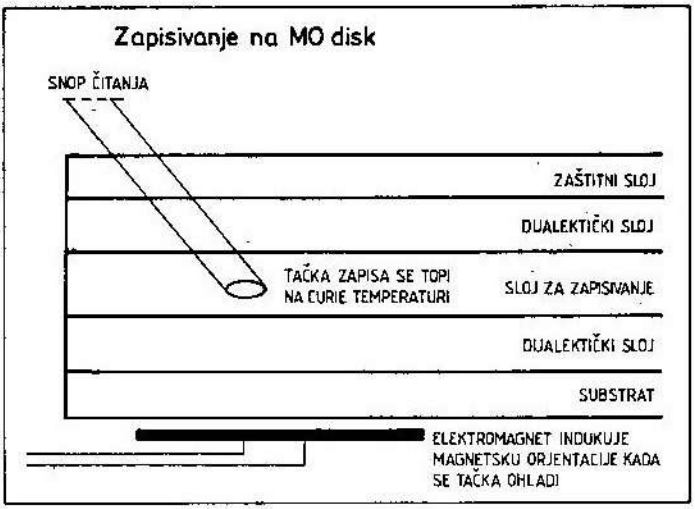
svetlosti koja se odbija od nje, tako da joj menja polarizaciju u smeru kazaljke ili suprotno od smera kazaljke na satu, što je poznato kao Kerr efekat. Smer ove polarizacije zavisi od magnetizacije površine diska. Svaka tačka na MO disku može imati dva magnetska stanja: pozitivno ili negativno, što odgovara 0 ili 1. Optička glava određuje da li je tačka 0 ili 1, analizirajući kako je zraka lasera slabe snage polarisana posle odbijanja od te tačke. Negativna Kerr rotacija odgovara jednom, a pozitivna drugom stanju.

Da bi se izvela promena orijentacije tačaka na disku, potrebno je izvesti veoma preciznu sinhronizaciju rada optičkog i magnetskog sistema za upis na disk, a to je, u stvari, problem koji se javlja kod upisa podataka na disk.

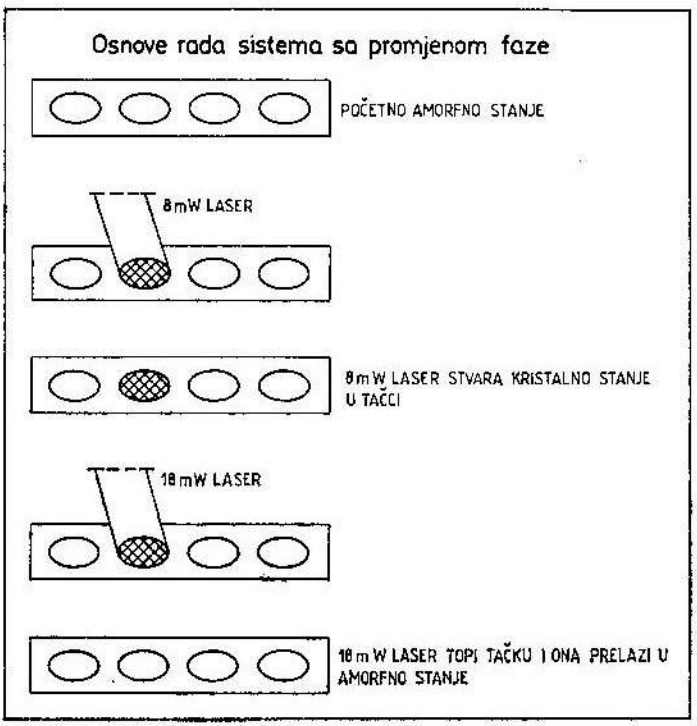
Da bi upisali podatak na MO disk, treba promeniti orijentaciju tačke na disku, pri čemu se ne sme menjati orijentacija susednih tačaka. Ovaj zadatak može izvršiti samo laser, a on ga rešava tako što zagrije tačku na medijumu do temperature koja se naziva Curie tačka. To je temperatura kada magnetski materijal gubi magnetsku orijentaciju i tada glava sa malim elektromagnetom polariše tu tačku u željenu polarizaciju. To što pre upisa mora da se izbriše prethodni sadržaj, usložava proces, jer je zbog toga glava masivnija, proces je složeniji i dva do četiri puta sporiji od istih operacija magnetskog diska.

Optička memorija sa faznom promenom

Sistemi sa faznom promenom su čisto optički sistemi. Za razliku od MO sistema, gde laser za čitanje priprema medij za čitanje, laser za čitanje kod fazno-promenljivih sistema zaista i čita podatak sa diska. Sam laser određuje da li je tačka 0 ili 1. Ovi sistemi za medijum koriste telur ili selen koji imaju osobinu da mogu biti u amorfnom ili kristalnom obliku. Prelazak iz jednog u drugo stanje može se izvesti upotrebom lasera male snage, [6].



Sl. 9 Zapisivanje na MO disk



Sl. 10 Osnove rada sistema sa promenom faze

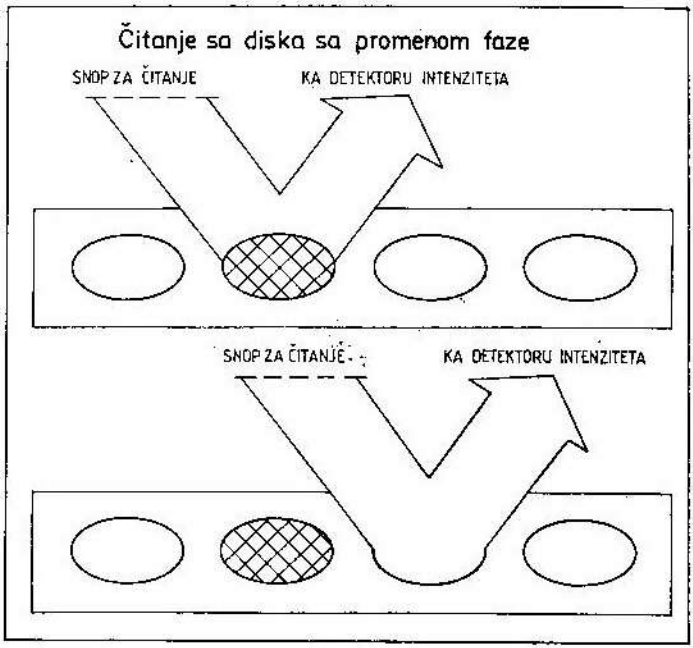
Početno stanje medija je amorfno. Promena neke tačke na medijumu u kristalno stanje ili promena te tačke u amorfno stanje vrši se laserom. Temperaturna tačka pri kojoj se tačka na medijumu menja iz amorfnog u kristalno stanje naziva se tačka kristalizacije, a dobija se sa 8 mW laserom. Temperaturna tačka topljenja je veća od temperaturne tačke kristalizacije i za njeno postizanje koristi se nešto jači laser od 18 mW. Važna karakteristika ovih materijala je da se posle topljenja ne rekristalizuju već da prelaze u amorfno stanje, pa ovo svojstvo omogućava prelaz iz amorfnog stanja u kristalno i obratno.

Amorfno i kristalno stanje pokazuju različita optička svojstva, tako da sa laserom male snage nije teško pročitati da li je tačka na mediju 0 ili 1, što je prikazano na slici 11.

Prošlog proleća firma Panasonic prikazala je LF 7010 — prvi fazno promenljivi disk. Taj disk je izveden na 5 i 1/4 inčnom medijumu i može da spremi 1 gigabajt podataka. Brzina prenosa sa diska je 10,3 MB u sekundi. Panasonic tvrdi da je srednje vreme otkaza 20.000 sati i da je greška po bitu manja od 10^{-12}. Sa srednjom brzinom pristupa podacima od 90 ms LF 7010 je brži od WORM standarda, ali 50 procenata sporiji od magnetooptičkih diskova i 10 puta sporiji od tvrdih diskova. Očito da ovakav disk još uvek nije spreman da uđe na tržište kao ravnopravan partner.

Holografske memorije

Procesorska brzina kod savremenih računara prelazi milijardu instrukcija u sekundi. Sa takvim brzinama nu-



Sl. 11 Čitanje sa diska sa promenom faze

Razvojem ovih sistema svakako će se smanjiti dimenzije glave i tako povećati vreme pristupa i brzina diskova. A i materijali koji se koriste kao medijum svakako da će se poboljšavati.

žno se postavlja i zahtev za smanjenjem vremena pristupa podacima i povećanjem brzine prenosa podataka između primarne i sekundarnih memorija, zapravo između RAM memorije i disko-

va. Bez obzira na to kakva je arhitektura i organizacija računara, karakteristike računara limitirane su brzinom pristupa podacima (kako upisivanje, tako i čitanje). Ograničenja nastaju zbog mehaničkih sklopova, koji su po svojoj suštini sporiji od elektronskih.

Uprkos razvoju optičkih i magnetnih diskova, postoje fizička ograničenja dostizanja zadovoljavajućih brzina kod rotirajućih diskova. Diskovi danas mogu prenositi od 3 do 8 megabajtova u sekundi.

Onom što je korisnicima računara potrebno jeste memorijski uređaj, koji će se ponašati kao RAM memorija, a imati kapacitet i cenu kao magnetski i optički diskovi. Razvija se nova tehnika spremanja podataka kao trodimenzionalni optički hologram. Popularno se naziva holostore. Taj uređaj mogao bi da prevaziđe problem ulazno-izlaznog uskog grla.

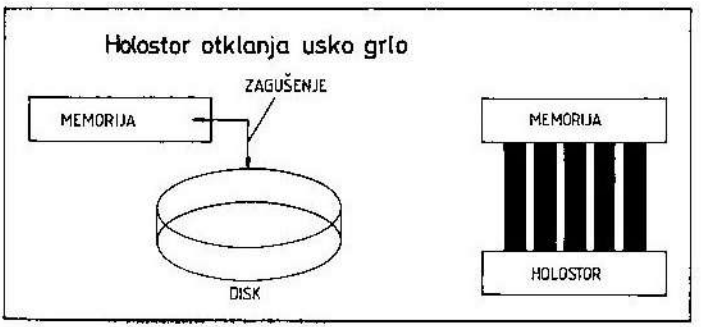
Spremanje i uzimanje podataka kao dvodimenzionalnog svetlosnog oblika, ili stranica, u trodimenzionalnu zapreminu kristala osetljivog na svetlost, predstavlja osnovu holostora. Organizovanje podataka u stranice daje veću brzinu pristupa nego kod rotirajućih diskova. Na primer, najbrži disk treba 5 sati da prenese količinu podataka koju holostore prenese za 1 sekundu.

Ova tehnologija zasnovana je na PVHS tehnici (photo-refractive volume holographic storage) i u ne tako dalekoj budućnosti mogla bi da omogući sekundarnim memorijama da budu brže od samog procesora [4].

Za ilustraciju, pretpostavimo da je medijum za spremanje podataka u holostoru matrica od 2500 malih kristala (50 × 50) smeštenih u zapreminu dimenzija 5 cm × 5 cm × 0,5 cm. Ostale osobine navedene su u tabeli 2.

Tabela 2

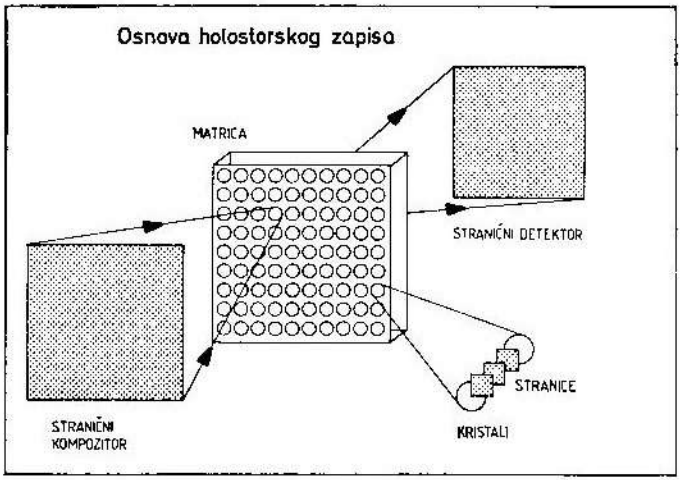
Karakteristike	Prototip	Moguće dostići
Veličina stranice	64 KB	1 MB
Vreme čitanja stranice	<10 Mikrosekundi	100 Nanosekundi
Vreme upisa stranice	100 Mikrosekundi	10 MiMkrosekundi
Brzina prenosa	<800 MB u sec	>1 Terabajta u sec
Cena	Nepoznato	Dva puta manje od magnetskih
Kapacitet	<2 Gigabajta	>100 Gigabajta



Sl. 12 Holostor otklanja usko grlo

Najvažnije komponente holostora su laserski izvor, prostorni svetlosni modulator, kristalna matrica, stranični selektor i detektorska matrica.

Posle straničnog kompozitora holostore fokusira snop podataka kroz sistem sočiva i kroz kristalnu matricu. Referentni snop i snop podataka ulaze



Sl. 13 Osnova holostorskog zapisa

Laserski snop se deli na razdvojene snopove i usmerava u kristale da čita ili upisuje stranicu podataka. Laserski izvor je YAG laser sa izlaznom snagom od 80 mW i talasnom dužinom od 532 nm koja se nalazi u vidljivom delu spektra.

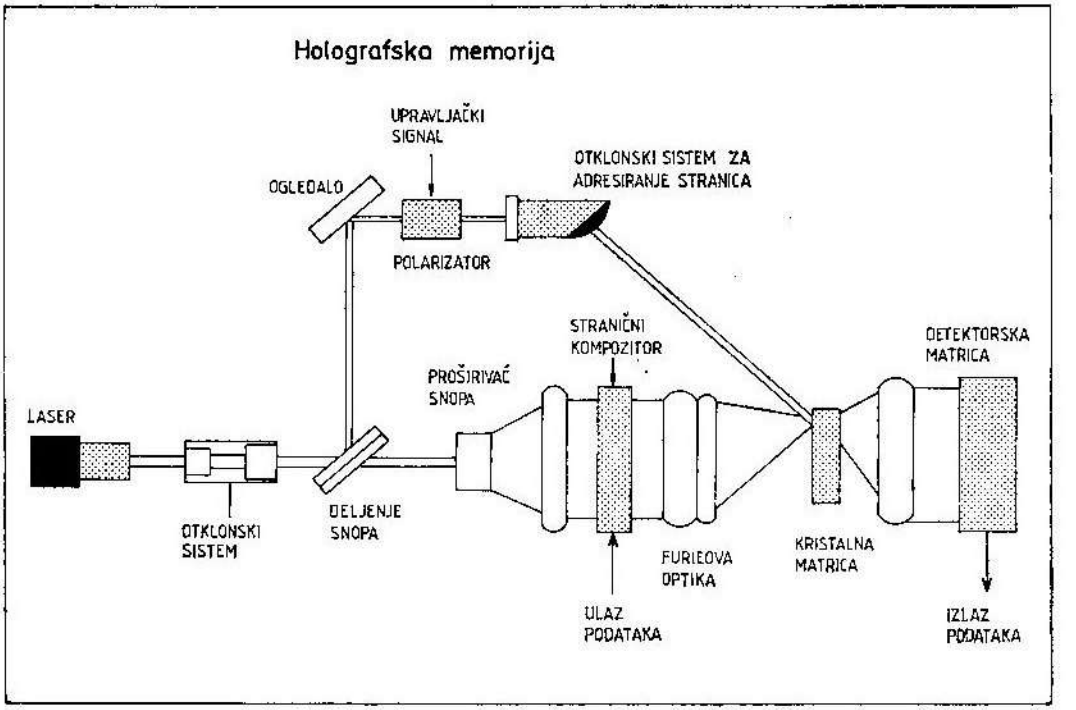
Proces upisa prikazan je na slici 14 i može se ukratko opisati na sledeći način: laserski snop prvo nailazi na adresni otklonski sistem, koji ga usmerava na pojedine stranice memorije. Dalje se snop deli na snop podataka i na referentni snop. Počevši od razdelnika snopa, holostore širi snop podataka na površinu straničnog kompozitora, gde digitalni elektronski podaci ulaze u sistem. Ti podaci se prikazuju na površini kompozitora stranica i osvetljavaju sa proširenim snopom podataka, formirajući bit mapu tamnih i svetlih tačaka. Holostore pretpostavlja ovaj oblik tačaka zasnovan na digitalnim podacima u laserski snop, gde oni predstavljaju bitove na stranici koja treba da se zapiše.

zajedno i interferiraju, a rezultat ove interferencije se zapisuje u fotorefraktivni materijal. Holostore konvertuje ovaj rezultat koji ima oblik rešetke u promenu optičkih osobina kristala. Rezultat svega ovoga je holografska slika koja je sadržana u snopu podataka. Interferencijska rešetka omogućuje da se ponovo stvori hologram kada holostore čita podatke.

Kao primer se može navesti da za matricu koja se sastoji od 256 × 256 bitova (8 K bajtova) treba oko 100 μs za transfer, a odatle proizilazi da je teoretska brzina prenosa 80 MB u sekundi.

Ciklus čitanja je relativno jednostavan. Za vreme čitanja snop podataka je isključen, tako da se koristi samo referentni snop. Holostore bira lokaciju stranice koja treba da se čita i ugao koji određuje adresu te iste stranice.

Referentni snop osvetljava interferencijsku rešetku smeštenu na izabranom uglu i to rezultira rekonstrukcijom slike originalne bit mape koja je tamo upisana. Holostore zatim fokusira



Sl. 14 Holografska memorija

taj oblik kao sliku na sistemski detektor matrice. Detektor matrice je uređaj koji prima rekonstruisane svetle i tamne oblike slike i pretvara ih opet u digitalni elektronski signal za prenos u računar. Srednje vreme pristupa stranici od 1 μs već je postignuto, a to znači da je brzina prenosa moguća čak i do 800 MB u sekundi.

Holostor je tehnika koja će na jednostavan način da poboljša performanse postojećih sistema, tako što će rešiti njihove probleme sa osetljivošću na vibracije i na promene temperature, a to su problemi koje sistemima postavljaju diskovi. Već je provereno da svaki kristal može da primi preko 30 stranica, ali nedavni eksperimenti su pokazali da ovaj broj može da naraste i do 50 stranica po kristalu. Jedna kompanija za svemirska istraživanja prikazala je prototip litijum-niobat kristala, koji bi mogao da primi 500 stranica informacija bez pojavljivanja problema vezanih za odnos signal-šum.

Na Stanford univerzitetu u SAD, 1988. godine, patentirana je nedestruktivna tehnika čitanja podataka i tehnika izrade matričnih kristala, umesto monolitnih kristala. Tehnika nedestruktivnog čitanja daje mogućnost čitanja bez degradacije zapisanih podataka. Testovi su pokazali da je moguće izvesti milijardu čitanja bez degradacije podataka. Korišćenje matričnih kristala donosi mnogo prednosti u holografsko spremanje podataka. Mali kristali se lako proširuju sa novim kristalima i tako se jednostavno može povećavati kapacitet. Mali kristali takođe povećavaju uglovnu selektivnost stranica, što povećava broj zapisanih stranica.

Poluprovodničke memorije

Postoje dve vrste memorija: privremene i stalne. Memorije kao što su DRAM memorije nazivaju se privremene, jer one »zaborave« svoj sadržaj kada se napajanje isključi. Memorije

kao što su ROM memorije su stalne memorije, jer, isključivanje napajanja ne briše njihov sadržaj.

DRAM memorije su reprogramibilne, što znači da se njihov sadržaj može menjati. Kada se učita nova datoteka, stara se zamenjuje novom. ROM memorije se ne mogu reprogramirati, tj. njihov se sadržaj ne može menjati.

Nekoliko godina posle pojave DRAM memorija pojavile su se Erasable Programabile ROM memorije (EPROM). One su reprogramabilne i stalne, ali imaju jedan nedostatak. Da bi se reprogramirale moraju biti izložene ultraljubičastoj svetlosti više od 20 minuta. Krajem sedamdesetih godina pojavile su se Electrically erasable programmabile read only memory (EEPROM). One su reprogramabilne i stalne. Prednost im je što se mogu reprogramirati u računaru, a nedostatak što su veoma skupe.

Sredinom osamdesetih godina firma Toshiba je prikazala trenutne memorije (flash memory). Kao i EPROM i EEPROM, trenutne memorije su stalne i reprogramabilne. Međutim, nisu skupe i mogu se reprogramirati u računaru. Karakteristike trenutnih memorija čine ove memorije idealnim da budu kompaktni »diskovi«. Diskovi zasnovani na trenutnim memorijama su od 125000 do 250000 puta brži u poređenju sa raspoloživim tvrdim diskovima, ali su limitirani sa kapacitetom do 40 megabajta, dok tvrdi magnetski diskovi mogu imati kapacitet i do 1 gigabajta [7].

Potrebno vreme pristupa podatku u trenutnoj memoriji je 120 ns, dok je za pristup podatku kod magnetskih diskova reda desetak milisekundi. U nekim primenama, kao, na primer, u portabl računarima, još jedna njihova osobina dolazi do izražaja, a to je mala potrošnja struje. Diskovi sa trenutnim memorijama su mnogo manji potrošači od standardnih magnetskih diskova; na primer jedno-megabajtni trenutni disk troši samo 1,2 w.

Trenutne memorije su veoma brze, troše malo struje i imaju veliku pouzdanost i čini se da su idealne kao medijum za spremanje podataka. Ali, limitirajući faktor u ovom medijumu je njihova visoka cena. Tako preračunato za jedan megabajt, kod trenutnog diska on košta 120 dolara, dok jedan megabajt klasičnog magnetskog diska košta svega 8 dolara. Drugi limitirajući faktor je gustina pakovanja. Tako najgušće pakovan trenutni disk u čipu na tržištu može da spremi 2 megabita podataka, što znači da za disk od 40 megabajta treba 160 ovakvih čipova. Što se, cene tiče, ona će sigurno padati, a i gustina pakovanja po čipu će, zahvaljujući razvoju tehnologije sigurno rasti.

Prenosivi personalni računari su idealni za trenutne memorije, kao prvo, zato što se kod njih zahteva da potrošnja bude što manja zbog baterijskog napajanja, a, kao drugo, zato što su trenutni diskovi bez mehaničkih delova, te su neosetljivi na udarce, vibracije, i slično.

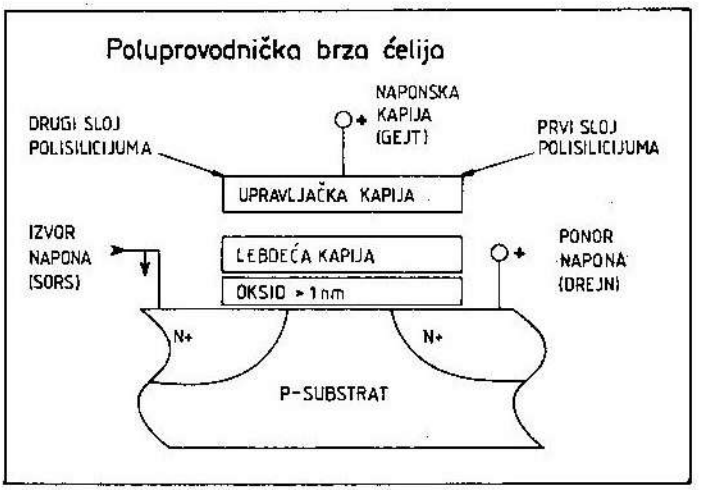
Osim toga, trenutne memorije su pogodne za primenu u prenosivim (laptop) računarima i zbog toga što omogućavaju promenu verzije DOS-a, ili bilo kog drugog operativnog sistema kada god se za to ukaže potreba.

Na trenutnim memorijama, koje su napravljene tako da su smeštene na pločicu veličine kreditne kartice, mogu se držati programi i podaci bez straha da će u slučaju isključenja napajanja doći do brisanja podataka.

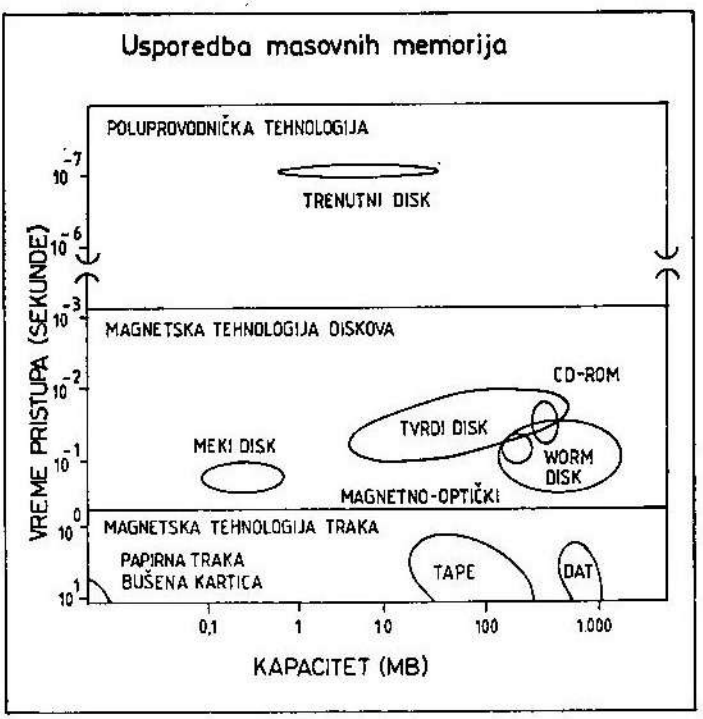
Kada se trenutne memorije koriste u laserskom štampaču, ne treba imati kartridže sa fontovima, već je dovoljno da se prebaci željeni font u trenutnu memoriju.

Što se tiče reprogramibilnosti, trenutne memorije su negde između EPROM i EEPROM memorija.

Glavna razlika između trenutnih memorija i EPROM-a je u tome što trenutne ne zahtevaju ultraljubičastu svetlost da bi se reprogramirale. Trenutne



Sl. 15 Poluprovodnička brza ćelija



Sl. 16 Usporedba masovnih memorija

ostaju u računaru, kao i EEPROM, i reprogramiraju se na isti način kao i EEPROM.

Trenutne memorije kombinuju prednosti EPROM-a i EEPROM-a, a to su niska cena i električna reprogramabilnost. Ove prednosti daju trenutnim memorijama značajno učešće u svetu računara. Korisnici prenosivih računara prvi će osetiti prednosti trenutnih memorija.

Zaključak

Nakon što je obrađena ova materija, uviđa se da o klasičnom zaključku ne može biti govora, ovde treba nešto poput trenutnog rezimea. Situacija sa tehnologijama masivnog zapisa podataka se gotovo svakodnevno menja, svaki novi sistem donosi sobom usavršenu verziju već primenjene tehnologije ili novi prilaz ovom problemu.

Trenutno se može napraviti uporedba postojećih sistema, kao što je to urađeno na slici 16, a može se reći sledeće:

— klasični magnetski tvrdi diskovi i diskete su još uvek konkurentni, postali su manji, smanjili su potrošnju, brzi su u radu, imaju niske cene, ograničenog su kapaciteta i veoma osetljivi na vibracije, visoke temperature i spoljna elektromagnetska polja;

— optički diskovi agresivno nadiru, većih su dimenzija, veći su potrošači električne energije, imaju veće cene, sporiji su u radu, ali imaju ogromne kapacitete i neosetljivi su na spoljnje uticaje;

— komplementarna tehnologija — magnetno-optički diskovi, donekle pružaju pogodnosti oba ova pristupa;

— poluprovodničke memorije pružaju izvanredne brzine, visoku pouzdanost, nisku potrošnju, visoku cenu i mali kapacitet;

— trake ostaju nezamenjive za »backup« diskova.

Na kraju treba reći da je teško odlučiti da li prednost treba dati brzini rada ili mogućnosti rada sa većim kapacitetom. Optički sistemi daju dugotrajnost zapisa (60—100 godina) i omogućavaju terenske uslove rada, ali istovremeno vrše atak na nervni sistem operatora kome su sekunde dragocene. Komplementarne tehnologije možda upravo pružaju rešenje, a možda se već razvija neka sasvim nova tehnologija, do juče nezamisliva.

Literatura:

[1] Harvey D.: »State of the Media«, Byte, Novembar 1990.

[2] Redfield, S. i Hesselnik L.: »Enhanced Experiments on Holographics Storage and Retrieval«, Optics Letters, Oktobar 1988.

[3] Reinhard A.: »Playing Catch-up«, Byte, Novembar 1990.

[4] Parish T.: »Crystal Clear Storage«, Byte, Novembar 1990.

[5] Redfield, S. i Hesselnik L.: »Photorefractive Holographic Recording in Strontium Barium Niobate Fibers«, Optics Letters, Oktobar 1990.

[6] Ryan B.: »Entering a New Phase«, Byte, Novembar 1990.

[7] Luthi W.: »Store Data in a Flash«, Byte, Novembar 1990.

[8] Lion K.: »DAT's a Solution«, Byte, Novembar 1990.

[9] Parčina N.: »Elektronski elementi i sistemi«, SSNO, 1985.

Mr Vlado Radić,
kapetan I klase,

Uticaj velikih brzina deformisanja na promenu karakteristika metala

Uvod

Pri obradi metala plastičnom deformacijom sve veću primenu imaju eksplozivne materije. Upravo, korišćenje energije eksplozije umnogome proširuje mogućnosti obrade plastičnom deformacijom, jer je eksplozijom moguće ostvariti pritiske u dijapazonu od nekoliko bara do megabara. Takav nivo dostignutih pritisaka omogućava obradu plastičnom deformacijom i onih materijala koji se primenom klasičnih postupaka nisu mogli obrađivati.

Fizika čvrstoće i plastičnosti proučava strukturu metala i njen uticaj na mehaničke karakteristike, odnosno na ponašanje metala pod uticajem naprezanja. Nakon manjeg stepena elastične deformacije metali se pod uticajem naprezanja plastično deformišu i lome, pri čemu lomu, po pravilu, prethodi manji ili veći stepen plastične deformacije. Plastična deformacija i lom mogu se javiti pod uticajem kvazistatičkih (zateznih, pritisnih), udarnih, dinamičkih, trajnih statičkih naprezanja na povišenim temperaturama, itd.

Plastična deformacija metala, kod najrazličitije sheme spoljnih uslova, nastaje na do sada poznata tri načina: klizanjem, dvojnikovanjem i difuzionim puzanjem [7]. Mehanizam nastanka plastične deformacije monokristala i polikristala može biti važniji nego spoljni uslovi — temperatura i brzina opterećenja. Kod polikristalnih materijala plastična deformacija se ostvaruje ne po jednom, nego preko nekoliko mehanizama i preko većeg broja oblika jednog te istog procesa.

Uzimajući u obzir da realizacija jednog ili drugog mehanizma deformacije zavisi od uslova deformacije, mnogi autori su pokušali da opišu novi proces deformacije svojstven samo visokobrzinskom opterećenju, kada napon dostiže nekoliko kilobara, a brzina opterećenja je bliska brzini zvuka.

Određivanje zavisnosti između napona i deformacija

Ponašanje metala koji se najčešće koriste u mašinogradnji pri statičkom deformisanju je poznato i dovoljno je izučeno. Međutim, ako se ti isti metali izlože trenutnom, impulsnom opterećenju, njihovo ponašanje se menja. Impulsno opterećenje dovodi do promene mehanizma deformacije i razaranja metala. Pri velikim brzinama opterećenja, koje su praćene visokim pritiscima, u materijalu se javljaju velike brzine deformisanja. To dovodi do strukturnih promena u metalu, a i do promene njegovih mehaničkih karakteristika.

U svojim radovima Zajcev i Paškov su posvetili posebnu pažnju stvarnoj deformaciji u trenutku stvaranja lokal-

ne deformacije, tj. kada stabilna deformacija prelazi u nestabilnu. Kao što je poznato, stabilna deformacija karakteriše sposobnost maternijala ka očvršćavanju.

Na osnovu dijagrama koji se dobija pri ispitivanju epruvete na istezanje, može se napisati:

$$F = \sigma \cdot A$$

gde su:

A — površina poprečnog preseka epruvete,

σ — stvarni napon u određenom trenutku ispitivanja na istezanje.

Ako se stvarni napon izrazi kao funkcija deformacije stepenom zavisnošću, dobija se:

$$K = \sigma = C \cdot \varphi^{\alpha}$$

gde je za deformaciju uzeta stvarna ili logaritamska deformacija

$$\varphi = ln \frac{l}{l_o} \text{ ili } \varphi = ln \frac{A_o}{A}$$

Na osnovu toga, trenutna površina epruvete za vreme istezanja je

$$A = \frac{A_o}{e^{\varphi}}$$

Posle odgovarajućih zamena dobija se izraz za silu

$$F = C \cdot \varphi^{\alpha} \cdot \frac{A_o}{e^{\varphi}}$$

U trenutku stvaranja lokalne deformacije prirast sile po deformaciji jednak je nuli. Ako se izvod sile po deformaciji izjednači sa nulom, dobija se:

$$\frac{dF}{d\varphi} = C \cdot A_o \cdot \left(\frac{\varphi_m^{\alpha}}{e^{\varphi_m}} \right) \cdot \left(\frac{\alpha}{\varphi_m} - 1 \right) = 0$$

odakle proizilazi da je $\alpha = \varphi_m$ (φ_m — maksimalna ravnomerna deformacija).

Holoman je pokazao da za većinu plastičnih materijala i deformacije do $\varphi = 0{,}3$ odgovara sledeća zavisnost, koja je i eksperimentalno potvrđena:

$$K = C \cdot \varphi^{\alpha} \text{ za } \alpha = \varphi_m$$

Zajcev je potvrdio zavisnost očvršćavanja materijala od eksponenta $\alpha = \varphi_m$ i pri drugim naponskim stanjima, različitim od istezanja. Na osnovu toga može se, u konačnom obliku, izraziti veza između napona i deformacije pri bilo kojim naponskim stanjima:

$$K = C \cdot \varphi_i^{\alpha}$$

gde su:

K — specifični deformacioni otpor ili intenzitet napona,

φ_i — intenzitet deformacije,

$$\varphi_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varphi_1 - \varphi_2)^2 + (\varphi_2 - \varphi_3)^2 + (\varphi_3 - \varphi_1)^2}$$

Konstante C i α određuju se istezanjem epruvete, pri čemu je $\alpha = \varphi_m$, a C izračunava u trenutku stvaranja lokalne deformacije po jednačini:

$$C = \sigma_m \frac{e^{\alpha}}{\varphi^{\alpha}}$$

$$Km = \frac{Fmax}{A} = \frac{Fmax}{A_o} \cdot e^{\alpha} = \sigma_m \cdot e^{\alpha}$$

Određivanje konstanti C i α na ovakav način daje zadovoljavajuće rezultate za plastične materijale. Za maloplastične materijale, ako se uzmu $\alpha = \varphi_m$, to dovodi do određene greške, naročito kod malih deformacija. Za takve materijale konstante C i α određuju se individualno na osnovu krive stvarnih napona.

Deformacioni rad

Za približan proračun tehnoloških parametara procesa oblikovanja lima može se iskoristiti bilans energije. Prema njemu se energija oslobođena eksplozijom troši na plastičnu deformaciju obratka i na gubitke. Većina gubitaka može se približno odrediti kao i rad utrošen na tehnološki proces. Energetski metod omogućava da se za većinu tehnoloških procesa dobiju odgovarajuće formule za proračun. Glavni nedostatak

tog metoda je što ne daje potpunu predstavu o deformisanju obratka. Međutim, korišćenje metode analize energije dobilo je u praksi obrade metala deformisanjem široku primenu. Analiza procesa vrši se na osnovu specifičnog rada ili specifične energije.

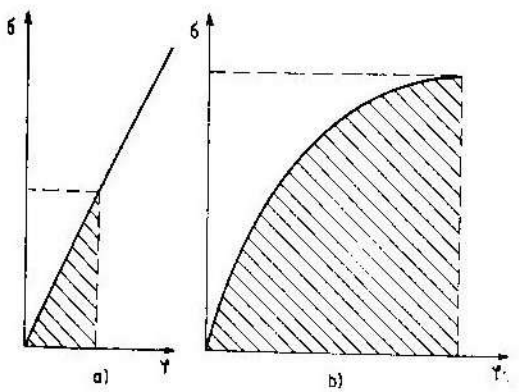
Deformacija izduženja (Δl) jedinačne zapremine ostvarena je opterećenjem silom F. Ako je sila F trenutna, onda će rad koji se odnosi na jedinicu zapremine biti jednak proizvodu sile i izduženja:

$$a = F \cdot \Delta l$$

Pošto pri deformaciji zapremine sila F nije ništa drugo nego napon σ, a Δl — deformacija φ, to se može napisati:

$$a = \sigma \cdot \varphi$$

Ako je deformacija u granicama elastičnosti, popravni koeficijent koji uzima u obzir to da sila ne deluje trenutno nego postepeno je 0,5 (sl. 1a). Slika 1b pokazuje istezanje iza granice elastičnosti.



Sl. 1 Karakter delovanja opterećenja

Površina ispod te krive predstavlja rad jedinačne zapremine. Ako bi sila delovala trenutno, tada bi površina dijagrama bila jednaka površini pravougaonika (sl. 1b isprekidano). Pošto opterećenje ne deluje trenutno, tada dijagram ima oblik krive.

Postavlja se pitanje kakav je, u stvari, karakter delovanja opterećenja pri obradi metala eksplozijom? Na prvi pogled čini se da opterećenje deluje trenutno. Međutim, dijagram dobijen pri istezanju dinamičkim opterećenjem je krivolinijski i, po pravilu, sa većom granicom tečenja. Oblik takvog dijagrama objašnjava se inertnošću epruvete. U trenutku prestanka delovanja dinamičkog opterećenja, čije je vreme delovanja veoma kratko, epruveta dobija određenu kinetičku energiju potrebnu za plastičnu deformaciju. Zato je vreme deformacije, a time i vreme prirasta napona u epruveti, znatno veće od vremena delovanja opterećenja. To uzrokuje krivolinijski karakter dijagrama.

Specifični deformacioni rad može se odrediti na dva načina. Prvi je dat izrazom:

$$a = \Psi \cdot \sigma \cdot \varphi = \varphi \cdot C \cdot \varphi^{1+\alpha}$$

gde je:

Ψ — koeficijent punoće dijagrama, veličina koja predstavlja odnos površine stvarnog dijagrama prema površini pravougaonika.

Drugi način određivanja specifičnog deformacionog rada može se koristiti, ako je poznata zavisnost između napona i deformacije, pa je [4]:

$$a = \int_0^{\varphi} \sigma \cdot d\varphi = \int_0^{\varphi} C \cdot \varphi^{\alpha}\, d\varphi = \frac{C \cdot \varphi^{1+\alpha}}{1+\alpha}$$

Da bi se mogao odrediti specifični deformacioni rad za bilo koje naponsko stanje, potrebno je da se deformacija kod osnog naprezanja zameni intenzitetom deformacije odgovarajućeg naponskog stanja:

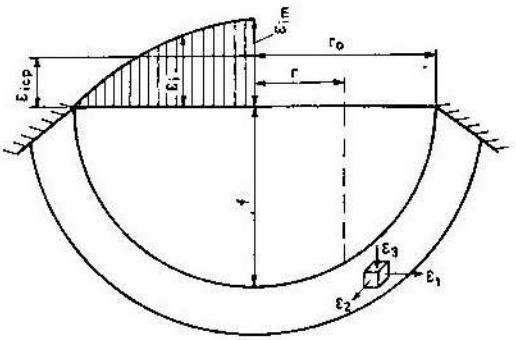
$$a_i = C \cdot \frac{\varphi_i^{1+\alpha}}{1+\alpha}$$

Ukupni deformacioni rad biće jednak proizvodu specifičnog rada i zapremine:

$$W = a_i \cdot V$$

Deformaciono stanje i rad pri oblikovanju sfernog dna

Ako se pretpostavi da je kružni primerak od lima čvrsto vezan po konturi, onda se može govoriti pre o razvlačenju, nego o izvlačenju. Povećanje površine odradka nastaje prevashodno na račun smanjenja debljine lima. Na osnovu eksperimentalnih podataka došlo se do zaključka da su deformacije u radijalnom i tangencijalnom pravcu približno jednake (sl. 2).



Sl. 2 Deformaciono stanje obratka pri oblikovanju sfernog dna

Glejzel je utvrdio eksperimentalnu zavisnost između deformacije u svakoj tački i deformacije u centru kupole, koja je maksimalna:

$$\varphi_1 \approx \varphi_2 = \varphi \approx \varphi_{max}\left(1 - \frac{r^2}{r_0^2}\right)$$

Na osnovu zakona o konstantnoj zapremini može se napisati

$$\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 0,$$

pa veličina deformacije, koja karakteriše smanjenje materijala, iznosi:

$$\varphi_3 = -2\varphi$$

Intenzitet deformacije na svakom krugu radijusa r menja se od nule, pri nekom radijusu, od maksimalne vrednosti, pri $r = 0$. Za određivanje veličine deformacije čitave sfere treba odrediti njenu srednju vrednost.

Kada se odredi veličina deformacije na svakom krugu dobiće se dijagram kao na slici 2. Da bi se odredila srednja vrednost deformacije, potrebno je odrediti površinu dijagrama ispod krive, odnosno zameniti je površinom pravougaonika sa stranicama φ_{isr} i r_0.

$$\varphi_{isr} = \frac{1}{r_0}\int_0^a \varphi_i \cdot dr = \frac{1}{r_0}\int_0^a 2\varphi_{in}\left(1 - \frac{r^2}{r_0^2}\right) dr =$$

$$= \frac{2}{r_0}\int_0^a \frac{f^2}{r_0^2}\left(1 - \frac{r^2}{r_0^2}\right) dr = \frac{4}{3}\cdot\frac{f^2}{r_0^2}$$

Poznato je da se najveća deformacija pojavljuje u centru kupole i da prelazi vrednost od 20%. Tada se gornja jednačina za φ_{isr} može sa dovoljnom tačnošću koristiti do odnosa $f/r_0 = 0{,}4$.

Na osnovu toga, specifični rad izražava se kao

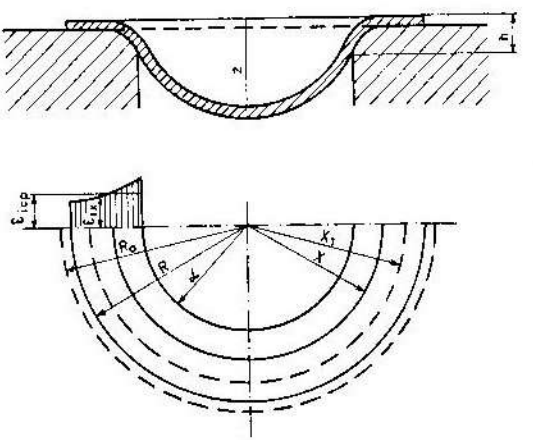
$$a = \frac{C}{1+\alpha}\left[\frac{4}{3}\cdot\frac{f^2}{r_0^2}\right]^{1+\alpha}$$

odnosno ukupni rad kao

$$W = \frac{C}{1+\alpha}\left[\frac{4}{3}\cdot\frac{f^2}{r_0^2}\right]^{1+\alpha}\cdot\pi\cdot r_0^2\cdot S$$

Deformaciono stanje i rad pri izvlačenju danaca

U ovom slučaju oblikovanje lima iz ravne ploče u sud sa dnom nastaje na račun smanjenja debljine materijala i



Sl. 3 Deformaciono stanje obratka u procesu izvlačenja danaca

pomeranja, tj. deformacije materijala na vencu obratka. Na slici 3 prikazan je obradak u procesu deformisanja. Srednji intenzitet deformacije može se odrediti korišćenjem zakona o konstantnoj zapremini.

Kroz svaki poprečni presek $2\pi x_1 \cdot S$ prođe ista količina materijala. U određenom trenutku izvlačenja radijus venca R_0 smanjiće se na veličinu R, tako da kroz presek radijusa x_1 prođe količina materijala $\pi \cdot (R_0^2 - R^2) \cdot S$. Ako se uzme da je debljina lima približno konstantna, može se napisati:

$$\pi(R_0^2 - R^2) \cdot S = \pi(x_1^2 - x^2) \cdot S,$$

odakle je

$$x_1 = \sqrt{R_0^2 - R^2 + x^2}$$

Tada deformacija po krugu iznosi

$$\varphi_\theta = ln \frac{x_1}{x} = \frac{1}{2} ln \frac{R_0^2 - R^2 + x^2}{x^2}$$

Ako se uvedu koeficijenti — k izvlačenja, k_v i k_x, dobija se

$$\varphi_\theta = \frac{1}{2} ln \frac{k_1^2 - k_v^2 - k_x^2}{k_v^2}$$

gde su:

$k_1 = \frac{R_0}{r_0}$ — početni koeficijent izvlačenja,

$k_v = \frac{R}{r_0}$ — koeficijent izvlačenja venca,

$k_x = \frac{x}{r_0}$ — tekući koeficijent izvlačenja.

Pod pretpostavkom ravanskog deformacionog stanja, deformacije φ_r i φ_θ su u svakoj tački po apsolutnoj vrednosti jednake. Pod tim uslovima intenzitet deformacije je:

$$\varphi_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(-\varphi_\theta - \varphi_0)^2 + (\varphi_\theta - 0)^2 + (0 + \varphi_\theta)^2} = \frac{2}{\sqrt{3}} \varphi_\theta$$

Srednji intenzitet deformacije biće jednak površini dijagrama φ_i i može se napisati kao:

$$\varphi_{isr} = \frac{1}{k_v - 1} \int_1^{k_v} \varphi_i \, d\varphi = \frac{2}{3(k_v - 1)} \int_1^{k_v} \varphi_\theta \, d\varphi$$

Zamenom vrednosti za φ_θ rešenje integrala dobija oblik:

$$\varphi_{isr} = \frac{2}{\sqrt{3}(k_v - 1)} \left[k_v \cdot ln \frac{k_1}{k_v} - \frac{1}{2} \cdot ln (k_1^2 - k_x^2 + 1) \right] + \sqrt{k_1^2 - k_v^2} \cdot \arccos \frac{k_1^2 - k_v^2 + k_x^2}{k_1 \sqrt{k_1 - k_x^2 - 1}}$$

Proračun srednje deformacije pomoću izraza za φ_{isr} je složeno i nepraktično. Zbog toga se zavisnost srednje deformacije od koeficijenta izvlačenja, znajući da je njihov raspon u granicama od 1—2,5, može izraziti na sledeći način:

$$\varphi_{sr} = \frac{\varphi_{isr} \sqrt{3}}{2} = \frac{k_1 - k_v}{k_1 - 1} \cdot ln \, k_1$$

Pri $k_v = 1$, jednačina za φ_{isr} dobija oblik

$$lim \, \varphi_{isr} = ln \, k_1$$

dok je pri $k_v = k_1$ srednji intenzitet deformacije jednak nuli.

Specifični deformacioni rad deformisanja venca može se izraziti preko

$$a_v = \frac{C}{1 + \alpha} \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{k_1 - k_v}{k_1 - 1} \cdot ln \, k_1 \right)^{1 - \alpha},$$

dok će ukupni rad za deformisanje venca biti:

$$W_v = \frac{\pi C}{1 + \alpha} \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{k_1 - k_v}{k_1 - 1} ln \, k_1 \right)^{1 - \alpha} \cdot r_0^2 \cdot (k_1^2 - 1) \cdot S$$

Pri izvlačenju danaca sa sfernim dnom, pored energije potrebne za deformisanje venca, treba uzeti u obzir i energiju potrebnu za obrazovanje sfere. Veličinu ugiba, u tom slučaju, treba odrediti kao razliku ukupne dubine (z) i visine dela (h).

Visina pojasa (h), pod pretpostavkom konstantne debljine materijala, određena je jednačinom:

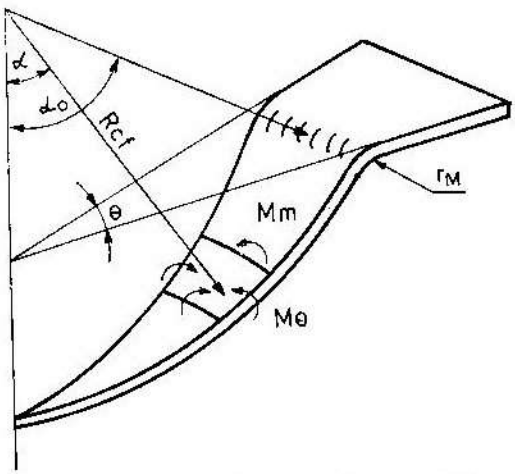
$$h=\frac{D_0^2-D_v^2+1{,}7\,d\cdot r_m-0{,}65\,r_m^2}{4\,d}$$

gde su:

D_0 — prečnik pripremka,
D_v — prečnik venca,
d — prečnik obratka,
r_m — radijus zaobljenja matrice.

Rad potreban za savijanje

Pri izvlačenju tankih limova, rad utrošen na savijanje je, u odnosu na rad potreban za izvlačenje, zanemarljiv. Kod izvlačenja debljih limova taj rad je znatan i potrebno ga je uzeti u obzir.



Sl. 4 Savijanje elementa sfernog oblika

Svaki elemenat sfernog dela savija se u dva pravca — radijalnom i tangencijalnom (sl. 4). Momenti savijanja na jediničnu dužinu u radijalnom i tangencijalnom pravcu mogu se odrediti izrazima:

$$M_r^0=\frac{\sigma_r\cdot S_0^2}{4}$$

$$M_0=\frac{\sigma_0\cdot S_0^2}{4}$$

Iz uslova simetričnosti sledi da je $\sigma_r=\sigma_0$, a iz uslova plastičnosti $\sigma_r^2+\sigma_\theta^2-\sigma_r\cdot\sigma_\theta=K$, pa je $\sigma_r=\sigma_\theta=K$. Momenti savijanja biće:

$$M_r=M_\theta=M\cdot\frac{K\cdot S^2}{4}$$

Specifični deformacioni rad savijanja u centru elementa je:

$$a_s'=\frac{2M}{Rsf}=\frac{K\cdot S^2}{2Rsf}$$

Rad potreban za savijanje materijala obratka oko poluprečnika matrice dat je izrazom:

$$a_s''=\frac{M}{r_m+\frac{S}{2}}$$

Ukupni specifični deformacioni rad savijanja jednak je zbiru $a_s'+a_s''$.

Veličina ukupnog deformacionog rada, potrebnog za izvlačenje jednog venca, biće jednaka zbiru radova za deformisanje srednjeg dela obratka ili oblikovanje sfere i rada potrebnog za deformisanje elementa:

$$W=K_s\cdot W_v+W_{sf},$$

gde su:

W — ukupni rad,
W_v — rad potreban za deformisanje venca,
W_{sf} — rad potreban za deformisanje sfere.

Uticaj brzine deformisanja na mehaničke karakteristike metala

Analiza uticaja na mehaničke karakteristike pokazala je da sa smanjenjem vremena deformacije dolazi do njihovog poboljšavanja kod većine metala. To se objašnjava time što se javlja zakašnjenje pri tečenju metala. Kod dinamičkih ispitivanja ustanovljeno je da je granica tečenja, pri brzini udara od 100 m/s, za oko tri puta veća od gra-

nice tečenja pri statičkim uslovima ispitivanja. Za plastične materijale koeficijent dinamičnosti $K_D = \sigma_v^D / \sigma_v^{ST}$ naglo raste [2].

Veliki broj eksperimenata usmeren je ka određivanju dinamičke granice tečenja pri različitim pritiscima u udarnom talasu. U tabeli 3 date su veličine

Deformacija i jedinični rad razaranja pri statičkom opterećenju i opterećenju eksplozijom u vodi

Tabela 1

Materijal lima	S [mm]	a_{st} [daN/cm²]	ε_{st}	ε_d	a_d [daN/cm²]	a_d/a_{st}
Mesing	2,03	1110	0,255	0,537	2330	2,1
Bakar	0,915	120	0,045	0,563	1500	12,5
Nerđajući čelik	0,915	2820	0,455	0,445	2750	0,98
Titan	0,915	560	0,106	0,368	1960	3,50
Aluminijum	2,03	22	0,016	0,500	680	31,00
Ugljenični čelik	1,62	600	0,169	0,560	2000	3,30

U tabeli 1 dati su rezultati ispitivanja koja su vršena na okrugloj membrani prečnika 150 mm i čvrsto vezanoj po obodu. Vršena su poređenja deformacija i veličine jediničnog rada razaranja pri statičkom opterećenju i opterećenju pomoću eksplozije u vodi [2].

U tabeli 2 dati su rezultati ispitivanja čvrstoće i plastičnih karakteristika nekih metala pri impulsnom opterećenju i kod svih metala primećen je porast čvrstoće.

dinamičke granice tečenja za neke metale. Ispitivanja su pokazala [2] da postoji veza između brzine deformisanja i koeficijenta dinamičnosti granice tečenja. Povećanje brzine deformisanja kod skoro svih ispitivanja metala dovodi do povećanja granice tečenja. Primećeno je, takođe, da sa povećanjem brzine deformisanja dolazi do povećanja jedinične energije plastične deformacije.

Na osnovu eksperimenata o uticaju brzine deformisanja na čvrstoću metala

Rezultati ispitivanja čvrstoće i karakteristika plastičnosti nekih metala pri impulsnom opterećenju

Tabela 2

Materijal	Režim opterećenja	σ_v [daN/mm²]	σ_m [daN/mm²]	$K_D = \sigma_v^D / \sigma_v^{st}$
Bakar	statičko	7	22,5	4
	udarno pri P=22 GN/m²	28,1	34,5	
Čelik, kaljen i otpušten na 220°C	statičko	4,6	81,7	1,28
	udarno	55,9	104,0	
Čelik, kaljen i otpušten na h50°C	statičko	96,0	104,1	1,4
	udarno	120,3	156,2	

Dinamička granica tečenja za neke metale

Tabela 3

Metal	σ^{*}_{1a}	σ^{D}_{V}	Metal	σ^{*}_{1a}	σ^{D}_{V}
	[kbar]			[kbar]	
Aluminijum	100	8,2	Bakar	340	18
	175	12,5		800	28
	300	17	Olovo	1220	16
	345	22		460	0
	685	29	Gvožđe	1110	11
				1850	27

* σ_{1a} — naprezanje u udarnom talasu.

i legura može se zaključiti da brzina deformisanja ima veći uticaj na metale nego na legure; zavisnost brzine deformisanja i čvrstoće jače je izražena kod lako topljivih nego kod teško topljivih metala.

Povećanje mehaničke čvrstoće, kod deformisanja velikim brzinama, pojedini autori [2, 5] povezuju sa procesima očvršćavanja i razočvršćavanja pri plastičnoj deformaciji. Proces razočvršćavanja, koji je povezan sa promenom unutrašnje strukture materijala, zbog kratkog vremena za koje se proces odvija, ne uspeva da se ostvari, što omogućava očvršćavanje, odnosno povećanje otpora materijala deformisanju. Povećanje otpora deformisanju sa porastom brzine deformisanja može se koristiti za objašnjavanje čvrstoće krtih tela. Saglasno toj teoriji, razaranje epruvete nastaje kada napon postane veći od jačine materijala na mestu sa defektom.

Iako materijal može da bude i bez uočljivih defekata, kod posmatranja delova strukture uočava se nejednorodnost i složeno naponsko stanje. Kod jednoosnog istezanja u različitim mikrodelovima materijala dolazi do nejednakog naponskog stanja.

Na osnovu statističke teorije čvrstoće, proces deformacije i razaranja metala može se predstaviti na sledeći način:

— komponente napona prvog reda (mikronaponi), određeni eksperimentalno ili računski na osnovu klasične teorije elastičnosti, predstavljaju srednje vrednosti odgovarajućih napona drugog reda;

— naponi prvog reda, kao srednje veličine, neposredno ne predstavljaju uzrok razaranja; razaranje izazivaju naponi drugog reda,

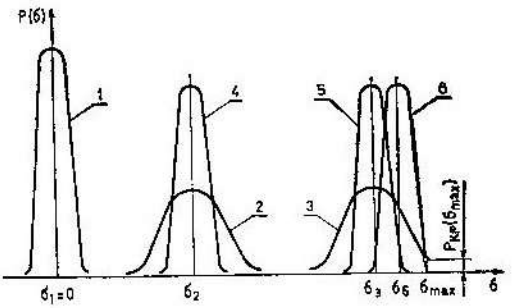
— mikronaponi predstavljaju slučajne veličine.

Druga pretpostavka potvrđena je i eksperimentalno. Zbog dejstva maksimalnih mikronapona proces mikroskopskog razaranja nastaje kod napona prvog reda, sa znatno manjom jačinom na kidanje. Mikropukotine u materijalima uočavaju se kod mikronapona reda granice tečenja.

Uzimajući u obzir sveukupnost komponenata drugog reda u posmatranom preseku, proces deformacije može se prikazati slikom 5.

Kao što se vidi, razranje uzoraka nastaje pri kritičnom naponskom stanju, kada broj površina drugog reda, na

kojima deluje maksimalni napon σ_{max}, dostigne graničnu vrednost. Pri statičkom deformisanju deformacija teče neravnomerno. Smanjenje vremena delovanja opterećenja dovodi do pojave kašnjenja tečenja u pojedinim zrnima polikristalnog tela i do izjednačavanja mikronapona po preseku uzorka. Smanjenje neravnomernosti raspodele mi-



Sl. 5 Proces deformisanja u posmatranom preseku

kronapona sa povećanjem brzine deformisanja može se izraziti u obliku zavisnosti disperzije mikronapona od brzine deformisanja [2]:

$$D \cdot \sigma = A \cdot e^{-\gamma_0 V} = \alpha^2$$

gde su:

α^2 — disperzija napona,
v — brzina deformisanja,
A, γ_0 — konstante.

Jačina na kidanje pri nekoj brzini deformisanja v_2, ako su poznati i napon kod neke brzine v_1, može se izraziti formulom [2]:

$$\sigma_M = \sigma_{max} - \sqrt{\frac{\exp[-\gamma_0 \cdot V_2]}{\exp[-\gamma_0 \cdot V_1]}(\sigma_{max} - \sigma_3)^2 + A\gamma_0 \cdot \exp[-\gamma_0 V_2](V_2 - V_1)}$$

Vrednost σ_{max} odgovara teoretskoj jačini na kidanje, pošto sa povećanjem brzine deformisanja, zbog kratkog vremena, dislokacioni mehanizam deformacije ne dolazi do izražaja. U krajnjem slučaju, razaranje nastaje pri jednovremenom smicanju dve površine, tj pod uslovom teoretskog proračuna jačine na kidanje. Pri kritičnoj brzini razaranje nastaje skoro bez deformacije, a naponsko stanje ima minimalnu disperziju.

Paškov je, proučavajući procese koji se dešavaju u materijalima pri povećanju brzine deformisanja, uočio da povećanje otpora plastičnoj deformaciji dovodi do toga da se zrna iste jačine nađu u stanju plastičnosti istovremeno.

Granicu tečenja pri statičkim uslovima ispitivanja karakteriše otpor malih plastičnih deformacija ($\varepsilon = 0{,}2\%$), tj. otpor najslabijih ili najbolje orijentisanih zrna u početnom periodu procesa istezanja. Istovremeno, jačina odražava srednji otpor plastičnom tečenju većine zrna. Kod visokobrzinske deformacije, kada zapremina zrna koja učestvuju u deformaciji, u početnom trenutku, naglo raste, nastaje povećanje granice tečenja.

Uticaj brzine deformisanja na plastične karakteristike metala

Izbor tehnoloških parametara i objašnjavanja uticaja brzine deformisanja, pri impulsnoj obradi metala, ima veliki praktični značaj. Danas ne postoji jedinstveno mišljenje o karakteru promena parametara plastičnosti sa povećanjem brzine deformisanja. To je, pre svega, zbog relativno malog broja eksperimentalnih podataka, kao i nedostatka jedinstvenog metoda ispitivanja.

Pri ispitivanju gvožđa, ugljenih i legiranih čelika, aluminijuma, bakra i njegovih legura, primećeno je smanjenje plastičnosti pri velikim brzinama deformisanja, što se objašnjava postojanjem »kritične« brzine za navedene materijale, pri kojoj razaranje nastaje trenutno. Ustanovljeno je da se kritična brzina za čelike nalazi u granicama 50—100 m/s, a za aluminijum 11 m/s.

Pri prelazu sa statičkog na dinamičko ispitivanje sa brzinom 3,8 m/s, primećeno je smanjenje relativnog izduženja. Daljim povećanjem brzine de-

formisanja dolazi do blagog porasta karakteristika plastičnosti. Relativno izduženje ugljeničnih i malolegiranih čelika, u odnosu na statičke vrednosti, povećava se za 26% pri brzini udara od 300 m/s.

Za kaljeni čelik, npr. kod brzine deformisanja od 650 m/s, epruvete se razaraju bez tragova plastične deformacije. To znači da za taj čelik navedena brzina predstavlja kritičnu brzinu. Takođe je pokazano da za taj čelik, povećanje brzine deformisanja do 200 m/s, dovodi do poboljšanja karakteristika plastičnosti. Najveće povećanje relativnog izduženja u odnosu na statička ispitivanja iznosi 80%. Dalje povećanje brzine deformisanja dovodi do naglog pada karakteristika plastičnosti. Kod brzine od 500 m/s, plastične karakteristike su u odnosu na statička ispitivanja 2—2,5 puta niže.

Kod kaljenog i otpuštenog čelika karakteristike plastičnosti se, takođe, poboljšavaju porastom brzine deformisanja do 200 m/s. Pri toj brzini ravnomerno izduženje je u odnosu na statička ispitivanja veće za 65%, do se pri brzini od 500 m/s plastične karakteristike smanjuju u odnosu na statička ispitivanja za oko 1,7—2 puta.

Ispitivanje karakteristika plastičnosti legure titana pokazalo je da se plastične karakteristike povećavaju u proseku za 20% u odnosu na statičke, za brzine do 65 m/s. Dalje povećanje brzine negativno utiče na karakteristike plastičnosti. Pri brzini od 350 m/s karakteristike plastičnosti su niže u odnosu na statičke za oko 1,5—1,8 puta.

Za većinu ispitivanih materijala utvrđeno je da se poboljšavaju karakteristike plastičnosti u odnosu na statičke vrednosti sa povećanjem brzine deformisanja. Maksimalne brzine do kojih se poboljšavaju karakteristike plastičnosti metala su različite za različite metale. Povećanje brzine deformisanja iznad ovih brzina dovodi do naglog pada karakteristika plastičnosti i lokalizacije plastične deformacije.

Ispitivanje epruveta različitih prečnika pri visokim brzinama deformisanja pokazalo je da povećanje prečnika do 24 mm znatno smanjuje karakteristike plastičnosti. To se objašnjava uticajem poprečnih pomeranja epruveta većih prečnika, kao i uticajem sila inercije. Rezultati takvog ispitivanja dati su u tabeli 4 za određenu vrstu čelika.

Pored prečnika epruvete, u ispitivanjima su varirani i oblik epruveta i način vezivanja. Ispitivane su epruvete konusnog oblika, kao i epruvete koje su učvršćivane u kidalici preko navoja. Pri različitim brzinama došlo je do kidanja na raznim mestima, kao i do različitih naponskih stanja.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da oblik epruvete za ispitivanje suštinski ne utiče na karakter prostiranja plastične deformacije. Prostiranje plastične deformacije zavisi od veličine napona u talasu opterećenja i sheme naponskog stanja u procesu ispitivanja.

Zaključak

Primena eksploziva u obradi materijala počela je na polju spajanja metala i brzo se proširila na ostale postupke obrade metala plastičnom deformacijom. Brojna ispitivanja na polju stvaranja novih tehnologija sa impulsnim opterećenjem pokazala su da se energija eksplozije može koristiti u oblikovanju, površinskom ojačavanju delova, zavarivanju raznorodnih metala, plakiranju, probijanju otvora, dobijanju složenih oblika cevi, i dr.

Bez obzira na to što se slika o procesu obrade deformisanjem pomoću eksplozivnih materija umnogome razlikuje od ostalih postupaka klasične obrade, može se zaključiti da je vrlo važno poznavanje osnovnih relacija i mehanizma deformacije do kojih dolazi pri obradi eksplozivom. Pored karakteristika brizantnog eksploziva, oblika alata i dodatnih uređaja, sredine u kojoj se vrši oblikovanje, potrebno je poznavati i zavisnost između napona i deformacija,

Tabela 4

Prečnik epruvete [mm]	Vid termičke obrade	Brzina deformisanja [m/s]	Karakteristike plastičnosti			
			δ_s	δ_m	δ_s	ψ
3	žaren	10^{-4}	15	14	50	60
		4	27	16	54	62
		65	32	20	60	66
		80	33	21	63	67
		140	20	10	57	64
		250	13	8	51	54
3	poboljšan	10^{-4}	13	2,5	30	48
		4	15	7,5	49	60
		100	21	9,0	58	68
		250	9	1,8	51	56
12	žaren	10^{-4}	23	13,5	41	51
		4	26	18	49	54
		65	31	20	59	60
		140	29	17	58	61
		250	12	6	48	47
12	poboljšan	10^{-4}	10	2,0	28	45
		4	12	4,5	37	50
		100	17	8,0	48	53
		250	8	1,0	46	50
18	žaren	10^{-4}	22,5	13	39	43
		4	25	17	43	53
		65	30	22	52	59
		200	12	6	53	50
18	poboljšan	10^{-4}	10	2,0	27	46
		4	11	3,5	35	49
		100	16	7,5	48	56
		200	8,5	1,2	45	48
24	žaren	10^{-4}	10	12	32	37
		60	30	21,5	50	53
		200	6	2	93	42
24	poboljšan	10^{-4}	8,5	1,6	30	34
		80	20	7,5	51	57
		200	8	1,0	42	47

deformaciono stanje i rad pri oblikovanju odradaka sfernog ili drugih oblika, deformaciono stanje i rad pri izvlačenju danaca, rad potreban za savijanje, te, konačno, uticaj brzine deformisanja na mehaničke osobine i osobine plastičnosti metala koji se koriste.

Ponašanje metala koji se najčešće koriste u mašinstvu, pri statičkom ispitivanju i deformisanju, poznato je i dovoljno izučeno. Međutim, izlaganje tih istih metala trenutnom, impulsnom opterećenju, dovodi do strukturnih promena, a samim tim i do promena meha-

ničkih karakteristika. Metali, kao nerđajući čelici i legure titana, skloni razaranju pri statičkim uslovima deformisanja pod dejstvom impulsnog opterećenja na njih, povećavaju stepen deformacije skoro dva puta. To omogućava dobijanje veće dubine izvlačenja, kao i složenijih oblika pri obradi lima eksplozijom. Skoro sva ispitivanja govore o tome da pri dinamičkom opterećenju metala dolazi do povećanja granice tečenja, čvrstoće i izduženja. Za većinu ispitivanih materijala utvrđeno je povećanje karakteristika plastičnosti.

Uticaj sila inercije na proces deformisanja ogleda se u tome što materijal deformisanja dovode u prostorno naponsko stanje. To je, u stvari, drugi razlog za promenu obradivosti metala pri deformisanju velikim brzinama. Međutim, pored uticaja brzine deformisanja, potrebno je razmatrati i uticaj temperature. Ovde treba naglasiti da su brzinski i temperaturni faktor nerazdvojni, te da je nemoguće izolovano posmatrati oba faktora, čije je dejstvo na karakteristike metala suprotno.

Literatura:

[1] Ionov V. N., Ogibalov P. M.: »Naprjaženija v telah pri impul'snom nagruženii«, Moskva 1975.

[2] Beljajev V. I.: »Visokoskorostnaja deformacija metallov«, Nauka i tehnika, 1976.

[3] Rjibin V. V.: »Boljšie plastičeskie deformacii i razrušenie metallov« Mašinostroenie, 1971.

[4] Deribas A. A.: »Fizika upročnenia i svarki vzrivom«, Novosibirsk, Nauka, 1980.

[5] Epštejn G. N.: »Visokoskorostnaja deformacija i struktura metallov«, Mašinostroenie, 1971.

[6] Nikolaevski B. N.: »Dinamičeskaja pročnost' i skorost' razrušenia«, Mir, Moskva, 1981.

[7] Honeycombe R. W. K.: »The Plastic Deformation of Metall«, Eduard Arnold (Ed.), London, 1965.

[8] Stojiljković V., Dimitrov B.: »Izrada danaca eksplozivom«, Obrada deformisanjem u mašinstvu, 9 (1984) 1, Novi Sad.

[9] Radić V.: »Obrada metala eksplozijom«, VTG 4, 1990.

[10] HERF '89.: Proceedings of 10th International Conference of High Energy Rate Fabrication, Ljubljana, 1989.

[11] Rajnhart D., Pirson D.: »Vzrivnaja obrabotka metallov«, Mir, Moskva, 1966.

[12] Krupin A. B. i dr.: »Deformacija metallov vzrivom«, Metalurgija, Moskva, 1975.

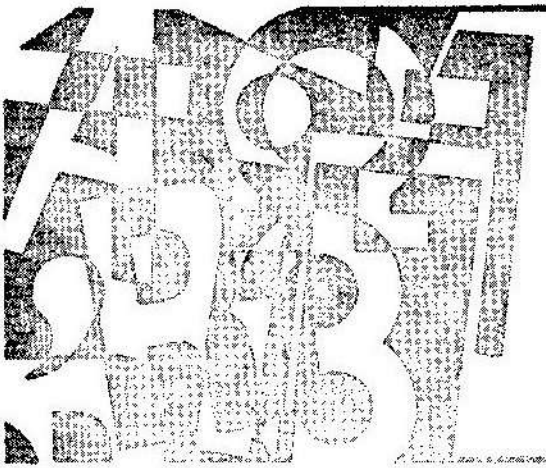
[13] Stepanov G. V.: »Analiz naprjažnogo sostojanija obrasca pri visokoskorostnih ispitanijah v uslovija rastjaženija«, Problemi pročnosti, № 11, 1974.

[14] Dimitrov B.: »Doktorska disertacija«, Mašinski fakultet Niš, 1987.

[15] Hirth J. P., Lothe J.: »Theory of Deformations«, McGraw-Hill, New York, 1972.

[16] Verhoeven J. D.: »Fundamentals of Physical Metallurgy«, Willey, New York, 1975.

[17] Pihtovnikov R. V., Zavjalova V. N.: »Štampovka listovoga metalla vzrivom« Mašinostroenie, Moskva, 1964.



prikazi iz inostranih časopisa

TENKOVSKI TOPOVI BUDUĆNOSTI*)

Deo 1: Topovi sa čvrstim i tečnim pogonskim punjenjem

Uvod

Obično se smatra da bi tenkovi trebalo da imaju topove sa čvrstim pogonskim punjenjem (barutom) i visokim pritiskom u cevi. Međutim, sada su se pojavile i neke alternative, pa se postavlja pitanje budućeg izgleda tenkovskih topova i njihovih alternativa.

Savremeni tenkovi naoružani su topovima sa čvrstim pogonskim punjenjem uglavnom zbog progresivnih poboljšanja, koja su omogućila da topovi budu u stanju da unište sve bolje oklopljene neprijateljeve tenkove, koji su i njihov primarni cilj. To se postiže većinom upotrebom protivoklopnih projektila (granata), koji dejstvuju kinetičkom energijom. Tokom pedesetih i šezdesetih godina u mnogim KoV u svetu smatrano je da su kumulativni projektili efikasniji.

Energija probojnog jezgra

Efikasnost projektila, koji dejstvuju kinetičkom energijom pri probijanju oklopa, poboljšana je progresivnim povećanjem energije po jedinici površine poprečnog preseka, a zbog toga i površine cilja. Ova povećanja intenziteta energije prvenstveno su postignuta izradom artiljerijskih projektila od materijala koji su gušći od čelika i izmenom njihove geometrije. Tako su prvobitni protivoklopni projektili AP, APC i APCBC, izrađeni od čelika, zamenjeni projektilima APCR i APDS koji su imali potkalibarska probojna jezgra od karbida volframa, a zatim od legura volframa koje imaju gustinu između 17.000 i 18.500 kg/m^3, dok je gustina kod čelika 7.850 kg/m^3.

Artiljerijske projektile sa potkalibarskim probojnim jezgrom i njegovim nosačem koji se odvaja (APDS), nasledili su projektili sa odvojivim nosačem potkalibarskog jezgra i stabilizacijom pomoću krilaca (APFSDS), a probojno jezgro je, takođe, od legura volframa ili osiromašenog urana, ali sa znatno većim odnosom dužine prema prečniku, čime se dalje povećava intenzitet energije i probojnost oklopa.

Najkarakterističnija ilustracija poboljšanja efikasnosti artiljerijskih pro-

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 12/1990.

tivoklopnih projektila, koji dejstvuju kinetičkom energijom, jeste upoređivanje između najjačeg nemačkog topa iz doba drugog svetskog rata PAK 44 128 mm na tenku JAGDTIGER i jednoga savremenog tenkovskog topa (vidi tabelu).

Moguća su i dalja povećanja odnosa L:d, čak i preko 30:1. Međutim, probojna jezgra sa vrlo velikim L:d imaju probleme sa vibracijom pri ispaljivanju i tendenciju da se savijaju pri udaru u cilj pod malim uglom. Zbog toga se daljim izmenama geometrije projektila

Upoređivanje topova koji gađaju projektilima punog kalibra (APCBC) i potkalibarskim projektilima (APFSDS)

Tabela 1

Kalibar topa([mm]	128	105
Vrsta projektila (granate)	APCBC	APFSDS
Masa pri ispaljivanju [kg]	28,3	5,8
Početna brzina [m/s]	920	1.525
Energija na ustima cevi [MJ]	11,98	6,74
Masa probojnog jezgra [kg]	28,3	3,78
Energija probojnog jezgra [MJ]	11,98	4,4
Prečnik probojnog jezgra [mm]	128	26
Intenzitet energije probojnog jezgra [MJ/m²]	931	8.278
Maksimalna probojnost pri uglu od 90° [mm]	260	390

Pomenuti tenkovski top PAK 44, kalibra 128 mm, već je ispaljivao projektile sa početnom energijom (na ustima cevi) od 11,98 MJ, a ovu energiju može da postigne najnovija municija 120 mm. Međutim, intenzitet energije punokalibarskog projektila topa PAK 44 (APCBC), time i njegova probojnost, manji su nego kod potkalibarskih projektila (APFSDS) savremenog topa 105 mm. Veća probojnost potkalibarskih projektila 105 mm time je značajnija, kada se ima u vidu da imaju samo polovinu energije na ustima cevi, koju imaju punokalibarski projektili APCBC 128 mm i da je 35% te energije izgubljeno zbog parazitske mase nosača potkalibarskih jezgara.

Brojke koje su u tabeli 1 označene za projektile APFSDS 105 mm pripadaju drugoj generaciji ovih projektila, koji imaju odnos L:d od oko 16:1. Još novija, treća generacija projektila APFSDS, imaju L:d probojnog jezgra od 20:1 ili veći, i zbog toga još veći intenzitet energije i probojnost.

možda i neće moći povećati probojnost. Kada se dogodi takva situacija, veća probojnost može se postići samo povećanjem početne energije. Sada je predloženo da bi budući artiljerijski projektili tenkovskog topa trebalo da imaju početnu energiju (na ustima cevi) od najmanje 18 MJ, a ne 9 MJ kao što to imaju sadašnji projektili 120 mm.

Veći kalibar ili brzina

Veća početna energija može se postići na dva načina: povećavanjem kalibra tenkovskih topova, ili povećavanjem početne brzine projektila. Prvi način su prihvatile mnoge zemlje NATO koje su odlučile da kalibar njihovih tenkovskih topova bude 140 mm. Ostaje da se vidi koju će početnu brzinu oni postizati. Međutim, ako budući potkalibarski protivoklopni projektili APFSDS geometrijski budu slični sadašnjim, energija na ustima cevi od 18 MJ mogla bi se postići sa početnom brzinom od 1.800 m/s (vidi tabelu 2).

Upoređivanje topova sa čvrstim pogonskim gorivom (ČP) i tečnim pogonskim gorivom (TP)

Tabela 2

Kategorija topa	ČP	ČP	ČP	TP	TP
Stanje/tip topa	sadašnji	budući	budući	regenerativni	dvostepeni
Kalibar topa [mm]	120	140	120	120	120
Tip projektila	APFSDS	—	—	—	—
Masa projektila pri ispaljivanju [kg]	7,0	11,12	6,5	7,0	6,5
Početna brzina [m/s]	1.650	1.800	2.000	1.650	2.350
Energija na ustima cevi [MJ]	9,53	18,00	13,00	9,53	17,95
Masa probojnog jezgra [kg]	4,16	5,87	3,0	4,16	3,0
Energija probojnog jezgra [MJ]	5,66	9,61	6,0	5,66	8,28
Prečnik probojnog jezgra [mm]	25	28	22	25	22
Intenzitet energije jezgra [GJ/m²]	11,53	15,44	15,78	11,53	21,78
Vrsta pogonskog punjenja	JA2	—	—	LGP 1845	—
Balistički koeficijent [%]	25	22	19	21	15
Masa pogonskog punjenja [kg]	7,35	15,78	13,19	9,72	25,6
Odnos pogon : punjenje	1,05	1,42	2,02	1,39	3,94
Masa projektila i punjenja [kg]	14,35	26,9	19,69	16,72	32,1
Intenz. energ. pog. punjenja [MJ/m²kg]					
Pogonskog punjenja + projektil	803	574	801	690	679

Takva brzina bi predstavljala napredak u odnosu na 1.650 m/s sadašnjih tenkovskih topova 120 mm, ali ne bi bila ništa veća od početne brzine sovjetskih tenkovskih topova 125 mm, a bila bi znatno manja od one koja bi se postigla sa topovima koji imaju čvrsto pogonsko punjenje. Pre više od 25 godina u jednoj kanadskoj istraživačkoj ustanovi postignuta je početna brzina od 2.423 m/s sa jednim eksperimentalnim topom 81,3 mm, koji je imao cev dužine 50 kalibara i pritisak u komori od 4.138 bara, a to je niži pritisak od postojećih operativnih topova 120 mm. U jednoj američkoj istraživačkoj laboratoriji postignuta je početna brzina od 2.700 m/s, koristeći produženu verziju sadašnjeg tenkovskog topa M256 120 mm i smanjenu ispaljenu masu.

Zbog toga je moguće razmatrati dalje povećanje početne brzine umesto povećanja kalibra. Da bi se dobila energija na ustima cevi od 18 MJ, trebalo bi da se početna brzina jednog tipičnog tenkovskog topa 120 mm sa ispaljenom masom od 7 kg poveća na 2.268 m/s. To se ne bi moglo postići u granicama praktičnih limita vršnog pritiska u cevi. Međutim, povećanje početne brzine do 2.000 m's moglo bi da bude izvodljivo uz izvesno smanjivanje ispaljene mase.

Time se ne bi obezbedila energija na ustima cevi od 18 MJ, a veća početna brzina bi prouzrokovala veće ubrzanje projektila, zbog čega bi bio potreban jači i masivniji nosač potkalibarskog jezgra. Na taj način parazitska masa projektila (masa nosača potkalibarskog jezgra) mogla bi da naraste do polovine ispaljene mase, a to bi dovelo do odgovarajućeg smanjivanja i mase i energije probojnog jezgra. Ipak, potkalibarski protivoklopni projektili (APFSDS) topa 120 mm velike brzine, imali bi nešto veći intenzitet energije probojnog jez-

gra nego projektili topa 140 mm i zbog toga ne manju probojnost oklopa.

Pitanje je kolika bi se probojnost postigla, jer se ona ne povećava linearno sa povećanjem brzine. Neki eksperimentalni rezultati pokazuju da se probojnost uopšte ne povećava iznad određene brzine. Međutim, to se striktno odnosi na polubeskonačne ciljeve, dok probojnost realnih ciljeva konačne debljine nastavlja da se povećava sa povećanjem brzine, doduše nižim tempom iznad 2000 m/s.

Balistički koeficijent korisnog dejstva

Postoji mogućnost za dalje povećanje početne brzine projektila, ali se pri tome snižava balistički ili toplotni koeficijent topova. Do toga dolazi zbog toga što se sa povećanjem pogonskog punjenja (baruta) za postizanje većih početnih brzina sve više njegove energije apsorbuje u kinetičku energiju veće mase barutnih gasova. Zbog toga se odnos mase baruta prema masi projektila brzo povećava sa brzinom.

Tako je pri sadašnjim početnim brzinama od 1.650 m/s taj odnos približno 1:1, ali je pri brzini od 2.423 m/s kanadskog topa 81,3 mm taj odnos bio 5:1. Zbog toga bi topu 120 mm velike brzine bilo potrebno znatno veće pogonsko punjenje, nego sadašnjem topu 120 mm, ali bi ono ipak bilo lakše od pogonskih punjenja topova 140 mm. Štaviše, odnos intenziteta energije probojnog jezgra prema kombinovanoj masi pogonskog baruta i projektila bila bi veća kod prvog topa nego kod drugog (vidi tabelu 2). Top 120 mm velike brzine mogao bi da bude efikasniji od drugog, što se tiče mase njihovih municija. Međutim, probojna jezgra topa 140 mm bila bi efikasnija protiv nekih ciljeva zbog svog većeg prečnika, zbog čega im je i veća otpornost na savijanje.

U svakom slučaju, meci bilo kojeg od ova dva topa bili bi znatno masivniji od metaka koji su sada u naoružanju. Njihova bi se masa mogla smanjiti, ukoliko bi došlo do daljeg razvoja pogonskih baruta sa većom energijom po jedinici mase. Tako najnoviji barut JA2, koji se koristi za topove sa glatkom cevi 120 mm nemačke firme RHEINMETALL, ima 5.200 kJ/kg, što je znatan napredak u odnosu na oko 4.400 kJ/kg kod ranijih i još korišćenih baruta, američkog M30 i britanskog NQ. Ali, malo je izgleda za razvoj čvrstih pogonskih punjenja, koji imaju veću energiju, a istovremeno nisu prekomerno osetljivi.

Imajući sve to u vidu, postoji prostor za dalji razvoj topova sa čvrstim pogonskim punjenjem, bilo povećavanjem njihovih kalibara, bilo početne brzine. Ali, u oba slučaja to će dovesti do određenih problema, posebno sa aspekta dimenzija i mase njihove municije.

Topovi sa tečnim pogonskim punjenjima

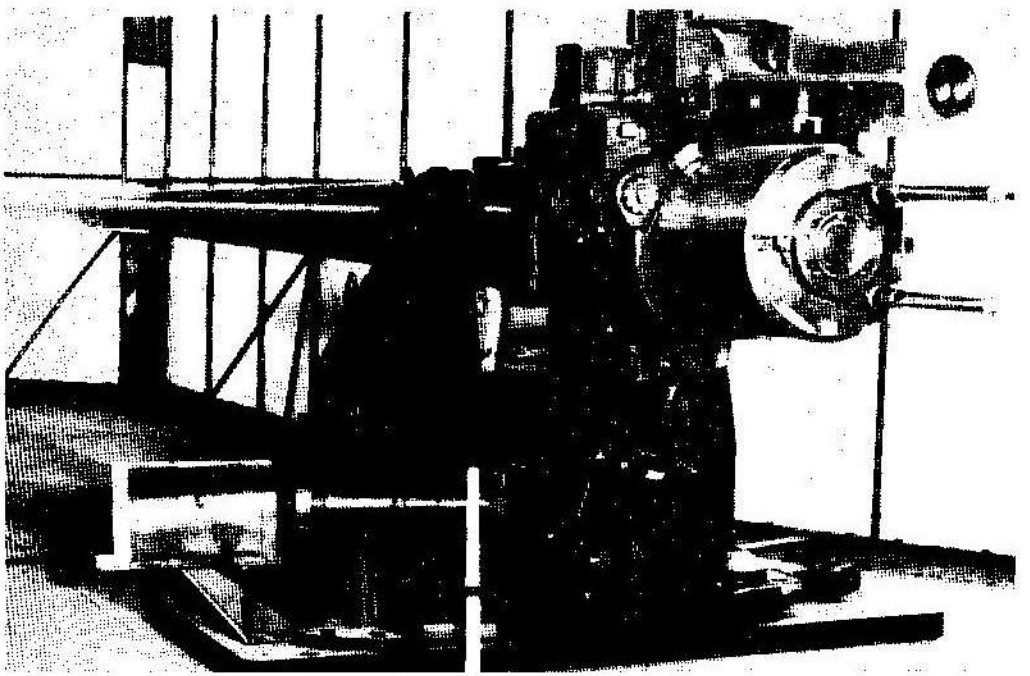
Najstarija moguća alternativa topovima sa čvrstim pogonskim punjenjem su topovi sa tečnim pogonskim punjenjem. Njihov razvoj datira od kraja četrdesetih godina, a odnosi se, kako na topove koji se pune određenom količinom pogonskog punjenja (bulk-loaded), tako i na topove sa regenerativnim ubrizgavanjem. Razvoj »bulk-loaded« topova nije nastavljen, jer nije nađeno rešenje za nekonzistentno sagorevanje pogonskog punjenja, koje je uzrok nepredvidljivo promenljivih balističkih karakteristika ili, u ekstremnim slučajevima, opasnih promena pritiska u komori.

Jedna od vodećih firmi u oblasti razvoja topova sa tečnim pogonskim punjenjem je GENERAL ELEKTRIC COMPANY, koja u toj oblasti radi još od 1974. U toku razvoja ovih topova ispaljeno je preko 3.500 metaka sa tečnim pogonskim punjenjem iz topova različitih kalibara, uključujući od jula 1988. probni top 155 mm, a kasnije i top 155 mm druge generacije.

Rezultati do kojih je došla firma GENERAL ELECTRIC pokazuju da topovi sa tečnim pogonskim punjenjem i regenerativnim ubrizgavanjem imaju konzistentne unutrašnje balističke karakteristike, a početne brzine im ne variraju više nego kod topova sa čvrstim pogonskim punjenjem. U nekim drugim aspektima, topovi sa regenerativnim ubrizgavanjem tečnog pogonskog punjenja imaju preimućstva u odnosu na topove sa čvrstim pogonskim punjenjem. To su mogućnost odmeravanja različitih količina tečnog pogonskog punjenja, koja se ubrizgavaju u komoru sagorevanja i niža cena pogonskog punjenja, skoro samo 1/4 cene čvrstog pogonskog punjenja. Međutim, ako su ova preimućstva važna za artiljeriju, nisu važna i za tenkovski top. Još mnogo važnije za tenkovski top je potencijalno preimućstvo većeg odnosa srednjeg prema vršnom pritisku u komori sagorevanja, ili piezometarski koeficijent koji može da preraste mogućnost kontrolisanja stepena ubrizgavanja tečnog pogonskog punjenja. To može da prouzrokuje da početne brzine budu veće do 10% od brzina koje se dobijaju kod topova sa čvrstim pogonskim punjenjem u okviru datog projektovanog pritiska.

Međutim, veliki piezometarski koeficijent sadrži u sebi niski balistički koeficijent, pa je potrebna veća masa pogonskog punjenja za postizanje određene početne brzine. Zbog toga je sanjuje balistički koeficijent.

Na slici 1 prikazan je britanski eksperimentalni top EXP38 140 mm, a na slici 2 šematski presek i princip ra-



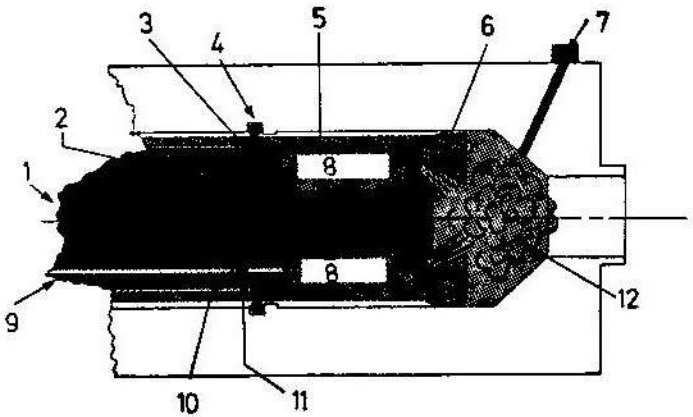
Sl. 1 Eksperimentalni top 140 mm EXP38

da topa sa tečnim pogonskim punjenjem i regenerativnim ubrizgavanjem firme GENERAL ELECTRIC, koji ima sistem zadnjaka sa prstenastim linijskim klipom za ubrizgavanje.

Topovi sa tečnim pogonskim punjenjem i regenerativnim ubrizgavanjem ne obećavaju mnogo što se tiče većih

početnih brzina. U stvari, do sada postignuta maksimalna brzina od oko 1.700 m/s nije veća od početne brzine nekih postojećih topova sa čvrstim pogonskom punjenjem.

brzinu, već i da veća masa pogonskih gasova treba da bude ubrzana, a to smapogonskog punjenja ima gustinu punjenja od 1.000 kg/m³ u najboljem slučaju, dok monopropelanti, kao što je



Sl. 2 Šematski presek i princip rada topa sa tečnim pogonskim punjenjem i regenerativnim ubrizgavanjem, koji ima sistem zadnjaka sa prstenastim linijskim klipom za ubrizgavanje:

1 — prigušivač; 2 — zaptivka kontrolnog klipa; 3 — unutrašnja zaptivka; 4 — spoljašnja zaptivka; 5 — pokretni kontrolni klip; 6 — pokretni pripalni klip; 7 — pripala; 8 — pogonsko punjenje; 9 — linija punjenja pogonskog goriva; 10 — zadnji pokretni blok; 11 — kontrolni ventil; 12 — komora sagorevanja

Preimućstva sa aspekta potrebnog prostora u tenku

Tenkovski topovi sa regenerativnim tečnim pogonskim punjenjem imaju i to preimućstvo da im je potrebno manje zapremine za pogonsko punjenje, nego što je to slučaj sa čvrstim punjenjem. Tako granularni oblik čvrstog držaj energije savremenih tečnih pogonskih punjenja, zasnovanih na hidroksil-amonijum nitratu (HAN), niži po jedinici mase nego kod čvrstih pogonskih punjenja. Pogonska punjenja na bazi HAN, kao što su LPG 1845 i LPG 1846 u SAD i LP 101 i LP 102 u Velikoj Britaniji, sadrže oko 4.700 kJ/kg, što je znatno niže od ranije navedenog sadržaja energije čvrstih pogonskih punjenja najnovije proizvodnje. To ne znači samo da treba da sagori veća masa pogonskog punjenja za određenu početnu

LGP 1845, imaju gustinu od 1.450 kg/ /m³. Zbog toga je njihova energija po jedinici zapremine veća, uprkos tome što je manja po jedinici mase.

Zbog toga je monopropelantima potrebno samo oko 75% one zapremine koja je potrebna čvrstim propelantima (pogonskim punjenjima) sa istom količinom energije. Kako su čvrsta pogonska goriva u obliku odvojenih punjenja, a tečna u rasutom stanju (u jednom kontejneru), to dovodi do dalje uštede prostora u tenku. Međutim, deo tako oslobođenog prostora zauzimaju pumpe i cevovodi, pa se tako dolazi do brojke da u jednom tipičnom borbenom tenku tečno pogonsko punjenje topa zauzima 80% zapremine, potrebne čvrstim pogonskim punjenjima.

Ušteda unutrašnjeg prostora u tenku je potencijalno dragocena, s obzi-

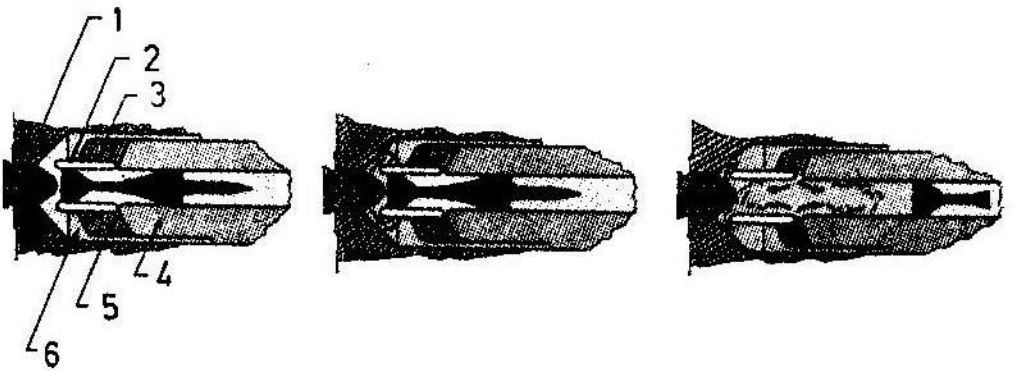
rom na sve veće potrebe tenkovskih topova za pogonskim punjenjem. Manja zapremina tečnog pogonskog punjenja takođe smanjuje verovatnoću da bude pogođena, a to se još dalje može smanjiti razumnim smeštajem ćelija sa tečnim pogonskim punjenjem u telu tenka. Međutim, time bi se povećala dužina cevovoda, što je opasnije za tenk od hidrauličkih komandi topa, koje se sada u tenkovima zamenjuju električnim sistemima zbog njihove ranjivosti pri pogađanju tenka.

Verovatnoća opstanka u borbenim uslovima

Najveće potencijalno preimućstvo topova sa tečnim pogonskim punjenjem i regenerativnim ubrizgavanjem do sada, bar što se tiče tenkova, verovatno je smanjen stepen ranjivosti tečnih pogonskih punjenja. U jednoj fazi razvoja, kada je bilo utvrđeno da se monopropelanti vrlo teško pale, sem kada su izbično korišćena čvrsta pogonska punjenja tipa M30 ili NQ.

Najnovija gledišta govore da su monopropelanti na bazi HAN (kao što su tipa LGP 1846), u stvari, znatno manje osetljivi od čvrstih pogonskih punjenja, pod uslovom da se drže u posudama konstruisanim da smanje mogućnost porasta pritiska kada su pogođene. Ugradnja takvih posuda sa tečnim pogonskim punjenjima može znatno da poveća verovatnoću opstanka tenka u borbenim uslovima i to onih koji su naoružani topovima sa tečnim, umesto čvrstim pogonskim punjenjima.

U druga sekundarna potencijalna preimućstva topova sa tečnim pogonskim punjenjem spada, smanjeno habanje cevi topova zbog relativno niske temperature plamena pogonskih punjenja na bazi HAN. To, zajedno sa skoro stoihiometarskom*) proporcijom pri kojoj sagoreva, sasvim smanjuje plamen na ustima cevi i sekundarni udarni talas. Pored toga, mogućnost upravljanja



Sl. 3 Pojednostavljena verzija obratnog prstenastog klipa (RAP) topa sa regenerativnim tečnim punjenjem sa prstenastim koncentričnim ubrizgavajućim klipom. LEVO — u stanju spremnom za opaljenje, U SREDINI — pripala upaljena, DESNO projektil u pokretu:

1 — zadnjak/pripala; 2 — zadnjak cevi; 3 — rezervoar sa pogonskim punjenjem; 4 — cev topa; 5 — ubrizgavač; 6 — ubrizgavači klip.

loženi visokom pritisku, bilo je čak predlagano da se ćelije sa gorivom mogu koristiti kao deo zaštite tenkova od kumulativnih projektila. Međutim, smatralo se, takođe, da su tečna pogonska punjenja isto toliko osetljiva kao i ovarijacijama pritiska sa vremenom pomoću regenerativnog ubrizgavanja omogućuje ispaljivanje projektila osetljivih na ubrzanje velikom brzinom ili

*) Stolhiometrija, grana hemije o određivanju atomskih i molekularnih masa.

smanjivanje parazitne mase nosača potkalibarskog jezgra protivoklopnih projektila APFSDS.

Nedostatak topova sa tečnim pogonskim punjenjem i regenerativnim ubrizgavanjem je u njihovoj mehaničkoj komplikovanosti, posebno sistema zadnjaka, gde su potrebne zaptivke za visoki pritisak između pokretnih delova, suprotno topovima sa čvrstim pogonskim punjenjem koji imaju statične zaptivače. Ovim prvim topovima takođe su potrebni ventili za upravljanje protokom pogonskog tečnog punjenja i poseban pripalni lanac. Međutim, firma GENERAL ELECTRIC je nedavno konstruisala pojednostavljenu verziju RAP (Reverse Annular Piston) u kojem se nalazi prstenasti koncentrični klip-ubrizgivač (sl. 3).

Posebnu opasnost kod topova sa tečnim pogonskim punjenjem i regenerativnim ubrizgavanjem predstavljaju da se pogonsko tečno punjenje u rezervoaru iza klipa-ubrizgavača zapali kompresionim paljenjem, u slučaju da se bilo kakav gas nađe u njemu ili bilo kojim drugim mogućim izvorom paljenja.

Dvostepeni topovi sa tečnim pogonskim punjenjem

Postoje dobri razlozi za razvoj tenkovskih topova sa tečnim pogonskim punjenjem, a zasnovani su pre na zapreminskim i bezbednosnim preimućstvima njihovih monopropelanata, nego na njihovim sopstvenim karakteristikama.

Dalji razvoj predstavlja top sa tečnim pogonskim punjenjem i regenerativnim ubrizgavanjem u dvostepenom obliku, u kojem se koristi koncepcija putujućeg punjenja. Prema ovoj koncepciji jedan deo pogonskog punjenja sagoreva u komori, a ostatak sagoreva, kako se punjenje kreće iza projektila kroz cev. Zbog toga se mogu postići veće početne brzine sa određenom masom pogonskog punjenja, nego što je to slučaj sa konvencionalnim topovima sa tečnim i čvrstim pogonskim punjenjima.

Principijelno nema ničeg novog u koncepciji putujućeg punjenja koje je ispitivano, sa prekidima, još iz doba drugog svetskog rata. Međutim, do sada još niko nije pokušao to da uradi sa čvrstim pogonskim punjenjima, a firma GENERAL ELECTRIC je tu koncepciju primenila kod eksperimentalnog topa 30 mm sa tečnim pogonskim punjenjem i postigla je početne brzine do 3.100 m/s. Čak i pri tim velikim brzinama utvrđeno je da je balistički koeficijent reda 13%.

Ako bi se dvostepenom topu sa tečnim pogonskim punjenjem povećao kalibar, mogao bi da bude efikasan tenkovski top, kao što se to može videti iz zadnje kolone na tabeli 2. Pretpostavljena veličina za masu probojnog jezgra u svakom slučaju je privremena, zbog neizvesnosti oko parazitnih komponenata projektila koji se ispaljuje iz dvostepenog topa sa tečnim pogonskim punjenjem. Maksimalno ubrzanje trebalo bi da bude niže nego kod projektila uporedivog jednostepenog topa i to bi snizilo masu nosača potkalibarskog jezgra. Međutim, putujući deo pogonskog punjenja mogao bi da ima znatnu masu, a time bi se smanjila i masa probojnog jezgra.

Međutim, najveći problem kod dvostepene koncepcije topa jeste obezbeđenje tačnog vremena kada se pali drugi stepen. Ono mora da bude tačno u granicama od 1 milisekunde. Ukoliko bi se to moglo postići, to bi značilo znatno preimućstvo.

Važno je i to što dvostepeni topovi sa tečnim pogonskim punjenjem i regenerativnim ubrizgavanjem omogućuju pojednostavljivanje sistema zadnjaka topova sa tečnim pogonskim punjenjem i regenerativnim ubrizgavanjem, pomoću potencijalnog transformiranja u hibridni top, koji bi imao prvi stepen sa čvrstim pogonskim punjenjem, a drugi stepen sa tečnim.

P.M.

Novi norveški obalski topovi*)

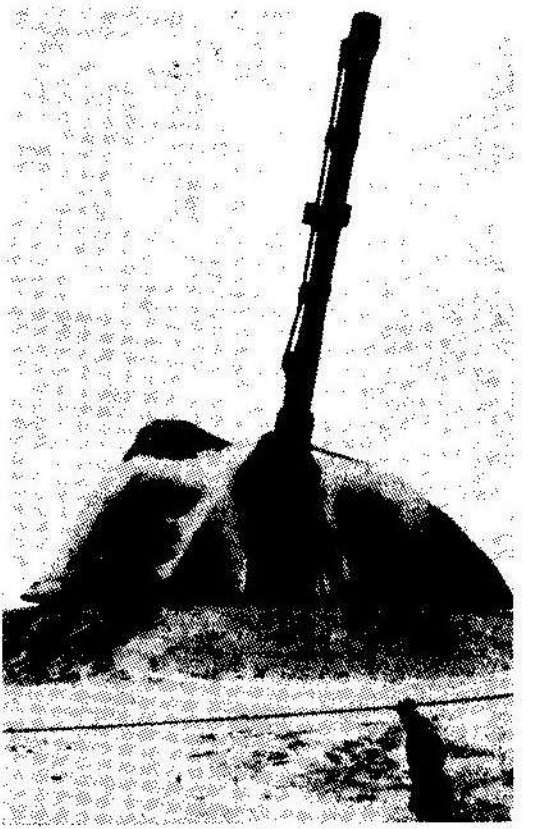
Oktobra 1990. tri obalska topa ERSTA 120 mm, koja pripadaju bateriji norveške obalske artiljerije i štite prilaz Trondhajmu, prvi put su gađala, što predstavlja kraj zadnje etape programa modernizacije i ojačanja norveške obalske odbrane.

Norveška RM odgovorna je za obalsku odbranu zemlje u koju su uključeni okeanski i obalski brodovi, avioni, podmornice, dirigovana podvodna minska polja i torpedne baterije, a i artiljerijske baterije. Trondhajm brani treća baterija topova ERSTA, a Narvik i Harstad ostale dve baterije.

Harstadska baterija raspoređena je na grupi malih ostrva, a tri obalska topa (nazvana po norveškim bogovima ODIN, TOR i BALDER su na međusobnom rastojanju od oko 1,5 km i jedino što se od sistema vidi iznad zemlje su debele oklopljene kupole (sl. 1), dok su magacini, stambene prostorije posluge, sredstva za lokalno upravljanje vatrom, električni generatori i ostale službe pod zemljom, obično pet spratova u tvrdoj steni i mogu da izdrže nuklearni udar. Prsten kupole može se spustiti u čvrsti temelj tako da izdrži udar i talase eksplozije.

Svaka norveška obalska baterija ima sopstveni sistem za upravljanje vatrom, zaštićen oklopom ili betonom, a radarske antene mogu se sklopiti i spustiti u oklopni zaklon radi potpune zaštite. Za razliku od švedskih, norveški sistemi za upravljanje vatrom imaju termovizor i laserski daljinomer, a i radarsko otkrivanje i praćenje ciljeva.

Topovi 120 mm ispaljuju standardne razorne i HCER (High Capacity Extended Range) granate koje, navodno, imaju domet do 27 km. Obe vrste granata koriste kombinaciju podešavanja upaljača za probojno i usporeno dejstvo, kako bi razorno punjenje (3,9 kg eksploziva HEXOTOL u granatama HCER) imalo maksimalno dejstvo pri eksploziji u unutrašnjosti cilja. Takođe se može koristiti i blizinski upaljač, a najnovije granate M/70B imaju i zapaljivi elemenat za povećanje razornog dejstva.



Sl. 1 Oklopljena kupola obalskog topa »ERSTA« sa vodenim hlađenjem cevi se jedino vide iznad zemlje

Cev topa dugačka je 62 kalibra, a zbog toga što je brzina gađanja preko 25 granata/min, cev se hladi vodom iz jednog rezervoara koji se nalazi u instalaciji obalskog topa ERSTA. Jednodelni meci se podižu do topa iz podzemnog magacina pomoću sistema za podizanje i automatski se uvode u top pod svakim uglom elevacije, maksimalno do +50°.

Specijalno obučena mornarička pešadija obavlja neposrednu odbranu uz

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 11/1990.

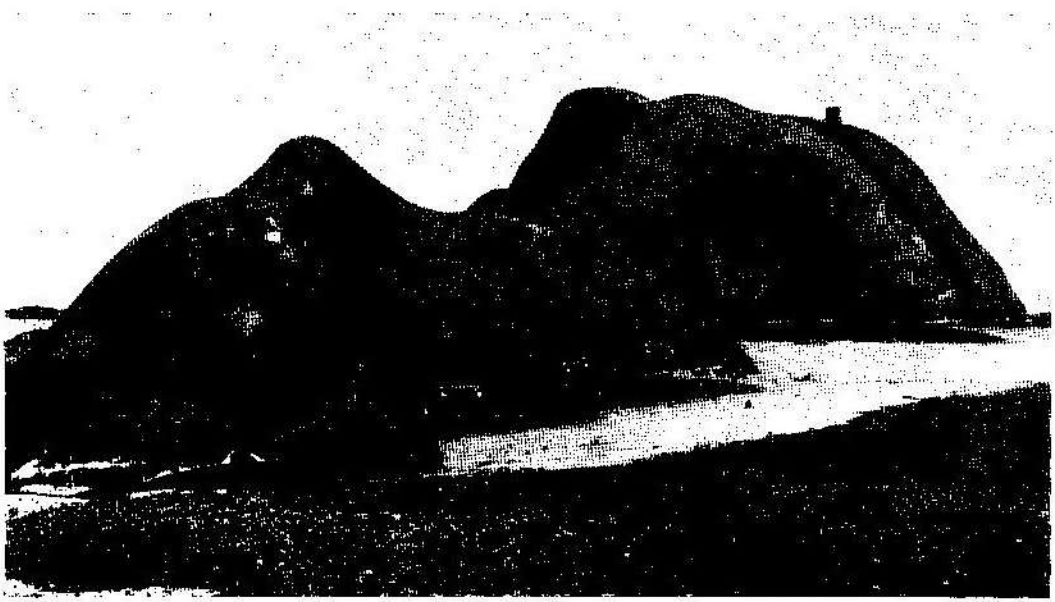
pomoć sopstvenog sistema rovova i betonskih bunkera za borbu i smeštaj posada. Ova pešadija koristi standardno malokalibarsko naoružanje, minobacače 81 mm i bestrzajne topove CARL GUSTAV 84 mm. Jačina ove jedinice je otprilike jačina jedne čete.

Protivvazdušna odbrana obezbeđuje se vođenim projektilima zemlja-vazduh RBS 70, koji se lansiraju iz pripremljenih betonskih platformi i automatskim topom MF 20 Rh 202 20 mm sa municijom u redeniku, iz oklopljenih kupola. Ove kupole se, takođe, koriste i za neposrednu odbranu obalskih topova. Topovi imaju cevi koje se specijalno menjaju prema zadacima, a koje se, pored normalnog vazdušnog hlađenja, dodatno produvavaju mešavinom vazduha i vode između rafala. Neprijateljevi avioni u vazduhu zahvataju se pomoću pripadajućeg optičkog sistema za otkrivanje cilja, a topovima se nišani pomoću optičkih nišana.

Svako obalsko utvrđenje ERSTA ima sopstveni podzemni komandni centar sa brojnim senzorima i sistemima za prenos podataka, za pomoć komandantu u odabiranju ciljeva i komandovanju odbranom u tom rejonu. U istom podzemnom skloništu smešten je komandni centar baterije, elementi protivvazdušne i neposredne odbrane, a takođe i NBH odbrane. Komandni centar ima sopstveni smeštajni prostor i servise, kao što su električna centrala i kuhinja.

Svaki obalski top ERSTA u dejstvu ima poslugu od 11 ljudi, a u podzemnim instalacijama nalaze se kuvari, mehaničari i oficiri NBH službe i deo zaštitne jedinice za neposrednu odbranu.

Brojne vojne vežbe su pokazale da je veoma teško neutralizovati obalska utvrđenja. Topove je teško otkriti sa mora ili iz vazduha (sl. 2), a bezuspešni su bili vežbovni prepadi specijalnih jedinica. Okolina utvrđenja je dobro pokrivena senzorima svih vrsta, ljudstvo za neposrednu odbranu stalno patrolira, a odbrambeni elementi su tako locirani da ih je teško savladati. U slučaju nužde svako obalsko utvrđenje može da zatraži vatrenu podršku radi odbijanja napadača.



Sl. 2 Kupola obalskog topa »ERSTA« kamuflirana materijalima koji reflektuju IC zračenje

Obalsko utvrđenje ima sopstvene radionice za opravke na licu mesta i manje plovne objekte za prevoz ljudstva, snabdevanje i dotur municije između ostrva koja sačinjavaju obalsko utvrđenje. Isti plovni objekti patroliraju radi neposredne odbrane do usamljenih ostrva i stena, dok se drugi plovni objekat koristi za prevoz ljudstva i snabdevanje, a utvrđenje ima sopstvena vozila na točkovima za podršku.

Norveška obalska utvrđenja ERSTA delimično su popunjena posadom, izuzev za vreme vežbi, ili u vreme zategnutih međunarodnih stanja, kada se utvrđenje popunjava posadom. Većina članova posade su vojni obveznici, a ostali su aktivni oficiri i podoficiri za obavljanje rutinskih administrativnih poslova i obuku u obalskoj odbrani, kada se završi osnovna obuka. Vojni obveznici obično ostaju devet meseci u obalskom utvrđenju.

U početku je Norveška nameravala da nabavi još 4 topa ERSTA, pored osam koji dejstvuju, ali su se isprečili troškovi za izgradnju obalskog utvrđenja. Svako od tri obalska utvrđenja ERSTA su na brižljivo odabranim mestima, gde su sve instalacije morale biti rađene od početka. Treba reći i to, da je izgradnja utvrđenja obalske odbrane ERSTA često bila dugotrajnija i teža nego što se pretpostavljalo. Stene su bile toliko tvrde da se alat jednostavno lomio, pa su na tome utrošena sredstva, predviđena za nabavku još četiri obalska topa ERSTA.

Ove nove obalske baterije zamenile su neke nemačke iz drugog svetskog rata, dok će ostale nemačke baterije biti zadržane još neko vreme, jer su njihovi topovi još dobri i ispravni. One će biti dopunjene kupolnim topovima TK 75 75 mm, firme BOFORS, koji su kupljeni u toku prethodnih modernizacija. Navedeni topovi će dejstvovati kao druga linija obalske odbrane.

Norveška planira da nabavi još obalskih topova, ali će sledeće baterije biti izgrađene na postojećim ili bliskim baterijskim položajima, tako da neće biti potrebno preduzimati obimne podzemne radove na izgradnji podzemnih smeštajnih i servisnih prostorija. Buduće kupolne instalacije zadržaće podzemni magacinski prostor, ali će njihove posade imati odvojene smeštajne prostorije, a električnu energiju obezbeđivaće jednostavni generatori. Takođe je moguće da će topovi biti ugrađeni po kazamatskoj šemi, sa ograničenim lukovima gađanja u potrebnom smeru.

P.M.

Razvoj mobilnih taktičkih sistema nevođenih raketa*)

Uvod

Od svih postojećih u naoružanju sistema taktičkog oružja, možda se najmanje zna o taktičkim sistemima nevođenih raketa. Mada ovi sistemi nisu u masovnoj upotrebi u oružanim snagama Zapada, korišćeni su u mnogim konfliktima posle drugog svetskog rata, a odskoro se nazire njihova renesensa kao rezultat razvoja novih tehnhologija. U ovom prikazu razmatraće se trendovi u razvoju sistema nevođenih raketa, stanje u razvoju raketnih pogona i korišćenje višecevnih raketnih bacača (MLRS) u nekim oružanim snagama članica NATO.

Rakete su vekovima korišćene u vojne svrhe, ali su tehničke i operativne karakteristike savremenih artiljerijskih raketa ustanovljene u toku drugog svetskog rata. U jednom ili drugom obliku koristili su ih svi glavni učesnici ovog rata, ali su mogućnosti višecevnih raketnih bacača najviše koristile OS SSSR-a, gde su do 1945. postavljeni osnovni standardi za konstruisanje i upotrebu, koji se nisu menjali narednih 30 godina.

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 11/1990.

U toku pedesetih do sedamdesetih godina u oblasti lakih taktičkih sistema dominirali su SSSR, zemlje Varšavskog pakta i Kina. Bacači su bili jednostavni, laki, jeftini i njima je rukovalo malo ljudi. Raketa je bilo u izobilju i plotunskom vatrom stvarani su efikasni rušilački baraži na daljinama do 15.000 m. Višecevni raketni bacači korišćeni su kao oruđa za neposrednu vatru umesto cevne artiljerije. Čini se da oružane snage, koje su imale dobro organizovanu i utvrđenu cevnu artiljeriju, nisu bile mnogo zainteresovane za raketne sisteme za ovu vrstu zadataka.

Zbog jednostavnosti konstrukcije sistemi taktičkih nevođenih raketa ne razlikuju se mnogo od svojih prethodnika iz 1945. Najuspešniji primer je možda sovjetski bacač BM 21 sa nevođenim raketama 122 mm, koji je ušao u naoružanje 1964. ostao kao osnova za razvoj višecevnih raketnih bacača širom sveta. Tu spadaju i kineski bacač TYPE 81-1, indijski raketni bacač LRAR sa 40 cevi koji lansira dugometne rakete domaće proizvodnje. Mada je povećanje dometa poželjno sa vojničkog aspekta [derivati nevođene rakete GRAD 122 mm (NATO oznaka) imaju sada domet do 36 km iz egipatskog bacača SAKR-30], još uvek postoje potrebe za razvojem nevođenih raketa kraćeg dometa.

Razvoj balističkih nevođenih raketa većeg dometa posle drugog svetskog rata motivisan je potrebom postojanja borbenog sredstva za lansiranje nuklearnih taktičkih ubojnih sredstava, jer se to nije moglo postići bilo kojim tada postojećim sistemom oružja. Sovjeti su za te svrhe brzo konstruisali asortiman slobodnoletećih raketa serije LUNA (NATO oznaka FROG), dok su Amerikanci razvili taktički krstareći projektil MATADOR i sisteme nevođenih raketa CORPORAL, HONEST JOHN i LACROSSE. Utvrđeni su nedostaci sistema nevođenih taktičkih raketa dugog dometa. To su nepreciznost zbog nekonzistencije performansi motora i nepredviđenosti uticaja vetra i vremena, te nedostatak efikasnog obezbeđenja akvizicije ciljeva i upravljanja vatrom, kao i sistema za komandovanje i upravljanje. Svi ovi faktori su relevantni i danas.

Interesovanje za sisteme nevođenih raketa u Evropi

U SAD je u periodu pedesetih i šezdesetih godina malo urađeno na unapređenju razvoja višecevnih raketnih bacača i do početka sedamdesetih godina njihov maksimalni domet u svetu bio je povećan do 30 km. Tu spada japanski TYPE 67 MODEL 30 i francuski RAFALE. Ovi sistemi nisu bili u širokoj operativnoj upotrebi u OS zapadnih zemalja, jer nisu zadovoljavali postavljene uslove za preciznost i domet koji je potreban za organizovanje zaprečne vatre i domet potkalibarskih ubojnih sredstava u raketama. Početni nemački i jedan britanski projekt kasnije su ujedinjeni u tronacionalni projekt RS-80 (raketni sistem za osamdesete godine) za razvoj rakete kalibra 280 mm sa dometom od 60 km. Zbog neusaglašenosti taktičko-tehničkih zahteva u tri zemlje — učesnice u razvoju, ovaj program je napušten 1978, pa su Nemačka i Velika Britanija pristupile američkom programu razvoja standardnog višecevnog bacača, zasnovanog na raketnom sistemu za opštu podršku, preimenovanog u MLRS.

Laki višecevni raketni bacači

Pored sve većih tendencija za razvoj velikih raketa za borbu protiv koncentracija oklopnih snaga, konstruktori sistema kopnenog naoružanja nastavili su sa razvojem lakih i veoma mobilnih višecevnih raketnih bacača. Nije bilo pokušaja da se standardizuje kalibar rakete, ali je nekoliko lansera rađeno po kalibru poznate avionske rakete 70 mm (2,75 inči).

Godine 1976. KoV SAD pokušala je da bacačem SLAMMER 70 mm popuni

prazninu između dometa minobacača i divizijske artiljerije u svojim vazduhoplovno-desantnim divizijama. Ovaj laki vučni bacač bio je namenjen za masovni napad na ciljeve u kratkom vremenskom periodu.

Uvidevši mogućnost standardizacije raketa vazduh-zemlja i zemlja-zemlja na 70 mm konstruisan je univerzalni raketni sistem HYDRA 70 u čijim se raketama nalaze različiti potkalibarski ubojni elementi, između kojih i za dejstvo protiv helikoptera i lakog oklopa. Ima 14 probojnika koji dejstvuju kinetičkom energijom i svaki ima raketni motor od 21 mm koji mu obezbeđuje brzinu od preko 1.200 m/s.

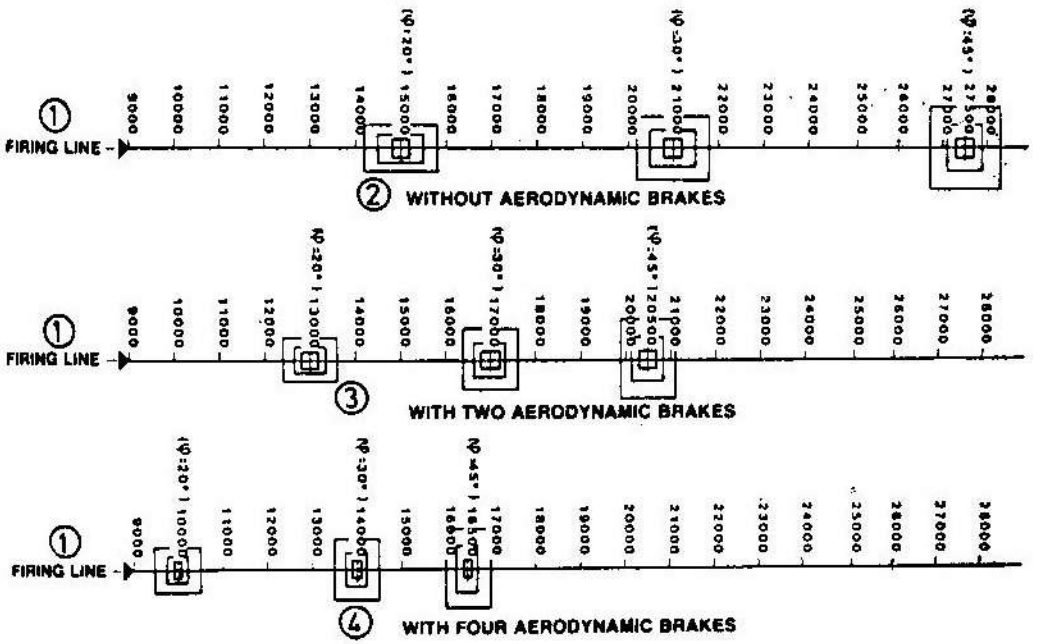
U SAD dva nedavna programa imaju izgleda da privuku interese industrije za lake višecevne raketne bacače. To su LICRS (Low Intesity Conflict Rocket System) i HIMARS (High Mobility Artillery Rocket System).

LICRS je program raketne komande američkog KoV za razvoj, korišćenjem već postojećih delova na tržištu, a namenjen je lakim snagama kao laki mobilni sistem.

HIMARS je proizvod Centra i Škole poljske artiljerije KoV SAD. Biće veoma mobilan sistem i koristiće iste rakete 227 mm, kao i višecevni raketni bacač M993.

Preciznost

Mnogi bi mogli da dokazuju da su na daljinama preko 50 km nevođene rakete nedovoljno precizne kada se koriste sa klasičnim bojnim glavama. Njihova relativno mala brzina lansiranja, velike dimenzije i dugo vreme leta uzrok su velike osetljivosti na bočni vetar, koji se ne može uvek uzeti u obzir pri proračunima pri lansiranju. Pored toga, nepreciznost će biti povećana po-



Sl. 1 Prikaz efikasnosti ugradnje vazdušnih kočnica na španski višecevni raketni sistem »TERUEL-3«, kada se gađa sa tri fiksne elevacije. Takođe se vide pravougaonici rasturanja u kojima je smešteno 25, 75 i 98,6% pogodaka za svaki od uglova elevacije:

1 — linija gađanja; 2 — bez aerodinamičkih kočnica; 3 — sa dve aerodinamičke kočnice; 4 — sa četiri aerodinamičke kočnice

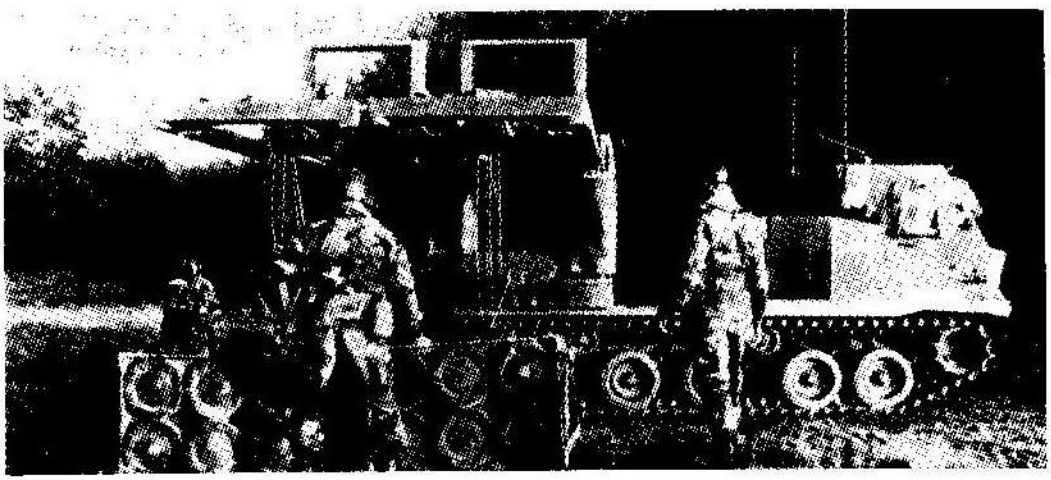
većanjem daljine gađanja, pa se verovatno kružno skretanje često izražava kao procenat daljine gađanja. Na primer, sovjetska raketa FROG 7 (NATO oznaka) ima verovatno kružno skretanje od 700 m na daljini od 70.000 m (ili 1%), što je tipična vrednost. Višecevni raketni bacači taj nedostatak kompenziraju rafalnim gađanjem, posebno pri gađanju površinskog cilja (sl. 1). Nedavno konstruisan rumunski višecevni raketni bacač sa 40 cevi, ugrađen na kamion DAC 665T, može da pokrije površinu od 210.000 m^2, gađajući standardnim sovjetskim raketama 122 mm na njihovom maksimalnom dometu od 20.380 m. Savremena oružja nisu mnogo bolja i verovatno je da će raketa, sama po sebi, ostati još neko vreme kao oružje protiv površinskih ciljeva. To ne bi bio veliki problem ukoliko bojna glava ne bi bila u stanju da nezavisno »hvata« i napada ciljeve.

PAMPERO dužine 1.476 mm i mase 28,5 kg, sa različitim bojnim glavama mase 10 kg.

Lanser sa 27 cevi ugrađen je na sedmotonski kamion (sl. 2), a uspešno je bilo ispaljivanje raketa SAPBA 1 i CP 30. Očekuje se razvoj nove rakete CP 30 sa dometom od najmanje 30 km. Lanser sa 36 cevi ugrađen je na kamion FIAT 697 RN (6×6).

Raketa SAPBA 1 dugačka je 2.249 mm, mase 57,5 kg, a masa različitih bojnih glava je 18 kg. Dužina rakete CP30 je 3.150 mm, masa 79 kg, a masa različitih bojnih glava 20 kg. Domet je do 30 km, a verovatno kružno skretanje ispod 1,5%.

Svi lanseri imaju aluminijumske cevi sa spiralnim šinskim vođicama i stabilizovane su hidraulički pomoću pumpe koju pokreće motor vozila. Mo-



Sl. 2 Posluga jednog višecevnog raketnog bacača vrši popunu raketa pomoću kontejnera sa po 6 raketa. Celu operaciju dva čoveka mogu da obave za manje od 5 minuta

Septembra 1990. u Argentini je uspešno ispitan raketni bacač PAMPERO 105 mm sa 16 cevi, a takođe lanseri 127 mm sa 27 i 36 cevi. Ovi lanseri konstruisani su u saradnji sa institutom oružanih snaga. PAMPERO je pri ispitivanju bio ugrađen na kamion UNIMOG 4×4 i ispaljivao je rakete SLAM

gu se pokretati po visini od $+10^{\circ}$ do -50°, a po pravcu do 180°. Po želji se može koristiti dizalica za ponovno punjenje grupe od po 9 lansirnih cevi. Rakete se mogu ispaliti jedinačno ili rafalno, korišćenjem električne instalacije vozila, ručnim ili automatskim komandovanjem.

Karakteristike, bezbednost i cena raketnog pogona

Obično se smatra da je konstruisanje taktičkih nevođenih raketa zadatak pun izazova. One treba da dejstvuju u širokom opsegu temperatura (+60°C do −35°C) i vlage. Raketni sistemi moraju biti mobilni i trenutno spremni za dejstvivanje i, za razliku od vazduhoplovnih i brodskih raketnih sistema, ne mogu lako da budu opremljeni sofisticiranim sistemima za zaštitu od okolne sredine. Zbog toga je postignut kompromis, koji žrtvuje najbolje performanse na račun usklađenosti. Uprkos pritisaka industrije na vojsku da usvoji standarde sa manje zahteva, to će verovatno ostati slučaj sve dok oružanim snagama bude trebalo sposobnosti za dejstvo širom sveta, a postoji i komercijalni pritisak za prodaju sistema širom sveta, što je veoma važna činjenica.

U principu, nije uobičajeno da se za nevođene rakete koriste raketni motori, koji već postoje u trgovačkoj mreži, jer su performanse tih motora obezbeđene kombinacijom pogonskog punjenja i konstrukcije raketnog motora. Oni će pokretati nevođenu raketu posebnim operativnim profilima leta i malo je verovatno da će se moći primeniti u nekoj raketi koja ima različite dimenzije i namenu.

Obično se konstruktori raketnih pogonskih sistema konsultuju posle postavljanja taktičko-tehničkih zahteva korisnika za određeni raketni sistem. Zbog toga se često događa da se raketni motori razvijaju posle toga, kada je nosilac ugovora procenio takve faktore kao što su troškovi razvoja, performanse i brzina razvoja raketnog motora. U jednom velikom razvojnom programu, kao što je višecevni raketni bacač MLRS, troškovi razvoja mogu da budu odlučujući uslov. Međutim, kako konstruktori raketnog motora nastavljaju razvoj, njima ostaje manje prostora za sprovođenje bitnih poboljšanja koje bi uticale na troškove razvoja, pa se tržišna strategija mora zasnivati na obezbeđivanju tehničkih uslova. I tu postoji jedan problem. Vojni krugovi često nisu upoznati sa najnovijim dostignućima u razvoju raketnih motora i njihovi taktičko-tehnički zahtevi ne traže skuplju ili neku drugu konstrukciju raketnog motora. Neki proizvođači raketnih motora izražavaju sumnju u opravdanost daljeg finansiranja te vrste razvoja, jer korisnik nije postavio jasne zahteve.

Idealni raketni motor mora da bude snažan, malih dimenzija i mase, sa promenljivim vremenom gorenja i potiskom, da radi postojano bez plamena i dima. Jedan od važnih zahteva jeste da bude otporan na udare i oštećenja do kojih može da dođe na bojištu. Snaga raketnog motora je, u stvari, specifični impuls i funkcija je pogonskog punjenja i konstrukcije mlaznika ili venture cevi. U venturi cevi vladaju veoma oštri uslovi, pritisci su do 70 bara, temperature do 1,650°C, a brzina protoka gasa 1.600 km/h. Zbog toga je konstruktoru ostavljeno malo prostora za izvođenje nekih varijacija u konstrukciji motora, imajući u vidu da se mora voditi računa da masa, dimenzije i troškovi budu što manji.

I pri odabiranju pogonskog goriva konstruktori su suočeni sa izvesnim ograničenjima, jer nosilac ugovora za razvoj nevođene rakete često traži konzistentnu i snažnu kompoziciju, koja pri sagorevanju brzo dostigne i održava određeni stabilni pritisak. Zbog toga su konstruktori često primorani da koriste metalna goriva (kao što je aluminijum), čija je taktička nepovoljnost što ostavljaju velike izduvne demaskirajuće priznake, posebno u tipičnim uslovima vlage u Evropi. Francuska firma SNPE bavi se visokokaloričnim raketnim gorivima na bazi berilijuma i cirkonijuma, radi povećanja potiska. Međutim, berilijum daje otrovni oksid berulijuma (BeO), a cirkonijum je vrlo skup. Izduvni gasovi često sadrže hlorovodoničku kiselinu (HCL) (do 5%). Mada ona nije fatalna, može da utiče

na zdravstveno stanje okolnih nezaštićenih trupa. Pomoću inhibitora moguće je skoro sasvim eliminisati dim, a britanska firma ROYAL ORDNANCE tvrdi da to može postići sa minimalnim gubitkom snage motora. Pomoću aditiva može se znatno smanjiti plamen i smanjiti verovatnoća otkrivanja rakete noću, ali to utiče na neznatno smanjivanje snage motora. Kako raketni motor ima fiksne performanse, domet se može podešavati jedino elevacijom i aerodinamičkim kočenjem. Iz operativnih i taktičkih razloga nevođenim raketama je potrebna minimalna elevacija pri lansiranju (na primer, za višecevni raketni lanser MLRS elevacija je 177 mrad ili oko 10°), pa se ciljevi bliži od 7 do 10 km daljine ne mogu napasti nevođenim raketama srednjeg i dugog dometa. Rešenje bi moglo da bude u raketnom motoru promenljivog potiska, što bi se teško moglo izjednačiti sa mogućnostima variranja barutnog punjenja kod cevne artiljerije. Međutim, sadašnje metode upravljanja potiskom raketnog motora su na niskom tehničkom nivou i zasnovane su na eliminisanju potiska mehaničkim dejstvovanjem na motor. Ako se pritisak u komori sagorevanja smanji, deo pogonskog punjenja će se ugasiti, a to se može postići uklanjanjem venture cevi u toku leta. Problem je u tome što se ne može predvideti uticaj na putanju leta, pa može da dođe do nepreciznosti pogađanja. Razvojni radovi u SAD nagoveštavaju da bi pomoću impulsnih motora imali mogućnost komandovanja potiskom, ali je utvrđeno da slično komandovanje ne bi radilo kod »pravih« raketnih motora na čvrsto gorivo. Kako je svojstvo raketnog goriva da gori, a ne da eksplodira, pod određenim uslovima ono može i da eksplodira. Teoretski, ukoliko je jedan raketni motor izložen vatri ili napadu malokalibarskim naoružanjem ili parčadima, moguće je smanjiti žestinu reakcije sprečavanjem porasta pritiska. Savremene proizvodne metode za izradu kućišta raketnog motora to postižu korišćenjem lepaka za spajanje slojeva metala. Ukoliko dođe do zagrevanja, lepak se topi, kućište se jednostavno raspada, a pogonsko punjenje se samo gasi.

Industrija se već priprema za korišćenje rezultata programa američkog ministarstva odbrane za razvoj malo osetljive municije, koji će utvrditi minimalni nivo otpornosti na napade balističke municije i požara, za municiju u naoružanju OS SAD. Pravila bezbednosti za rakete obuhvatiće kombinovane bojne glave i raketni motor.

Višecevni raketni bacači i njihova taktička primena

Krajem sedamdesetih godina kombinacija istraživanja i razvoja sredstava za izviđanje ciljeva, bojnih glava (posebno sa potkalibarskim ubojnim elementima) i sistema za komandovanje i upravljanje, našla je zagovornike strategije napada na neprijateljeve napadačke formacije sa velikih daljina. Višecevni raketni bacači trebalo je da dopunjavaju druge taktičke sisteme oružja, kao što su PERSHING i krstareći projektili. Sedam godina posle ulaska u naoružanje u OS SAD, višecevni raketni bacači su raspoređeni i na evropsko vojište. Međutim, uprkos skoro identičnih taktičko-tehničkih zahteva korisnika, izgleda da postoji razlika u mišljenju o načinu na koji bi se oni koristili.

Francuska je prvobitno nameravala da nabavi 80 višecevnih raketnih bacača za naoružavanje tri puka korpusne artiljerije. Međutim, jedan armijski korpus, sa pripadajućim pukom višecevne raketne artiljerije, bio je u međuvremenu rasformiran, tako da je narudžbina višecevnih raketnih bacača smanjena sa 80 na 55 komada. Zbog toga je smanjena i nabavka lansera i raketa.

Svaki puk raketne artiljerije sastojaće se od:

— dva pukovska komandna mesta;

— manjih štabnih i pozadinskih jedinica;

— dva meteorološka isturena odeljenja SIROCCO;

— sredstva za izviđanje i osmatranje ciljeva u sastavu:

— tri odeljenja sa po dva radara COBRA za kontrabatiranje;

— jedno izviđačko odeljenje,

— odeljenje za vezu integrisano u sistem bespilotnih letelica CL 289,

— dva isturena odeljenja za vezu,

— tri baterije višecevnih raketnih bacača, svaka baterija sa:

— dva baterijska komandna mesta,

— dve jedinice sa po četiri oklopna vozila sa višecevnim raketnim bacačem (AVMRL),

— dve lake izviđačke grupe, opremljene sistemima za kopnenu navigaciju SAGEM.

Ukupno, puk višecevnih raketnih bacača imaće oko 1.000 ljudi, 24 vozila AVMRL i 6 radara COBRA za kontrabatiranje.

Komandovanje i upravljanje će se vršiti preko sistema C³I ATLAS, koji će se baviti automatizacijom postupaka za upravljanje vatrom, unutrašnjim pukovskim vezama i vezama sa višim i nižim jedinicama. Sistem ATLAS se, takođe, bavi i pozadinskim planiranjem, obradom izviđačkih podataka i predislokacijom vozila AVMRL. Analize pokazuju da se cilj može efikasno napasti u toku tri minuta posle identifikacije, a potrebno vreme za napad na pokretne ciljeve može se smanjiti korišćenjem automatskog režima, koji obezbeđuje neposrednu vezu između senzora za akviziciju cilja i bacača.

Stanje u Holandiji

Oružane snage Holandije nameravaju da nabave za svoje snage 18 višecevnih raketnih bacača, a imaju jednu bateriju od 9 višecevnih raketnih bacača u naoružanju od jula 1990. Svaka baterija biće deo puka divizijske artiljerije i eventualno će koristiti sistem za komandovanje i upravljanje FIST. KoV Holandije je sagledao nekoliko problema koji ga zabrinjavaju. Ne postoje radionice za manje opravke na nivou odeljenja ili voda. Posluga od tri člana po bacaču štedi ljudsku snagu, ali to nije dovoljno za dugotrajna dejstva i ne omogućuje posluživanje bacača, zadatke održavanja, mesnu zaštitu i kontrolu kretanja. Smatra se da je dotur rezervi kritičan problem za efikasno korišćenje višecevnih raketnih bacača. Holandski vojni krugovi, takođe, ukazuju na činjenicu da taktika »opali, pa jurni« uključuje korišćenje rastresito lociranih stanica za popunu municijom i da bi vreme za nanošenje ponovnih vatrenih udara bilo dugo. Situacija sa višccevnim raketnim bacačima u Holandiji možda i nije tipična, jer u naoružanju imaju malo višecevnih raketnih bacača, ali vojni stručnjaci iz zemalja koje imaju ove bacače u velikom broju osluškuju njihove probleme.

Predlozi iz Velike Britanije

Britanci nabavljaju višecevne raketne bacače radi zamene dva puka teške artiljerije, jednog sa haubicama M107, a drugog sa M110. Oni gledaju na ove bacače kao na artiljerijske sisteme srednjeg i dugog dometa, čija će se efikasnost, uglavnom, zasnivati na uspešnoj integraciji sa sistemom za upravljanje artiljerijskom vatrom BATES i bespilotnom izviđačkom letilicom PHOENIX za izviđanje ciljeva na velikim daljinama. Višecevni raketni bacači treba da budu oružje na nivou korpusa. Prvi puk višecevnih raketnih bacača već je razmestio neka oklopna vozila sa višecevnim raketnim bacačima AVMRL, a britanski KoV treba da primi sve svoje bacače do kraja 1994.

Višecevni raketni bacači biće razmešteni kao samostalne jedinice bacača, koje će koristiti tehniku »opali, pa jurni« koju koriste jedinice sa nuklearnim oružjem. Baterija od devet vozila AVMRL dobiće baterijski mane-

varski prostor, u kojem će biti tri trupna manevarska prostora, a u njima će se nalaziti bliski zakloni, osmatračnice i stanice za popunu. U jednom tipičnom napadu raketne artiljerije jedno vozilo AVMRL dobiće svoje vatrene zadatke.

Važan elemenat početne primljene informacije je »ugao približavanja«. Iz zaklona, koji je obično udaljen ispod 100 m, posada će izvesti svoje vozilo AVMRL i usmeriti ga pod tim uglom. Pomoću opreme za kopnenu navigaciju pozicija vozila se uvodi u balistički računar, u kojem se već nalaze svi detalji za vatreni zadatak. Bacač se pokreće po elevaciji i ispaljuje, a ceo postupak može da potraje nekoliko minuta.

Čim to uslovi dozvole vozilo će napustiti vatreni položaj i otići na stanicu za popunu (sl. 2), gde će istovariti prazne kontejnere za rakete i utovariti pune. To se može obaviti za manje od 5 minuta, a zatim će vozilo otići u drugi zaklon na trupnom manevarskom prostoru, a preko osmatračnice se proverava preciznost kopnenog navigacijskog sistema (od kojeg u potpunosti zavisi preciznost vatre). Ceo ovaj ciklus je centralno koordiniran, a detalji o novom zaklonu i stanici za popunu primljeni su kao deo novog vatrenog zadatka. Ceo ciklus, od ispaljivanja raketa do dolaska u novi zaklon sa spremnošću za dejstvo, može da traje pola časa.

Može se desiti da se u nekom danu baterija jednom ili dva puta predislocira na novi baterijski manevarski prostor i to može da dovede do poteškoća u sistemu pozadinskog obezbeđenja, ukoliko nije dobro isplanirano. Tu treba imati u vidu da municija za popunu mora da bude na stanici za popunu pre pristizanja vozila AVMRL u novi baterijski manevarski prostor. Olakšanje popune može se postići upotrebom pomoćnih sredstava, a na KoV SAD ostaje da reorganizuje svoj pozadinski sistem na sličan način, kako bi se obavio zadatak u vezi sa mogućim dnevnim utrošcima municije.

Česte predislokacije su rezultat mera bezbednosti koje se preduzimaju pri korišćenju višecevnih raketnih bacača. Pored napada radarski upravljanom kontrabatirajućom vatrom, efikasnost višecevnih raketnih bacača, kao oružja za zaprečavanje, privlači pažnju specijalnih snaga. Mada se višecevni raketni bacači mogu prikriti razmeštanjem među prijateljskim snagama na daljini 15 km iza linije fronta, demaskirajuće karakteristike pri ispaljivanju plotuna raketa i mala posluga (3 člana) primoravaju višecevne raketne bacače da budu u stalnom pokretu, kako bi izbegli stvarni dodir sa neprijateljevim snagama.

Uslovi u kojima posada oklopnog vozila sa višecevnim raketnim bacačima (AVMRL) obavlja svoje borbene zadatke nisu prijatni zbog skučenog prostora u kabini, stalnog straha od zaseda, nepredvidljivosti vremena poziva za otvaranje vatre i kratkoće vremena za reagovanje. Stoga je važan rad starešina na održavanju morala posada. Britanski vojni stručnjaci očekuju da će problemi održavanja i psihološki faktori uticati da jedna trećina vozila AVMRL bude u najnižem stepenu gogovosti u svako doba, mada se većina ovih vozila može uvesti u borbu prilično brzo u slučaju potrebe. U slučaju dvadesetčetvoro časovne gotovosti u svim vremenskim uslovima došlo bi u obzir korišćenje sekundarne posade ili zamene posada.

Kao i kod drugih savremenih sistema oružja, i kod višecevnih raketnih bacača taktika dejstva i upotrebe podleže periodičnim promenama, koje mogu da budu rezultat operativnog iskustva, modifikacije opreme ili poboljšanja korišćenog software. U mnogim slučajevima ove taktičke izmene mogu da budu uzrok daljih modifikacija tehničkih sredstava sistema.

Pomenute promene uticale su i na doskorašnju taktiku američkih višecevnih raketnih bacača i u četvrtom tromesečju budžetske 1990. došlo je do po-

boljšanja kod američkih višecevnih bacača, kroz korišćenje podataka artiljerijskih taktičkih sistema (Version 9 software packages). Pored ovog novog paketa software, vodovi višecevnih raketnih bacača počeli su da primaju dodatnu opremu, koja će, takođe, uticati na taktiku preko poboljšanog komandovanja i upravljanja.

U okviru prvobitne koncepcije komandovanja, upravljanja i veze (C^3) sa višecevnim raketnim bacačima, u jedinicama se koristi sistem za upravljanje vatrom FDS (Fire Direction System) i na nivou baterija i na nivou diviziona. Ovaj FDS sastoji se od baterijskog računarskog sistema sa specijalizovanim software za višecevne raketne bacače, zajedno sa šifrantskom opremom i radio-primopredajnicima. Sve je to ugrađeno u komandno vozilo M577.

Taktička naređenja iz okvira komandovanja i upravljanja na nivou voda višecevnih raketnih bacača prvobitno su se slala preko digitalnog uređaja komandira voda PLDMD (Platoon Leader Digital Message Device). Kako je svaki komandir voda komandovao sa tri samohodna vozila za popunu bacača SPLL (Self-Propelled Launcher Loader), pomenuti uređaj za prenos naređenja PLDMD ograničavao je taktičku fleksibilnost.

Međutim, jedinice višecevnih raketnih bacača odnedavno su počele da koriste jedan sistem za upravljanje vatrom na nivou voda. U ovom sistemu nalazi se uređaj za razvođenje električne energije, prilagođivač za štampač i sam štampač. Konfiguracija ove opreme na nivou voda, omogućiće starešinama jedinica višecevnih raketnih bacača da koriste sve mogućnosti sada postojećih sistema podataka »Version 9 software package«.

Ovaj novi paket programa (software) omogućuje komandovanje i upravljanje vozila za popunu municije SPLL. Među druge primene programa spada automatska obrada izveštaja i mogućnost da se gađaju pokretni ciljevi pomoću unapred predviđenih pozicija. Najzad, program kombinuje u jednom software programu i višecevni raketni bacač i vođeni projektil LANCE, čime se znatno olakšava obuka i rad ljudstva koje upravlja vatrom.

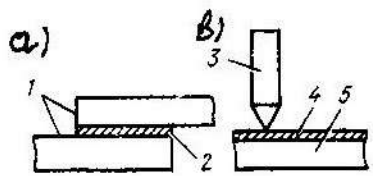
Kombinovanjem ovih poboljšanih mogućnosti software sa novim sredstvima za upravljanje vatrom na nivou voda, komandir baterije višecevnih raketnih bacača može da koristi vod kao privremeni baterijski centar za upravljanje vatrom. U taktičkom pogledu to će omogućiti striktnu kontrolu u toku čestih »skokovitih« promena vatrenih položaja, ili taktičkih prebacivanja. Ciklus poboljšanja software će se završiti kada se zbog taktičkih izmena priđe i daljim modifikacijama tehničkih sredstava. Postoje različite koncepcije za dejstvovanje višecevnih raketnih bacača u sistemu borbenih dejstava korpusa po dubini protivnika. Očevidnu primenu u borbenim dejstvima na nivou korpusa imaće samohodna vozila za popunu municije. Vatrene jedinice u sistemu borbe KoV po dubini protivnika biće bataljoni samohodnih raketnih bacača na nivou korpusa. Njihovi, a i svi ostali raketni bacači, biće u stanju da gađaju punom familijom raketne municije, uključujući i municiju namenjenu za dejstvo po dubini protivnika. Kopnena vojska treba da obezbedi ove mogućnosti, bilo već na proizvodnoj liniji, bilo naknadnim modifikacijama. Modifikacije bacača neće primećivati članovi posada i svi koji posmatraju spoljašnji oblik, a uključivaće: poboljšanu elektroniku koja će omogućiti bržu obradu sve dužih naređenja za otvaranje vatre; jednu platformu poboljšane stabilizacije i reference, koja će omogućiti bacaču da postigne zahtevanu preciznost koja se traži od oružja dugog dometa, i prilagodni modul koji će omogućiti bacaču, a time i sistemu za komandovanje (C^2), da daje instrukcije »pametnim« raketama i njihovim bojnim glavama.

Superprovodnost: stanje, perspektive*)

Početkom ovog veka otkrivena je pojava superprovodnosti, koja se sastoji u tome da električni otpor mnogih provodnika skokovito pada do nule pri hlađenju na niže temperature od kritične, za određeni materijal. U toku skoro 45 godina ovo je ostala značajna i originalna naučna činjenica koja, ipak, nije prelazila okvire laboratorijskih ispitivanja. Tek sredinom pedesetih godina na osnovu superprovodnika napravljen je prvi elektromagnet, a početkom šezdesetih osvojena je tehnologija proizvodnje superprovodnih provodnika, traka i kablova, pogodnih za praktičnu primenu. Poslednjih godina pojavili su se snažni magnetni sistemi na osnovu superprovodnih materijala.

Takvi magnetni sistemi koriste se za ispitivanja u oblasti fizike velikih energija (na primer, u akceleratorima nabijenih čestica, vodoničnim mehurastim komorama), a takođe, u termonuklearnim reaktorima, magnetohidrodinamičkim generatorima, induktivnim skupljačima energije, itd.

Pored gubitka električnog otpora, važna osobina superprovodnika je Džozefsonov efekt, koji je dobio široku prikladnu primenu u svetu, pre svega u razvoju merne tehnike za metrološko obezbeđenje armije, a i u izradi mernih kompleksa, koji se ugrađuju u različite sisteme naoružanja.



Sl. 1 Tipovi Džozefsonovih kontakata: (a — trakasti; b — tačkasti);

1 — superprovodnik; 2 — silicijum; 3 — nobijumska igla; 4 — oksid nobijuma; 5 — nobijum

* Prema podacima iz časopisa »Tehnika i vooruženje«, 7/1989.

Razlikuju se stacionarni i nestacionarni efekat Džozefsona. Suština stacionarnog efekta svodi se na to da istosmerna struja može proticati kroz takozvani Džozefsonov kontakt, koji se sastoji od dva superprovodnika razdeljena tankim (do 10^{-7} m) slojem izolatora ili poluprovodnika (sl. 1).

U svojstvu izolatora obično se koristi oksid superprovodnika, a za poluprovodnik silicijum. Ako se takav kontakt postavi u promenljivo magnetno polje, tada će maksimalna superprovodna struja pulsirati s periodom jednakom najmanjoj vrednosti (kvantu) magnetnog fluksa:

$$\Phi = h/2e = 2{,}07 \cdot 10^{-15}\ \text{Wb}$$

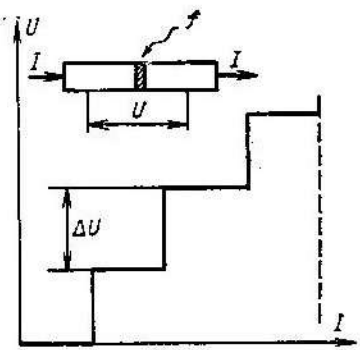
gde su:

h — Plankova konstanta,

e — naboj elektrona.

Nestacionarni efekt sastoji se u sledećem: ako se na Džozefsonov kontakt dovede konstantna razlika potencijala, to će preko njega proticati naizmenična struja, čija je frekvencija f, u vezi s dovedenim naponom U po relaciji:

$$f = U \cdot 2e/h$$



Sl. 2 Džozefsonov kontakt i njegova naponsko-strujna karakteristika

Obrnimo ovaj efekat: ako obasjamo takav kontakt visokofrekventnim magnetnim poljem, tada će njegova U-I karakteristika dobiti stepenasti oblik (sl. 2).

Rastojanje između stepenica struje, ΔU određuje se frekvencijom dovedenog elektromagnetnog polja f:

$$\Delta U = f \cdot h/2e$$

U ovom slučaju vrednost napona ΔU određena je samo frekvencijom elektromagnetnog polja f i ne zavisi od bilo kakvih drugih faktora. Jedinica napona (volt) može se izmeriti u bilo kojem trenutku s greškom koja je određena greškom bazne konstante $2e/h$ (njena približna vrednost je $0{,}6 \cdot 10^{-6}$). Po oceni inostranih stručnjaka, nestacionarni efekat Džozefsona je vrlo značajan za metrološko obezbeđenje mernih sredstava, pošto se na njegovoj osnovi mogu oformiti etaloni istosmernog napona.

Kao primer realizacije Džozefsonovog efekta su nacionalni etaloni napona istosmerne struje. Strana štampa objavljuje da je u armiji SAD izrađen i koriste se etalon takvog tipa. Pri tome se postiže jedan od glavnih ciljeva eksploatacije — nezavisnost armijskog etalona od Nacionalnog biroa za standarde. U sadašnje vreme postoje podaci da metrološka služba armije SAD razmatra svoj etalon kao nezavisan s greškom koju može da proizvede, u granicama jedinice istosmernog napona 10^{-6} pri slučajnoj komponenti nestabilnosti 120^{-7}.

Smatraju da se preimućstvo takvih etalona sastoji u neosetljivosti na spoljašnje uticaje, što ih razlikuje od tradicionalnih, čiju osnovu čine normalni elementi, koji su preosetljivi na takve uticaje.

Izjavljuju, takođe, da je, pored povećane tačnosti (skoro za red veličine), naponski etalon istosmerne struje na bazi efekta Džozefsona i mobilniji, što značajno uprošćava zadatak metrološkog obezbeđenja vojne merne tehnike.

Drugi uređaj, koji je dobio široku primenu u inostranstvu, a koji radi na bazi Džozefsonovog efekta, je superprovodni, kvantni interferencioni davač (SKVID). Po konstrukciji predstavlja superprovodni prsten s jednim ili dva Džozefsonova kontakta. Po zaključku inostranih stručnjaka, osobina koja ga razlikuje je deljiva veličina magnetnog polja Φ_0 koji prolazi kroz njega. SKVID, postavljen u promenljivo magnetno polje, takođe menja svoju karakteristiku s periodom Φ_0, a supertačna merna aparatura registruje njegov odziv.

Opšta osetljivost davača karakteriše se minimalnom energijom signala E, pri kojem je njegov izlazni napon jednak srednjekvadratnom nivou šuma u opsegu 1 Hz. Teoretski, granica energetske osetljivosti ceni se veličinom $h/2\pi = 1{,}1 \cdot 10^{-34}$ J/Hz. Tipične vrednosti energetske osetljivosti postojećih superprovodnih davača su za 2—4 reda niže od granice.

Pošto se praktički svaka električna ili magnetna veličina lako pretvara u magnetni fluks, to se računa da se na osnovi SKVID-ova mogu izraditi najraznovrsnija merna sredstva sa osetljivošću i tačnošću za 2—3 reda većom od analognih instrumenata, koji rade na drugim fizičkim principima.

Tako, na primer, osetljivost za magnetno polje kod odgovarajućih davača dostiže 10^{-14} T, za napon 10^{-18} V, za struju 10^{-16} A pri obezbeđenju linearnosti odziva u dinamičkom dijapakonu 120—160 dB.

Strani stručnjaci smatraju da je visoka osetljivost superprpovodnika davača, s tehničke tačke gledišta, spojena s celim nizom drugih veoma važnih osobina: veličina davača, izrađenog po savremenoj integralnoj tehnologiji, može se meriti u mikronima; širokopojasan je i pomoću njega se mogu meriti konstantna magnetna polja, a i promenljive učestanosti do 1MHz i više.

Konstatuje se da je realizacijom visoke osetljivosti i linearnosti na bazi sličnih davača omogućena izrada najraznovrsnijih mernih instrumenata. Istražuju se mogućnosti njihove primene u vojnoj tehnici. Na primer, za potrebe mornarice i vazduhoplovstva razmatraju se perspektive korišćenja sličnih da-

vača za rešavanje zadataka, kao što su otkrivanje i lociranje podmornica, organizacija globalnih veza s njima i potopljenim objektima, ostvarenje širokopojasne veze u milimetarskom dijapazonu, izrada različitih radarskih sistema i sistema za obradu signala.

Strana štampa izveštava da se vrše istraživanja za primenu superprovodnih davača u sistemima za borbu s podmornicama, čiji se princip delovanja sastoji u detekciji magnetnih anomalija, njihovoj identifikaciji i određivanju daljine do cilja. Sistem izrađen na bazi takvih davača potvrdio je za vreme ispitivanja prognozirane rezultate i pokazao se stabilnim na spoljne uticaje.

Po mišljenju stranih stručnjaka, SKVID-ovi treba da dobiju širu primenu u svim oblastima merne tehnike, gde se traži visoka tačnost uz dobru stabilnost parametara i pouzdanost u radu. U vezi s tim, pažnja istraživača SKVID-ova i sistema na njihovoj osnovi skoncentrisana je na razvoj optimalne tehnologije masovne proizvodnje, a i za izradu višekanalnih mernih kompleta.

Pored metrologije i merne tehnike, inostrana štampa konstatuje da su perspektive korišćenja Džozefsonovih kontakata i SKVID-ova i u računarskoj tehnici. Po proračunima stranih stručnjaka, elektronski računari na bazi SKVID-ova, raspolažući malom potrošnjom i velikom brzinom rada, moći će izvršavati 10^9 operacija u sekundi pri operativnoj memoriji od 10^{10} bita.

Ispituju se, takođe, mogućnosti primene SKVID-ova u kosmičkoj tehnici, inercijalnoj navigaciji i nizu drugih oblasti.

Isto tako, saopštava se da je, ne uzimajući u obzir sve te široke mogućnosti koje se otkrivaju pri korišćenju Džozefsonovih kontakata i SKVID-ova u mernoj tehnici, prisutan problem koji ozbiljno zadržava njihovo uvođenje, a to je hlađenje. Suština se sastoji u tome da se Džozefsonov efekt, kao i sama superprovodnost, pojavljuje pri temperaturama tečnog helijuma od 4 do 23°K (u zavisnosti od superprovodnih materijala koji formiraju Džozefsonov kontakt). Zbog toga su neophodni autonomni minijaturni rashladni uređaji sa zatvorenim ciklusom, mikrofrižideri, koji bi po ceni i gabaritima bili uporedivi s uređajima čiji je rad zasnovan na Džozefsonovom efektu.

Rešenje problema hlađenja, po mišljenju stranih stručnjaka, doprineće intenzivnom uvođenju u praksu uređaja i sistema sa savršenijim taktičko-tehničkim karakteristikama, na bazi ovog efekta.

Uporedo s razvitkom rashladne tehnike helijuma, prema saopštenjima strane štampe, prisutan je i drugi put, koji je povezan sa otkrićem superprovodnih materijala s kritičnom temperaturom višom od 90° K. Za hlađenje takvih superprovodnika može se koristiti tečni azot, čija je cena znatno niža od tečnog helijuma, a osvojena je u širim razmerama i industrijska proizvodnja.

Po njihovom mišljenju, otkrivanje visokotemperaturne superprovodnosti (VTSP) čiće baza za izradu elektronske tehnike novog pokoljenja, koja će biti sposobna da radi u ekstremnim uslovima. Primena VTSP čini realnim razvoj velikih magnetnih skupljača (rezervoara) energije, lakih i snažnih elektromotora i generatora za ratnu mornaricu. Smatraju da su takvi rezervoari energije neophodni za snažne impulsne lasere i elektromagnetne topove, koji se razvijaju u okviru programa strategijskih operativnih istraživanja.

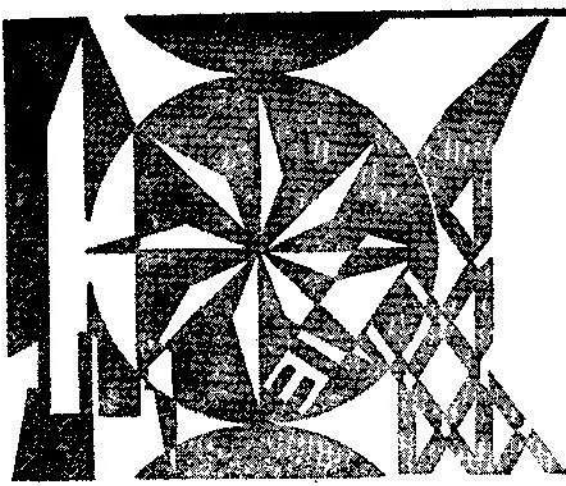
Po ocenama stranih stručnjaka, već se nakupilo dovoljno naučnih informacija da bi se počelo industrijsko osvajanje VTSP. Smatraju da najbrže i najkvalitetnije rezultate treba očekivati u oblasti razvoja kompjuterske tehnike i sredstava veze, ukoliko novi superprovodni materijali omoguće prenos električnih impulsa bez izobličenja, širine od 10 do 15 trilionitih delova sekunde na veoma visokim učestanostima. To je za 100 puta manje od širine impulsa, koji se prenose optičkim kablovima.

U oblasti istraživanja VTSP, prema saopštenjima, izdvojeno je osam osnovnih pravaca, među kojima su: razrada proizvodnje stabilnih tankih traka, pogodnih za korišćenje u elektronskim uređajima; razvoj prototipova elektronskih uređaja na bazi superprovodnih i hibridnih (superprovodnik — poluprovodnik) elemenata; izrada analognih električnih mašina i uređaja na bazi superprovodnika (na primer, dalekovodi, generatori, magneti).

Pored ostalog, izveštavaju da se radi na izradi provodnika prečnika 3,5 mm, koji je u stanju da propusti struju od 100 A, a takođe se razrađuje princip primene uređaja na bazi VTSP za korišćenje u elektronskim računarima, naponskim etalonima i različitim sistemima.

Pri razmatranju naučnih i tehničkih problema VTSP, strani stručnjaci zapažaju da istraživanja i tehnološka razrada, povezani sa korišćenjem superprovodnika u podmornicama, u orbitalnim kosmičkim brodovima višekratne primene, superbrzim elektronskim računarima, a i u supersnažnim motorima, mogu suštinski uticati na razvoj vojne tehnike i naoružanja, u smislu povećanja njihovog kvaliteta i efikasnosti primene.

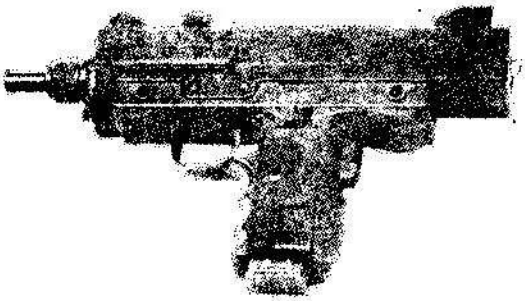
L.B.



tehničke novosti i zanimljivosti

Automat 9 mm »MINI SMG 821« italijanske firme SOCIMI[1]

Italijanska firma SOCIMI (grupacija FRANCHI) razvila je novi automat malih gabaritnih dimenzija i male mase, oznake MINI SMG 821. Po spoljnjem izgledu i dimenzijama oružje podseća na modele INGRAM ili MINI — UZI.



Sanduk automata izrađen je od lakih legura. U sanduk (oblika cevi kvadratnog preseka) su ugrađeni cev (dve trećine dužine cevi se nalazi u sanduku), zatvarač i povratni mehanizam. Ručica za zapinjanje postavljena je sa gornje strane sanduka. Rukohvat i branik obarače su izrađeni livenjem od plastične mase. Pored dugmeta kočnice, koje je postavljeno sa leve strane oružja, postoji i poluga, postavljena sa zadnje strane rukohvata, koja se pritiska dlanom (oružje ne može da opali dok se ne pritisne poluga). Prednji nišan može da se podešava po visini, a zadnji ima dva položaja — za rastojanja od 25 m i 50 m. Automat funkcioniše poluautomatski.

Tehničke karakteristike automata su:

— kalibar [mm]	9
— metak	9×19 mm PARABELLUM
— dužina [mm]	300
— dužina cevi [mm]	150
— broj žljebova cevi	6
— korak uvijanja žljebova cevi [mm]	250
— masa praznog oružja [kg]	1,7
— kapacitet okvira [metaka]	20 ili 32

Pištolj »DA DOUBLE EAGLE SERIES 90« američke firme COLT[2]

Američka firma COLT razvila je novi pištolj sa mehanizmom za okidanje sa dvostrukim dejstvom kalibra 0,45 inča (za metak 0,45 ACP). Novi pištolj ima

[1] Prema podacima iz: CIBLES 1990, br. 239, str. 12.

[2] Prema podacima iz: DEFENCE 1989, novembar, str. 886, INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1990, br. 1, str. 1704.

oznaku DA DOUBLE EAGLE SERIES 90. Izrada i ispitivanje prototipa pištolja završeni su krajem 1989. godine.

Novi pištolj je izrađen na osnovu prethodnog MODEL 80, koji je imao mehanizam za okidanje sa jednostrukim dejstvom. Sklop cevi i povratna opruga su isti kao kod ovog modela. Navlaka je slična navlaci tog modela a obarača, branik obarače, korice rukohvata i nišani su drugačije oblikovani. Osim oblika, promenjen je i ugao pod kojim je postavljena obarača, da bi mogao da se ostvari potreban hod pri zapinjanju udarača obaračom. Položaj poluge kočnice se takođe nešto razlikuje od prethodnog modela. Kočnicom se blokira udarna igla.





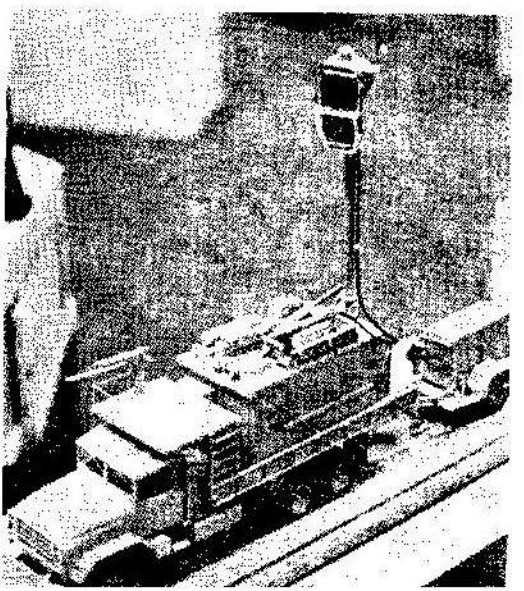
Metalni delovi pištolja zaštićeni su prevlakama od korozije. Prevlake su tamne boje, tako da ne odbijaju svetlost. Okvir je izrađen od nerđajućeg čeličnog lima.

Tehničke karakteristike pištolja su:

— kalibar [inča]	0,45 (11,43 mm)
— dužina [mm]	216
— dužina cevi [mm]	127
— dužina osnovice nišana [mm]	165
— masa [g]	1106
— broj žljebova	6
— korak uvijanja žljebova [mm]	406
— kapacitet okvira [metaka]	8

Američki ometač sistema za dejstva iz vazduha »FIRESHIELD«[3]

Američka firma RAYTHEON ponudila je za izvoz elektronski ometač sistema za dejstva iz vazduha, montiran na kamionu, pod nazivom FIRESHIELD.



On se zasniva na aktivnom delu sistema za elektronsko ratovanje u PVO, koji je u naoružanju KoV i RV SAD. Sistem je konstruisan sa namenom da onemogući korišćenje radara koji osmatraju teren, radio-visinomera i drugih radio-navigacionih uređaja, i uređa-

[3] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW (SUPPLEMENT: DEF. ELECTR. & COMP.) 1990, br. 2, str. 5.

ja za akviziciju cilja. Sistem može i da identifikuje avione na osnovu njihovog emitovanja, čime omogućava dovođenje raketnih jedinica u stanje pripravnosti.

Sistem FIRESHIELD može da funkcioniše autonomno ili kao deo mreže. Višemlazne primopredajne antenske nizove, sa trenutnim vidnim poljem od 90°, može operator da pokreće za svih 360°. Predajnik ometača velike snage može da deluje protiv višestrukih ciljeva, sa mogućnošću ručnog, poluautomatskog i automatskog rada.

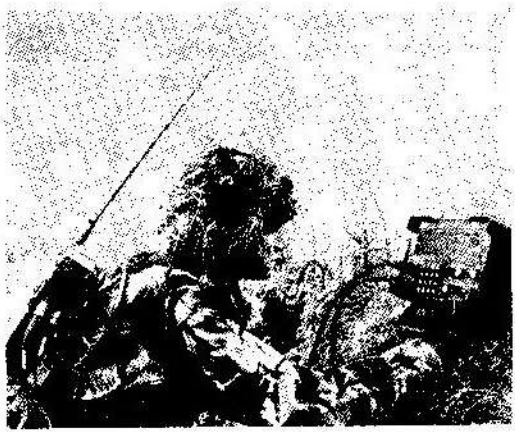
Može se izgraditi mreža PVO za celu oblast na kojoj se nalaze izuzetno važni ciljevi, sa samo jednim centrom na vozilu, koji komanduje sa do 8 pokretnih ometača i obezbeđuje površinu od 3000 km². Takvo vozilo ima dva kolor terminala sa višestrukom funkcijom, 600 ulaza za predajnik i telekomunikacione interfejse, a obezbeđuje i trenutno precizno goniometrisanje po celom krugu.

Na slici je prikazan mobilni ometač FIRESHIELD sa podignutom antenom i operatorovim komandnim mestom u kabini S280 na kamionu M927. Napajanje obezbeđuju dva generatora, koja vuče kamion.

Detektor za otkrivanje helikoptera »PICKET« britanske firme FERRANTI[4]

Britanska firma FERRANTI INSTRUMENTATION (Sektor za naoružanje) razvila je detektor za uzbunjivanje PICKET, koji omogućuje nekoj borbenoj jedinici na zemlji identifikovanje neprijateljskih helikoptera na daljinama većim od 6 km, a da pri tome ne otkrije svoj položaj.

Ovaj prenosni detektor pasivnog dejstva obezbeđuje kontinualno osmatranje celog azimuta bez ikakvog uticaja linije neposredne geometrijske vidljivosti i nezavisno od konfiguracije terena. On prikazuje na vizuelnom ekranu, u grafičkom ili alfanumeričkom obliku, svake dve sekunde aktuelne podatke za svaki helikopter koji ulazi u njegovu zonu dejstva (360°): azimut sa rezolucijom od 2°, jasnu identifikaciju i položaj u vazduhu (u kretanju ili stacionarnom letu).



PICKET je neosetljiv na sve poznate sisteme protivelektronskih dejstava zahvaljujući korišćenju algoritama vrlo visokih performansi. Raspoređivanjem šest ovakvih detektora, čije se zone osmatranja parcijalno preklapaju, moguće je pokriti površinu veću od 500 m².

Familija inercijalnih sistema vođenja »SIGAL« francuske firme SAGEM[5]

Familija inercijalnih sistema za vođenje sa zgusnutim komponentama SIGAL, francuske firme SAGEM, zasniva se na najsavremenijoj tehnologiji, za vođenje i upravljanje taktičkih raketa, torpeda ili bespilotnih letelica.

[4] Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 92, str. 72.

[5] Prema podacima iz: DÉFEISE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 92, str. 72.

Glavne karakteristike SIGAL-a, osim njegove male mase (2 do 3 kg) i male zapremine (1,5 do 2 dm^3) su: minijaturni žiroskop sa 2 stepena slobode i vešanjem prilagođenim za GSL 82, kojim se otklanja potreba za akcelerometrom; višekanalni digitalni uređaj za brzo procesiranje signala; analogni sistem visokih performansi zasnovan na procenjivaču KALMAN.

Razvijena su tri modela s obzirom na potrebnu dinamiku i zahtevane performanse: SIGAL 11, prilagođen za velike opsege merenja sa umerenim performansama; SIGAL 21, za prosečne opsege merenja i srednjim performansama; SIGAL 31, namenjen za skraćene opsege merenja, ali sa visokim performansama.

SIGAL, koji je doprineo početnom razvoju raketa AEROSPATIAL ASTER i MATRA MICA klase vazduh-vazduh, usvojen je u opremi rakete MICA, francusko-italijanske rakete-nosača torpeda MILAN (MATRA-OTO MELARA) i lakog italijanskog torpeda A 290 (WHITEHEAD).

Modularna koncepcija SIGAL-a omogućuje mu da ispunjava velike zahteve i da pruža mogućnost saradnje na nivou razvoja i serijske proizvodnje, uz, atraktivan odnos cena/performanse.

Nova švedska raketa »MK 2« za PVO sisteme »RBS 70« i »RBS 90«[6]

PVO raketni sistem RBS 90, koji su razvile švedske firme BOFORS (nosilac sistema i raketa), ERICSSON (radar) i HÄGGLUNDS (vozilo) ulazi u proizvodnju za potrebe švedskih OS 1991. RBS 90 predstavlja novu koncepciju za dnevno/noćnu upotrebu i potiče od postojećeg RBS 70, koji se nalazi u naoružanju velikog broja zemalja.

RBS 90 se karakteriše dvema lansirnim cevima smeštenim na tronožnom postolju sa mogućnošću usmeravanja po celom azimutu. Na postolju je montiran nišanski blok(TV-kamera i FLIR — infracrveni sistem za osmatranje unapred) koji daje sliku cilja na istom video ekranu. Ceo ovaj sistem povezan je sa laserskim predajnikom i komandom za daljinsko upravljanje. Jedinica za gađanje sastoji se od dva terenska vozila HÄGGLUNDS Bv-206: jedno se koristi za transport lansirnog sistema, raketa i ekipe za opsluživanje; drugo služi kao centralni uređaj za upravljanje vatrom i nosi na krovu osmatrački radar. RBS 90 raspolaže sopstvenim sistemom za identifikaciju cilja »prijatelj-neprijatelj«. RBS 90 i RBS 70 ispaljuju raketu MK 1 i novu raketu MK 2, obe sa vođenjem pomoću laserskog snopa.



PVO raketni sistem RBS 90 (levo u pozadini vidi se dvojno vozilo Bv-206)

Raketa MK 2, čija je masa sa lansirnom cevi 26 kg, ima domet 6000 m protiv ciljeva koji lete velikom brzinom i 7000 m protiv sporih ciljeva (maksimalna operativna visina je 4000 m). Ona se može koristiti i protiv kopnenih ili pomorskih ciljeva. Bojna glava, čije su veličina i masa uvećani za 50% (mi-

[6] Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLES INTERNATIONAL 1990, br. 92, str. 70.

nijaturizacijom elektronike), ima vrlo efikasno dejstvo zahvaljujući svom kumulativnom punjenju i upotrebi kuglica od tungstena. Obuka operatora na PVO sistemu RBS 90 (20 časova) vrši se na simulatoru u sali i na terenu sa ciljevima u vazduhu (tada se simulatoru priključuju TV-kamera i video-monitor).

Za potrebe Norveške u toku je razvoj dopunskog kompleta za RBS 70, kojim će se on modificirati za noćnu upotrebu.

Hemijske bombe »SWAT« američke firme MARTIN ELECTRONICS[7]

Američka firma MARTIN ELECTRONICS razvila je dve nove hemijske bombe za blisku borbu sa psihičkim dejstvom. Bombe imaju oblik i upaljač kao klasične ručne bombe, ali nisu smrtonosne već izazivaju dezorijentaciju i vremeno zaslepljenje.

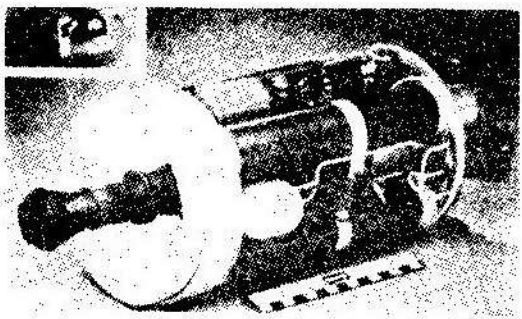


Bomba SWAT-T pri eksploziji razvija pucanj jačine zvuka 175 db i natpritisak od 12,4 kPa, a bomba SWAT-TX pucanj jačine zvuka 184 db i natpritisak od 31,72 kPa.

[7] Prema podacima iz: MILITARY TECHNOLOGY 1990, br. 2, str. 50.

Minijaturni raketni motor za upravljanje budućeg američkog vazdušno-kosmičkog projektila »LEAP«[8]

Američka firma MARQUARDT Co. izradila je i testirala minijaturni raketni motor u okviru projekta za laki vazdušno-kosmički projektil LEAP (Lightweight Exo-Atmospheric Projectil). Ovaj projekt visoke tehnologije kosmičkog presretanja (u prostoru oko Zemlje) finansirala je Komanda strategijske odbrane KoV SAD.



Maketa projektila LEAR sa minijaturnim raketnim motorom

Minijaturni motor, za koji proizvođači izjavljuju da predstavlja najmanji raketni motor na svetu, postiže silu potiska 1/b (4,448 N) izbacivanjem vrelog gasa iz gasogeneratora, u impulsima čije je trajanje kraće od jedne milisekunde.

Predloženi projektil LEAP koristiće osam ovakvih motora za njegovo trodimenzionalno upravljanje u letu. Ovaj projektil imaće masu oko 2,7 kg, prečnik 15 cm i dužinu 35 cm.

Razvoj francusko-nemačkog helikoptera »PAH-2/HAC/HAP«[9]

Ugovor za glavni razvoj borbenog helikoptera PAH-2/HAC/HAP, sada poznatog kao TIGER ili TIGRE, potpisan je 30. novembra 1989. godine.

[8] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, 9. decembar, str. 129.
[9] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1990, br. 1, str. 97.

Ukupna cena razvojnog programa će biti 2237 miliona maraka, uključujući troškove faze početnog razvoja. Razvoj motora MTR 390 će biti predmet posebnog ugovora sa konzorcijumom MTR.

Razvoj helikoptera u prirodnoj veličini počeo je januara 1988. i navodno teče po planu. Očekuje se da će ispitivanja dinamičke uravnoteženosti glavnog rotorskog sistema početi krajem 1989. a u fazi proizvodnje su glavni delovi za prvi prototip. Razvoj elektronskih sistema je u toku, a već su na licu mesta računari, oprema, softverski pribor i drugi uređaji koji će dopuniti razvoj softvera.



Prvi let se očekuje u prvoj polovini 1991. a biće izrađeno 5 prototipova. Isporuka prvih serijskih modela planirana je za 1997. Cena helikoptera spremnog za poletanje, bez municije, biće: francuska verzija HAP za praćenje i podršku — 16 miliona maraka; francuska protivtenkovska verzija HAC — 19 miliona maraka; nemačka protivtenkovska verzija PAH-2 — 20 miliona maraka.

KoV Nemačke treba da dobije 212 helikoptera PAH-2 a OS Francuske će nabaviti 215 helikoptera i to 140 protivtenkovske verzije i 75 verzije za praćenje i podršku.

Tvrdi se da je novi helikopter namenjen da se suprotstavi svim protivnicima koji će se verovatno pojaviti duboko u sledećem veku. Naglasak je dat na dnevnim i noćnim operacijama po svakom vremenu, maloj vidljivosti, pri postojanju savremenih elektronskih sistema i na efikasnom naoružanju i samoodbrambenim sposobnostima. Biće sposoban da leti i velikom brzinom i da prati konturu zemljišta u brišućem letu u zoni cilja, a sve verzije će nositi istu opremu za zaštitu i protivmere, koja će biti povezana sa migistralom podataka MIL STD 1553B, zajedno sa dopler-inercijalnim sistemom za navigaciju.

Protivtenkovska verzija će imati višesezonski nišan na jarbolu za nišandžiju, nišan postavljen na šlemofonu i za pilota i za nišandžiju, dok će pilot imati i sistem za osmatranje noću.

Ova verzija će nositi do 8 vođenih projektila TRIGAT ili HOT-II ili mešavinu oba tipa, i do 4 vođena projektila vazduh-vazduh STINGER ili MISTRAL; svi na lanserima pričvršćenim na nosačima sa obe strane trupa. Oprema za obavljanje borbenog zadatka za ovu verziju naziva se EUROMEP (European Mission Equipment Package) i dejstvovaće preko magistrale podataka 1553B. Ovaj sistem će takođe generisati simbole za nišane.

Verzija za pratnju i podršku će imati nišan na krovu kabine za nišandžiju, vetrobranski displej za pilota i nišan na šlemofonu i za pilota i za nišandžiju. Helikopter će nositi top 30 mm u nosnoj kupoli, zajedno sa vođenim projektilima vazduh-vazduh MISTRAL i sačastim lanserima za nevođene rakete.

Detektor hemijskih BOt »CHAMP« izraelske firme RAFAEL[10]

Izraelska firma RAFAEL razvila je detektor hemijskih bojnih otrova CHAMP, koji može istovremeno da otkrije široki spektar hemijskih BOt (neuroparalitičkog delovanja, plikavce, kr-

[10] Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 2, str. 73.

vne otrove i dr.). Ovaj detektor ima visoku osetljivost, donju granicu vremena reagovanja od dva minuta i nizak koeficijent lažnog uzbunjivanja.

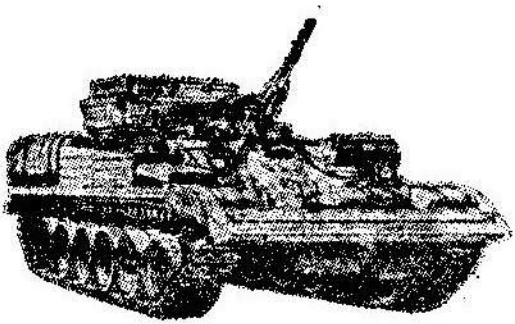


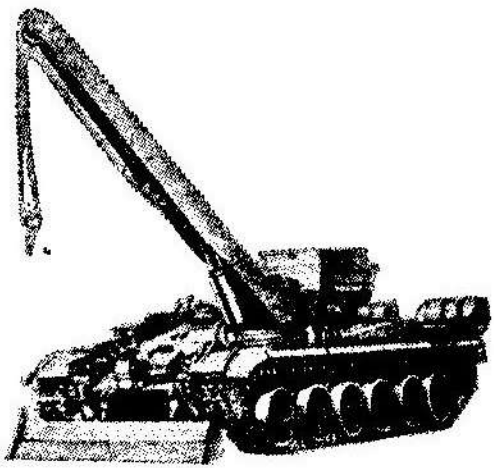
CHAMP, čija je masa 1,5 kg, obuhvata: uređaj za detekciju koji se napaja električnom energijom iz 8 integrisanih alkalnih baterija od 1,5 V veličine C; pribor za testiranje (15 opitnih patrona, 6 kapsula sa reagensima, naprava za lomljenje ampule) i komplet rezervnih baterija.

Osetljivost detekcije hemijskih BOt u stanju pare ili aerosola je 0,005 mg/ /m³ za BOt neuroparalitičkog dejstva GB ili GD, 1 do 3 mg/m³ za krvne otrove CK ili AC i 0,75 mg/m³ za plikavce HD.

Sovjetska oklopna pokretna radionica i radno vozilo »BREM 1«[11]

Sovjetska industrija je razvila na bazi tenka T72 oklopno vozilo-pokretnu tehničku radionicu-radno vozilo BREM 1. Pokretna radionica je snabdevena: kranom, sistemom za zavarivanje, prostorom za transport rezervnih delova i uređajem za zemljane radove sa raonikom za ravnanje.





Vitlo vozila ima sajlu dužine 200 m sa vučnom silom od 420 MN. Pomoćno vitlo ima sajlu dugu 400 m i služi za postavljanje glavnog vitla, kao i za poslove sa manjim opterećenjima. Raonik služi za sve zemljane radove i širina mu je 3,10 m.

Vrlo značajan deo radionice je novo razvijeni kran. Njegovo postavljanje u radni položaj obavlja se za 34 s. Kran ima tri radna opterećenja, odnosno može podizati teret od: 3, 12 i 19 t. Postoji i posebni hidraulički podizač, kojim se podiže 30 t.

Radionica ima uređaje za autogeno i za električno zavarivanje.

[11] Prema podacima iz: MILITÄRTECHNIK 1989, br. 4, str. 225.

Na vozilu BREM 1 moguće je postavljanje palete dimenzija 1706 mm × 1400 mm, koja prenosi rezervne delove i sklopove do ukupne mase 1500 kg.

Voizol ima 12-cilindrični »V« dizel-motor snage 574 kW. Na terenu razvija brzinu od 20 km/h, dok mu je maksimalna brzina na putu 60 km/h. Sa glavnim i pomoćnim rezervoarom autonomija kretanja na terenu je 500 km odnosno 760 km na putu. Vozilo BREM 1 savlađuje vodenu prepreku širine 1000 m i dubine 5,5 m pomoću posebnog uređaja za vodeni gaz. U pogledu savlađivanja ostalih prirodnih prepreka na terenu vozilo BREM 1 ima iste sposobnosti kao i bazno vozilo T72.

Kupola za dva člana posade »T.25« francuske firme CREUSOT-LOIRE INDUSTRIE[12]

Francuska furma CREUSOT-LOIRE INDUSTRIE razvila je kupolu za dva člana posade borbene mase od 1350 kg (bez posade) namenjenu za ugradnju na oklopne transkortere i borbena vozila pešadije.

Kupola ima sledeće tehničke karakteristike: ukupna dužina sa topom 3,52 m, širina 1,852 m i visina iznad oklopnog tela 0,52 m, odnosno ukupna visina 1,207 m (za francusko vozilo VAB, ili američko M 113) ili 0,955 m (za francusko vozilo AML).



Kupola T.25

Kupola je naoružana topom kalibra 25 mm (GIAT 25-811, Oerlikon KBA BO2, ili Hughes M 242) i spregnutim mitraljezom 7,62 mm (NF1/FR ili MAG/ /FN).

Od optičke opreme komandir raspolaže sa 6 periskopa za osmatranje i dnevno-noćnom nišanskom spravom G6 uveličanja 8× za nišanjenje, a nišandžija sa 2 periskopa za osmatranje i periskopom nišanskom spravom dan/noć G6 uveličanja 8×.

Unutrašnje osvetljenje se ostvaruje pomoću dve plafonske sijalice napona 24 V, a postoji i uređaj za ventilaciju i izbacivanje izduvnih gasova.

Zaptivenost vozila se postiže stvaranjem natpritiska, a balistička zaštita postoji od municije kalibra 7,62 mm.

Pokretanje kupole je električno sa brzinom okretanja po pravcu od 50°/s i ubrzanjem od 100°/s, a polje dejstva po visini iznosi −8° do +55° sa brzinom pokretanja od 30°/s i ubrzanjem od 100°/s.

Borbeni komplet iznosi 255 do 260 metaka (zavisno od vrste topa) 25 mm i 200 metaka 7,62 mm u kutiji.

Pored standardne opreme, po potrebi se može ugraditi: far za pretraživanje, bacač granata, uređaj za gađanje PA ciljeva, radio-uređaji itd.

Kupola T.25 može da se opremi i topom kalibra 23 mm, pri čemu ima oznaku T.23.

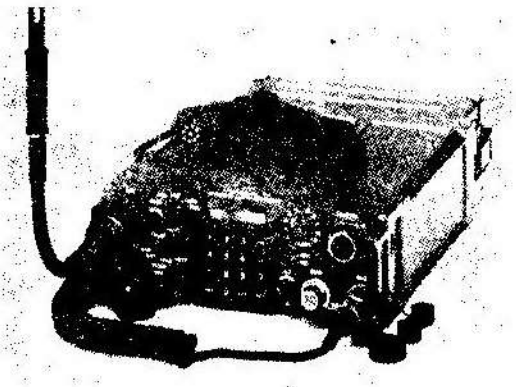
VVF/FM radio-uređaj sa frekvencijskim skakanjem »RTM-880« španske firme INISEL[13]

Španska državna firma INISEL proizvodi novi prenosni taktički radio-uređaj sa frekvencijskim skakanjem

[12] Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 92, str. 75.

[13] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 12, str. 1868.

RTM-880. Uređaj ima 2320 kanala u opsegu 30 do 88 MHz. Na uređaju se mogu izabrati frekvencijsko skakanje i kriptografsko kodovanje. Primenjeno je takođe i zaštitno (error correcting) kodovanje kojim se eliminiše veći deo grešaka u prenosu nastalih usled uticaja



šuma. Na prenosnu varijantu ovog uređaja mogu se nadograditi dodatni moduli kojim se obezbeđuje mogućnost ugradnje uređaja u vozila. Takva varijanta uređaja ima 50 W izlazne RF snage, što obezbeduje domet od preko 35 km.

Francuski poluprovodnički radar »DRBV 26C«[14]

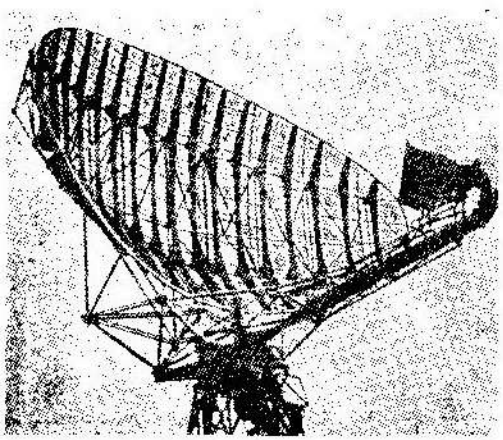
Prvi iz nove generacije poluprovodničkih radara koji je firma THOMSON — CSF isporučila francuskoj mornarici je osmatrački radar oznake DRBV 26C instaliran na fregati JEAN-BART. To je novi radar poznat i po nazivu JUPITER, koji je projektovan za rad na talasnoj dužini od 23 cm, kao koherentan, sa impulsno-Dopplerovim principima obrade i sa poluprovodničkim predajnim nizom pojačavača, sa ciljem da se dostigne što je moguća viša pouzdanost.

[14] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1990, br. 1, str. 98.

Srednje vreme između otkaza je 2100 časova za predajnik i 6000 časova za predajne module. Srednje vreme popravke je 15 minuta za predajnik i 4,5 minuta za module.

Predajnik se, u stvari, sastoji od 16 pojačavača snage u paralelnom radu propusnog opsega 155 MHz. Održavanje je jednostavno i radar se može koristiti i u slučaju otkaza pojedinih modula. Napajanje modula je ispod 50 V i predajnik može da radi i pri smanjenom nivou snage, ako dođe do otkaza na podsistemu za hlađenje. Troškovi su oko 14 puta manji nego da se koristi predajnik na bazi klistrona.

Razvijen je vrlo stabilni sintisajzer frekvencija koji omogućuje viši nivo obrade. Zaštita od ometanja zasniva se na frekvencijskoj agilnosti i kompresiji impulsa, kao i na primeni rada pri reduciranoj snazi i ograničenom sektoru u cilju prostorne diskriminacije signala. Značajno je i korišćenje CFAR procesinga i filtriranja na bazi brze Fourierove transformacije.

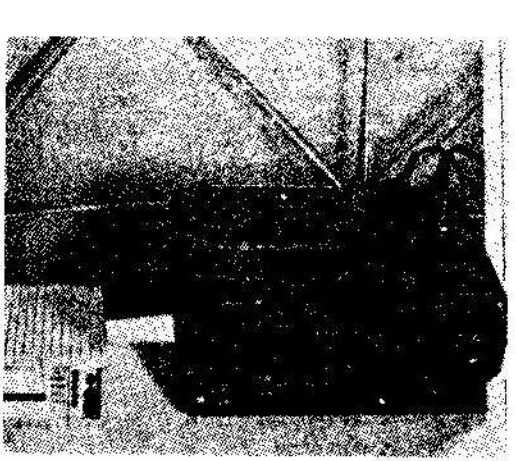


Inicijalizacija praćenja vazdušnih ciljeva vrši se automatski, dok se drugi ciljevi na kopnu i moru mogu pratiti nakon ručne inicijalizacije. Kapacitet automatskog praćenja je 64 cilja, a podaci praćenja mogu biti preneti do oruđa na brodu.

Za borbeni avion refleksne površine 2 m^2 domet radara je 215 km, ali se ovaj domet detekcije može povećati na 250 km sa dodatnim predajnim modulima.

Minijaturni vojni štampač »TEMPEST IMT 100« francuske firme SECRE[15]

Minijaturni vojni štampač TEMPEST (IMT 100), koji je razvila francuska firma SECRE (Société d'Etudes et de Constructions Electroniques) pod patronatom Direkcije za kopneno naoružanje (SEFT), namenjen je za štampanje informacija dobijenih od informacionih sistema da bi se sačuvao pismeni trag podataka. IMT 100, čija je masa 5,5 kg i dimenzije 88×198×280



Minijaturni štampač (levo) povezan sa računarom za upravljanje vatrom CADET (desno)

mm, može da se koristi na stacionarnim ili pokretnim stanicama i napaja se jednosmernom strujom od 24 V. On štampa u redovima brzinom od 100 karaktera u sekundi, alfanumerički (42 karaktera u 1 redu) ili grafički (256 poslatih tačaka u 1 redu) sa automatskim prelazom sa jednog na drugi način prepoznavanjem komandnog signala. Baza štampanja je valjak standardnog termičkog papira (30×0,1 m) koji izlazi sa prednje strane. Transmisija je asinhronog tipa (brzina 50 do 9600 boda) sa dva moguća priključka (tip RS 232 C i telegrafski tip jednosmerne struje).

TEMPEST je modularne koncepcije sa velikom pouzdanošću rada (1500 sati). Ima mogućnost permanentnog auto-testiranja za proveru ispravnosti funkcije tipa »Go — No Go« (»ide — ne ide«) sa svetlosnim i zvučnim upozoravajućim signalima i lokalizovanjem kvarova. Osim toga, pomoću svetlosnih signala indiciraju se i drugi nedostaci (odsustvo papira, pregrevanje glave štampača, prekid napajanja).

Američka galijum-arsenidska integrisana kola[16]

Američke firme VARIAN ASSOCIATES Inc. i HEWLET-PACKARD, obe iz Palo Alto, Kalifornija, zajednički su razvile proces proizvodnje galijum-arsenidskih integrisanih kola. Proces je nazvan MOMBE (engl. »metal-organic molecular beam epitaxy«). On nudi potencijal za ogromno poboljšanje u odnosu na dosadašnje proizvodne procese. Ove dve firme su nedavno fabrikovale integrisana kola sa tranzistorima sa visokom pokretljivošću elektrona (HEMT — »high-electron-mobility transistor«). U izradi ovih uzoraka korišćena je GaAs podloga proizvedena procesom MOMBE. HEMT je jedan od najbržih tranzistora, sa vrlo niskim nivoom šuma, danas u upotrebi. Ali još uvek nije postignuta ekonomičnost proizvodnje HEMT integrisanih kola. Firma »Varian« očekuje da će se, u saradnji sa američkim vojnim snagama, uskoro ostvariti ekonomičnost proizvodnje visokokvalitetnih analognih prijemnika za vojne namene, eksploatacijom MOMBE procesa.

[15] Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 91, str. 76.

[16] Prema podacima iz: DEFENSE ELECTRONICS 1989, novembar, str. 40.

Unapređenje sadržaja i forme časopisa »Vojnotehnički glasnik« i njegov plasman širem krugu čitalaca

Redovna godišnja sednica Izvršnog saveta časopisa VTG održana je 12. 03. 1991. godine. Na njoj je svestrano razmotren godišnji izveštaj o radu Redakcije časopisa u 1990, kao i aktuelna pitanja i problemi u vezi sa programskom orijentacijom, kvalitetom, formom i sadržajem časopisa, kao i tiražom, pretplatom i plasmanom. Savet je kritički razmotrio dosadašnje izdavanje časopisa i rad Redakcije, a naznačeni su i pravci razvoja i rada u narednom periodu.

U 1990. u objavljenim člancima razmotrena su različita pitanja i problemi iz tehničkog i saobraćajnog obezbeđenja, iz razvoja, konstruisanja i proizvodnje NVO, kao i oni u vezi sa definisanjem i razvojem elemenata integralnog TOb.

U toku godine u Redakciju je prispelo 64 autorska članka, objavljeno je 59, od čega je iz 1989. preneto 20 članaka, a iz 1990. u 1991. 11 članaka. Za objavljivanje nije prihvaćeno 5 članaka.

U časopisu je, pored 59 autorskih članaka iz raznih oblasti,, štampano i 36 prevoda iz inostranih časopisa i 129 crtica — naslova u rubrici »Tehničke novosti i zanimljivosti«.

Prosečni ukupni troškovi po primerku iznosili su oko 38 dinara, a njegova cena u pretplati bila je svega 5 dinara (ispod cene dnevne štampe), tako da su prihodi pokrivali samo oko 6% ukupnih rashoda.

Cena u pretplati za 1991. povećana je pet puta i iznosi 25 dinara po jednom primerku, pa će odnos prihoda i rashoda u 1991. biti nešto povoljniji.

Štampanje časopisa je veoma skupo, što u ukupnim troškovima čini oko 84%. Jedan od razloga za to je i složenost kombinovanog sloga (tekst i matematički izrazi), kao i mnoštvo ilustrativnog materijala.

Tiraž je u stalnom opadanju, tako da je sa 4.000 primeraka po broju u 1989. pao na 3.000 u 1990, dok, za sada, u 1991. iznosi 2.000 primeraka po broju.

Ovako drastično smanjenje tiraža delimično je i rezultat redukcije spiskova lica i ustanova kojima je časopis besplatno dodeljivan, shodno naređenju iz SVL br. 28/83, dok se za potrebe SRVSJ u 1991. dodeljuje samo 9 umesto dosadašnjih 600 primeraka.

Sve više je pojedinačnih pretplatnika iz jedinica i ustanova JNA, a sve manje organizovanih, grupnih, što, u stvari, navodi na zaključak da organizacija i način pretplate preko Vojnoizdavačkog i novinskog centra nisu dali dobre rezultate.

Kada je reč o autorima — saradnicima časopisa, očigledno je još uvek nedovoljno angažovanje stručnih ljudi iz Vojnotehničkih instituta sva tri vida, remontnih zavoda, preduzeća namenske industrije, uprava SSNO i jedinica tehničke službe. Upravo u navedenim strukturama časopis bi morao imati veću stručnu podršku, kako u smislu korišćenja, tako i u smislu veće afirmacije sopstvenih autorskih radova.

U obavljanju stručnih recenzija najviše su se angažovali, kao i do sada, stručni kadrovi iz CVTŠ KoV, VTI vidova, TU SSNO i nekolicina profesora sa Elektrotehničkog i Mašinskog fakulteta u Beogradu i Zagrebu.

Među autorima objavljenih članaka sve je više mladih starešina tehničke i saobraćajne službe, pa i pitomaca, što je pozitivno i taj trend treba i ubuduće održavati.

Časopis je u 1990, bez obzira na sve teškoće, izlazio redovno i u planiranom tiražu od 3.000 primeraka, što je rezultat i izuzetnih napora Redakcije, kojoj je odato i dužno priznanje, jer je održan kvalitativni i kvantitativni nivo iz prethodne godine, iako je kompletna redakcija izmenjena početkom 1990.

Članovi Saveta aktivno su učestvovali u diskusiji povodom izveštaja Redakcije o radu u 1990, a pokrenuta su i mnoga pitanja usmerena na poboljšanje sadržaja, forme i likovnog rešenja korice časopisa.

Prihvatajući izveštaj o radu Redakcije u 1990, Savet je ocenio da časopis uspešno ostvaruje svoju namenu, da je koristan za tehničku i saobraćajnu službu, pa i šire, mada se sve manje čita.

Savet je doneo i zaključke — zadatke koji se moraju realizovati u ovoj godini, od kojih su najznačajniji sledeći:

— održati kvalitativni i kvantitativni nivo časopisa;

— časopis se nedovoljno prati i čita, pa se i broj pretplatnika i tiraž smanjuje iz godine u godinu, što znači da naše starešine nedovoljno poklanjaju pažnju stručnom uzdizanju i usavršavanju; po ovom pitanju se očekuje veće angažovanje komandovanja i upravnih struktura;

— dobro organizovanim pristupom treba poboljšati pretplatu; to nije samo stvar Redakcije i odgovarajuće službe VINC-a, već i komandovanja;

— objavljene članke ubuduće treba klasificirati (naučni, stručni, pregledni ili dr.) što bi trebalo da obavljaju stručni recenzenti;

— u ovoj godini izabrati najkvalitetniji članak i najproduktivnijeg autora, što podrazumeva izradu sistema i zakonsku regulativu za izbor i nagrađivanje;

— glavni i odgovorni urednik treba da pokrene formiranje Uređivačkog odbora časopisa, koji će učestvovati u uređivanju svakog broja;

— izvideti mogućnost da se na početku svakog autorskog članka dâ kratak siže na engleskom jeziku;

— i dalje provoditi aktivnosti na poboljšanju i proširenju strukture autora članaka — radova;

— treba objavljivati inovacije koje su usvojene i od šireg interesa;

— sagledati mogućnost uvođenja marketing-reklame na kraju časopisa;

— maksimalno prezentirati iskustva iz rata u Zalivu, preuzimanjem članaka iz stranih časopisa;

— proširiti mrežu saradnika — prevodilaca, naročito sa kadrovima iz CVTŠ KoV;

— objavljivati više članaka (prevoda) iz oblasti logistike i održavanja;

— sa zatečenim zalihama časopisa postupiti po predlogu Redakcije;

— razmotriti mogućnost da pojedini brojevi budu tematski — npr. o sastanku po TOb-u, i slično;

— razmotriti mogućnost štampanja časopisa u CVTŠ KoV;

— realizovati zadatke koji su planirani za 1990, a još uvek su aktuelni, itd.

REDAKCIJA

Uputstvo saradnicima

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis JNA.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i obrazovanju pripadnika oružanih snaga.

Članak koji se dostavlja Redakciji mora biti kompletan, tj. treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru. U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni. U kratkom sadržaju — sižeu, treba izneti suštinu članka, najviše u desetak redova.

Članak treba da sadrži uvod, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim proredom). Tekst članka mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama, prema »Službenom listu SFRJ« br. 13/76. Matematičke izraze, koji se ne mogu pisati mašinom, ispisati rukom, pri čemu voditi računa o tačnom pisanju slova grčke azbuke, o velikim i malim slovima, o indeksima i eksponentima. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru, a brojčane i slovne oznake ispisati grafitnom olovkom. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane. Članak se obavezno dostavlja u dva primerka.

Spisak grafičkih priloga sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicije na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima u JNA.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro račun i opštinu banke gde je račun otvoren.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11000 Beograd, Svetozara Markovića 70, VE-1.

REDAKCIJA

NOVO NOVO NOVO NOVO NOVO NOVO NOVO NOVO NOVO

Uskoro izlazi iz štampe knjiga koju ste s nestrpljenjem čekali

KAKO OTKUPITI STAN?

Zbirka propisa o stambenom obezbeđivanju u JNA

Iz sadržaja:

— Kako doći do stana?
— Kako otkupiti vojni stan?
— Kako se određuje vrednost stana?
— Kreditom do vlastitog krova nad glavom
— Način sticanja stanarskog prava
— Mogućnost zamene stana
— Ko i pod kojim uslovom može da koristi službeni stan?
— Kako će biti organizovano održavanje stambenog fonda JNA?
— Kome, kada i s kojim dokumentima se obratiti da bi regulisali neka od navedenih prava ili mogućnosti?
— Značajne ustanove (adrese, brojevi telefona, radno vreme)...

NARUDŽBENICA

VOJNOIZDAVAČKI I NOVINSKI CENTAR, 11002 Beograd,
Svetozara Markovića 70. Žiro-račun 60823-849-2393

KAKO OTKUPITI STAN?

(Zbirka propisa o stambenom obezbeđivanju u JNA)

Ovim neopozivo naručujem(o) ..... primeraka knjige po ceni od 100,00 dinara (po primerku), plaćanje unapred.

Knjige pošaljite na adresu:

Naručilac: .....

Mesto i broj pošte: .....

Ulica i broj: .....

U ..... Naručilac:

Dana ....

Uz narudžbenicu obavezno poslati original ili kopiju uplatnice kojom je izvršena uplata odgovarajućeg iznosa prema broju naručenih primeraka knjiga, na žiro-račun: 60823-849-2393, VINC, Svetozara Markovića 70, Beograd. Narudžbenica bez priložene uplatnice neće se uvažiti.

Pravna lica naručene knjige plaćaju virmanom po prijemu računa, u zakonskom roku.

Informacije se mogu dobiti telefonom: 011/645-020, 656-122, lokali: 32-902 i 32-925.