Dr Rade Filipović,
dipl. inž.
Zajednica jugoslovenske
elektroprivrede,
Beograd

BOMBE ZA ZAMRAČIVANJE*

UDC: 621.316; 621.311

Rezime:

Za vreme agresije NATO na SR Jugoslaviju korišćene su bombe za zamračivanje, odnosno „meke“ bombe. U prvom delu članka prikazane su osobine ovih bombi i njihov uticaj na kapacitete elektroprivrede, u drugom delu daje se pregled rezultata istraživanja, uključujući hemijske, fizičke i električne karakteristike vlakana, korišćenih u novoj generaciji bombi za zamračivanje, a u trećem su prezentirani najuspešniji načini za otklanjanje vlakana i njihovo sigurno deponovanje.

Ključne reči: bombe za zamračivanje, karakteristike vlakana, novi materijali, čišćenje vlakana.

BLACKOUT BOMBS

Summary:

The paper gives a short review of the Blackout Bombs and Soft Bombs used during the NATO aggression in FR Yugoslavia. The first part deals with the general characteristics of these bombs and their effects on the capacities of power utilities. The second part gives a review on research results, including the chemical, physical and electrical characteristics of fibers, used in the new generation of blackout bombs. The last part suggests the most successful ways for cleaning an safe deposit of fibers.

Key words: blackout bombs, characteristics of fibers, new materials, cleaning of fibers.

Uvod

Jedan od posebnih ciljeva u okviru agresije NATO na našu zemlju bio je elektroenergetski sistem Savezne Republike Jugoslavije. Agresor je nekoliko puta izazvao raspad elektroenergetskog sistema i prekid ukupnog napajanja električnom energijom. Pri tome je koristio projekte specijalne namene, koji su proizvod visoke tehnologije, a do sada je ova vrsta oružja držana u strogoj tajnosti. Iako su u Iraku korišćeni projektili koji

izazivaju slične posledice, ovi koji su korišćeni u agresiji na našu zemlju su drugog sastava i primenjeni su prvi put.

Raspad elektroenergetskog sistema i potpuni prekid napajanja trebalo je, po koncepciji agresora, da predstavlja i poseban psihološki udar na stanovništvo. Vojni stručnjaci, takođe, ukazuju i na postojanje još jednog razloga. Naime, posle raspada elektroenergetskog sistema i prekida napajanja, ako se u vojnim sedištim uključuje agregati, agresor vizuelnim, laserskim i termovizijskim osmatranjem, uz pomoć špijunskih bespilotnih

* Članak je preuzet iz časopisa Elektroprivreda 2/99.

letilica, otkriva lokaciju ovih vojnih sedišta.

Velike socijalne i ekonomske posledice, u tim slučajevima, agresora nisu zanimale. Ali, ove tzv. bombe za zamračivanje nisu ostvarile svoj cilj, a posledice na humanitarnom planu su znatno redukovane, zahvaljujući neverovatnoj vitalnosti, snalažljivosti i zalaganju Elektroprivrede Srbije.

Način delovanja bombi za zamračivanje

Tehnički posmatrano, agresor bombardovanjem izbacuje provodne materijale na elektroenergetska postrojenja. Oni pri padu formiraju mrežu slučajno raspoređenih provodnih vlakana, koja pri dospeću na kritična rastojanja u odnosu na elemente postrojenja na različitim potencijalima, izazivaju zemne i međufazne kratke spojeve. U oba slučaja, kratki spoj je indirektni kratki spoj preko luka izazvanog probojnim naponom zbog nastajanja kritičnog rastojanja. Delovanje luka je praćeno jonizovanjem vazduha i intenzivnom svetlošću, a traje do isključenja postrojenja ili dalekovoda usled delovanja zaštite.

Mreža provodnih vlakana definitivno se razmešta po elementima postrojenja ili po dalekovodu i dovodi ih u stanje trajno kratkospojenih elemenata, tako da su oni onesposobljeni za rad sve dok se ne odstrane sva provodna vlakna, pa i elementarne niti od kojih su ona sačinjena.

Proizilazi da se tehnički problem rešava uklanjanjem vlakana do nivoa elementarnih niti postupcima koji ne iziskuju mnogo vremena, a garantuju bezbednost angažovanoj radnoj snazi.

Istorijat korišćenja

Sa ciljem da privremeno onesposobi elektroenergetska postrojenja u Iraku, agresor je u toku akcije „Pustinjska oluja“ koristio tzv. grafitne bombe. O ovim projektilima specijalne namene, koji su bili predviđeni za dejstvovanje na elektroenergetsku infrastrukturu, veoma se malo znalo, a ova vrsta oružja držana je u strogoj tajnosti. Projektili su bili namenjeni disperziji velike količine hemijski tretiranih grafitnih vlakana, koja, padom na transformatore i rasklopna postrojenja, izazivaju kratke spojeve. Ovi projektili dobili su naziv i „soft bomba“, pošto im je dejstvo bilo usmereno i ograničeno na ciljana elektroenergetska postrojenja.

U Iraku su korišćene kasete napunjene špulnama od grafitnih vlakana, pa se za njih odomaćio naziv „grafitna bomba“. Kao nosači kasete tada su korišćene rakete „tomahavk“. Napadi su izvršeni 18, 19. i 20. januara 1991. godine na centralu „AL Rašid“ u Južnom Bagdadu i na energetski kompleks Beji, kada je privremeno onesposobljeno 85% elektroenergetskih kapaciteta Iraka. Grafitna vlakna bila su mnogo većeg preseka od vlakana upotrebljenih u SR Jugoslaviji, pa su relativno lako uklonjena ručno uz upotrebu usisivača, bez korišćenja hemijskih sredstava. Oznaka ovog oružja je CBU-94 „Blackout Bomb“ (bomba za zamračivanje).

Napadi na elektroenergetska postrojenja u SR Jugoslaviji, od kojih je prvi bio 2. maja 1999. godine, bili su, na neki način, najavljeni. U okviru aktivnosti svog psihološkog rata, agresor je razbacivao letke sa zloslutnom najavom da „neće biti struje“. Širenjem liste ciljeva u SR Jugoslaviji i elektroenergetski sistem je unet u spisak meta.

Pošto je poučen relativno lošim iskustvom pri korišćenju grafitnih bombi, agresor je razvijao slično oružje novije generacije. Primenjeni su rezultati istraživanja najsavremenijih tehnologija, kako bi oružje namenjeno privremenom onesposobljavanju elektroenergetskog sistema bilo efikasnije.

Napad na elektroenergetska postrojenja u SR Jugoslaviji izvršen je kasetama napunjenim špulnama od provodnih vlakana u kojima nema grafita. Ova provodna vlakna su mnogo manjeg preseka, pa je otežano čišćenje energetskih postrojenja, posebno u uslovima povećanog strujanja vazduha. Kao nosač kaseta, upotrebljene su bombe izbacivane iz „nevidljivih“ bombardera F-117A STEALTH, a oznaka oružja je BLU-114/B „Soft Bomb“. Ove bombe sa elektroprovodnim materijalima agresor klasifikuje kao „Soft Bombs“, odnosno „meke“, „humane“ ili „nesmrtonosne“ bombe.

Agresor, naravno, ovde ne potencira „kolateralne“, ali teške i rizične efekte, prouzrokovane raspadom elektroenergetskog sistema. Potpuni prekid napajanja svih potrošača, uključujući bolnice, vodovod, pekare, rashladna postrojenja za hranu, saobraćaj u gradovima i, naravno, domaćinstva i sve oblike industrije, ima zaista velike posledice. Ljudi ostaju bez hitne medicinske pomoći, vode, hleba, gradskog prevoza. Uticaj ovih prekida napajanja u industriji prouzrokuje veoma različita oštećenja i ekološke efekte. Naši građani, cela nacija, tako su žrtve kompletne humanitarne katastrofe, prouzrokovane napadima ovim „humanim“ bombama na nacionalni sistem snabdevanja električnom energijom.

Karakteristike bombi korišćenih u SR Jugoslaviji

Bombe za zamračivanje, korišćene u okviru agresije NATO na SR Jugoslaviju, jesu kasetne bombe snabdevene tempiranim upaljačem sa visinomerom, koji na zadatoj visini od tla aktivira detonaciono sečivo. Ovim sečivom odseca se vrh i zadnji deo sa stabilizatorom, a telo bombe (kontejner) raseca se u tri meridijalne ravni pod uglom od 120 stepeni. Po otvaranju kontejnera, oslobođene kasete razleću se u okolni prostor. Svaka kasetna snabdevena je tempiranim upaljačem sa satnim mehanizmom, koji, posle odabranog vremena kašnjenja, odbravljuje poklopac na čelu kasete. Snažna konusna spiralna opruga izbacuje iz kasete špulne elektroprovodnih vlakana. Vlakna se razmotavaju, formirajući mrežu i padaju preko postrojenja.

Uzorke kaseta i ostataka kontejnera kasetnih bombi bačenih na razvodno postrojenje TE „Obrenovac“ analizirali su naši instituti. Na osnovu ovih analiza došlo se do konkretnih podataka o korišćenim bombama. Masa bombe je oko 304 kg, proizvedena je 1994. godine, sa garantnim rokom upotrebe do 2004. godine. U bombi se nalazi 202 kasete, sa oznakom BLU-114/B mase oko 1 kg, svaka kasetna sadrži 133 špulne mase od 2 g, dužina vlakna u špulni je do 150 m, broj monofilamenata je do 30, s tim što je njihov materijal staklena nit prečnika 6–10 mikrometara.

Rezultat hemijskih analiza pokazuje da je u pitanju vlaknasti kompozitni materijal sa vrlo specifičnim svojstvima i načinom delovanja. Stereološke analize i kvalitativne hemijske analize ukazuju na jak spoj dve kontinualne niti prečnika desetak mikrometara, pri čemu je jedna

aluminijumska, verovatno legirana veoma malim sadržajem legirajućih elemenata, a druga staklena, na bazi SiO_2 , sa učešćem faze aluminijum-oksida, kalcijum-oksida, magnezijum-oksida i natrijum-oksida. Po sastavu staklene niti to je E staklena nit, koja se najviše primenjuje u elektronici i elektrotehnici (sastava SiO_2 52–56%, Al_2O_3 12–16%, CaO 16–25%, MgO 0–5%, Na_2O 0–2% i dr.). Takva staklena nit odlikuje se dobrim električnim osobinama, visokom jačinom, zadržavanjem 75% jačine na 340°C , malom apsorpcijom vode, visokom dimenzionom stabilnošću i dobrom otpornošću na mnoge kiseline, rastvarače, svetlost i dr. Ona je izuzetno pravilnog oblika i ravnomernog, mada promenljivog prečnika u različitim nitima od 6 do 15 mikrometara, dok je aluminijumska nit rapava i neravnomernog prečnika oko 6–10 mikrometara. Kontakt između njih je relativno dobar, a međupovršina sadrži znatnu poroznost, pa se može zaključiti da je u pitanju čisto fizički kontakt nastao, verovatno, mehaničkim spajanjem prethodno dobijenih niti. To će biti predmet daljih analiza, radi razjašnjavanja postupka njihovog dobijanja. Postojanje prekida kontinuiteta niti nije primećeno. Par koji čini aluminijumska i staklena nit,

Sl. 1 – Mikrostrukturalna površina vlakana

Sl. 2 – Mikrostrukturalna površina dve niti u vlaknu

ugrađen je u vlakna koja su prečnika nekoliko stotina mikrometara. Rezultati ispitivanja prikazani su na slikama 1, 2, i 3.

Sve to ukazuje na to da prisustvo grafita nije utvrđeno, pa ne treba upotrebljavati naziv „grafitna bomba“, koji se odnosi samo na prvu generaciju ovakvih oružja korišćenih u Iraku. Inače, niti vlakana izrađene su od samogasivih materijala i ne pomažu pojavu požara i eksplozija.

Ispitivanja fizičkih karakteristika vlakana pokazala su da je sila kidanja u granicama od 1 do 1,3 N (od 0,1 do 0,13 kg). Ova sila kidanja je dovoljno velika da ne dođe do kidanja vlakana usled sopstvene težine. Sa druge strane, sila kidanja je dovoljno mala da se mreža

Sl. 3 – Kvalitativan hemijski sastav u dve različite razmere

vlakana relativno lako može kidati i uklanjati iz postrojenja ili sa dalekovoda.

Posebno su značajni rezultati ispitivanja električnih karakteristika vlakana, pošto je samo vlakno uzročnik nastajanja svih problema. Kako su vlakna u elektroenergetskom postrojenju izložena naizmjeničnom naponu, sva ispitivanja su vršena pri naizmjeničnom naponu na jednom vlaknu. Ova ispitivanja obuhvatila su merenja struje pri kojima vlakno pregoreva. Korišćen je slučajan uzorak vlakana jedinične dužine od 1 m, vlakno je zatezano u stege namenskog uređaja za merenje električnog otpora žice, a za merenje su korišćeni instrumenti klase tačnosti 0,5. Rezultati merenja za deset epruveta pokazali su da je najmanja struja pregorevanja 0,42 A. Zatim je zaključeno da će, pri struji od oko 50% najmanje dobijene struje pregorevanja biti zanemarljiv uticaj temperature vlakna na vrednost njegovog električnog otpora, pa je električni otpor vlakna određen pri podešenoj vrednosti struje od 0,2 A i merenjem pada napona na epruveti dužine 1 m. Rezultati merenja za deset epruveta iz iste špulne ukazuju na to da se otpori naizmjeničnoj struji znatno razlikuju (do 30%), što se može objasniti nejednakim presekom provodnog materijala, odnosno aluminijuma. Uticaj nejednačenosti preseka manji je na većim dužinama, tako da se na dužinama faznih i međufaznih rastojanja može govoriti o galvanskim spojevima skoro ujednačenog električnog otpora. To objašnjava i zašto se proizvođač vlakna nije trudio da aluminijumska komponenta bude strogo određenog preseka po celoj dužini.

Radi daljih ispitivanja pregorevanja napon je podizan stupnjevito (u intervalima po 2 V). Zaključeno je da se povećanjem napona povećava i struja koja

zagreva aluminijum, te se vlakno prvo isteže zbog izduženja aluminijuma. U daljem toku na vlaknu (na jednom ili više mesta) počinje žarenje koje prelazi u crveno usijanje, da bi konačno nastao prekid provodnog materijala i struja opala na 0 A. Prva pregorevanja vlakna dužine 1 m nastajala su pri naponima manjim od 35 V/m.

Ispitivanja su obavljena i u visokona-ponskoj laboratoriji sa komadima vlakna dužine 5 i 10 cm. Dve lančane jedinice (porcelanska i staklena) prekrivene su po gornjoj površini komadima vlakana i svaka jedinica je izložena naizmjeničnom naponu, koji je postepeno podizan do preskoka. Preskok je nastajao već iznad 60 kV (na čistoj jedinici preskok nastaje na oko 80 kV) i izazivao topljenje aluminijumske niti, a otopina je ostala na površini lančane jedinice na mestu gde je vlakno bilo postavljeno. Pri skidanju otopine ona se lako otklanja mehanički sa površine staklene lančane jedinice, dok je njeno skidanje sa porcelanske jedinice veoma teško. Uticaj ove otopine, koja ostaje na površini lančane jedinice, dalje će se ispitivati u odgovarajućim laboratorijama visokog napona.

Po električnim karakteristikama može se zaključiti da se materijali, upotrebljeni za privremeno onesposobljavanje elektroenergetskih postrojenja pri agresiji NATO, svrstavaju u provodne materijale. Uticaj aluminijumskih otopina na izolacione materijale potrebno je dalje istražiti.

Rešavanje tehničkog problema otklanjanjem provodnog materijala

Niz istraživanja, radi iznalaženja najefikasnijih postupaka za uklanjanje elektroprovodnih vlakana, uključilo je pri-

menu rastvora natrijumhidroksida i vodenog stakla. Takođe, u ovim opitima radilo se na različitim terenima i tretirani su različiti elementi elektroenergetskih postrojenja. Na osnovu rezultata istraživanja doneti su zaključci, koji upućuju na najefikasnije načine otklanjanja vlakana.

Apsolutna prednost daje se mehaničkim postupcima, uz primenu prikladnih alata i eventualno usisavača.

Korišćenje hemijskih sredstava za eliminisanje provodne komponente, odnosno aluminijuma, ne preporučuje se iz tri razloga: štetno delovanje hemijskih sredstava na materijale u postrojenju je nepoznato, produžava se vreme osposobljavanja postrojenja, jer se prvo deluje hemijskim putem, a tek posle toga se mehanički odstranjuju ostaci, a sa ostatkom koji je hemijski tretiran dolaze u kontakt ljudi koji ih mehanički uklanjaju.

Sav provodni materijal, koji je mehanički skinut sa postrojenja, treba pažljivo prikupiti i deponovati tako da ne može da se povрати u prostor postrojenja (preporučuje se zatvoreno deponovanje da stakleno-aluminijumske niti ne ugroze zdravlje ljudi i stočnog fonda kroz udisanje ili preko hrane). Nije svrsishodno uništavanje aluminijumske komponente hemijskim putem pre deponovanja, jer se opasnost od niti ne uklanja u potpunosti, pošto staklene niti ostaju neuništene.

Ostaci provodnog materijala, koji se sa tla postrojenja ne može prikupiti, a sastoje se od malih niti dužine od nekoliko santimetara, realno ne mogu izazvati ponovno isključenje postrojenja, osim ako ne dospeju u komandne ormarije prekidača i rastavljača. Za svaku sigurnost, preporučuje se ili uništavanje njihove provodnosti ili njihovo vezivanje za tlo postrojenja. Uništavanje provodnosti može se postići razgrađivanjem alumini-

jumske komponente prskanjem zemljišta sa 5-to postotnim rastvorom natrijumhidroksida. Prema prvim iskustvima, to se može ostvariti sa količinom od maksimalno 0,5 l/m². Procenjuje se da je za potpunu regeneraciju zemljišta potrebno oko godinu dana. Sa druge strane, privremeno vezivanje ovih ostataka za tlo može se realizovati rastvorom „vodenog stakla“, ali je možda prihvatljivije da se ono izvrši emulzijom skroba (brašna), što je jednostavnije, s tim što predstoji dokazivanje efikasnosti ove metode.

Opasnost po zdravlje

Pošto je aluminijum toksičan materijal kojem su ljudi često izloženi, najčešće se koriste podaci dobijeni medicinskim ispitivanjima kojima su podvrgnuti radnici u industriji aluminijuma. Osnovna respiratorna bolest je astma, a zapaženi su simptomi bronhitisa i hronične obstruktivne bolesti. U ovakvim stanjima pušenje daje aditivni efekat. Zaštita radnika je lakša kada su u pitanju aluminijumska vlakna, s tim što se sitnije čestice dobijaju lomljenjem vlakana pri njihovom skidanju sa elektroinstalacija. Medicinska ispitivanja radnika u industriji aluminijuma i proizvodnji aluminijumskih konzervi ukazuju na brojne imunološke poremećaje i povećanje simptoma neuroloških bolesti. Nadalje, istraživanja vezana za prisustvo aluminijuma u pijaćoj vodi, za korišćenje aluminijumskih injekcionih igli i za terapiju aluminijumskom solju, ukazuju na različita štetna dejstva aluminijuma.

Što se tiče štetnog uticaja silicijuma, istraživanja vezana za praćenje zdravlja industrijskih radnika u livnicama, kame-nolomima i sl. manifestacije su brojne na respiratornim organima. Silicijum ima

posebno štetno delovanje na ćelijskom nivou (uticaj na faktor rasta), a utiče na stvaranje predispozicije i za druge bolesti, pa je neophodno korišćenje osnovne HTZ opreme.

U celini gledano, kada su u pitanju vlakna primenjena u bombama za zamračivanje, može se zaključiti da provodni materijal nije otrovan i nije radioaktivan. Međutim, pri degradaciji niti nastaju produkti opasni za disajne organe, oči i kožu (efekat „staklene vune“). Treba izbegavati hranu iz samog kontaminiranog prostora, kako za ljude tako i za stoku. Kod osoblja angažovanog na otklanjanju provodnih materijala preporučuje se obavezna periodična kontrola zdravlja u najbližim zdravstvenim ustanovama.

Zaključak

Sva dosadašnja istraživanja bila su prvenstveno usmerena na potpunije upoznavanje sredstava za privremeno onesposobljavanje elektroenergetskih postrojenja korišćenih u agresiji NATO na SR Jugoslaviju, kao i na što brže eliminisanje, odnosno otklanjanje njihovog delovanja. Predstoji dalje istraživanje, kako dugoročnih efekata na postrojenjima (posebno uticaj otopina aluminijuma na izolatorima), tako i uticaja na životnu sredinu u najširem smislu.

Bombe za zamračivanje izazvale su onesposobljavanje elektroenergetskog si-

stema. Međutim, NATO agresor, i pored delovanja ovim bombama na elektroenergetska postrojenja, u više navrata, delovao je kasnije i razornim projektilima, kako bi posledice bile veće, a vreme otklanjanja kvarova mnogo duže i skuplje. U oba slučaja, i kada su bila u pitanju dejstva usmerena na privremeno onesposobljavanje, a i pri korišćenju razornih projektila, odabrane su mete koje su od vitalnog značaja za elektroenergetski sistem.

Rezultati razvoja novih vrhunskih tehnologija, umesto za razvoj i blagostanje, primenjeni su prvi put protiv nas, sa ciljem da izazovu raspad ukupnog nacionalnog elektroenergetskog sistema i psihološki šok kod stanovništva. I pored brojnih međunarodnih konvencija koje se odnose kako na elektroenergetski sistem, tako i na humanitarna pitanja, a čiji su potpisnici i zemlje koje su razvile i primenile bombe za zamračivanje, agresor je pri izboru ciljeva i načina dejstvovanja potpuno ignorisao međunarodno pravo. Tokovi evropske integracije u sektoru energetike, odgovarajuća zakonska infrastruktura i nadležne institucije treba da posvete pažnju ovom tragičnom iskustvu u SR Jugoslaviji, kako bi se u budućnosti sprečile eventualne slične pojave.

Literatura:

- [1] Elaborat Održavanje elektroenergetskih postrojenja u ratnim uslovima, Beograd, 1999.