

POBOLJŠANJE MODELA TEHNOLOGIJE SREDNJEG NIVOVA ODRŽAVANJA RADIO-RELEJNIH UREĐAJA

Vojkan M. Radonjić^a, Slobodan R. Đukić^b,
Danko M. Jovanović^c, Milenko P. Čirić^a

^a Tehnički remontni zavod Čačak,
e-mail: vojkan.r69@gmail.com; ciric.milenko4@gmail.com

^b Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka Čačak,
e-mail: slobodan.djukic@ftn.kg.ac.rs;

^c Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija,
e-mail: danko.jovanovic17@gmail.com

DOI: 10.5937/vojtehg63-7378

OBLAST: logistika
VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak
JEZIK ČLANKA: srpski

Sažetak:

U radu su sprovedena istraživanja načina poboljšanja tehnologije srednjeg nivoa održavanja radio-relejnih uređaja. Poboljšani model tehnologije održavanja biće primenjen u praksi tokom korektivnog održavanja radio-relejnih uređaja. Rezultati dobijeni tokom primene predloženog modela poslužiće za donošenje zaključaka o uspešnosti primene definisanog modela tehnologije održavanja.

Ključne reči: *tehnologija, model, održavanje.*

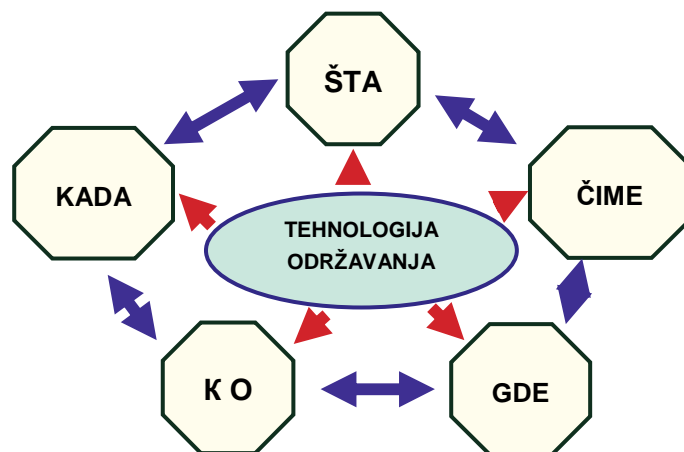
Uvod

U sprovedenim istraživanjima unapređuje se model tehnologije preventivnog i korektivnog održavanja jedne vrste digitalnih radio-relejnih uređaja (RRU) koji su u upotrebi u jedinicama Vojske Srbije (VS). S obzirom na to da su tehnološke operacije preventivnog održavanja sadržane u tehnologiji korektivnog održavanja, a kako je tehnologija korektivnog održavanje složenija, u istraživanjima je težište na poboljšanju modela tehnologije koji se odnosi na korektivno održavanje. Model tehnologije realizovao bi se kod nosioca srednjeg nivoa održavanja u jedinicama VS – logističkim bataljonima. Logistički bataljoni su po pitanju tehničkog održavanja prvi kontakt sa neposrednim korisnicima RRU. Upravo zbog toga poboljšani model tehnologije treba da omogući logističkim bataljonima brzo i uspešno korektivno održavanje uređaja, kako bi se postigla veća raspoloživost i pouzdan rad RRU.

Tehnologija održavanja

Tehnologija održavanja tehničkih sistema predstavlja skup organizaciono-tehničkih mera i aktivnosti koje se moraju sprovesti radi osiguranja njihove gotovosti na određenom nivou uz određenu cenu (Adamović, 2008).

Tehnologija održavanja u užem smislu ima svoj puni smisao samo ako se odnosi na konkretan tip sistema ili tehničkog sredstva. Tehnologija održavanja predstavlja organizaciono-tehnička rešenja koja daju jasne odgovore na pitanja: ŠTA, KADA, KO, ČIME i GDE vrši održavanje nekog tehničkog sredstva (slika 1).



Slika 1 – Tehnologija održavanja tehničkih sistema
 Figure 1 – Technology of the maintenance of technical systems
 Рис 1. – Технология поддержки технических систем

Davanjem odgovora na navedena tehnološka pitanja vrši se poboljšanje modela tehnologije srednjeg nivoa održavanja radio-relejnih uređaja (RRU) u Vojski Srbije. Model tehnološkog postupka srednjeg nivoa održavanja RRU sadržeće eksplicitne odgovore na navedena tehnološka pitanja.

Model tehnologije srednjeg nivoa održavanja

Tehnologija održavanja nekog tehničkog sredstva zavisi isključivo od *konstruktivnih i tehničkih karakteristika* tog sredstva. U nastavku istraživanja biće prikazane karakteristike RRU GRC 408E (Radonjić, i dr., 2013b, str.465-470).

Karakteristike RRU GRC 408E sa aspekta održavanja

Radio-relejni uređaj familije GRC 408E je digitalni višekanalni radio-relejni uređaj. Izrađen je na bazi savremenih tehnologija, elektronike, telekomunikacija i informatike. Proizvodi ga firma *Elbit System Land and C4I-TADIRAN* iz Izraela i po konceptu i tehnologiji izrade spada u najsavremenije uređaje ove vrste u svetu (www.tadcomm.com).

Namena i opis uređaja prikazani su u literaturi (Generalštab Vojske Srbije, Uprava za telekomunikacije i informatiku, 2011).

Sastavni moduli uređaja su:

- A25A2 – modul jednosmernog napajanja,
- A25A12 – modul naizmjeničnog napajanja,
- A25A3 – modul displeja,
- A14 – centralna procesorska jedinica,
- A13 – modul službenog kanala EOW,
- A11 – modul interfejs i modem,
- A1 – modul prijemnika,
- A18 – modul predajnika,
- A19 – modul RF filtra,
- A21 – modul monitora snage,
- A24A4 – modul pojačavača snage.

Upravljanje radom svih modula ostvaruje se preko centralne procesorske jedinice modula A14.

Pretpostavke modela tehnologije održavanja

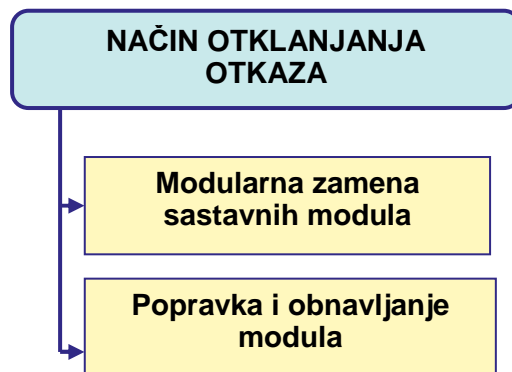
Uvažavajući navedena tehnološka pitanja, tehnologija održavanja RRU definiše se u odnosu na konstruktivne i tehničke karakteristike RRU, opremu za održavanje i obučeni kadar za održavanje. Tehnološke operacije, kao elementi tehnologije održavanja, sadrže potrebne radnje iz domena preventivnog i korektivnog održavanja uređaja. U odnosu na konstruktivne karakteristike uređaja preventivno održavanje se realizuje samotestiranjem uređaja, čime se vrše neophodna dijagnostička merenja bitnih parametara uređaja. Čestom i pravovremenom kontrolom parametara obezbeđuje se pouzdan rad uređaja.

U odnosu na prateću opremu za održavanje, na srednjem nivou održavanja, preventivno i korektivno održavanje baziraju se na automatskom mernom mestu, tj. TEST stanici koja meri sve bitne parametre uređaja.

U pogledu načina otklanjanja otkaza uređaja, načelno postoje dve mogućnosti realizacije korektivnog održavanja (slika 2), (Muždeka, 1981).

U istraživanjima će se pretpostaviti da se korektivno održavanje na srednjem nivou održavanja realizuje modularnom zamenom sastavnih modula, radi bržeg dovođenja uređaja u ispravno stanje. To je u skladu

sa opremom i obučanim kadrom kojim raspolaže ovaj nivo održavanja. Neispravni sastavni moduli uređaja šalju se na viši nivo održavanja radi opravke na nivou komponente. Nakon opravke moduli se vraćaju nazad realizatoru tehnologije srednjeg nivoa održavanja na dalje korišćenje.



Slika 2 – Način otklanjanja otkaza
 Figure 2 – Corrective actions for a failure
 Рис. 2 – Метод устранения сбоя

U sprovedenim istraživanjima (Radonjić, i dr., 2013, str.471-476), (Radonjić, i dr., 2014, str.824-829) pokazano je da se, zbog konstruktivnih karakteristika pojedinih modula, ceo RRU mora poslati na najviši nivo korektivnog održavanja. Modelom tehnologije srednjeg nivoa održavanja nije moguće realizovati korektivno održavanje RRU u slučaju neispravnosti modula: A19- modul RF filtra i A21 – modul monitora snage, zbog konstruktivnih karakteristika modula. Zbog specifičnih konstruktivnih karakteristika navedenih modula i neophodnih specijalnih alata za demontažu i kasnije za podešavanje, RRU se šalje na viši nivo održavanja.

Model tehnologije korektivnog održavanja RRU iziskuje da na ovom nivou održavanja (u logističkim bataljonima) postoji određena rezerva sastavnih modula, kako bi se održavanje moglo realizovati.

U istraživanjima je pretpostavljeno da srednji nivo održavanja, bilo preventivnog ili korektivnog karaktera, realizuju logistički bataljoni Vojske Srbije. Oni su teritorijalno raspoređeni tako da su najbliži neposrednim korisnicima sredstava. Zbog toga su istraživanja u radu usmerena na srednji nivo održavanja, čiji izvršioци svojim znanjem i sposobnostima direktno utiču na raspoloživost RRU. Zbog svoje teritorijalne blizine nosioci srednjeg nivoa održavanja (logistički bataljoni) predstavljaju prvi kontakt sa neposrednim korisnikom sredstava po pitanju tehničkog održavanja. Na taj način od njih zavisi brzina primene korektivnog održavanja, čijom efikasnošću se postiže visok nivo gotovosti. Kako bi se postigla veća efikasnost održavanja RRU, u nadležnosti srednjeg nivoa održavanja, ovim

istraživanjima doprineće se stvaranju efikasnog modela tehnologije koji obezbeđuje, pored ostalog, kvalitetno preventivno i korektivno održavanje (Radonjić, i dr., 2014, str.824-829).

Model tehnologije održavanja

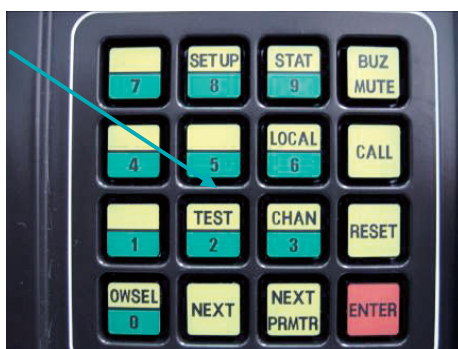
Model tehnologije srednjeg nivoa održavanja **zasnovan je** na merenjima bitnih parametara RRU, čijim se poređenjem sa referentnim vrednostima vrši defekcija ispravnosti uređaja i sastavnih modula. Takođe, na osnovu rezultata merenja, primenom algoritma za defekciju ispravnosti modula, uspešno se defektira i locira neispravan modul.

Merenje bitnih parametara signala realizuje se na dva načina. Prvi se realizuje metodom samotestiranja uređaja sa fabrički ugrađenim softverom za merenje i defekciju ispravnosti modula, tzv. samotestiranjem. Drugi način je priključenje RRU na automatsko merno mesto, na kojem se meri oko 150 različitih parametara uređaja.

Merenje parametara uređaja metodom samotestiranja

Deo modela tehnologije srednjeg nivoa održavanja, odnosno tehnološke operacije koje obuhvataju merenje parametara uređaja metodom samotestiranja, sastavni su deo modela tehnologije najnižeg nivoa održavanja.

Samotestiranje je jedna od softverskih aplikacija koju realizuje procesor uređaja, odnosno modul A14- CPU. Realizuje se aktiviranjem odgovarajuće naredbe na tastaturi prednje ploče RRU. Naredba ima oznaku „TEST”, kao što je prikazano na slici 3.



Slika 3 – Tastatura uređaja sa komandama
Figure 3 – The device keypad with controls
Рис. 3 – Клавишное устройство управления

Samotestiranje predstavlja softversko detektovanje funkcionalne ispravnosti pojedinih modula u uređaju, čiji je krajnji cilj dijagnostika stanja ispravnosti uređaja. Pri samotestiranju softverski program defektuje da li svaki modul izvršava svoju funkciju, na osnovu naredbe koju dostavlja modul CPU. Pri tome, modul CPU ne analizira kvalitet obavljene naredbe, što postupak samotestiranja svrstava u prost alat za dijagnostiku stanja ispravnosti uređaja. Svakako da dobijeni rezultati samotestiranja daju opštu sliku ispravnosti uređaja i bližu lokaciju eventualno neispravnog modula.

Postoje četiri oblika samotestiranja, a njihov izbor vrši se odgovarajućom naredbom koja je ponuđena kroz korisničku aplikaciju, aktiviranjem naredbe za početak samotestiranja. Oblici testa jesu (slika 4):

- SETUP PARAMETER TEST,
- FIXED PARAMETER TEST,
- LOOP SELECTION i
- FRONT PANEL TEST.

Parametri uređaja koji se mere metodom samotestiranja su: nivo prijemnog signala, BER greška u prijemu signala, nivo predajnog signala, odnos aktivne i reflektovane snage, naponi napajanja modula, spoljni izvori napajanja, predajna i prijemna frekvencija, vrsta modulacije, vrsta interfejsa, bitska brzina, mrežne adrese i dr.



Slika 4 – Oblici testova za dijagnostiku uređaja
 Figure 4 – Forms of tests for the device diagnostics
 Рис. 4 – Тесты по диагностике устройства

Realizacijom navedenih tehnoloških operacija realizuje se početni deo modela tehnologije srednjeg nivoa održavanja, koji praktično predstavlja automatizovanu defektaciju ispravnosti RRU u sklopljenom stanju.

Merenje parametara uređaja TEST stanicom

Složenijim tehnološkim zahvatima na uređaju, koje realizuje stručno osposobljeni kadar logističkih bataljona, pomera se tehnološka granica održavanja i stvaraju uslovi za proširenje tehnološke dubine radova na RRU. Za razliku od modela najnižeg nivoa održavanja (gde se radovi realizuju kada je RRU u sklopljenom stanju), model tehnologije srednjeg nivoa održavanja je složeniji u smislu da tehnološke operacije obuhvataju i rasklapanje RRU do nivoa sastavnih modula i zamenu samih modula.

Tehnološke operacije defektacije u sklopljenom stanju, defektacije sa TEST stanicom i završna ispitivanja sa test stanicom, u pretpostavljenom modelu tehnologije srednjeg nivoa održavanja su iste, kako za vid *preventivnog*, tako i za vid *korektivnog* održavanja, s tim da model tehnologije korektivnog održavanja ide dalje u smislu da se vrši demontaža RRU i zamena neispravnih sastavnih modula, osim modula A19 i A21.

TEST stanica predstavlja integrisan i softverski upravljani rad specijalnim mernim instrumentima. Instrumenti omogućuju detaljna merenja pojedinih signala unutar uređaja pomoću kojih međusobno komuniciraju moduli i realizuju svoju osnovnu namenu. Na osnovu dobijenih rezultata merenja mogu se doneti kvalitetni zaključci o tome koji je modul neispravan ili koji je modul potencijalni uzročnik neispravnosti RRU.

TEST stanica predstavlja automatsko merno mesto. Izgled stanice prikazan je na slici 5, a upravljanje radom instrumenata objašnjen je u literaturi (Adamović, 1998), (Radonjić, Ćirić, 2012, str.117-132).



Slika 5 – Prikaz test stanice
Figure 5 – Display of the
TEST station
Рис. 5 – Тестовая станция

TEST stanicu čine: grupa instrumenata smeštena u REK ormaru, referentni RRU GRC 408E, ispitivani RRU GRC 408E, računar sa softverom za upravljanje radom instrumenata i štampačem, prateći pribor (kablovi, atenuatori, adapteri). Merni instrumenti koji se koriste u TEST stanici su: merač RF snage *Agilent E4418B*, merač RF snage *Boonton 4231A*, analizator SONET/SDH/PDH/ATM *Anritsu MP1570A/A1*, digitalni multimeter *Agilent 34401A*, brojač frekvencije *Agilent 53131A*, analizator digitalnog prenosa *Anritsu MD6420A*, generator impulsa *KEITHLEY 3390*, tester audio signala *Audio Precision ATS-1*, test adapter *FINAL TEST FIXTURE for GRC-408E-GRC-408E\34*, izvor napona napajanja *TDK-LAMBDA*.

Dobijeni rezultati merenja koriste se za dve najvažnije tehnološke operacije modela tehnologije: defektaciju i završna merenja i ispitivanja. Tehnološka procedura rada i merenja parametara sa TEST stanicom objašnjen je u radu (Radonjić, Jovanović, 2012, str.383-388).

Kompletno merenje parametara sa TEST stanicom traje oko 60 minuta. Pri tome navedeni instrumenti izmere oko 150 parametara bitnih za analizu funkcionalne ispravnosti RRU. Deo rezultata merenja test stanicom prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1 – Prikaz dela rezultata dijagnostičkih merenja RRU
Table 1 – Display of the results of diagnostic measurements for an RRD
Таблица 1 – Отображение РРУ

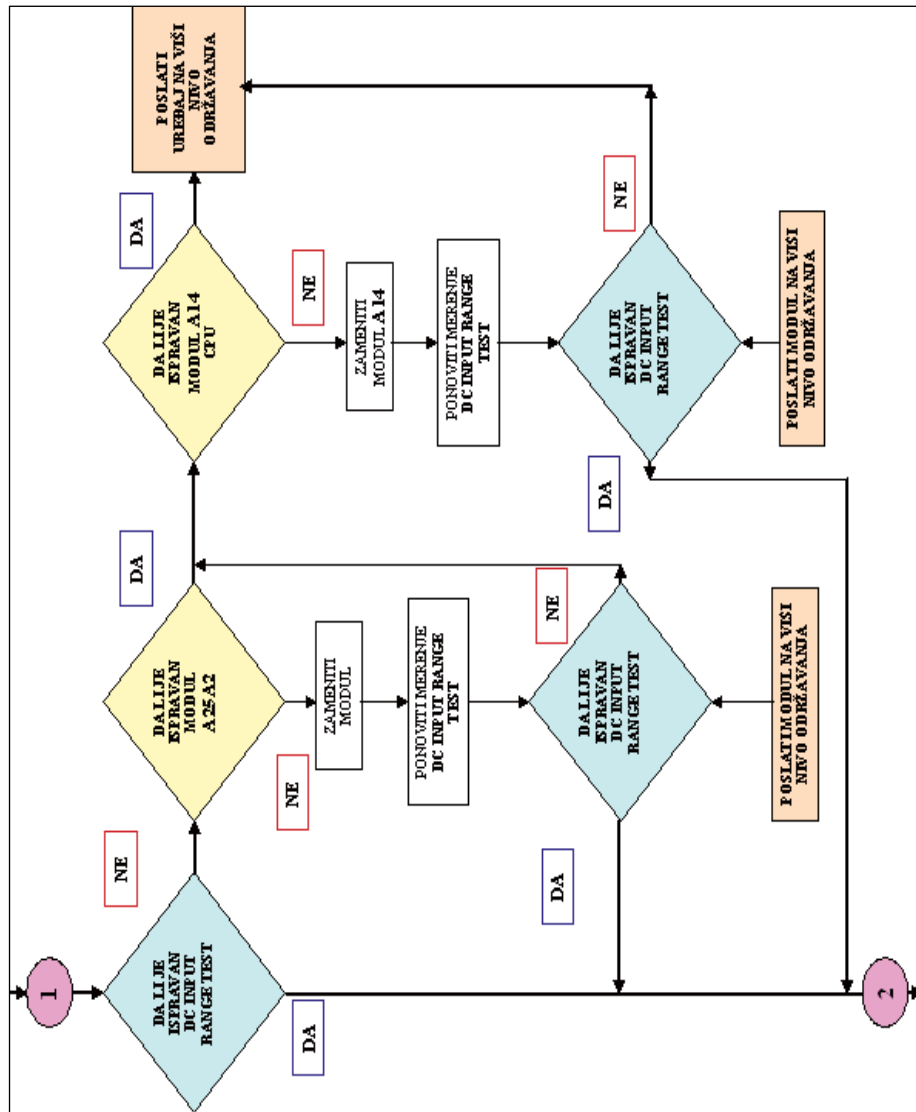
*** GROUP-A FULL TEST REPORT ***						
UUT NAME:	GRC-408 L BAND AMI	TEST DATE:	15/01/2014			
CATALOG NO,	21120912500 AMI	TEST TIME:	10:15:21			
SERIAL NO,	001267					
OPERATOR:	Radonjić Vojkan	TEST DURATION:	00:59:55			
STATUS:	PASS	TESTED BY:	_____			
001	Calling TEST					
Freq/Funkcion	Param	Low Limit	High Limit	Units	Results	F
1700.000 Ref toUnt	E1	PASS	PASS		PASS	
1700.000 Ref toUnt		PASS	PASS		PASS	
002	DC Input Range Test					
Freq/Funkcion	Param	Low Limit	High Limit	Units	Results	F
1700.000 QPSK	20.0V E1	10E-5	0	ERR	0	
	30.0V E1	10E-5	0	ERR	0	
003	Pover Consumption Test (DC Operation)					
Freq/Funkcion	Param	Low Limit	High Limit	Units	Results	F
1350.00	TX HIGH E1	80.00	165.0	Watt	146.60	
1850.00		80.00	165.0	Watt	129.76	
2690.00		80.00	165.0	Watt	144.00	
004	AC DC Switch Over Test					
Freq/Funkcion	Param	Low Limit	High Limit	Units	Results	F
1700.00	E1	0	0	ERR	0	

TEST stanicom mere se parametri za 11 različitih funkcija, i to:

- 1 – Provera poziva između referentnog i ispitivanog RRU (**Calling TEST**) – 001,
- 2 – Ispitivanje opsega jednosmernog napona (**DC Input Range Test**) – 002,
- 3 – Merenje potrošnje uređaja (**Power Consumption Test (DC Operation)**) – 003,
- 4 – Provera prebacivanja izvora napajanja RRU (**AC DC Switch Over Test**) – 004,
- 5 – Merenje osetljivosti prijemnika za 16QAM modulaciju (**Sensitivity 16QAM Modem Test**) – 005,
- 6 – Merenje osetljivosti prijemnika za QPSK modulaciju (**Sensitivity QPSK Modem Test**) – 006,
- 7 – (**Service Channel Level and SINAD Test**) – 007
- 8 – Merenje izlazne RF snage za QPSK modulaciju (**Pover + Freg Accuracy (Modem QPSK) Test**) – 008,
- 9 – Merenje izlazne RF snage za 16 QAM modulaciju (**TX Power (Modem 16QAM) Test**) – 009,
- 10 – EOW (**EOW Order Wire Test**) – 010,
- 11 – Emergency test (**Emergency Test**) – 011.

Na osnovu navedenih funkcija i referentnih vrednosti merenih parametara RRU oformljen je model algoritma za defekciju ispravnosti sastavnih modula. Na slici 6 prikazan je jedan deo algoritma defekcije ispravnosti RRU, od mogućih 11 funkcija uređaja koja se ispituju poboljšanim modelom tehnologije. Prikazano je ispitivanje funkcije opsega jednosmernog napona (**DC Input Range Test**) – 002. To je u nizu druga funkcija uređaja koja se ispituje predloženim modelom algoritma defekcije. Sa slike 6 se vidi da postoji opcija da su ispravni moduli A25A2 i A14, a da uređaj na kraju merenja ne zadovoljava postavljene zahteve. To je slučaj kada se ceo uređaj šalje na viši nivo održavanja, radi realizacije korektivnog održavanja.

Model algoritma defekcije ispravnosti RRU omogućuje izvršiocu tehničkog održavanja lakši rad i precizno ga usmerava kako bi na osnovu dobijenih rezultata merenja test stanicom tačno locirao neispravan modul ili modul koji je potencijalni uzročnik neispravnosti RRU. Predloženi model algoritma defekcije ispravnosti RRU predstavlja doprinos lakšem i efikasnijem održavanju RRU.



Slika 6 – Primer modela algoritma defektacije ispravnosti RRU
 Figure 6 – An example of the algorithm for detecting the functionality of an RRD
 Рис.6 – Пример модели алгоритма для определения состояния РРУ

Model tehnološkog postupka srednjeg nivoa održavanja

Model tehnološkog postupka srednjeg nivoa održavanja koji bi se realizovao na lokaciji logističkih bataljona VS prikazan je na slici 7.

Vojska Srbije	logistički batalion	TEHNOLOŠKA DOKUMENTACIJA		Strana: 1
Ident. br.	Normativni broj	Broj radnog naloga	NAZIV TEHNIČKOG SREDSVA	Uk. strana: 2
	3210-1083-2986	34128	Radio-relejni uređaj GRC 408E	Steper opravke SR
Referentni dokumenti		Mesto rada	Radio-relejni uređaj GRC 408E	Serijski broj
- Tehničko uputstvo - TU,		Radionica za RRU i UNF		001 265
- Fabrička dokumentacija - FD,				
Red. br.	Šifra tehnološke operacije	Mesto rada Radni centar	OPIS TEHNOLOŠKE OPERACIJE	Referen. dokum.
1	10201	712 274	Doprema RRU na radno mesto	TU
2	10201	712 274	Provera kompletnosti RRU, pribora i antenskog kompleta u odnosu na tehničku knjizicu	TU
3	10301	712 274	Čišćenje RRU, pribora i antenskog kompleta i vizuelni pregled uređaja	TU
4	10302	712 274	Vizuelna provera ispravnosti displeja i tastature	TU
5	10302	712 274	Provera pripremnosti konektora i preklapanika na prednjoj ploči	TU
6	40210	712 363	Provera ispravnosti zaštitne boje i otklanjanje posledica korozije na kućištu uređaja	SNO
7	10302	712 274	Provera ispravnosti kablova, omaska provera kablova	TU
			Sredstva zarad	Vreme realizacije
				Vreme pripreme

ČIME

ŠTA I KADA

GDE

KO

8	10501	712 362	Provera ispravnosti delova antenskog stuba	TU	Vizuelno	
9	10302	712 274	Defekcija uređaja u sklopljenom stanju i ispitivanje ispravnosti rada RRU metodom sanotestiranja po tehnološkoj proceduri propisanoj na strani 6 ovog rada	FD	GRC 408E	
10	70201	712 274	Sagledavanje i analiza izmerenih parametara i analiza potencijalnih uzroka neispravnosti	FD	Metodološki i analizom	
11	10302	712 274	Defekcija uređaja u sklopljenom stanju i ispitivanje ispravnosti rada RRU pomoću TEST stanice po tehnološkoj proceduri propisanoj na strani 8 ovog rada	FD	Test stanica	
12	10302	712 274	Štampanje rezultata dobijenih završnim merenjem pomoću TEST stanice	FD	Računar i šampač	
13	70201	712 274	Analiza rezultata merenja TEST stanicom i metodom sanotestiranja radi defekcije neispravnih modula RRU, prema pretpostavljenom modelu algoritma defekcije ispravnosti RRU sa slike 6 ovog rada	FD	Metodološki i analizom	
14	10303	712 274	Zamena neispravnih modula prema pretpostavljenom modelu algoritma defekcije	FD	Ručno	
15	10303	712 274	Zamena potrošnog materijala	FD	Tk-06-101M	
16	70201	712 274	Završno ispitivanje RRU TEST stanicom prema tehnološkoj proceduri propisanoj na strani 8 ovog rada	FD	Test stanica	
17	70201	712 274	Štampanje dobijenih rezultata TEST stanicom i formiranje kontrolno-anemne liste završnih merenja	FD	Računar i šampač	
18	10324	712 274	Unos predviđenih podataka u tehničku knjizicu RRU	FD	Ručno	
19	70301	712 274	Završna predaja RRU kontroloru – starišni koji kontrolise tehničku ispravnost RRU	FD	Ručno	
20	70301	712 274	Overa tehničke knjizice RRU	TY	Ручно	
21	10201	712 274	Predaja RRU u jedinicu VS na dalje korišćenje	TY	Ручно	
DATUM IZRADE		IZRADIO TEHNOLOG:		SAGLASAN:	ODOBRAVA:	

Slika 7 – Model tehnološkog postupka srednjeg nivoa održavanja RRU
 Figure 7 – Model of the technological process of intermediate level maintenance for an RRD
 Рис. 7 – Модель технологического процесса среднего уровня поддержки РРУ

Primena modela tehnologije održavanja

U nastavku istraživanja izvršice se primena i testiranje uspešnosti primene predloženog modela tehnologije korektivnog održavanja na jednom od RRU pristiglih na opravku. Simulacija primene tehnologije srednjeg nivoa održavanja realizovana je u laboratorijskim prostorijama Tehničkog remontnog zavoda Čačak (Radonjić, i dr., 2014, str.136-150). Neispravnost RRU konstatovana je u jedinicama VS procedurom samotestiranja koju su primenili mehaničari za tehničko održavanje jednog od logističkih bataljona VS. Pri tome je konstatovano da priključenjem jednosmernog napona napajanja od 28V uređaj nema RF signal.

Primenom predloženog modela tehnološkog postupka srednjeg nivoa održavanja i tehnološke operacije samotestiranja dobijeni su rezultati prikazani na slici 8.



Slika 8 – Prikaz rezultata tehnološke operacije samotestiranja

Figure 8 – Showing the results of a technological self-test operation

Рис 8 – Отображение результатов технологических операций автотестирования

Rezultati testiranja prikazuju neispravnost RRU koja se manifestuje tako što nema RF signala. Potencijalni uzročnici neispravnosti RRU su, prema softverskom testu, moduli A1 ili A19 ili A21. Pristupilo se daljoj realizaciji tehnoloških operacija kako bi se izmerili parametri uređaja TEST stanicom i primenio model algoritma defektacije ispravnosti uređaja. Rezultati testiranja RRU TEST stanicom prikazani su u tabeli 2. Prikazan je samo deo rezultata merenja u kojem se vidi da *test ne prolazi* zbog merenja broj 002 koji se odnosi na proveru ispravnosti modula jednosmernog napona A25A2, preko kojeg se vrši napajanje sastavnih modula i komponenti RRU.

Tabela 2 – Prikaz dela rezultata merenja TEST stanicom

Table 2 – The partial results of the measurement by the TEST station

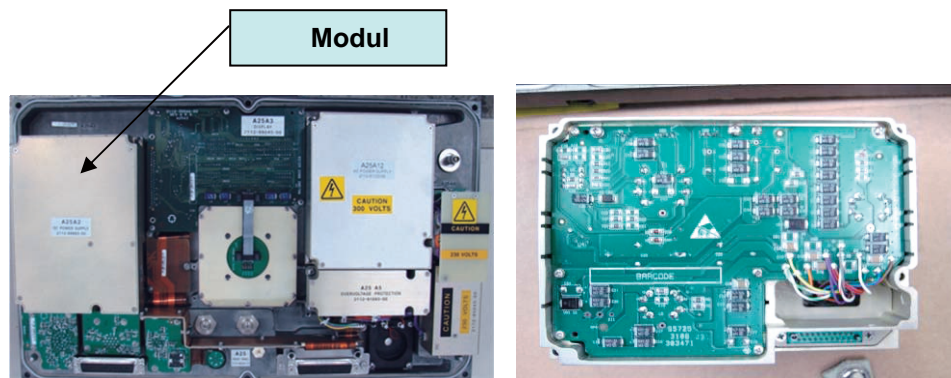
Таблица 2 – Часть результатов диагностирования тестовой станцией

002	DC Input Range Test					
Freg/Funkcion	Param	Low Limit	High Limit	Units	Results	ERR
1700.000 QPSK	20.0V E1	10E-5	0	ERR	No link	ERR
	30.0V E1	10E-5	0	ERR	No link	ERR

Merenje broj 002, kojim se vrši provera modula jednosmernog napona napajanja A25A2, realizuje se na način da se na RRU dovode jednosmerni naponi vrednosti 20V i 30V iz izvora napajanja tipa *GENH 30-25* koji se nalazi unutar TEST stanice. Vrednosti napona predstavljaju najmanju i najveću vrednost napona pomoću kojih RRU može pouzdano da obavlja svoju funkciju. Analizatorom greške *Anritsu MP 1570A* vrši se merenje vrednosti greške u prenosu signala, BER. Prenos signala ostvaruje se između ispitivanog i referentnog RRU, između kojih se uspostavlja radio-relejni link, a upravljanje radom RRU ostvaruje se pomoću TEST stanice, kada se u isto vreme mere navedeni parametri uređaja. Najmanja dozvoljena greška u prenosu signala BER iznosi $10E-5$, kada se može reći da je uspostavljen radio-relejni link i da se uspešno ostvaruje prenos podataka između dva RRU. Primenom modela algoritma defektacije ispravnosti RRU konstatovana je neispravnost modula jednosmernog napona napajanja A25A2, što se razlikuje od ponuđenog rešenja defektacije prilikom realizacije tehnološke operacije samotestiranja. Zatim je izvršena zamena modula A25A2. Nakon toga pristupilo se ponovnoj realizaciji tehnološkog postupka (slika 7), a dobijeni rezultati pokazali su da je uređaj ispravan. Dobijeni rezultati testiranja TEST stanicom, nakon zamene modula A25A2, isti su kao rezultati prikazani u tabeli 1. Neispravn modul A25A2 šalje se na opravku na viši nivo održavanja.

Primenjeni model algoritma defektacije pokazuje da softverska defektacija koja se dobija tehnološkom operacijom samotestiranja nije dobra i može doći do zamene pogrešnih modula. Tako će uređaj ostati i dalje neispravan, iako su zamenjeni moduli koje je predložio softver.

Smeštaj modula A25A2 u RRU GRC 408E prikazan je na slici 9, a izgled demontiranog modula na slici 10.



Slika 9 – Modul A25A2 unutar RRU
Figure 9 – A25A2 module within an RRD
Puc. 9 – Модуль A25A2, встроенный в РРУ

Slika 10 – Modul A25A2
Figure 10 – A25A2 module
Puc. 10 – Модуль A25A2

Zaključak

U radu je unapređen model tehnologije srednjeg nivoa održavanja RRU, koji realizuju logistički bataljoni VS. Na osnovu ispitivanja predloženog modela tehnologije korektivnog održavanja zaključuje se da poboljšani model tehnologije, zajedno sa predloženim modelom algoritma defektacije ispravnosti uređaja, omogućuje realizatorima srednjeg nivoa održavanja brži i siguran rad tokom održavanja ove vrste RRU. Unapređenje modela tehnologije održavanja i definisanje modela algoritma defektacije zasnovano je na automatskom mernom mestu i omogućuje merenje svih bitnih parametara RRU.

Na osnovu dobijenih rezultata sprovedenih istraživanja donose se sledeći zaključci:

- realizovana je uspešna primena poboljšanog modela tehnologije srednjeg nivoa održavanja u postupku preventivnog i korektivnog održavanja RRU;

- model tehnološkog postupka prilagođen je obučenosti stručnog kadra i opremom za održavanje koju poseduje logistički bataljon;

- uspešno je primenjen model algoritma defektacije ispravnosti sastavnih modula RRU u postupku korektivnog održavanja, čime je potvrđena validnost predloženog modela;

- dati su odgovori na tehnološka pitanja koja su sastavni deo tehnološkog postupka srednjeg nivoa održavanja;

- primenom predloženog modela algoritma defektacije ispravnosti RRU realizatorima srednjeg nivoa održavanja omogućena je brza realizacija korektivnog održavanja, čime se povećava gotovost RRU i smanjuje srednje vreme korektivnog održavanja;

- modelom tehnologije srednjeg nivoa održavanja eksplicitno je definisano koji se sastavni moduli RRU mogu menjati na ovom nivou održavanja tokom realizacije korektivnog održavanja i zbog neispravnosti kojih modula se RRU šalje na viši nivo održavanja;

- modularna zamena sastavnih modula RRU tokom korektivnog održavanja znatno ubrzava postupak održavanja i smanjuje srednje vreme korektivnog održavanja, te se na taj način povećava gotovost uređaja;

- omogućena je pouzdana defektacija uređaja, a primenom modela srednjeg nivoa održavanja obezbeđuje se visoka gotovost rada RRU.

Sprovedena istraživanja daju doprinos u oblasti održavanja ove vrste radio-relejnih uređaja, jer se na osnovu dobijenih rezultata zaključuje da poboljšani model tehnologije srednjeg nivoa održavanja omogućuje propisan rad realizatoru održavanja, znatno smanjuje vreme u otkazu uređaja i povećava pouzdanost, kako tehnološke operacije defektacije, tako i samog RRU tokom životnog veka. Na sličan način može se definisati model tehnologije održavanja ostalih telekomunikacionih uređaja u VS.

Literatura

- Adamović, Ž., 1998, Tehnička dijagnostika, *Zavod za udžbenike i nastavna sredstva*, Beograd.
- Adamović, Ž., 2008, Menadžment industrijskog održavanja, *Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin"*, Zrenjanin.
- Generalštab Vojske Srbije, Uprava za telekomunikacije i informatiku, 2011, Pravilo radio-relejni uređaj GRC 408E, *GŠVS Uprava za telekomunikacije i informatiku*, Beograd.
- Muždeka, S., 1981, Logistika – Logističko inženjerstvo, *Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" i SSNO Tehnička uprava*, Beograd.
- Radonjić, V., Andrejić, M., Epler, I., 2014, Organizacija tehnološkog procesa remonta složenih tehničkih sistema u Tehničkom remontnom zavodu u Čačku, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Vol. 62 (2), str.136-150.
- Radonjić, V., Jovanović, D., & Milojević, I., 2013a, Proračun parametara pouzdanosti kod uspostavljanja organizacije održavanja radio-relejnih uređaja, *16. Međunarodna konferencija "Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću" ICDQM-2013*, str.471-476.
- Radonjić, V., Jovanović, D., & Milojević, I., 2013b, Tehnološka procedura srednjeg nivoa održavanja savremenih radio-relejnih uređaja, *16. međunarodna konferencija "Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću"*, ICDQM 2013., str.465-470.
- Radonjić V., Ćirić M., 2012, Primena savremene metode tehničke dijagnostike u funkciji unapređenja održavanja radio-relejnih uređaja, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 60 (4), str.117-132.
- Radonjić V. Jovanović D., 2012, Održavanje radio-relejnih uređaja primenom savremene metode tehničke dijagnostike, *15.DQM Međunarodna konferencija Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću ICDQM 2012*, str.383-388.
- Radonjić, V., Jovanović, D., & Ćirić, M., 2014, Optimalni model koncepta održavanja radio-relejnih uređaja, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 62 (3), str.59-79.
- Radonjić, V., Petrović, S., Andrejić, M., & Jovanović, D., 2014, Model koncepta održavanja prema stanju uređaja posebne namene, *17. Međunarodna konferencija "Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću" ICDQM-2014*, str.824-829.
- URL:http://.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СРЕДНЕГО УРОВНЯ ПОДДЕРЖКИ РАДИОРЕЛЕЙНОГО УСТРОЙСТВА

Войкан М. Радонич^а, Слободан Р. Джукич^б,
Данко М. Йованович^в, Миленко П. Чирич^а

^а Ремонтно-технический институт, г. Чачак

^б Университет г. Крагуевац, Факультет технических наук, г. Чачак

^в Университет обороны, г. Белград, Военная академия

ОБЛАСТЬ: логистика

ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

Резюме:

В данной работе описаны проведенные исследования по методам повышения качества технологической модели среднего уровня радиорелейных устройств.

Усовершенствованная технологическая модель будет применяться в процессе поддержки радиорелейных устройств.

По результатам применения предлагаемой модели можно будет сделать вывод о преимуществах данной технологической модели по поддержке радиорелейных устройств.

Ключевые слова: технология, модель, поддержка.

IMPROVING A TECHNOLOGY MODEL FOR INTERMEDIATE MAINTENANCE OF RADIO-RELAY DEVICES

Vojkan M. Radonjić^a, Slobodan R. Đukić^b,
Danko M. Jovanović^c, Milenko P. Ćirić^a

^a Technical Overhaul Institute Čačak

^b University in Kragujevac, Faculty of Technical Sciences Čačak

^c University of Defence in Belgrade, Military Academy

FIELD: Logistics

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

ARTICLE LANGUAGE: Serbian

Summary:

The work was conducted to investigate the manner of improving the technology of intermediate level maintenance of radio-relay devices. The Improved model of maintenance techniques will be applied in practice during corrective maintenance of radio-relay devices. The results obtained during the application of the proposed model will serve to draw conclusions about the effectiveness of the defined model of maintenance technology.

Introduction

In the performed research, one technology model for preventive and corrective maintenance of one type of digital radio-relay devices (RRDs) used in the units of the Army of Serbia is improved. Given that the technological operations of preventive maintenance are contained in the corrective maintenance technology, the research gives the model of technology relating to corrective maintenance. The technology model would be realized through the intermediate level maintenance carriers in the Serbian Army (SA) units - logistics battalions. Logistics battalions, in terms of technical maintenance, are the first direct contact with users of RRDs. Therefore, the improved technology model should enable rapid and successful corrective maintenance carried out by logistics battalions in order to achieve higher availability and reliability of RRDs.

Maintenance technology

Maintenance technology presents organizational and technical solutions that provide clear answers to technology questions: WHAT, WHEN, WHO, WHAT and WHERE to perform maintenance of a technical device. The answers to these questions determine the technology of intermediate-level maintenance of radio-relay devices (RRDs) in the Army of Serbia. A model of the technological process for intermediate level maintenance of RRDs will contain explicit answers to these technology questions.

Model of intermediate-level maintenance technology

Maintenance technology of a technical device depends exclusively on the design and technical characteristics of the asset. Further research will show the characteristics of the GRC 408E RRD.

Characteristics of the GRC 408E RRD in terms of maintenance

The GRC 408E family of radio-relay devices belongs to digital multi-channel radio relay devices. It is based on modern technology, electronics, telecommunications and information technology. The integral device modules are: A25A2- DC power supply module, A25A12- AC power module A25A3- display module, A14 - CPU, A13- EOW official channel module, A11- module interface and modem, A1- receiver module, transmitter module A18-, A19- RF filter module, A21- power monitor module and A24A4 amplifier module.

The operation of all modules is achieved via the CPU, the A14 module.

Assumptions of the technology maintenance model

In relation to the structural characteristics of this equipment, preventive maintenance is implemented by the self-test of the device which performs the necessary diagnostic measurements of important parameters. Compared to other maintenance equipment, at the intermediate level maintenance, preventive and corrective maintenance are based on an automatic measurement point, ie. TEST station, which measures all essential parameters of the device. The research will assume that the corrective maintenance at the intermediate level maintenance is realized by replacing the aggregate component modules for faster repair.

The technology model for intermediate-level maintenance is not capable of implementing corrective maintenance of RRDs in case of the malfunctioning of the A19- RF filter module and A21- power monitor module due to the structural features of the modules. The device is then sent to a higher level of maintenance. The research assumed that the intermediate level maintenance, either preventive or corrective in character, is implemented in logistics battalions of the Army of Serbia.

Maintenance technology model

The model of intermediate-level maintenance technology is based on the measurements of RRD important parameters whose comparison with reference values represents the inspection of a device and its component modules. Also, based on the measurement results, the algorithm for detecting defects in the module functionality successfully detects and locates the faulty module.

Measurements of important signal parameters are realized in two ways. The first method is an implemented self-test method with built-in software for measuring and detecting defects in the functionality of modules, a so-called self-test. Another measuring method is to join an RRD to an automatic measuring point at which around 150 different parameters are measured.

Measuring device parameters using the self-test

The self-test represents software defect detection of the functional correctness of individual modules in a device with the ultimate goal of diagnosing the status of devices. The self-test software program detects whether each module performs its function, based on the order submitted by the CPU module. There are four forms of the self-test, and their selection is done by an appropriate command offered through a user application, by activating the command to start the self-test. The forms of the test are: TEST PARAMETER SETUP, FIXED PARAMETER TEST LOOP SELECTION FRONT PANEL and TEST. The device parameters measured by the self-test are: the level of the received signal, the BER error in receiving the signal, the level of the transmitted signal, the ratio of active and reflected power, supply voltage modules, external power supplies, transmitting and receiving frequencies, modulation types, interface types, bit rate, network addresses, etc.

Measurement of the device parameters by the TEST station

The TEST station performs an integrated and software-controlled operation of special measuring instruments. The instruments provide detailed measurements of individual signals within the device by which the modules communicate with each other and realize their primary purpose. The results of measurements are used for two main technological operations of the technology model: defect detection and final measurements and tests. A complete measurement of parameters takes about 60 minutes, during which the instruments measure about 150 parameters important for the analysis of RRD functionality.

The TEST station is used for measuring 11 different functions during operation. Based on these functions and the reference values of the measured RRD parameters, a model of an algorithm for defect detection in the component modules is created. The model of the algorithm of RRD defect detection facilitates technical maintenance and accurately directs it - on the basis of the results of the measurement test station, it accurately

locates a faulty module or a module that is a potential cause of the RRD malfunction. The proposed defect detection algorithm model is a contribution to easier and more efficient RRD maintenance.

Model of the technological process of intermediate level maintenance

Model of the technological process of intermediate level maintenance that would be realized in the SA logistics battalions is shown in Figure 7.

Application of the maintenance technology model

Further research was carried out by applying and testing the effectiveness of the proposed model of the intermediate level maintenance technology. The proposed model of the technological process of intermediate level maintenance and the self-test technological operation gave the results shown in Figure 8. The blackout results show that there is a defect manifested by no RF signal, and the probable causes of defects are A1, A19 or A21 modules.

After the application of the technological operations of measurements with the TEST station, the obtained measurement results are partially shown in Table 2. The results show that the measurement by the TEST station is not fully realized due to measurement number 002, which indicates a malfunction of the A25A2 module.

Applying the model of the defect detection algorithm, a malfunction of A25A2 DC voltage supply module was found, which differs from the proposed solution of the defect detection during the implementation of the self-test technological operation. The A25A2 module is then replaced. After the replacement of the faulty A25A2 module, the technological procedure from Figure 7 is carried out again and the obtained results show that the device is not defective. The results of the testing performed by the TEST station are the same as the results shown in Table 1. The defective A25A2 module is sent for repair to a higher level of maintenance.

Conclusion

The paper shows an improved model of the technology of intermediate-level maintenance of RRDs, implemented by the SA logistics battalions. Based on the examination of the proposed model of the technology of corrective maintenance, it is concluded that the model, together with the proposed model of RRD defect detection algorithm, allows fast and safe operation during intermediate-level maintenance of this type of RRDs. Based on the research results, the following conclusions are drawn:

- the improved model of the technology of intermediate level maintenance has been successfully implemented in the process of preventive and corrective maintenance of RRDs,*
- the model of the technological process is tailored to the training level of qualified personnel and to the maintenance equipment owned by logistics battalions,*

- the implementation of the RRD defect detection algorithm model in the process of corrective maintenance proved to be successful which confirmed the validity of the proposed model,
- the answers to the questions on technology are provided and they are an integral part of the production process for intermediate-level maintenance,
- quick implementation of corrective maintenance is facilitated which increases RRD operability and decreases the mean time of corrective maintenance,
- it is explicitly defined which RRD integral modules can be changed at intermediate-level maintenance during the implementation of corrective maintenance,
- aggregate replacement of RRD component modules during corrective maintenance considerably accelerates the process of maintenance and reduces the mean time of corrective maintenance, thus increasing the operability of the unit,
- reliable defect detection of a device is achieved as well as the reliability of the device.

The improved model of the technology of intermediate-level maintenance allows proper performance of maintenance personnel, significantly - reducing the time of failure and increasing the reliability of the RRD device, as well as the reliability of the technical operations of overhaul. This method of determining the model of maintenance techniques can also be applied to other telecommunication devices in the Army of Serbia.

Key words: *technology, models, maintenance.*

Datum prijema članka / Paper received on / Дата получения работы: 17. 12. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa / Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы: 16. 01. 2015.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы: 18. 01. 2015.

© 2015 Autori. Objavio Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Ovo je članak otvorenog pristupa i distribuiran se u skladu sa Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2015 The Authors. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2015 Авторы. Опубликовано в "Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier" (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией "Creative Commons" (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

