

Mato Kovačević, dipl.ing.el
HEP ODS Elektra Slavonski Brod
mato.kovacevic@hep.hr

Božo Puđa, el.teh
HEP ODS Elektra Slavonski Brod
bozo.puda@hep.hr

STATISTIČKI POKAZATELJI O KVAROVIMA I DJELOVANJU ZAŠTITE NAKON REKONSTRUKCIJE ZAŠTITE NA DISTRIBUCIJSKOJ STANICI TS 35/10 kV BROD 2

SAŽETAK:

U ovom radu opisana je rekonstrukcija sekundarnog dijela postrojenja koja je obuhvatila kompletnu zamjenu zaštite 35 kV strane, te dogradnju signalno-upravljačkih terminala na 10 kV strani. Na temelju izvršene rekonstrukcije omogućeno je kontinuirano praćenje kronoloških zapisa događaja, mjerenja, analiza podataka i mogućnost daljinskog upravljanja čime je višestruko povećana pouzdanost sustava te se na taj način minimiziralo vrijeme ponovne uspostave električne energije kupcima. Na temelju prikupljenih podataka izvršena je statistička analiza o smanjenju neisporučene energije prema potrošačima.

Ključne riječi: rekonstrukcija, pouzdanost, analiza, neisporučena energija

SUMMARY:

This paper describes the reconstruction of the secondary substation equipment which included the complete replacement of the protection relays of 35 kV voltage level, and the extension of the control and signaling terminal on the 10 kV voltage level. Reconstruction enabled continuous monitoring of chronological record of events, measurements, analysis of data, remote control of the facility, highly increased system reliability and minimize time of supply interruptions. Based on the collected data, statistical analysis was performed about reduction of energy loss.

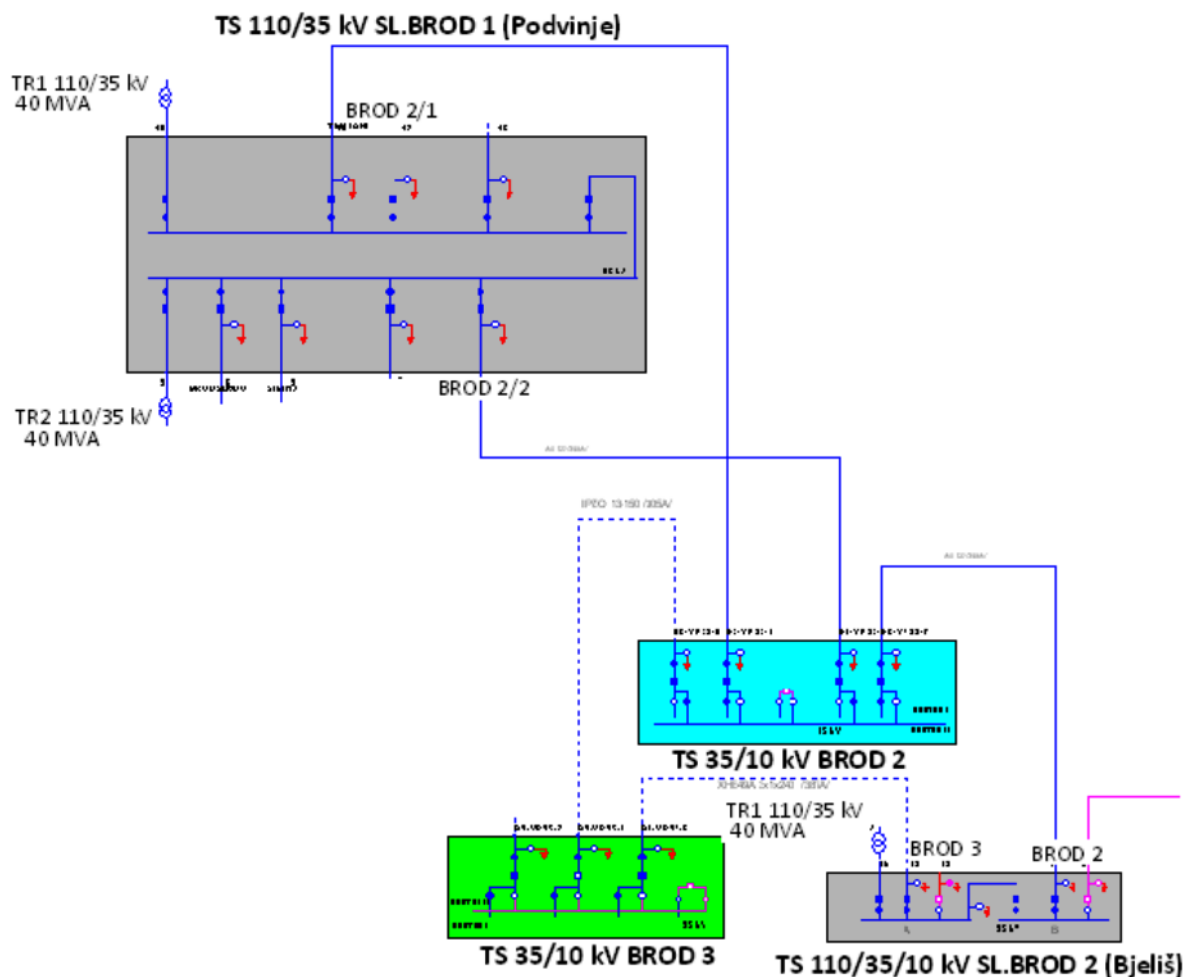
Key words : reconstruction, reliability , analysis , undelivered electricity

1. UVOD

Objekt na kojemu je izvršena rekonstrukcija sekundarnog dijela je TS 35/10 kV Brod 2. Izgrađena je krajem 60. godina. 2003. godine uvedena je u sustav daljinskog vođenja bez mogućnosti daljinskog upravljanja, već samo sa mjerenjem i alarmnom signalizacijom. Zbog naglog porasta potrošnje i proizvodnje el. energije porasla je potreba za povećanjem pouzdanosti napajanja i distribucije energije za lokalne industrijske komplekse. Rekonstrukcija sekundarne opreme obuhvatila je :

- Montažu uređaja relejne i zaštitne opreme te njihovo funkcionalno ispitivanje
- Montažu signalno upravljačkih terminala na 10 kV dijelu postrojenja
- Zamjena kompletnog internog ožičenja pojedinih čelija
- Dogradnja, zamjena i ožičenje signalnih sklopki na zemljospojnicima i vodnim rastavljačima
- Montažni i inženjering radovi na SCAD-a sustavu i staničnom računalu
- Povezivanje sekundarne opreme sa staničnim računalom
- Ispitivanje te puštanje sustava u pogon

Rekonstrukcija i zamjena pojedine sekundarne opreme izvođena je načinom „polje po polje“, te se na taj način osiguralo besprekidno napajanje kupaca. U radu su opisane prednosti sekundarnog sustava nakon zamijene starih zaštitnih uređaja te je napravljena statistika i analiza pouzdanosti na temelju prikupljenih podataka iz 2013. i 2014. godine.



Slika 1. Veza objekta održavanja sa okolnim napojnim trafostanicama

2. Opis starog sustava sekundarne opreme tipskog postrojenja

Sekundarni dio opreme se sastoji od sljedećih elemenata :

- Elektromehanička i elektrostatska zaštita energetskog postrojenja
- Daljinska signalizacija
- Lokalno upravljanje aparatima
- Postojeći komunikacijski sustav

2.1 Elektromehanički sustav zaštite postrojenja i primarne opreme

Dosadašnja zaštita koja je bila ugrađena radila je na principu elektromehanike pretvarajući kontroliranu električnu veličinu u privlačnu mehaničku silu ili obrnuti moment koji se uspoređuje sa protumomentom opruge. Kada se proizvede pogonski moment ili sila veća od protumomenta koji je podešen zatvaraju se kontakti te se na taj način djeluje na isključenja prekidača i slanje alarmnih signala.

Tip zaštite je:

- RIT 30 - zaštita od preopterećenja (*slika 2 .*)
- RE 55 - zemljospojna zaštita
- TZD 20 - Diferencijalni relej za zaštitu

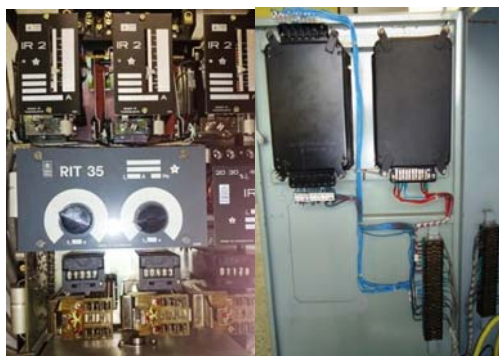


Slika 2. Sekundarni dio starog sustava

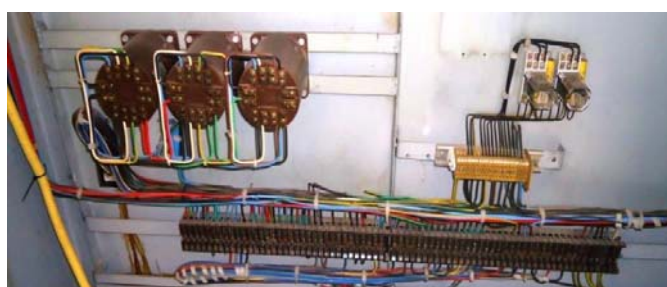
2.1.1 Nedostaci elektromehaničke zaštite:

- Posjeduje niz pokretnih dijelova koji imaju relativno veliku tromost što se negativno odražava na brzinu njezina rada (što je jedna od najbitnijih karakteristika – brzina odrade i selektivnost)
 - Zbog protumomenta relej ima smanjenu osjetljivost
 - Mogućnost nastajanja korozije na pokretnim dijelovima uzrokovane vlagom
 - Kontakti pomoćnih releja su kod djelovanja izloženi nastajanju električnog luka i mehaničkom trošenju što zahtjeva češće periodičke preglede čišćenja i podmazivanja
- Vlastita potrošnja elektromehaničkih releja je znatna što zahtjeva odgovarajuću snagu mjernih strujnih transformatora koji se nalaze na primarnom djelu
- Kod transformatorskih polja za potrebe diferencijalne zaštite potrebni su i međutransformatori koji unose pogrešku u lanac između primarnih mjerenja i zaštitnih releja
 - Osjetljivi su na vibraciju i prašinu

- Zbog starosti opreme nepristupačni su rezervni dijelovi pa se u takvim slučajevima kvarovi moraju rješavati različitim improvizacijama u postrojenju
- Ne mogu ostvariti potrebe za implementiranjem u suvremene informacijske sustave te daljinsko upravljanje i potrebe za analiziranjem događaja u postrojenju.



Slika 3. Izgled stare relejne zaštite



Slika 4. Ožičenje stare opreme

2.2 Upravljanje

Upravljanje prekidačima izvedeno je lokalno električki pomoću tipkala na prednjim vratima poslužne ploče (slika 5.). Upravljanje rastavljačima, dva sabirnička te vodni rastavljač i uzemljivač, izvedeno je stremenskim pogonima starijeg tipa.



Slika 5. Lokalno upravljanje

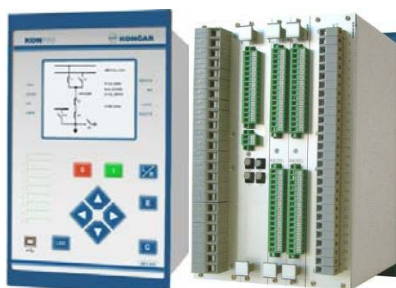
Signalizacija položaja sklopnih aparata izvedena je elektromagnetskim pokazivačima položaja u obliku slijepe sheme smještene na prednjim vratima ćelije postrojenja (slika 2.5). Na svaki pokazivač položaja pridružen je napon koji se zatvara preko pomoćnih kontakata koji se nalaze na samom aparatu. Kada se aparat zatvori ili otvori na elektromagnetskom pokazivaču se pojavi napon koji prikazuje stanje aparata. Upravljački napon je 48 V DC.



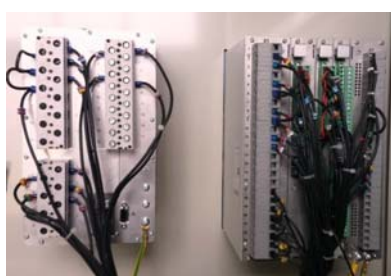
Slika 6. Lokalna signalizacija položaja aparata

4 Opis novog sustava sekundarne opreme

Izbor za ugradnju sekundarne opreme za zaštitu (jedan od najznačajnijih elemenata sekundarnog djela) elektroenergetskog postrojenja, a koji je ispunjavao sve potrebne zahtjeve bio je domaći proizvođač Končar, Elektronika i informatika d.o.o, tipa KONPRO RFX 632 koji osim zaštitne uloge pruža i niz drugih mogućnosti, a to su smanjenje broja potrebnih uređaja u polju, što ima za posljedicu smanjenje troškova održavanja opreme. Kao najvažnije mogućnosti su lokalni i daljinski prikaz svih trenutno mjerenih veličina, nadzor svih aparata u polju, upravljanje istim, snimanje poremećaja električnih veličina za vrijeme kvarova, mjerenje energije, nadzor istrošenosti prekidača, lokator kvara te prijenos svih podataka prema SCADA sustavu.

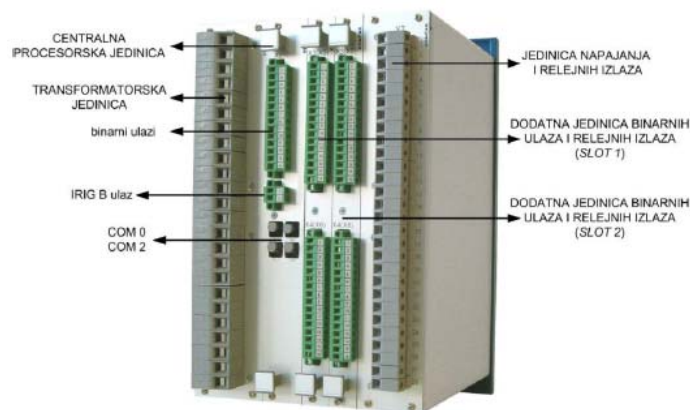


Slika 7. Izgled novog zaštitnog terminala

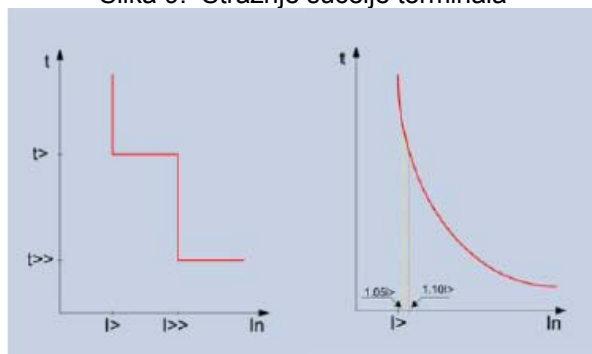


Slika 8. Ožičenje zaštitnog terminala

Vremenske karakteristike odgode djelovanja prema IEC i IEEE standardima omogućavaju jednostavnu integraciju releja u već postojeće sustave zaštite uz zadržavanje vremenske selektivnosti primijenjene u sustavu. Tri grupe podešenja zaštitnih funkcija omogućava brzu prilagodbu zaštite promjenama u sustavu. Novi sustav ima visok stupanj programibilnosti izveden pomoću programske matrice koja omogućava jednostavno povezivanje signala sa binarnim ulazima i relejnim izlazima uređaja. Potpuno podešavanje i očitavanje parametara releja izvodi se preko računalnog programa.



Slika 9. Stražnje sučelje terminala



Slika 10. Proradne karakteristike nadstrujne zaštite s define time i inverse time karakteristikom

4.1 Zaštitne funkcije

Brzu prilagodbu releja uvjetima u postrojenju omogućuju tri grupe podešenja promjenjive komunikacijskim putem ili preko binarnog ulaza. U sve tri grupe na raspolaganju su sljedeće zaštitne funkcije:

- Nadstrujna zaštita (ANSI No. 50, 51)
- Usmjerena nadstrujna zaštita (ANSI No. 67-DT, 67-IT)
- Zemljospojna zaštita (ANSI No. 50N-DT, 50N-IT)
- Usmjerena zemljospojna zaštita (ANSI No. 67N-DT, 67N-IT)
- Osjetljiva usmjerena zemljospojna zaštita (ANSI No. 67Ns-DT N)
- Zaštita od zatajenja prekidača (ANSI No. 50BF)
- Registracija uklopa transformatora na osnovu drugog harmonika (eng. Inrush)
- Automatski ponovni uklop (ANSI No. 79)
- Lokator kvara (ANSI No. 21FL)
- Nadzor isklonog kruga prekidača (ANSI No. 74TCS)

5 Pokazatelj pouzdanosti sustava

Pokazatelje pouzdanosti i raspoloživosti sustava možemo podijeliti u dvije velike skupine. Prva skupina su pokazatelji pouzdanosti opskrbe pojedinih potrošačkih čvorišta a druga skupina su pokazatelji distributivnog sustava u cjelini [1]

Osnovni pokazatelji pouzdanosti sustava su:

- Frekvencija prekida opskrbe tijekom jedne godine $f / \frac{1}{god}$
- Srednje vrijeme trajanja prekida r / h

Dodatni pokazatelji pouzdanosti koji bliže karakteriziraju težinu nastalog prekida opskrbe su:

- Srednja vrijednost isključene snage $\Delta L / \frac{kW}{god}$
- Srednja vrijednost neisporučene električne energije $\Delta W / \frac{kWh}{god}$

Pokazatelji pouzdanosti su od širokog značenja za prijenosno-distributivnu radnu organizaciju. Financijske štete koje distribucija ima zbog prekida opskrbe električnom energijom jer ne isporučuje i ne prodaje električnu energiju potrošačima, mogu se procijeniti samo ako se poznaju pokazatelji pouzdanosti. S druge strane industrija i kućanstva imaju izravne i neizravne štete zbog prekida opskrbe električnom energijom te ih se treba valorizirati u okviru tehno-ekonomskih studija za rad industrijskih potrošača. Srednja vrijednost neisporučene snage čvora k :

$$\Delta L = \sum_{j=1}^k L_{kj} \cdot f_j ; \quad (1)$$

gdje je :

f_j učestalost prekida opskrbe električnom energijom u $\frac{1}{god}$

L_{kj} srednja vrijednost snage u čvoru k pri prekidu j u MW

ΔL - srednja vrijednost isključene snage $\frac{MW}{god}$

ΔW - očekivana neisporučena električna energija zbog prekida opskrbe u MWh

$$\Delta W = \sum_{j=1}^k L_{kj} \cdot r_{kj} \cdot f_j ; \quad (2)$$

Za primjer usporedbe pouzdanosti staroga i novog sustava postrojenja uzeti su događaji i podaci za promatrane dvije godine 2013. i 2014.

Podaci za događaje korišteni su iz programa „DISPO“, služi za pregled i ažuriranje zastoja u pojedinom sustavu za tražene vremenske periode. Maska programa DISPO za 2013. i 2014. godinu prikazana je na slikama 11. i 12.

Pocetak	Kraj?	Org.jedinica	Redni broj	Postrojenje	Pojlo	Vrsta	Napon Zastoja	Napon Kvara Jedinica	Komponenta	Uzrok	Kraj?
09.12.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2550/13	BROD 2	ANDRIJE HEBRANGA	A2	10				<input checked="" type="checkbox"/>
21.11.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2425/13	BROD 2	TRAFO POLJE 1	B14	35	35 ZD	FV	TU6	<input checked="" type="checkbox"/>
15.11.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2370/13	BROD 2	KOLEKTOR	A2	10				<input checked="" type="checkbox"/>
14.11.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2379/13	BROD 2	KOLEKTOR	A2	10				<input checked="" type="checkbox"/>
22.10.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2201/13	BROD 2	SVETOG LOVRE	A2	10				<input checked="" type="checkbox"/>
22.10.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2200/13	BROD 2	SVETOG LOVRE	A2	10				<input checked="" type="checkbox"/>
02.10.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2049/13	BROD 2	SVETOG LOVRE	A2	10				<input checked="" type="checkbox"/>
16.09.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1654/13	BROD 2	POSAVINA	A1	10				<input checked="" type="checkbox"/>
17.07.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1375/13	BROD 2	KOLEKTOR	A3	10				<input checked="" type="checkbox"/>
11.07.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1438/13	BROD 2	POSAVINA	B14	10				<input checked="" type="checkbox"/>
09.07.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1310/13	BROD 2	POSAVINA	B14	10				<input checked="" type="checkbox"/>
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1099/13	BROD 2	POSAVINA	A16	10				<input checked="" type="checkbox"/>
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1098/13	BROD 2	POSAVINA	A16	10				<input checked="" type="checkbox"/>
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1094/13	BROD 2	SVETOG LOVRE	A16	10				<input checked="" type="checkbox"/>
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1096/13	BROD 2	KOLEKTOR	A16	10				<input checked="" type="checkbox"/>
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1095/13	BROD 2	ANDRIJE HEBRANGA	A16	10				<input checked="" type="checkbox"/>
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1100/13	BROD 2	INA TRGOVINA	A16	10				<input checked="" type="checkbox"/>
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1101/13	BROD 2	BOŽE MILANOVIĆA	A16	10				<input checked="" type="checkbox"/>
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1093/13	BROD 2	TVORNICI NAMJEŠTA	A16	10				<input checked="" type="checkbox"/>

Slika 11. Prikaz podataka zastoja sustava u 2013. godini

DL OVREKOVIC@DISPO(via SZG01IAS10G01) 03.09.2014 09:18:55 FDP_ZASTOJI_PREGLED [fs: 11/32 fm: 1328/3807 MB]

Postupak Urednik Upril Blok Blog Polje Upute Window ORACL

PREGLED ZASTOJA

☒ Samo zastoji u tijeku? Od datuma 01.01.2013 Do datuma 31.12.2013

ZASTOJI

Pocetak	Kraj?	Org jedinica	Redni broj	Postrojenje	Polje	Vrsta	Napon Zastoja	Napon Kvara Jedinica	Komponenta	Uzrok	Kraj?
09.12.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2550113	BROD 2	ANDRIJE HEBRANGA	A2	10				
21.11.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2425113	BROD 2	TRAFO POLJE 1	B14	35	35	ZD	FV	TU6
15.11.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2370113	BROD 2	KOLEKTOR	A2	10				
14.11.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2379113	BROD 2	KOLEKTOR	A2	10				
22.10.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2201113	BROD 2	SVETOG LOVRE	A2	10				
22.10.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2200113	BROD 2	SVETOG LOVRE	A2	10				
02.10.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	2049113	BROD 2	SVETOG LOVRE	A2	10				
16.08.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1854113	BROD 2	POSAVINA	A1	10				
17.07.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1375113	BROD 2	KOLEKTOR	A3	10				
11.07.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1438113	BROD 2	POSAVINA	B14	10				
08.07.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1310113	BROD 2	POSAVINA	B14	10				
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1099113	BROD 2	POSAVINA	A16	10				
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1098113	BROD 2	POSAVINA	A16	10				
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1094113	BROD 2	SVETOG LOVRE	A16	10				
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1096113	BROD 2	KOLEKTOR	A16	10				
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1095113	BROD 2	ANDRIJE HEBRANGA	A16	10				
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1100113	BROD 2	INA TRGOVINA	A16	10				
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1101113	BROD 2	BOZE MILANOVIĆA	A16	10				
15.06.2013	<input checked="" type="checkbox"/>	401000	1093113	BROD 2	TVORNICA NAMJEŠTA	A16	10				

AŽURIRANJE ZASTOJA

Slika 12. Prikaz podataka zastoja sustava u 2013. godini

Tablica I. Događaji zastoja sustava za 2013.godinu

Broj zastoja	$\Delta W [MWh]$	$\Delta L [MW / god]$	$\bar{r} [h / prekid]$	Datum događaja	Razlog ispada	Broj pogođenih kupaca
1.	0,46	4,6	0,10	12.03.2013.	kvar	6190
2.	0,15	0,1	1,15	26.04.2013.	kvar	386
3.	0,17	0,34	0,50	17.05.2013.	planirano	552
4.	0,075	0,19	0,50	17.05.2013.	kvar	198
5.	0,047	0,082	0,57	29.05.2013.	planirano	198
6.	0,137	0,346	0,42	29.05.2013.	planirano	629
7.	0,133	0,370	0,36	31.05.2013.	planirano	629
8.	0,023	0,082	0,28	31.05.2013.	planirano	198
9.	0,629	0,132	4,78	01.06.2013.	kvar	198
10.	1,328	0,254	5,23	15.06.2013.	planirano	5
11.	3,585	0,684	5,24	15.06.2013.	planirano	1777
12.	0,269	0,051	5,24	15.06.2013.	planirano	2
13.	4,123	0,786	5,24	15.06.2013.	planirano	2499
14.	0,896	0,170	5,24	15.06.2013.	planirano	198
15.	1,344	0,256	5,24	15.06.2013.	planirano	498
16.	0,199	0,552	0,36	15.06.2013.	kvar	886
17.	0,377	0,065	5,73	11.07.2013.	kvar	25
18.	0,280	0,560	0,5	16.08.2013.	kvar	423
19.	0,295	0,590	0,5	22.10.2013.	kvar	77
20.	1,324	3,484	0,38	21.11.2013.	kvar	6109
21.	0,795	0,165	4,83	09.12.2013.	kvar	121
Σ	16,564	13,859	52,39	-	-	21798

Raspoloživost sustava definirana je izrazom :

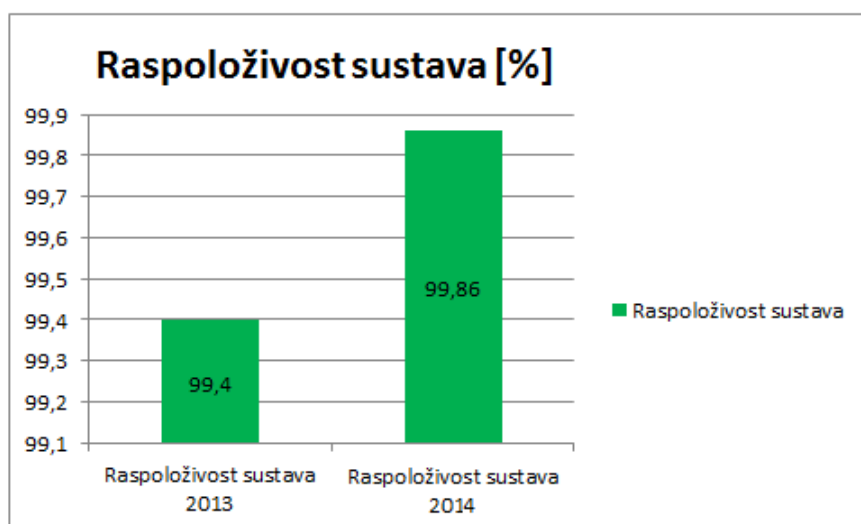
$$A = \frac{t_i}{t_z + t_i} \cdot 100 \% \quad (3)$$

gdje je :

t_i - maksimalno raspoloživo godišnje vrijeme rada sustava [h]

t_z - vrijeme uzrokovano prisilnim ili planiranim zastojem [h]

A - ukupna raspoloživost sustava [%]



Slika 5.6 Raspoloživost sustava u promatranom periodu za 2013. i 2014. Godini

6 Zaključak

U radu su opisani nedostaci starog sustava koji je postao nepouzdan i neselektivan jer mu je eksploatacijski vijek višestruko istekao i ne može se pokriti potreba za rezervnim dijelovima. Izvedena je rekonstrukcija distribucijske stanice od 8 polja na 35 kV strani, te 16 polja na 10 kV strani uz minimalne troškove ulaganja sa vlastitim snagama. Postrojenju je rekonstrukcijom ujedno omogućen sustav daljinskog vođenja i upravljanja u stvarnom vremenu bez kašnjenja, te omogućuje konstantno trenutno praćenje rada sustava. Svi poremećaji i događaji se kronološki zapisuju i pohranjuju u bazu podataka kojoj se može pristupiti u svakom trenutku te se mogu koristiti za potrebe raznih analiza i istraživanja. Zamjenom sekundarnog dijela odnosno uređaja koji štite postrojenje ujedno je ostvarena ušteda na troškovima održavanja te je povećana raspoloživost sustava na godišnjoj razini za 0,46 %.

7 Literatura

- [1] Nikolovski, Srete: *Osnove analize pouzdanosti elektroenergetskog sustava*, Osijek, Elektrotehnički fakultet u Osijeku, 1995., 98 str.
- [2] Marušić, Antun: *Trendovi u izboru tehničkih rješenja pri rekonstrukcijama sekundarnih sustava u transformatorskim stanicama*, Fakultet elektrotehnike i računalstva u Zagrebu, Zavod za visoki napon i energetiku, 2010/2011., Zagreb,