

UDK: 621.314.21/.316(045)=163.41

DOI: 10.5937/bakar2601017M

NAUČNI RAD

Oblast: Elektroenergetika

Primljen: 13.01.2026.

Prerađen: 30.01.2026.

Prihvaćen: 06.02.2026.

**ISPADI DALEKOVODA U TRAFOSTANICAMA-POGON PRENOSA
NOVI SAD USLED PRESKOKA NA IZOLATORSKIM LANCIMA I
STRUJNIM MOSTOVIMA**

**OUTAGES OF TRANSMISSION LINES IN SUBSTATIONS –
TRANSMISSION OPERATIONS NOVI SAD CAUSED BY FLASHOVERS
ON INSULATOR STRINGS AND BUSBARS**

Nenad Marković¹, Davor Derdić², Strahinja Marković³

¹Akademija strukovnih studija kosovsko metohijska, Odsek Uroševac -
Leposavić, 38218 Leposavić, Srbija

²Akcionarsko društvo „Elektromreža Srbije“, Beograd, Sektor za operativno
upravljanje delom prenosnog sistema SEVER - RDC SEVER - Novi Sad,
21000 Novi Sad, Srbija

³Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica, Univerzitet u Prištini, Kneza
Miloša 7, 38220 Kosovska Mitrovica, Srbija

¹E-mail: nen.mark74@yahoo.com, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6960-1953>

²Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-6939-6478>

³Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-7812-8781>

Izvod

U radu su analizirani uzroci ispada u prenosnim trafostanicama, sa posebnim naglaskom na preskoke na izolatorskim lancima i strujnim mostovima u postrojenjima naponskih nivoa 110 kV i 220 kV. Poseban fokus stavljen je na pojave preskoka na izolatorima kao jedan od najčešćih uzroka prekida u radu elektroenergetskih sistema. Analiza se temelji na podacima prikupljenim u periodu od 2000. do 2015. godine na trafostanicama u nadležnosti JP „Elektromreža Srbije“, pogon prenosa Novi Sad sa datim obrazloženjem do današnjeg dana. Istraživanjem je obuhvaćena vremenska distribucija ispada, kao i uticaj klimatskih faktora (vlaga, jutarnja rosa) na pogoršanje izolacionih karakteristika opreme.

Cilj istraživanja je smanjenje broja ispada ovog tipa, čime se doprinosi povećanju pouzdanosti prenosnog sistema i smanjenju trajanja beznaponskih pauza. Dobijeni rezultati mogu poslužiti kao osnova za optimizaciju izbora izolatora i definisanje daljih tehničkih mera u cilju unapređenja rada i sigurnosti elektroenergetske mreže.

Cljučne reči: ispad, preskok, trafostanica, dalekovod, izolatori, strujni mostovi

Abstract

This paper analyses the causes of outages in transmission substations, with a particular focus on flashovers occurring on insulator strings and busbars in facilities operating at voltage levels of 110 kV and 220 kV. Special attention is given to flashovers on insulators, recognised as one of

the most frequent causes of interruptions in the operation of electrical power systems. The analysis is based on data collected between 2000 and 2015 at substations managed by the public enterprise Elektromreža Srbije (EMS), Transmission Operations Novi Sad, with the provided justification of the relevance of this period up to the present day. The research examines the temporal distribution of outages and the influence of climatic factors such as humidity and morning dew on the degradation of insulation properties of the equipment.

The objective of the study is to reduce the number of outages of this type, thereby enhancing the reliability of the transmission system and reducing the duration of power interruptions. The findings can serve as a foundation for optimising insulator selection and for defining further technical measures aimed at improving the performance and safety of the electrical transmission network.

Keywords: outage, flashover, substation, transmission line, insulators, busbars

1. UVOD

Kompletan prenosni elektroenergetski sistem čini okosnicu energetskeg lanca, omogućavajući efikasan prenos električne energije od proizvođača do distributivnih centara i krajnjih korisnika. On se sastoji od dva osnovna podsistema: dalekovoda, koji predstavljaju fizičku i električnu vezu između različitih tačaka sistema i trafostanica koje služe za transformaciju električne energije sa jednog naponskog nivoa na drugi. Ova transformacija je neophodna radi smanjenja gubitaka pri prenosu energije na velikim udaljenostima, kao i za prilagođavanje napona potrebama potrošača [1]. Efikasno funkcionisanje prenosnog sistema zavisi od pravilne konfiguracije i održavanja kako dalekovoda, tako i trafostanica. Pored osnovne funkcije transformacije napona, trafostanice uključuju i opremu za zaštitu, merenje, kontrolu i automatizaciju, što doprinosi pouzdanosti i sigurnosti sistema. Dalekovodi, sa druge strane, zahtevaju posebnu pažnju u pogledu mehaničke stabilnosti, zaštite od atmosferskih uticaja, i kontrole elektromagnetnog zračenja [2].

Funkcionalnost prenosnog elektroenergetskog sistema predstavlja jedan od ključnih pokazatelja stabilnosti i efikasnosti celokupne elektroenergetske mreže. Da bi se obezbedio neprekidan i bezbedan prenos električne energije, neophodno je smanjiti učestalost ispada i tehničkih zastoja kroz redovno preventivno održavanje, implementaciju savremenih sistema zaštite i primenu naprednih metoda nadzora i kontrole. Prenosni sistemi se, u cilju poboljšanja operativnih karakteristika, mogu rekonfigurisati ili modernizovati radi otklanjanja tehničkih ograničenja, smanjenja gubitaka pri prenosu i ublažavanja posledica spoljašnjih uticaja kao što su atmosferske pojave ili mehanička opterećenja. Na taj način obezbeđuje se veći stepen energetske stabilnosti i efikasnije funkcionisanje prenosne mreže u celini [3,4].

U nastavku rada je data posebna pažnja istraživanju uticaja vrste i broja izolatorskih članaka u izolatorskom lancu na pojavu ispada dalekovoda u određenom vremenskom periodu, sa namerom da se utvrde optimalni parametri koji dovode do smanjenja broja ispada usled preskoka na izolatorskim lancima.

Na taj način teži se povećanju pouzdanosti prenosnog sistema i smanjenju beznaponskih pauza izazvanih ovim vrstama poremećaja u radu elektroenergetskog sistema.

2. POUZDANOST, STABILNOST I UPRAVLJANJE PRENOSNIM ELEKTROENERGETSKIM SISTEMOM

U elektroenergetskom sistemu sva proizvedena električna energija se troši putem distributivnog sistema, koji se definiše kao poslednja faza u procesu isporuke električne energije i ima zadatak da obezbedi napajanje pojedinačnih potrošača. Obzirom na to da je električna energija postala osnovni resurs savremenog društva, pouzdanost i kontinuitet distributivnog sistema predstavljaju jedan od najznačajnijih pokazatelja efikasnosti celokupnog elektroenergetskog sistema [5].

Kvalitet električne energije uz kontinuitet snabdevanja predstavlja pouzdanost elektroenergetskog sistema, koja je obrnuto proporcionalna trajanju prekida u isporuci električne energije. Ona zavisi od očekivanih ili neočekivanih kvarova u sistemu, brzine reagovanja zaštitnih sistema, preventivnog održavanja i motivisanosti tehničkog osoblja. Detaljno proučavanje distributivnog sistema ima poseban značaj, jer njegova pouzdanost direktno utiče na ugled elektroprivrednog preduzeća, kvalitet usluge, zadovoljstva potrošača i ukupne prihode [6].

Preduslov za siguran, bezbedan i pouzdan rad elektroenergetskog sistema svakako predstavlja redovno održavanje, revitalizacija kao i rekonstrukcija postojećih kapaciteta. Sve ove akcije nastaju kao posledice redovne i detaljne analize rada elektroenergetskog sistema koja je osnov za uspešno funkcionisanje celokupnog sistema.

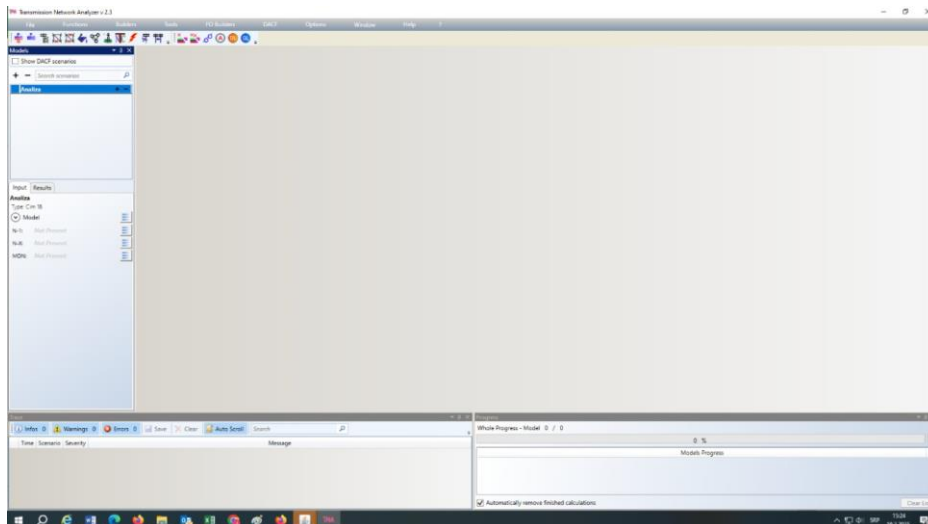
U okviru JP „Elektromreža Srbije“, pogon prenosa Novi Sad, oformljeni su stručno obučeni sektori za analizu i upravljanje koji u saradnji sa sektorima za održavanje planiraju otklanjanje nastalih, a takođe i potencijalnih kvarova u elektroenergetskoj mreži. Na sl. 1 je prikazano postrojenje trafostanice Novi Sad 3 naponskog nivoa 400kV/220kV/110kV.



Sl. 1. *Postrojenje trafostanice Novi Sad 3 naponskog nivoa 400kV/220kV/110kV*

Pouzdanost elektroenergetskog sistema predstavlja sposobnost sistema da omogući neprekidno napajanje potrošača električnom energijom koja se nalazi u okviru propisanih standarda i u željenom iznosu.

Analiza pogonskih stanja u elektroenergetskom sistemu se obavlja da bi se dobili podaci o ponašanju pojedinih elemenata elektroenergetskog sistema u zavisnosti od vrste pogonskog stanja. U pogonska stanja spadaju i kvarovi unutar elektroenergetskog sistema, i veoma je bitno imati uvid u ponašanje pojedinih elemenata u toku kvara. Kao alat za analizu dela elektroenergetskog sistema dispečeri centara upravljanja koriste različite programe za simulaciju neželjenih situacija uzimajući podatke tokova energije i parametara mreže u realnom vremenu. Nakon dobijenih rezultata analize vrše se akcije kako bi unapred osigurali (naravno ako je to moguće) siguran rad sistema. Jedan od bitnijih alata je sigurno TNA (Transmission Network Analyzer), sl. 2, koji se svakodnevno koristi za analizu, planiranje i nadzor prenosne mreže u elektroenergetskom sistemu.



Sl. 2. Program za analizu elektroenergetskog sistema (TNA)

3. ISPADI U TRAFOSTANICAMA USLED PRESKOKA NA IZOLATORSKIM LANCIMA I STRUJNIM MOSTOVIMA

Ispadi trafostanica ne moraju neposredno dovesti do prekida u napajanju krajnjih potrošača, naročito u sistemima gde postoji redundantna veza između više objekata. U savremenim elektroenergetskim mrežama, većina trafostanica funkcioniše u zatvorenoj (upetljanoj) mreži, što omogućava automatsko preusmeravanje opterećenja na susedne stanice u slučaju ispada. Ipak, ovakvi događaji mogu uzrokovati privremena preopterećenja na ostalim delovima sistema, što povećava rizik od kaskadnih kvarova, naročito ukoliko stanje traje duži vremenski period [7].

Zbog toga je od suštinske važnosti da vreme ispada bude minimalno, kako bi se izbegla sekundarna oštećenja opreme i obezbedila stabilnost mreže. Efikasno upravljanje ovakvim situacijama zahteva primenu automatizovanih sistema zaštite, brzu dijagnostiku uzroka ispada, kao i analizu podataka radi pravovremenog otkrivanja ponavljajućih problema. Posebna pažnja posvećuje se preventivnom održavanju i redovnoj kontroli ključnih elemenata kao što su izolatori, sabirnice, prekidači i zaštitni releji [8].

Izolatori služe za odvajanje delova pod naponom (provodnika) od uzemljenih delova (stubovi), kao i za nošenje i pričvršćivanje provodnika. Nalaze se na stubovima, sabirnicama, izvodima strujnih i naponskih mernih

transformatora, i na svim mestima gde provodnik može doći u kontakt sa delovima postrojenja koji u normalnom pogonskom stanju nisu pod naponom. Preskoci na izolatorskim lancima javljaju se usled promene fizičkog i hemijskog svojstva materijala od kojeg se izrađuju izolatori. Prilikom preskoka izolator gubi dielektrično svojstvo i postaje provodnik, i tada dolazi do nenormalnih pogonskih stanja i eventualnog ispada određenog elementa u postrojenju.

Na sl. 3 prikazan je izolator nakon preskoka, a na sl. 4 prikazan je ispravan izolator, koji zadržava svoja izolaciona svojstva i obezbeđuje pouzdan rad prenosnog elektroenergetskog sistema bez opasnosti od preskoka ili nestanka napona.



Sl. 3. Izolator nakon preskoka



Sl. 4. Ispravan izolator

Strujni mostovi služe za povezivanje provodnika između dva zatezna izolatorska lanca. Budući da povezuju provodnike, u normalnom pogonskom stanju su pod naponom, i povremeno se dešava preskok sa strujnog mosta na element koji u normalnom pogonskom stanju nije pod naponom.

Preskok na strujnim mostovima izaziva struje kvara koje dovode do reagovanja zaštite i ispada postrojenja. Strujni mostovi predstavljaju najslabiji kontakt između dva provodnika, i ukoliko kontakt između njih nije dobar, može doći do pregrevanja na mestu kontakta, što predstavlja opasnost za taj vod. Pregrevanje je veće što je veća snaga koju vod prenosi, sl. 5. Na sl. 6 je data zatezna stezaljka koja se koristi za pričvršćivanje provodnika ili kablova kao prikaz gde može doći do slabljenja kontakta na strujnim mostovima.



Sl. 5. Strujni mostovi na sabirnicama 220 kV



Sl. 6. Zatezna stezaljka

4. ANALIZA ISPADA U PRENOSNIM TRAFOSTANICAMA

Ispadi u 110 kV i 220 kV poljima usled preskoka na izolatorskim lancima retko se javljaju i usled nečistoće na samim lancima, što se rešava povremenim čišćenjem izolatora.

Strujni mostovi, kao najslabija tačka kontakta dva provodnika, često su razlog ispada. Kontakti strujnih mostova ponekad predstavljaju tačku povećanog grejanja što dovodi do opasnog pogonskog stanja na provodniku.

Analiza ispada u trafostanicama je izvršena za prenosne trafostanice na području Vojvodine koje su u nadležnosti JP „Elektromreža Srbije“, pogon prenosa Novi Sad. Analizom su obuhvaćene sledeće trafostanice: TS Zrenjanin 2, TS Sremska Mitrovica 2, TS Novi Sad 3, TS Srbobran i TS Subotica 3, što je dato u tabeli 1. Analizirani su ispadi polja u postrojenjima 110 kV i 220 kV. Podaci su prikupljeni tokom perioda od 16 godina, od 2000. do 2015. godine.

Tabela 1. Prikaz preskoka na izolatorske lance u TS za period od 16 godina

Red. br.	TS	Kvar u		Kvar na		
		110 kV	220 kV	izolatorskom lancu	strujnom mostu	nepoznat
1.	Zrenjanin 2	19	-	16	-	3
2.	S. Mitrovica 2	10	6	13	-	3
3.	Novi Sad 3	12	13	14	5	6
4.	Srbobran	1	1	1	1	1
5.	Subotica 3	1	-	-	-	-
Ukupno:		43	20	44	6	13

Ispadi polja 110 kV i 220 kV po godini pogona

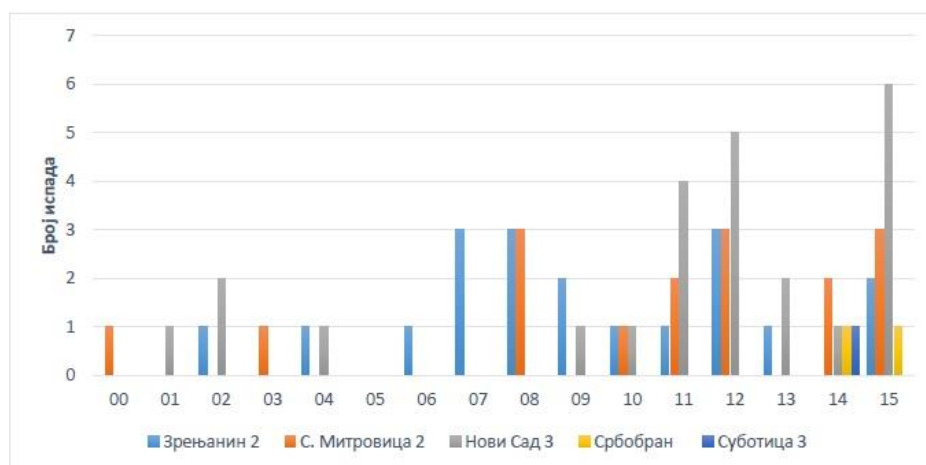
U tabeli 2 je dat broj ispada polja 110 kV i 220 kV na trafostanicama u zavisnosti od godine pogona.

Tabela 2. Broj ispada polja 110 kV i 220 kV na TS u zavisnosti od godine pogona

Red. br.	TS	Broj ispada po godini (2000-2015)																Ukupno
		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	
1.	Zrenjanin 2	-	-	1	-	1	-	1	3	3	2	1	1	3	1	-	2	19
2.	S. Mitrovica 2	1	-	-	1	-	-	-	-	3		1	2	3	-	2	3	16
3.	Novi Sad 3	-	2	2	-	1	-	-	-	-	1	1	4	5	2	1	6	25
4.	Srbobran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2
5.	Subotica 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Ukupno:		1	2	3	1	2	0	1	3	6	3	3	7	11	3	5	12	63

Prema podacima iz tabele 2, vidi se da broj ispada u poljima 110 kV i 220 kV raste tokom vremena, što je i očekivano obzirom na starenje opreme. Porastom broja ispada poslednjih godina javila se potreba za preduzimanjem mera koje bi smanjile ispadе u poljima.

Dijagramskim prikazom podataka iz tabele 2, jasno je prikazan porast ispada polja 110 kV i 220 kV, sl. 7.



Sl. 7. Dijagram broja ispada polja 110 kV i 220 kV na TS u zavisnosti od godine pogona

Ispadi polja 110 kV i 220 kV po mesecu u toku godine

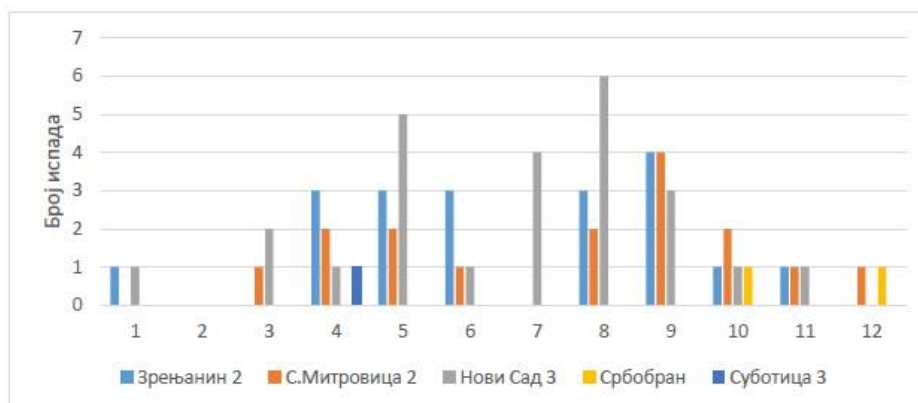
U tabeli 3 je dat broj ispada polja 110 kV i 220 kV na trafostanicama po mesecu u toku godine.

Tabela 3. Broj ispada polja 110 kV i 220 kV na TS po mesecu u toku godine

Red. br.	TS	Broj ispada po mesecu												Ukupno
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1.	Zrenjanin 2	1	-	-	3	3	3	-	3	4	1	1	-	19
2.	S. Mitrovica 2	-	-	1	2	2	1	-	2	4	2	1	1	16
3.	Novi Sad 3	1	-	2	1	5	1	4	6	3	1	1	-	25
4.	Srbobran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2
5.	Subotica 3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Ukupno:		2	0	3	7	10	5	4	11	11	5	3	2	63

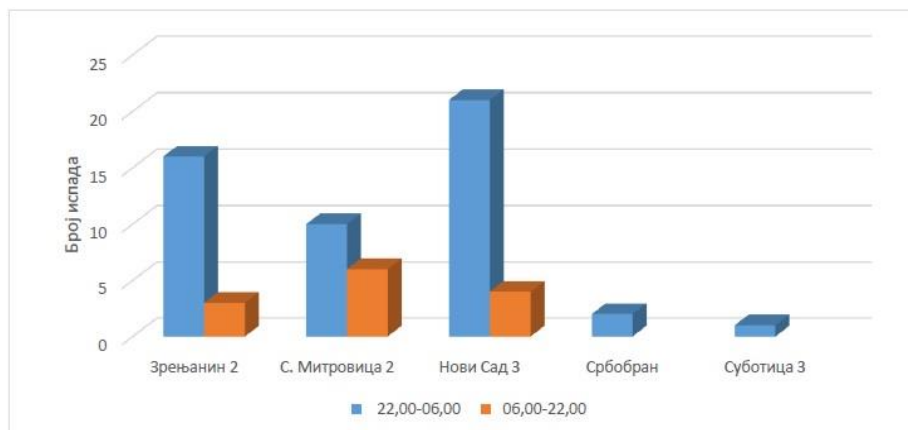
Detaljnou analizom ispada polja u trafostanicama po mesecu u toku godine, dolazi se do rezultata da se najveći broj ispada događa u toku prolećnog i letnjeg perioda godine. Prethodnom analizom se može utvrditi koje vremenske prilike povoljno ili nepovoljno utiču na nastanak kvarova. Naime, ptice su čest uzrok pojave kvara, što objašnjava povećan broj ispada tokom toplijeg dela godine.

Na sl. 8 je dijagramski prikazan broj ispada polja 110 kV i 220 kV na trafostanicama po mesecu u toku godine.

**Sl. 8.** Dijagram broja ispada polja 110 kV i 220 kV na TS po mesecu u toku godine

Ispadi polja 110 kV i 220 kV po času u toku dana

Analiza ispada trafostanica po času u toku dana se može koristiti za detaljnije utvrđivanje razloga ispada, kao i za statističku obradu pouzdanosti određenih polja i dalekovoda, sl. 9.



Sl. 9. Učešće pojedinih časova u ispadima polja 110 kV i 220 kV na TS

Daljom analizom je uočen vremenski obrazac u pojavljivanju kvarova u trafostanicama, što može ukazivati na uticaj spoljnih atmosferskih uslova na pouzdanost opreme. Analizom raspodele kvarova po vremenskim intervalima, vidi se da se najveći broj kvarova javlja u periodu od 22.00 do 06.00 časova, sl. 9. Ovaj obrazac sugerise da određeni atmosferski uslovi, kao što su pad temperature i povećana vlažnost tokom noći, mogu doprineti nastanku preskoka. Odatle se može pretpostaviti da su preskoci delimično izazvani i pojavom jutarnje rose, koja povećava površinsku provodljivost izolatora i drugih izolacionih delova.

5. REŠENJE PROBLEMA ISPADA NA 110 KV I 220 KV DALEKOVODIMA I PREDUZIMANJE MERA ZA KOORDINACIJU IZOLACIJE

U svim kritičnim poljima izvršena je zamena izolatora na fazama '0', '4', '8'. Izvršeno je dielektrično ispitivanje izolatorskih lanaca EN, EZ i DZ u svim fazama. U svim kritičnim dalekovodnim poljima izvršena je i zamena strujnih mostova u sve tri faze.

Takođe, postoji tendencija zamene porcelanskih izolatora staklenim, koji imaju bolje karakteristike i lakši su za pregled. Usled preskoka na porcelanskim izolatorima, on ostaje čitav, ali gubi svoja prvobitna dielektrična svojstva, dok se stakleni pri proboju raspadne i postaje i vidno oštećen.

Na dalekovodnim poljima 142/3, 143 i 192 na TS Zrenjanin 2 izvršena je zamena porcelanskih izolatora K-3 1*6, sl. 10, staklenim U-120BS 1*8, sl. 11.



Sl. 10. Porcelanski izolator



Sl. 11. Stakleni izolator

Broj izolatorskih članaka povećan je sa 6 porcelanskih, na 8 staklenih [9,10]. Posle zamene izolatora na navedenim poljima, dobijeni su očekivani rezultati u pogledu broja ispada na datim dalekovodnim poljima, tabela 4.

Tabela 4. Ispadi pre i posle rekonstrukcije DV polja u TS Zrenjanin 2

Polje broj	Period posmatranja događaja		Ukupno ispada
	Pre rekonstrukcije od '00 do '10	Posle rekonstrukcije od '11 do '15	
DV 142/3	3	-	3
DV 143	3	1	4
DV 192	2	-	2
Ukupno:	8	1	9

Nakon rekonstrukcije koja je podrazumevala zamenu porcelanskih izolatora od 6 članaka, za staklene od 8, vidi se da se vidno smanjio broj ispada u navedenim dalekovodnim poljima u TS Zrenjanin 2. To znači da za 110 kV postrojenje nije bila dobro izabrana koordinacija izolacije izolatorskih lanaca tih postrojenja.

Na sl. 12 je dijagramski prikazan ispad DV polja 110 kV pre i posle rekonstrukcije u TS Zrenjanin 2.



Sl. 12. *Ispadi DV polja 110 kV pre i posle rekonstrukcije u TS Zrenjanin 2*

Takođe, u navedenim DV poljima zamenjeni su strujni mostovi, čime je znatno smanjena i mogućnost preskoka na strujnim mostovima. Dubina strujnih mostova je sa dotadašnjih 120 cm povećana na 160 cm. Na poprečnoj vezi u fazi '0' između zateznog izolatorskog lanca i prekidača umetnut je izolatorski lanac sa izolatorima K-3 1*7. Umesto „U“ stremena ugrađena je zastavica na visećim izolatorskim lancima na izlaznom portalu i portalu između sabirnica. Sve te preduzete mere dovele su do smanjenja broja ispada u DV polju.

Na osnovu prethodne analize se može zaključiti da se rešenja za smanjenje verovatnoće ispada u 110 kV i 220 kV poljima ogledaju u sledećem:

- na svim visećim izolatorskim lancima K-3 gde ima 6 izolatora, povećati za 1;
- na svim visećim izolatorskim lancima K-3 gde ima 6 izolatora, ugraditi neki drugi tip izolatora, npr. staklene izolatore tipa U120-BS 1*8 kom;
- proveriti kontakte na strujnim mostovima i zameniti ih po potrebi;
- izmeriti prelazne otpornosti kontakata strujnih mostova i zameniti ih ako vrednosti ne odgovaraju zahtevanim.

Na kraju ove analize je potrebno istaći da dodatna ispitivanja nisu sprovedena do današnjeg dana, jer nije bilo promene u tipu korišćenih izolatora, a broj ispada u posmatranim dalekovodnim poljima se značajno smanjio. Pored toga, na svim novim i revitalizovanim dalekovodima primenjuju se stakleni izolatori, dok se porcelanski postepeno povlače iz upotrebe.

6. ZAKLJUČAK

Analiza ispada dalekovoda u trafostanicama koja je izvršena u pogonu prenosa Novi Sad, sa posebnim osvrtom na preskoke na izolatorskim lancima i

strujnim mostovima, pokazala je da ovi kvarovi ne samo da utiču na pouzdanost lokalnog napajanja, već mogu izazvati i lančana preopterećenja u okolnim delovima elektroenergetske mreže. Iako većina trafostanica funkcioniše u upetljanoj vezi koja obezbeđuje određeni stepen sigurnosti, produžena trajanja ispada mogu uzrokovati aktiviranje zaštitnih uređaja i dodatno narušiti stabilnost sistema.

Prilikom ispitivanja je uočen vremenski obrazac povećanog broja kvarova tokom noćnih sati, što može ukazivati na uticaj atmosferskih uslova, poput jutarnje rose, na pojavu preskoka. Takođe, evidentan je pozitivan trend smanjenja broja kvarova u dalekovodnim poljima u kojima su zamenjeni tipovi izolatora, pri čemu se sve više primenjuju stakleni izolatori, dok se porcelanski postepeno povlače iz upotrebe.

Detaljna analiza uzroka kvarova predstavlja ključni korak ka unapređenju pouzdanosti elektroenergetskog sistema. Takve analize omogućavaju identifikaciju kritičnih tačaka, donošenje pravovremenih tehničkih mera i izbor optimalne opreme, čime se smanjuje rizik od ponovnog javljanja kvarova. One se mogu primenjivati na pojedinačne elemente postrojenja, ali i na celokupan sistem, sa ciljem povećanja energetske efikasnosti i sigurnosti napajanja.

U savremenim sistemima, integracija novih tehnologija, naprednih materijala i softverskih alata za praćenje, dijagnostiku i upravljanje kvarovima postaje nezaobilazna. Samo uz sveobuhvatan pristup koji kombinuje prevenciju, analitiku i modernizaciju, moguće je ostvariti visok nivo operativne pouzdanosti i dugoročnu stabilnost elektroenergetskog sistema.

LITERATURA

- [1] J. Jovanović, *Proizvodnja i prenos električne energije*, Zavod za udžbenike, Beograd, 2005.
- [2] T. Gonen, *Electrical power transmission system engineering: Analysis and design* (3rd ed.), CRC Press, 2014.
- [3] J.J. Grainger, W.D. Stevenson, Jr., *Power system analysis*, McGraw-Hill, Inc., 1994.
- [4] D. Jovanović, *Proizvodnja i prenos električne energije*, VTŠNS, Novi Sad, 2013.
- [5] Lj. Milanković, *Proizvodnja i prenos električne energije*, Naučna knjiga, Beograd, 1966.
- [6] P. Kafle, M. Bhandari, L.B. Rana, *Reliability Analysis Techniques in Distribution System: A Comprehensive Review*, *International Journal of Engineering and Manufacturing (IJEM)*, Vol. 12, No. 2, 2022.

-
- [7] E. Lakervi, E.J. Holmes, Electricity Distribution Network Design, IET, 1995.
 - [8] J.D. McDonald, (Ed.), Electric power substations engineering (3rd ed.), CRC Press, 2012.
 - [9] <https://electro.tomathouse.com>
 - [10] R. Radetić, Priručnik za obuku rukovaoca TS-RP, Elektromreža Srbije, 2012.