

UDK: 621.314/.314(045)=163.41

DOI: 10.5937/bakar2402037V

NAUČNI RAD

Oblast: Elektrotehničko inženjerstvo

Primljen: 05.11.2024.

Prerađen: 08.11.2024.

Prihvaćen: 15.11.2024.

**ISPITIVANJE ELEKTROIZOLACIONIH PROSTIRKI  
U TS 35/10 kV I ANALIZA STVARNOG STANJA**

**TESTING OF ELECTRICAL INSULATION MATS  
IN TS 35/10 KV AND ANALYSIS OF THE ACTUAL SITUATION**

Jovan Vujić<sup>1</sup>, Božo Ilić<sup>2</sup>, Nebojša Đenić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jugoinspekt Beograd A.D., Čika Ljubina 8/V, 11000 Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu,  
Školska 1, 21000 Novi Sad, Srbija

<sup>3</sup>Narodna Skupština Republike Srbije, Trg Nikole Pašića 13,  
11000 Beograd, Srbija

<sup>1</sup> E-mail: vujicjovan12@mts.rs

<sup>2</sup> E-mail: ilic@vtsns.edu.rs

<sup>3</sup> E-mail: nebojsa.djenic@parlament.rs

**Izvod**

*Cilj ovoga rada je da predstavimo princip ispitivanja elektroizolacionih prostirki i rezultate ispitivanja kao i uočene nepravilnosti u eksploataciji istih u trafo stanicama 35/10 kV (TS 35/10) u Srbiji. Shodno napretku tehnologije uvodi se sve više automatike i računara u upravljanje radom TS, a osnovni pojmovi zaštite od napona dodira i napona koraka osoblja koje radi i boravi u tim postrojenjima su zapostavljeni. Činjenica je da su te TS objekti u kojima ljudi nisu stalno prisutni, ali oni ipak određeno vreme provode u njima i izloženi su raznim opasnostima. Vršeno je ispitivanje elektroizolacionih prostirki u nekoliko TS i rezultati su poražavajući.*

*Pored nepoštovanja procedura za rad, ti objekti često prokišnjavaju, prisutni su i razni glodari, a i nehigijena je na zavidnom nivou. Osnovni problem je što elektroizolacione prostirke nisu adekvatne svojoj svrsi, nisu pravilno postavljene, nedostatak pravilnog inspeksijskog nadzora, kao i propusti u zakonskoj regulativi koja definiše ovu oblast.*

**Ključne reči:** elektroizolaciona prostirka, struja odvoda, standard, prostorija, ispitni napon, zaštita

**Abstract**

*The aim of this paper is to present the principle of testing electrical insulation mats and the results of the tests as well as observed irregularities in their operation in transformer stations 35/10 kV (TS 35/10) in Serbia. In accordance with the progress of technology, more and more automation and computers are being introduced in the management of the operation of TS, and the basic concepts of protection against contact voltage and step voltage of the staff who work and stay in these facilities are neglected. The fact is that these TS are facilities where people are not constantly present, but they still spend a certain amount of time in them and are exposed to various dangers. Electrical insulation mats were tested in several TS and the results were devastating.*

---

*In addition to non-compliance with work procedures, these facilities often leak, various rodents are present, and unsanitary conditions are at an enviable level. The main problem is that the electrical insulating mats are not adequate for their purpose, they are not properly installed, the lack of proper inspection supervision, as well as the shortcomings in the legal regulations that define this area*

**Keywords:** *electrical insulating mat, drain current, standard, room, test voltage, protection*

## 1. UVOD

U današnje vreme život bez električne energije bio bi nezamisliv. Nema oblasti života koja bi mogla da funkcioniše bez električne energije. Potražnja za električnom energijom svakodnevno raste, tako da se proizvodni kapaciteti stalno povećavaju, a shodno tome i prenosni sistemi. Prenosni sistemi mogu biti na: visokom (400, 220 i 110 kV), srednjem (35 i 10 kV) i niskom (do 1 kV) naponu. TS 35/10 kV su počele mahom da se grade 60-ih godina prošlog veka, dok se danas teži ka TS 110/20 kV kako bi se izbacio jedan naponski nivo. [1-3]

TS 35/10 kV su uglavnom zidane zatvorenog tipa. Sastoje se iz razvodnog postrojenja 35 i 10 kV, odgovarajućih odvodnika prenapona, ćelija sa prekidačima i rastavljačima sa noževima za uzemljenje, ćelija za merenje sa odgovarajućom opremom, akumulatorskih baterija kao izvora jednosmernog napajanja neophodnog za rad postrojenja, i jednog ili više transformatora snage 4 ili 8 MVA. [1-3] Prilikom manipulacije sa opremom rukovalac je obavezan da stoji na elektroizolacionoj prostirci kao dopunskom sredstvu zaštite od napona dodira. [4]

## 2. ISPITIVANJE ELEKTROIZOLACIONIH PROSTIRKI

Elektroizolaciona prostirka se primenjuje kao zaštitno sredstvo za izolovanje stajališta sa kojega se obavljaju manipulacije električnim uređajima i ona predstavlja stalno postavljeno sredstvo zaštite. [5]

Ispitivanje elektroizolacionih prostirki vrši se prema standardu SRPS Z.B1.304:2002 i SRPS EN 61111:2012. U pripremi je i standard SRPS EN 61111:2024. U konkretnom slučaju imamo novi standard SRPS EN 61111:2012, ali nemamo pravilnik koji se poziva na navedeni standard, tako da je stari standard SRPS Z.B1. 304:2002 i dalje važeći. [6-8] U ovoj oblasti imamo dosta slučajeva da smo prihvatili nove standarde, ali ih nismo zakonskom regulativom verifikovali, tako da se tu pojavljuje vakuum u oblasti propisa što predstavlja veliki problem. Prema ovim standardima elektroizolacione prostirke se izrađuju od gume ili drugih elektroizolacionih materijala.

Zaštitne elektroizolacione prostirke izrađuju se u dva tipa:

- zaštitna elektroizolaciona prostirka tipa 1000, koja se upotrebljava kao zaštitno sredstvo u električnim postrojenjima čiji nazivni napon ne prelazi 1000 V, i

- zaštitna elektroizolaciona prostirka tipa 3000, koja se upotrebljava kao zaštitno sredstvo u električnim postrojenjima čiji nazivni napon prelazi 1000 V. [5]

Prema novom standardu SRPS EN 61111:2012, imamo pet klasa prostirki (0, 1, 2, 3 i 4), ali kod nas to još nije primenjeno u praksi.

Zaštitna elektroizolaciona prostirka po površini, na licu (gazeći sloj) mora biti glatka. Na zahtev naručioca, površina lica može biti urađena u reljefu. Elektroizolaciona prostirka se izrađuje iz jednog, dva ili više slojeva. Širina elektroizolacione prostirke je 1250 mm, a ako je manipulativni prostor manji elektroizolaciona prostirka mora da bude tolika da prekrije prostor od jedne do druge ivice zida. Najmanja debljina elektroizolacione prostirke može biti 3 mm. [9]

Ispitivanje se obavlja provlačenjem prostirke između dve elektrode brzinom od 2 cm do 3 cm u sekundi. Ispitne elektrode između kojih se elektroizolaciona prostirka provlači tokom ispitivanja mogu biti valjak – valjak ili valjak – ravna ploča, pri čemu prečnik valjka treba da bude 50 mm, a zaobljenost čeonih ivica 6 mm. Tokom ispitivanja prostirke mora da se obezbedi pritisak od 0,025 MPa između ispitnih elektroda. [5]

Ispitivanje se vrši naizmjeničnim naponom frekvencije 50 Hz i pri temperaturi okolne sredine od 15°C do 35°C. Napon treba da je sinusoidnog oblika. Odnos najveće i efektivne vrednosti mora da bude  $\sqrt{2} \pm 5\%$ . Nazivna snaga uređaja ne sme biti manja od 0,5 kVA (preporučuje se uređaj od 2 kVA), a napon kratkog spoja ne sme biti veći od 5%. [10] Ispitni napon koji se dovodi na ispitne elektrode treba povećavati pomoću regulatora, brzinom najviše 1000 V u sekundi. Kada se postigne pun ispitni napon, otpočinje se provlačenje prostirke. [11]

Pri naknadnom ispitivanju svaki komad prostirke tipa 1000 mora da izdrži ispitni napon od 3000 V pri provlačenju prostirke između ispitnih elektroda brzinom od 2 cm/s do 3 cm/s. Najveća dopuštena struja odvoda je 3 mA. [5]

Pri naknadnom ispitivanju svaki komad prostirke tipa 3000 mora da izdrži ispitni napon od 15 000 V pri provlačenju prostirke između ispitnih elektroda brzinom od 2 cm/s do 3 cm/s. Najveća dopuštena struja odvoda je 15 mA. [5]

Periodično ispitivanje zaštitnih elektroizolacionih prostirki koje se nalaze u eksploataciji i onih koje se nalaze u skladištu moraju se obavezno ispitati posle perioda od 36 meseci. Elektroizolacione prostirke postavljene u ostalim elektroenergetskim postrojenjima i ispitnim stanicama periodično se ispituju na svakih 60 meseci. Svaku prostirku mora da prati izveštaj o ispitivanju. Svaka prostirka u eksploataciji mora imati nalepnicu (Slika 1) sa sledećim oznakama:

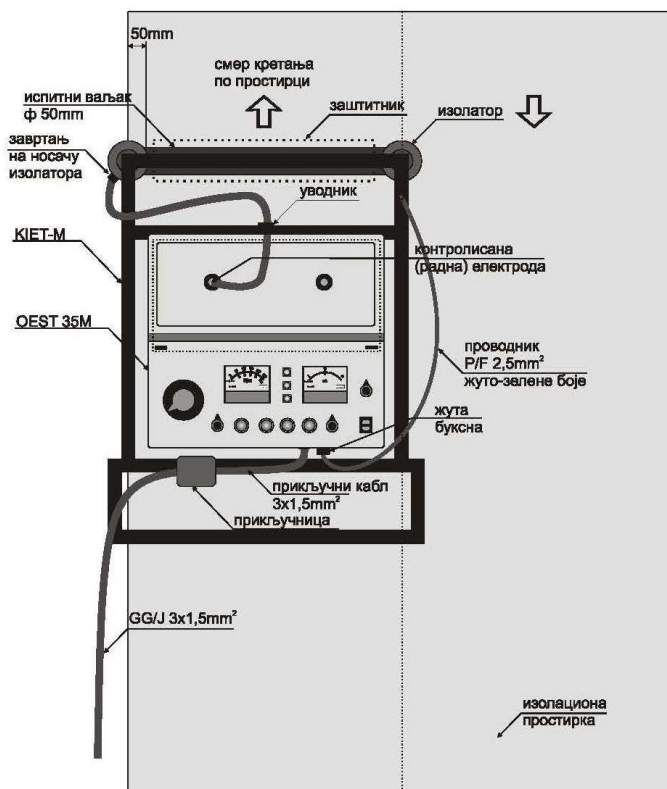
- oznaku ovog standarda i tip prostirke,
- naziv ili znak preduzeća koje je izvršilo ispitivanje,
- ispitni napon i napon postrojenja,

- protokol i broj prostirke, i
- datum do kada je prostirka upotrebljiva.

Na slici 2. prikazana je povezivanje uređaja OEST 35M sa ispitnim kolicima KIET-M za ispitivanja elektroizolacionih prostirki.

ЛУГОИНСПЕКТ А.Д. Београд ВИСОКОНАПОНСКА ЛАБОРАТОРИЈА	SRPS Z.B1.304:2002	ТИП	<input type="text"/>
		БРОЈ	<input type="text"/>
		НАПОН ПОСТРОЈЕЊА	<input type="text"/>
		ИСПИТНИ НАПОН	<input type="text"/>
		ПРОТОКОЛ	<input type="text"/>
УПОТРЕБЉИВО УЗ ПРОПИСНУ УПОТРЕБУ И УСКЛАДИШТЕЊЕ ДО			<input type="text"/>

Sl. 1. Primer nalepnice koja se lepi na elektroizolacionu prostirku



Sl. 2. Ispitivanje elektroizolacionih prostirki povezivanjem uređaja OEST 35M i ispitnim kolicima KEIT - M

### 3. OPREMA ZA VISOKONAPONSKA ISPITIVANJA

Oprema za visokonaponska ispitivanja mora da zadovolji uslove koje smo naveli u prethodnom poglavlju. Na tržištu se nalazi više tipova ove opreme, uglavnom je iz uvoza, ali imamo i domaćih proizvođača. Prilikom ispitivanja korišćena je oprema domaćih proizvođača ELRAJ iz Niša i Gile Company iz Ugljevika (Republika Srpska). [10,11] Uređaj ELRAJ OEST 35M ima uljni transformator za dobijanje visokog napona, dok uređaj GILE COMPANY DIU-50-2 za dobijanje visokog napona koristi suvi epoksidni transformator JNT SM-36 FMT Zaječar. [10,11]

Na slikama 3 i 4 prikazana su ova dva tipa uređaja. Uređaji su etalonirani shodno propisima.



Sl. 3. Uređaj ELRAJ OEST 35M



Sl. 4. Uređaj GILE COMP DIU-50-2

### 4. REZULTATI ISPITIVANJA

Ispitivanje elektroizolacionih prostirki tip 3000 u TS 35/10 kV vršeno je mahom u ruralnim područjima. Elektroizolacione prostirke su uglavnom stare preko 50 godina, ali ima ih i novijeg datuma i u veoma lošem su stanju. Prosečna debljina prostirki je 5 mm dok su dužine različite od pola metra, pa do preko deset metara. Ispitivanjem je ustanovljeno da približno jedna četvrtina elektroizolacionih prostirki nije izdržala ispitni napon i došlo je do proboja istih, što znači da nisu bezbedne za rad i ne smeju se koristiti. Kod većine ispitivanja elektroizolacionih prostirki struja odvoda se kretala u granicama 2 – 7 mA. Na ispravne elektroizolacione prostirke se lepi nalepnica o ispravnosti, slika 1. Za svaku ispitivanu prostirku pored nalepnice koja se lepi na istu izdaje se izveštaj o ispitivanju. U tabeli 1. dat je pregled ispitivanja elektroizilacionih prostirki za 184 komada u petnaest TS 35/10 kV.

**Tabela 1.** Pregled ispitivanja elektroizolacionih prostirki

Redni broj	Tip prostirke	Širina prostirke [m]	Ispitni napon [kV]	Ispitna struja [mA]	Dozvoljena ispitna struja [mA]	Komada	Zadovoljava
1	3000	1,25	15	< 2	15	12	DA
2	3000	1,25	15	< 3	15	27	DA
3	3000	1,25	15	< 4	15	28	DA
4	3000	1,25	15	< 5	15	21	DA
5	3000	1,25	15	< 6	15	22	DA
6	3000	1,25	15	< 7	15	18	DA
7	3000	1,25	15	< 15	15	14	DA
8	3000	1,25	15	Proboj	15	42	NE

Ukupno: 184

Na struju odvoda mnogo utiče i stanje podloge na kojoj se prostirka nalazi. U nekim TS je vršeno renoviranje, pa su umesto klasične betonske ploče postavljeni razni betonski, epoksidni, poliuretanski, i sl., podovi koji imaju mnogo veću otpornost nego beton, tako da je u tim prostorijama struja odvoda znatno manja. Bilo je situacija gde prostirka leži u vodi ili je previše vlažna, pa se struja odvoda zatvara preko ivice prostirke što nije bezbedno.

Stare prostirke proizvođača REKORD RAKOVICA su imale znatno manju struju odvoda nego novije prostirke koje su inostranog porekla, što ukazuje na loš kvalitet robe iz uvoza. Činjenica je da su uvozne prostirke tanje od domaćih, što sigurno utiče na struju odvoda, ali ako analiziramo odnos debljine, starost prostirke i veličinu struje odvoda, domaće prostirke su daleko kvalitetnije. Većina prostirki je zaprljana što sigurno utiče na povećanu struju odvoda. Takođe, i vlažnost poda ima veliki uticaj na veličinu struje odvoda, tako da u vlažnim prostorijama imamo struje odvoda koje se kreću od 10 mA do 15 mA. Proboji na prostirkama su uglavnom nastajali zbog mehaničkih oštećenja koja su nastala izvlačenjem kolica sa prekidačima. Radnici koji izvlače kolica prekidača ne vode računa prilikom izvlačenja. Obično izvuku kolica i onda ih ne spuste lagano što izaziva oštećenje prostirke, a to prilikom ispitivanja izaziva električni proboj. Takođe, u par slučajeva imali smo situaciju da su prostirke postavljene po sredini prostorije, a manipulativni prostor nije prekriven, što takođe nije bezbedno iako je prostirka ispravna.

## 5. NEDOSTACI ZAKONSKE REGULATIVE

Kada se ustanovi da je elektroizolaciona prostirka nebezbedna za upotrebu, odnosno kada je nastupio proboj na istoj prilikom ispitivanja, trebalo bi je izbaciti iz upotrebe. Međutim, u većini slučajeva se prostirka na mestu proboga iseče, tako da od jedne neispravne dobijamo dve ispravne prostirke samo manjih

dimenzija. Tako dobijene prostirke se polažu jedna pored druge i prividno čine jednu celinu kao pre sečenja. U konkretnom slučaju, imali smo oštećenje od 1mm do 2 mm, a sad imamo nebezbedni prostor kolika je širina prostirke obično 1250 mm. Zakonski dobili smo dve prostirke koje su bezbedne za rad, ali situacija je daleko lošija nego kada smo imali samo proboj na jednoj tački. Standardom SRPS Z.B1.304:2002 nije regulisano kolika može biti minimalna dimenzija prostirke, tako da u praksi srećemo i prostirke dužine 0,3 m standardne širine 1,25 m. Takođe, zakonom nije regulisano da li se može vršiti preklop prostirki i koliki taj preklop minimalno treba da iznosi. Ali, ako dođe do preklopa, to za posledicu ima da se pojavljuje manjak površine pod prostirkom, što za posledicu ima da jedan deo radne površine za manipulaciju ostaje nepokriven. Na slici 5. je prikazano nekoliko konkretnih primera iz kontrolisanih TS koje ne zadovoljavaju bezbednosne propise za zaštitu rukovaoca od strujnog udara. Inspeksijska kontrola takođe nije adekvatna, inspektor dođe na teren, pogleda nalepnicu na prostirci i konstatuje bezbednost, ali stvarnost je sasvim drugačija. Prostirka jeste bezbedna, ali radni prostor u celini je daleko od toga. Takođe, inspektori bih trebalo da skrenu pažnju na nehigijenu, vlagu i prisustvo glodara u prostorijama TS.



**Sl. 5.** Primeri nepravilnog postavljanja elektrizacionih prostirki u TS 35/10 kV

## 6. ZAKLJUČAK

Stanje elektroizolacionih prostirki u TS je loše. Činjenica je da nema dovoljno finansijskih sredstava, ali takođe, znamo da se mnogo novca troši na neke nebitne stvari. Takođe, bezbednost ljudi je na jako niskom nivou. Zakonska regulativa je takođe zakazala, standard je pisan za prostirku koja prekriva prostor ispred električnog razvoda ili pogona i data je minimalna širina od 1,25 m, ali nije predvideo navedene probleme koje smo naveli u radu.

Standard SRPS EN 61111:2012 predviđa da minimalna dimenzija prostirke ne može biti manja od 0,7 m x 0,7 m, ali taj standard nije sa obaveznom

---

primenom, a zakonska regulativa ga nije verifikovala. Inspekcijski nadzor nije na adekvatnom nivou. Ukazano je na propuste u pogledu bezbednosti osoblja koje radi u TS sa aspekta zaštite od električnog udara. Nismo naveli lokaciju TS zbog privatnosti osoblja, ali smo naveli činjenična stanja u istim.

## LITERATURA

- [1] H. Požar, Visokonaponska rasklopna postrojenja, Tehnička knjiga Zagreb, 1984.
- [2] P. Osmokrović, Elektrotehnički materijali, Akademska misao, 2003.
- [3] M. Banjanin, Tehnika visokog napona 2, Akademska misao, Univerzitet u istočnom Sarajevu – Elektrotehnički fakultet, 2021.
- [4] Pravilnik o opštim merama zaštite na radu od opasnog dejstva električne struje u objektima namenjenim za rad, radnim prostorijama i na radilištima, „Sl. glasnik SRS“, br. 21/89.
- [5] Standard: SRPS Z. B1. 304:2002.
- [6] Standard: BS EN 61111-2009.
- [7] Standard: IEC 61111-2009.
- [8] Standard: IS 15652:2006.
- [9] Metodologija Jugoinspekt Beograd OEST 35M.
- [10] Tehnička dokumentacija ELRAJ Niš.
- [11] Tehnička dokumentacija FMT – Zaječar.