

DOI: [10.46793/CIGRE37.B2.02](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.B2.02)**B2.02****UPOREDNA ANALIZA SRPS EN IEC 60383-1:2023 I NJEGOVE VERZIJE IZ 2011.
GODINE: ISPITIVANJA I UZORKOVANJE VISOKONAPONSKIH IZOLATORA****COMPARATIVE ANALYSIS OF SRPS EN IEC 60383-1:2023 AND ITS 2011 VERSION:
TESTING AND SAMPLING OF HIGH-VOLTAGE INSULATORS****Marko Vukoje, Vladimir Alempijević, Dimitrije Anđelković, Alen Gudžević***

Kratak sadržaj: Cilj ovog rada je da ukaze na razlike u standardu SRPS EN IEC 60383-1:2023 u odnosu na prethodnu verziju istog standarda iz 2011. godine. Sa fokusom na tipska, rutinska i prijemna ispitivanja za: kapaste izolatore, štapne izolatora, linijske potporne izolatore i potporne izolatore za nosač. Takođe, tema ovog rada je da ukaze na razlike u pravilima uzorkovanja i procedurama za prijemno ispitivanje. Standard IEC 60383-1 se primenjuje na porcelanske i staklene izolatore koji se koriste na visokonaponskim nadzemnim vodovima i frekvencijom ne većom od 100 Hz. Ovaj standard je neizostavan prilikom ispitivanja kao i kontrole kvaliteta u toku proizvodnog procesa navedenih tipova izolatora.

Ključne reči: IEC 60383-1 , tipska ispitivanja, rutinska ispitivanja, prijemna ispitivanja, izolatori

Abstract: The aim of this paper is to highlight the differences in the SRPS EN IEC 60383-1:2023 standard compared to its previous version from 2011. The focus is on type, routine, and sample tests for: cap and pin insulators, long rod insulators, line post insulators, and pin insulators. Additionally, the paper addresses the differences in sampling rules and procedures for sample testing. The IEC 60383-1 standard applies to porcelain and glass insulators used on high-voltage overhead lines with a frequency not exceeding 100 Hz. This standard is essential for testing as well as for quality control during the manufacturing process of the mentioned types of insulators.

Key words: IEC 60383-1 , type tests, routine tests, sample tests, insulators

* Marko Vukoje, GPS Insulators, m.vukoje@gps.co.rs
Vladimir Alempijević, GPS Insulators, v.alempijevic@gps.co.rs
Dimitrije Anđelković, GPS Insulators, d.andjelkovic@gps.co.rs
Alen Gudžević, GPS Insulators, a.gudzevic@gps.co.rs

1 UVOD

Nadzemni vodovi za distribuciju električne energije koriste različite komponente koje omogućavaju stabilan i siguran rad sistema.

Među najvažnijim delovima opreme nalazi se izolator, čija je osnovna funkcija da odvoji napon koji prolazi kroz vodove od područja koja nisu pod naponom. Ovo je ključno za očuvanje bezbednosti ljudi, životinja i okolnih objekata, sprečavajući bilo kakav kontakt sa delovima pod naponom. U ovom radu analiziramo standard SRPS EN IEC 60383-1 koji se primenjuje na porcelanske i staklene izolatore koji se koriste na nadzemnim vodovima s naponom većim od 1000 V i frekvencijom do 100 Hz. U standardu su definisana i opisana tri tipa ispitivanja: tipsko, prijemno i rutinsko, koja ćemo detaljno analizirati i upoređivati. Osvrnućemo se na četiri vrste izolatora koji su opisani u pomenutom standardu.

- **Štapni izolator** (long rod insulator)
Kruti izolator namenjen opterećenju na zatezanje, sastavljen od izolacionog dela približno valjkastog oblika, sa krilima ili bez njih, koji na svakom kraju ima delove za spajanje sa spoljnim ili unutrašnjim pričvršćivanjem.
- **Kapasti izolator** (cap and pin insulator)
Izolator sastavljen od izolacionog dela u obliku diska ili zvona, sa ili bez rebara na njihovoj donjoj površini, i krajnjih delova za spajanje spoljne kape i unutrašnjeg nosača (tučka ili oka) pričvršćenih u osi izolatora.
- **Izolatori za nosač** (pin insulator)
Krući izolator sastavljen od izolacionog dela namenjen za kruto postavljanje na noseću konstrukciju pomoću nosača izolatora koji ulazi unutar izolacionog dela koji se sastoji od jednog ili više delova od izolacionog materijala trajno spojenih zajedno.
- **Linijski potporni izolatori** (line post insulator)
Krući izolator namenjen opterećenju na savijanje, zatezanje i pritisak, izrađen od jednog ili više delova od izolacionog materijala i sastavljen sa osnovom od metala koja je predviđena da se za kruto postavljanje na noseću konstrukciju.

Prikažaćemo uporedne ključne promene koje su uvedene u novoj verziji standarda, uz poseban osvrt na postupke ispitivanja i nove smernice za primenu zaštitnih slojeva na staklenim i porcelanskim izolatorima. Kroz upoređivanje starog i novog standarda, rad ima za cilj da pruži jasniji uvid u to kako su se razvijali zahtevi i procedure za ove izuzetno važne komponente elektroenergetskih sistema.

2 TIPSKO ISPITIVANJE

Tipska ispitivanja služe za verifikaciju glavnih karakteristika izolatora, koje uglavnom zavise od njegove konstrukcije. Obično se ispituje manji broj izolatora, i to samo jednom prilikom uvođenja nove konstrukcije ili procesa proizvodnje, a kasnije se ponavljaju samo kada dođe do promena u konstrukciji, materijalu (opisanim na crtežima proizvođača) ili proizvodnom procesu. Međutim, ako te promene utiču samo na određene karakteristike, potrebno je ponoviti samo ona ispitivanja koja se odnose na te specifične karakteristike. Takođe, nije potrebno ponavljati tipska električna i mehanička ispitivanja nove konstrukcije izolatora ako postoji važeći sertifikat o ispitivanju izolatora ekvivalentne konstrukcije i istog proizvodnog procesa. Rezultati tipskih ispitivanja mogu se potvrditi ili sertifikovima o ispitivanju koje je prihvatio korisnik ili sertifikovima koje je odobrila kvalifikovana organizacija.

U okviru gore pomenutih ograničenja, sertifikati tipskih ispitivanja važe dok ne dođe do značajnih razlika između rezultata tipičnih ispitivanja i kasnijih odgovarajućih prijemnih ispitivanja.

Tabela I/1: Referentna tabela tipskih ispitivanja potoprnih izolatora za nosač, standard SRPS
EN IEC 60383-1 :2023

Tip izolatora		Potporni izolator za nosač					
Materijal		Porcelanski materijal		Odžareno staklo		Ojačano staklo	
Klasa		A	B	A	B	A	B
Tipska ispitivanja	Verifikacija dimenzija	5	5	5	5	5	5
		← 17 →					
	Ispitivanje podnosivosti atmosferskog udarnog napona u suvom	3	3	3	3	3	3
		← 12, 32.1, 32.2, 37 →					
	Ispitvanje podnosivosti napona mrežne frekvencije u vlažnom	3	3	3	3	3	3
		← 13, 32.1, 32.2, 37 →					
	RIV ispitivanje	5	5	5	5	5	5
		← 14 →					
	Ispitvanje podnosivosti proboja izolacije ¹⁾	N/A	5	N/A	5	N/A	5
		← 15 →					
Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	5	5	5	5	5	5	
	← 19.1, 19.3, 32.3 →						

N/A : Nije primenljivo

¹⁾ Tip ispitivanja podnosivosti proboja izolacije treba da dogovore korisnik i proizvođač.

Klasa A: izolator ili jedinica izolatorskog niza, čija je najkraća staza probijanja kroz čvrsti izolacioni materijal najmanje jednaka polovini preskočnog razmaka.

Klasa B: izolator ili jedinica izolatorskog niza, čija je najkraća staza probijanja kroz čvrsti izolacioni materijal manja od polovini preskočnog razmaka.

Tabela I/2: Referentna tabela tipskih ispitivanja potopnih izolatora za nosač, standard SRPS EN 60383-1 :2011

Tip izolatora		Potporni izolator za nosač					
Materijal		Porcelanski materijal		Odžareno staklo		Ojačano staklo	
Klasa		A	B	A	B	A	B
Tipiska ispitivanja	Verifikacija dimenzija	5	5	5	5	5	5
		← 17 →					
	Ispitivanje podnosivosti atmosferskog udarnog napona u suvom	3	3	3	3	3	3
		← 13, 29.1, 29.2, 35 →					
	Ispitivanje podnosivosti napona mrežne frekvencije u vlažnom	3	3	3	3	3	3
		← 14, 29.1, 29.2, 35 →					
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	5	5	5	5	5	5
		← 19.1, 19.3, 29.3 →					

Razlika koju smo primetili u novom standardu u odnosu na stari je da postoje dva dodatna ispitivanja prilikom tipskog ispitivanja potopnih nosača:

- RIV ispitivanje moraju da se sprovedu na pojedinačnim jedinicama izolatora. Ispitno kolo, oprema i atmosferski uslovi moraju da budu prema IEC 60437. Za kapacite izolatore, ispitivanje se sprovede na jednom naponskom nivou: 10 kV. Ispitni napon od 20 kV može da se primeni ako se tako dogovore proizvođač i korisnik. Za potporne izolatore za nosač i potporne izolatore za vod, ispitni napon treba da bude srednja vrednost faznog napona najvišeg naznačenog napona opreme.
- Ispitivanje podnosivosti proboja izolacije može da bude ili ispitivanje podnosivosti proboja izolacije udarnim naponom ili ispitivanje podnosivosti proboja izolacije naponom mrežne frekvencije. Ovo ispitivanje se radi da bi se procenila čvrstoća izolatora na proboj, koja zavisi i od konstrukcije i od kvaliteta izrade.

2.2 TIPSKO ISPITIVANJE LINIJSKIH IZOLATORA ZA NOSAČ

Tabela II/1: Referentna tabela tipskih ispitivanja linijskih izolatora za nosač, standard SRPS EN IEC 60383-1 :2023

Tip izolatora		Potporni izolator za vod					
Materijal		Porcelanski materijal		Odžareno staklo		Ojačano staklo	
Visina ¹⁾		$H \leq 600$	$H > 600$	$H \leq 600$	$H > 600$	$H \leq 600$	$H > 600$
Klasa		A ²⁾	A	A ²⁾	A	A ²⁾	A
TIP SKA	Verifikacija dimenzija	5	5	5	5	5	5
		← 17 →					

Tip izolatora		Potporni izolator za vod					
Materijal		Porcelanski materijal		Odžareno staklo		Ojačano staklo	
Visina ¹⁾		H ≤ 600	H > 600	H ≤ 600	H > 600	H ≤ 600	H > 600
Klasa		A ²⁾	A	A ²⁾	A	A ²⁾	A
	Ispitivanje podnošljivosti atmosferskog udarnog napona u suvom	3	1	3	1	3	1
		← 12, 34.1, 34.2, 37 →					
	Ispitivanje podnošljivosti napona mrežne frekvencije u vlažnom	3	1	3	1	3	1
		← 13, 34.1, 34.2, 37 →					
	RIV ispitivanje	3	1	3	1	3	1
		← 14 →					
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	5	5	5	5	5	5
		← 19.1, 19.4, 33.1, 34.3 →					
N/A: Nije primenljivo							
¹⁾ H je ukupna nazivna visina u milimetrima (videti IEC 60720).							
²⁾ Klasa B potpornih izolatora za vod mora da se ispituju ispitivanjima koja su određena za potporne izolatore za nosač klase B							

Tabela II/2: Referentna tabela tipskih ispitivanja linijskih izolatora za nosač, standard SRPS EN 60383-1 :2011

Tip izolatora		Potporni izolator za vod					
Materijal		Porcelanski materijal		Odžareno staklo		Ojačano staklo	
Visina ¹⁾		H ≤ 600	H > 600	H ≤ 600	H > 600	H ≤ 600	H > 600
Klasa		A ²⁾	A	A ²⁾	A	A ²⁾	A
TIPSKA ISPITIVANJA	Verifikacija dimenzija	5	5	5	5	5	5
		← 17 →					
	Ispitivanje podnošljivosti atmosferskog udarnog napona u suvom	3	1	3	1	3	1
		← 13, 31.1, 31.2, 35 →					
	Ispitivanje podnošljivosti napona mrežne frekvencije u vlažnom	3	1	3	1	3	1
		← 14, 31.1, 31.2, 35 →					
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	5	5	5	5	5	5
		← 19.1, 19.4, 30.1, 31.3 →					

Ne postoje suštinske razlike prilikom tipskih ispitivanja linijskih izolatora za nosač u standardima iz 2011. i 2023. godine. Razlika je u oznakama za tačke prilikom ispitivanja, npr: tačka 34.3 iz SPRS EN IEC 60383-1: 2023 je isto što i tačka 31.3 iz SPRS EN 60383-1: 2011.

2.3 TIPSKO ISPITIVANJE KAPASTIH JEDINICA IZOLATORSKOG NIZA (KAPASTIH IZOLATORA)

Tabela III/1: Referentna tabela tipskih ispitivanja kapastih jedinica izolatorskog niza, standard SRPS EN IEC 60383-1 :2023

Materijal		Porcelanski materijal	Ojačano staklo
Klasa		B	B
TIPSKA ISPITIVANJA	Verifikacija dimenzija	10	10
		← 17 →	
	Ispitivanje podnošljivosti atmosferskog udarnog napona u suvom	1SS ¹⁾	1SS ¹⁾
		← 12, 36, 37 →	
	Ispitivanje podnošljivosti napona mrežne frekvencije u vlažnom	1SS ¹⁾	1SS ¹⁾
		← 13, 36, 37 →	
	RIV ispitivanje	3	3
		← 14 →	
	Ispitivanje podnošljivosti probijanja izolacije u vazduhu	10	10
		← 15.2 →	
	Ispitivanje do elektromehaničkog opterećenja otkaza	5 + 5 ⁶⁾	N/A
		← 18, 35.1 →	N/A
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	N/A	5 + 5 ⁶⁾
		N/A	← 19.2, 19.4, 35.1 →
	Ispitivanje termomehaničkih performansi	10	10
		← 20, 35.1 →	
	Ispitivanje preostale čvrstoće	25	25
		← 21, 24.1 →	
	Ispitivanje navlake od cinka ³⁾	3	3
		← 28.2 →	
	Ispitivanje udarom ⁸⁾	3	3
		← 30 →	

N/A: Nije primenljivo

¹⁾ 1SS = Ispitivanje se obavlja na jednom kratkom standardnom nizu.

³⁾ Kada je primenljivo

⁶⁾ Treba da se izabere 5 uzoraka od grupe uzoraka koji su podvrgnuti ispitivanju podnošljivosti probijanja izolacije u vazduhu.

⁸⁾ Odnosi se na standardne profile i profile protiv magle (postoji ograničeno iskustvo u ispitivanju drugih profila).

Tabela III/2: Referentna tabela tipskih ispitivanja kapastih jedinica izolatorskog niza, standard SRPS EN 60383-1 :2011

Materijal		Porcelanski materijal	Ojačano staklo
Klasa		B	B
TIPSKA ISPITIVANJA	Verifikacija dimenzija	10	10
		← 17 →	
	Ispitivanje podnošljivosti atmosferskog udarnog napona u suvom	1SS ¹⁾	1SS ¹⁾
		← 13, 34, 35 →	
	Ispitivanje podnošljivosti napona mrežne frekvencije u vlažnom	1SS ¹⁾	1SS ¹⁾
		← 14, 34, 35 →	
	Ispitivanje do elektromehaničkog opterećenja otkaza	10	N/A
		← 18, 33, 1 →	N/A
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	N/A	10
		N/A	← 19,2, 19,4, 33,1 →
	Ispitivanje termomehaničkih performansi	10	10
		← 20, 33, 1 →	

Razlika koju smo primetili u novom standardu u odnosu na stari je da postoje pet dodatnih ispitivanja prilikom tipskog ispitivanja kapastih jedinica izolatorskog niza.

- Ispitivanje podnošljivosti probijanja izolacije u vazduhu: Izolatori koji se ispituju moraju da budu suvi i čisti. Ispitna postavka, stvaranje ispitnog napona, merna oprema i procedura ispitivanja moraju da budu prema IEC 61211. Između promena polariteta ne smeju da se primenjuju udari smanjene amplitude. Određivanje probijanje: Izolator je zadovoljio ispitivanje ako: svaka primena udarnog napona sa strmim čelom dovodi do spoljnog preskoka, a zapis ispitivanja ili indikator vršnog napona ne pokazuju bilo kakvo značajno smanjenje napona između primena udara. Kriterijum prihvatanja i postupak ponovljenog ispitivanja moraju da su pream IEC 61211.
- Preostala čvrstoća je maksimalno mehaničko opterećenje zatezanjem koje se može da se postigne kada se jedinica izolatora kojoj je izolacioni deo mehanički oštećen na propisan način ispita pod propisanim uslovima.
- Ispitivanje navlake od cinka : navlaka se izrađuje od cinka čistote ne manje od 99,8%. Nalegla površina navlake treba da bude najmanje 80% površine navlake/nosača (tučka ili oka). Izloženi deo navlake treba da ima masu od najmanje 5 g. Približno 50% ukupne dužine navlake mora da bude izloženo
- Ispitivanje udarom : Kapacitivni izolatori moraju da se postave u specificirani ispitni aparat sa krajnjim delovima od metala spojenim na konektore ispitnog aparata pod zateznim opterećenjem od približno 9 000 N. Visina ose rotacije klatna mora da se podesi tako da, kada se otpusti, nos od bakra udari upravno u spoljašnji rub krila u pravcu paralelnom sa osom izolatora. Pravac udara mora da bude od nosača prema kapi. Izolator koji se ispituje mora da primi udar određene jačine podizanjem mase sve dok pokazivač pričvršćen za šipku ne pokaže željenu vrednost na stepenovanoj skali, a zatim otpustiti masu bez promene slobodnog pada, i bez pridatog ubrzanja.
- RIV Ispitivanje koje je već definisano prilikom tipskih ispitivanja potopnih izolatora za nosač.

2.4 TIPSKO ISPITIVANJE ŠTAPNIH JEDINICA IZOLATORSKOG NIZA (ŠTAPNIH IZOLATORA)

Tabela IV/1: Referentna tabela tipskih ispitivanja štapnih jedinica izolatorskog niza, standard SRPS EN IEC 60383-1 :2023

Materijal		Porcelanski materijal	
Klasa		A	B
Tipiska ispitivanja	Verifikacija dimenzija	5	10
		← 16 →	
	Ispitivanje podnošljivosti atmosferskog udarnog napona u suvom	1 ili SS ¹⁾	1 ili SS ¹⁾
		← 12, 36, 37 →	
	Ispitivanje podnošljivosti napona mrežne frekvencije u vlažnom	1 ili SS ¹⁾	1 ili SS ¹⁾
		← 13, 36, 37 →	
	Ispitivanje podnošljivosti probijanja izolacije u vazduh	N/A	5
		← 15.2 →	
	RIV ispitivanje	N/A	3
		← 14 →	
	Ispitivanje do elektromehaničkog opterećenja otkaza	N/A	5
		N/A	← 18, 35.1 →
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	5	N/A
		← 19.2, 19.4, 33.1 →	N/A
	Ispitivanje termomehaničkih performansi	5	5
		← 20, 33.1 →	

N/A: Nije primenljivo

¹⁾ 1 ili SS = Ispitivanje se obavlja na jednom kratkom standardnom nizu ili na jednom izolatoru .

Tabela IV/2: Referentna tabela tipskih ispitivanja štapnih jedinica izolatorskog niza, standard SRPS EN 60383-1 :2011

Materijal		Porcelanski materijal	
Klasa		A	B
TIPSKA ISPITIVANJA	Verifikacija dimenzija	10	10
		← 17 →	
	Ispitivanje podnošljivosti atmosferskog udarnog napona u suvom	1 ili SS ²⁾	1 ili SS ²⁾
		← 13, 34, 35 →	
	Ispitivanje podnošljivosti napona mrežne frekvencije u vlažnom	1 ili SS ²⁾	1 ili SS ²⁾
		← 14, 34, 35 →	
	Ispitivanje do elektromehaničkog opterećenja otkaza	N/A	5
		N/A	← 18, 33, 1 →

Materijal		Porcelanski materijal	
Klasa		A	B
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	5	N/A
		← 19.2, 19.4, 33. 1 →	N/A
	Ispitivanje termomehaničkih performansi	5	5
		← 20, 33, 1 →	
2) E1 i E2 za granična merila, ostale dimenzije samo za E2			

Razlika koju smo primetili u novom standardu u odnosu na stari je da postoje dva dodatna ispitivanja prilikom tipskog ispitivanja štapnih jedinica izolatorskog niza. Oba ispitivanja (RIV ispitivanje i Ispitivanje podnošljivosti probijanja izolacije u vazduh) su definisana u prethodnom poglavlju.

Takodje postoji razlika prilikom „Verifikacija dimenzija“ u broju uzoraka za izolatore ili jedinice izolatorskog niza klase A. U novom standardu koriste se 5 uzoraka za tipsko ispitivanje dok se u starom standardu koristi 10 uzoraka.

3 PRIJEMNO ISPITIVANJE

Prijemnim ispitivanjima se verifikuju karakteristike izolatora koje mogu da variraju zbog procesa proizvodnje i kvaliteta komponenta materijala izolatora. Prijemna ispitivanja se koriste kao ispitivanja za prihvatanje na uzorku izolatora uzetog nasumično iz lote koji je zadovoljio zahteve odgovarajućih komadnih ispitivanja.

Detaljno ćemo precizirati kroz sva podispitivanja u prijemnom ispitivanju i opredeliti njihove verzije u starom i novom standardu.

3.1 PRIJEMNO ISPITIVANJE POTPORNIH IZOLATORA ZA NOSAČ

Tabela I/1: Referentna tabela prijemnog ispitivanja potpornih izolatora za nosač, standard SRPS EN IEC 60383-1 :2023

Tip izolatora		Potporni izolator za nosač					
Materijal		Porcelanski materijal		Odžareno staklo		Ojačano staklo	
Klasa		A	B	A	B	A	B
PRIJEMNO ISPITIVANJE	Verifikacija dimenzija	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 17 →					
	Ispitivanje izdržljivosti prema cikličnim promenama temp.	E1 и E2	E1 и E2	E1 и E2	E1 и E2	N/A	N/A
		← 24.1 →		← 24.2 →		N/A	N/A
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	E1	E1	E1	E1	E1	E1
		← 19.1, 19.3, 32.3 →					
	Ispitivanje izdržljivosti prema naglim promenama temperature	N/A	N/A	N/A	N/A	E2	E2
		N/A	N/A	N/A	N/A	← 25 →	
	Ispitivanje podnosivosti proboja izolacije ¹⁾	N/A	E2	N/A	E2	N/A	E2
		N/A	← 15 →	N/A	← 15 →	N/A	← 15 →

Tip izolatora		Potporni izolator za nosač					
Materijal		Porcelanski materijal		Odžareno staklo		Ojačano staklo	
Klasa		A	B	A	B	A	B
	Ispitivanje poroznosti	E1	E1	N/A	N/A	N/A	N/A
		← 26 →		N/A	N/A	N/A	N/A
	Ispitivanje poroznosti ²⁾	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 27 →					
N/A: Nije primenljivo							
¹⁾ Tip ispitivanja podnosivosti proboja izolacije treba da dogovore korisnik i proizvođač							
²⁾ Ako je potrebno.							

Tabela I/2: Referentna tabela prijemnog ispitivanja potopnih izolatora za nosač, standard SRPS EN 60383-1 :2011

Tip izolatora		Potporni izolator za nosač					
Materijal		Porcelanski materijal		Odžareno staklo		Ojačano staklo	
Klasa		A	B	A	B	A	B
PRIJEMNO ISPITIVANJE	Verifikacija dimenzija	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 17 →					
	Ispitivanje izdržljivosti prema cikličnim promenama temperature	E1 и E2	E1 и E2	E1 и E2	E1 и E2	N/A	N/A
		← 23.1 →		← 23.2 →		N/A	N/A
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	E1	E1	E1	E1	E1	E1
		← 19.1, 19.3, 29.3 →					
	Ispitivanje izdržljivosti prema naglim promenama temperature	N/A	N/A	N/A	N/A	E2	E2
		N/A	N/A	N/A	N/A	← 24 →	
	Ispitivanje podnosivosti proboja izolacije ¹⁾	N/A	E2	N/A	E2	N/A	E2
		N/A	← 15 →	N/A	← 15 →	N/A	← 15 →
	Ispitivanje poroznosti	E1	E1	N/A	N/A	N/A	N/A
		← 25 →		N/A	N/A	N/A	N/A
	Ispitivanje poroznosti ²⁾	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 26 →					
N/A: Nije potrebno.							
¹⁾ Tip ispitivanja podnosivosti proboja izolacije treba da dogovore korisnik i proizvođač							
²⁾ Ako je potrebno.							

Prijemno ispitivanje potpornih izolatora za nosač je u suštini isto i u novom i u starom standardu. Razlika je u oznakama za tačke pirlikom ispitivanja, npr: tačka 25 iz SPRS EN IEC 60383-1: 2023 je isto što i tačka 24 iz SPRS EN 60383-1: 2011.

3.2 PRIJEMNO ISPITIVANJE LINIJSKIH IZOLATORA ZA NOSAČ

Tabela II/1: Referentna tabela prijemnog ispitivanja linisjkih izolatora za nosač, standard SRPS EN IEC 60383-1 :2023

Tip izolatora		Potporni izolator za vod					
Materijal		Porcelanski materijal		Odžareno staklo		Ojačano staklo	
Visina ¹⁾		H ≤ 600	H > 600	H ≤ 600	H > 600	H ≤ 600	H > 600
Klasa		A ²⁾	A	A ²⁾	A	A ²⁾	A
PRIJEMNO ISPITIVANJE	Verifikacija dimenzija	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 17 →					
	Ispitivanje izdržljivosti prema cikličnim promenama temperature	E1 и E2	E1 и E2	E1 и E2	E1 и E2	N/A	N/A
		← 24.1 →		← 24.2 →		N/A	N/A
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	E1	E1	E1	E1	E1	E1
		← 19.1, 19.4, 33.1, 34.3 →					
	Ispitivanje izdržljivosti prema naglim promenama temperature	N/A	N/A	N/A	N/A	E2	E2
		N/A	N/A	N/A	N/A	← 25 →	
	Ispitivanje poroznosti	E1	E1	N/A	N/A	N/A	N/A
		← 26 →		N/A	N/A	N/A	N/A
	Ispitivanje cinkovanja	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 27 →					

Tabela II/2: Referentna tabela prijemnog ispitivanja linisjkih izolatora za nosač, standard SRPS EN 60383-1 :2011

Tip izolatora		Potporni izolator za vod					
Materijal		Porcelanski materijal		Odžareno staklo		Ojačano staklo	
Visina ¹⁾		H ≤ 600	H > 600	H ≤ 600	H > 600	H ≤ 600	H > 600
Klasa		A ²⁾	A	A ²⁾	A	A ²⁾	A
PRIJEMNO ISPITIVANJE	Verifikacija dimenzija	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 17 →					
	Ispitivanje izdržljivosti prema cikličnim promenama temperature	E1 и E2	E1 и E2	E1 и E2	E1 и E2	N/A	N/A
		← 23.1 →		← 23.2 →		N/A	N/A
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	E1	E1	E1	E1	E1	E1
		← 19.1, 19.4, 30.2, 31.3 →					
	Ispitivanje izdržljivosti prema naglim promenama temperature	N/A	N/A	N/A	N/A	E2	E2
		N/A	N/A	N/A	N/A	← 24 →	
	Ispitivanje poroznosti	E1	E1	N/A	N/A	N/A	N/A
		← 25 →		N/A	N/A	N/A	N/A
	Ispitivanje cinkovanja	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 26 →					

Prijemno ispitivanje linijskih izolatora za nosač je u suštini isto i u novom i u starom standardu. Razlika je u oznakama za tačke pirlikom ispitivanja, npr: tačka 25 iz SPRS EN IEC 60383-1: 2023 je isto što i tačka 24 iz SPRS EN 60383-1: 2011.

3.3 PRIJEMNO ISPITIVANJE KAPASTIH JEDINICA IZOLATORSKOG NIZA (KAPASTIH IZOLATORA)

Tabela III/1: Referentna tabela prijemnih ispitivanja kapastih jedinica izolatorskog niza, standard SRPS EN IEC 60383-1 :2023

Materijal		Porcelanski materijal	Ojačano staklo
Klasa		B	B
PRIJEMNO ISPITIVANJE	Verifikacija dimenzija ²⁾	E1, E2	E1, E2
		← 17 →	
	Verifikacija pomeraja	E1, E2	E1, E2
		← 22 →	
	Verifikacija osiguranja spoja ³⁾	E2	E2
		← 23 →	
	Ispitivanje cinkovanja	E2	E2
		← 27 →	
	Ispitivanje izdržljivosti prema cikličnim promenama temperature	E1 i E2	N/A
		← 24.1 →	
	RIV ispitivanje ⁴⁾	E3	E3
		← 14 →	
	Ispitivanje podnosivosti proboja izolacije ⁵⁾	E3	E3
		← 15 →	
	Ispitivanje do elektromehaničkog opterećenja otkaza	E1 ⁷⁾	N/A
		← 18, 35.2 →	
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	N/A	E1 ⁷⁾
		N/A	← 19.2, 19.4, 35.2, →
	Ispitivanje izdržljivosti prema naglim promenama temperature	N/A	E2
		N/A	← 25 →
	Ispitivanje poroznosti	E1	N/A
		← 26 →	
	Ispitivanje navlake od cinka ³⁾	Polovina od E1	Polovina od E1
		← 28.3 →	

²⁾ E1 i E2 za granična merila, ostale dimenzije samo za E2

* N/A: Nije primenljivo

³⁾ Kada je primenljivo

⁴⁾ Uveden kao prijemno ispitivanje zato što može da pokaže varijacije u kvalitetu. Test može da se izostavi ako se tako dogovore proizvođač i korisnik ako RIV nije problem na terenu.

⁵⁾ Ispitivanje proboja za izolatore dalekovoda je "Ispitivanje podnosivosti proboja izolacije u vazduhu" osim ako nije dostupno ispitivanje podnosivosti na mrežnoj učestanosti u ulju sa stabilnom i ponovljivom otpornošću.

⁷⁾ Bira se deo uzoraka od grupe uzoraka koji su podvrgnuti ispitivanju podnosivosti proboja izolacije u vazduhu (E3/2)

Tabela III/2: Referentna tabela prijemnih ispitivanja kapastih jedinica izolatorskog niza, standard SRPS EN 60383-1 :2011

Materijal		Porcelanski materijal	Ojačano staklo
Klasa		B	B
PRIJEMNO ISPITIVANJE	Verifikacija dimenzija	E1, E2	E1, E2
		← 17 →	
	Verifikacija pomeraja	E1, E2	E1, E2
		← 21 →	
	Verifikacija osiguranja spoja	E2	E2
		← 22 →	
	Ispitivanje izdržljivosti prema cikličnim promenama temperature	E1 и E2	N/A
		← 23.1 →	N/A
	Ispitivanje do elektromehaničkog opterećenja otkaza	E1	N/A
		← 18, 33.2 →	N/A
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	N/A	E1
		N/A	← 19.2, 19.4, 33.2 →
	Ispitivanje izdržljivosti prema naglim promenama temperature	N/A	E2
		N/A	← 24 →
	Ispitivanje podnosivosti proboja izolacije	E2	E2
		← 15 →	
	Ispitivanje poroznosti	E1	N/A
		← 25 →	N/A
	Ispitivanje cinkovanja	E2	E2
		← 25 →	

Razlika koju smo primetili u novom standardu u odnosu na stari je da postoje dva dodatna ispitivanja prilikom prijemnog ispitivanja kapastih jedinica izolatorskog niza.

- RIV Ispitivanje
- Ispitivanje navlake od cinka

Oba ispitivanja su već definisana u prethodnim poglavljima.

Takodje postoje bitne razlike i novine koje se nalaze u standardu iz 2023. godine, a ne postoje u starom standardu. Nalaze se u dnu tabele i pomažu detaljnijem definisanju ispitivanja.

- Uveden kao prijemno ispitivanje zato što može da pokaže varijacije u kvalitetu. Test može da se izostavi ako se tako dogovore proizvođač i korisnik ako RIV nije problem na terenu.
- Ispitivanje proboja za izolatore dalekovoda je "Ispitivanje podnosivosti proboja izolacije u vazduhu" osim ako nije dostupno ispitivanje podnosivosti na mrežnoj učestanosti u ulju sa stabilnom i ponovljivom otpornošću.

- U ovom i u sledećem poglavlju možemo primetiti novu klasu broja uzoraka „E3“ koja učestvuje u ispitivanju podnosivosti proboja izolacije i RIV ispitivanju.

Tabela IV/1: Referentna tabela prijemnih ispitivanja štapnih jedinica izolatorskog niza,
standard SRPS EN IEC 60383-1 :2023

Materijal		Porcelanski materijal	
Klasa		A	B
PRIJEMNO ISPITIVANJE	Verifikacija dimenzija ²⁾	E1, E2	E1, E2
		← 17 →	
	Verifikacija pomeraja	E1, E2	E1, E2
		← 22 →	
	Verifikacija osiguranja spoja ³⁾	E2	E2
		← 23 →	
	Ispitivanje cinkovanja	E2	E2
		← 27 →	
	Ispitivanje izdržljivosti prema cikličnim promenama temperature	E1, E2	E1, E2
		← 24.1 →	
	RIV ispitivanje ⁴⁾	N/A	E3
		← 14 →	
	Ispitivanje podnosivosti proboja izolacije ⁵⁾	N/A	E3
		N/A	← 15 →
	Ispitivanje do elektromehaničkog opterećenja otkaza	N/A	E1
		N/A	← 18, 35.2 →
Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	E1	N/A	
	← 19.2, 19.4, 35.2 →	N/A	
Ispitivanje poroznosti	E1	E1	
	← 26 →		

²⁾ E1 i E2 za granična merila, ostale dimenzije samo za E2

³⁾ Kada je primenljivo

⁴⁾ Uveden kao prijemno ispitivanje zato što može da pokaže varijacije u kvalitetu. Test može da se izostavi ako se tako dogovore proizvođač i korisnik ako RIV nije problem na terenu.

⁵⁾ Ispitivanje proboja za izolatore dalekovoda je "Ispitivanje podnosivosti proboja izolacije u vazduhu" osim ako nije dostupno ispitivanje podnosivosti na mrežnoj učestanosti u ulju sa stabilnom i ponovljivom otpornošću.

* N/A: Nije primenljivo

Tabela IV/2: Referentna tabela prijemnih ispitivanja štapnih jedinica izolatorskog niza, standard SRPS EN 60383-1 :2011

Materijal		Porcelanski materijal	
Klasa		A	B
PRIJEMNO ISPITIVANJE	Verifikacija dimenzija ³⁾	E1, E2	E1, E2
		← 17 →	
	Verifikacija pomeraja	E1, E2	E1, E2
		← 21 →	
	Verifikacija osiguranja spoja ⁴⁾	E2	E2
		← 22 →	
	Ispitivanje cinkovanja ¹⁾	E2	E2
		← 26 →	
	Ispitivanje izdržljivosti prema cikličnim promenama temperature	E1 i E2	E1 i E2
		← 23.1 →	
	Ispitivanje podnosivosti proboja izolacije	N/A	E2
		N/A	← 15 →
	Ispitivanje do elektromehaničkog opterećenja otkaza	N/A	E1
		N/A	← 18, 33.2 →
	Ispitivanje do mehaničkog opterećenja otkaza	E1	N/A
		← 19.2, 19.4, 33.2 →	N/A
	Ispitivanje poroznosti	E1	E1
		← 25 →	

¹⁾ ISS = Ispitivanje se obavlja na jednom kratkom standardnom nizu.

³⁾ E1 i E2 za granična merila, ostale dimenzije samo za E2.

⁴⁾ Kada je primenljivo

Razlika koju smo primetili u novom standardu u odnosu na stari je da postoji jedno dodatno ispitivanje prilikom prijemnog ispitivanja štapnih jedinica izolatorskog niza.

- RIV Ispitvanje

3.5 Pravila uzorkovanja i procedure za prijemna ispitivanja

Prema novom standardu, za prijemno ispitivanje se koriste tri grupe uzoraka: E1, E2, E3, dok se u starom standardu koriste grupe uzoraka E1 i E2. Broj uzoraka prema veličini lota je dat u tabelama ispod, za oba standarda. Ako ukupan lot ima više od 10 000 izolatora, on mora da se podele na optimalan broj jednakih lotova koji sadrže između 2 000 i 10 000 izolatora. Rezultati ispitivanja moraju da se vrednuju za svaki lot posebno. Za $N \leq 300$ broj uzoraka je nula.

SRPS EN IEC 60383-1 :2023

Veličina lota (N)	Grupe uzorka		
	E1	E2	E3
$N \leq 300$	0		
$300 < N \leq 2\,000$	4	3	3
$2\,000 < N \leq 5\,000$	8	4	4
$5\,000 < N \leq 10\,000$	12	6	6

SRPS EN 60383-1 :2011

Veličina lota (N)	Grupe uzorka	
	E1	E2
$N \leq 300$	Stvar dogovra	
$300 < N \leq 2\,000$	4	3
$2\,000 < N \leq 5\,000$	8	4
$5\,000 < N \leq 10\,000$	12	6

Izolotori moraju da se izaberu nasumično iz lota. Korisnik ima pravo da sprovede izbor. Uzorci moraju da se ispituju odgovarajućim prijemnim ispitivanjima prikazanim u tabeli datoj u odgovarajućim referentnim tabelama.

Bitna i velika razlika je to što po novom standardu, za veličinu lota ne veću od 300, broj uzoraka je nula.

4 RUTINSKO ISPITIVANJE

Cilj rutinskih ispitivanja je eliminisanje neispravnih jedinica tokom procesa proizvodnje. Rutinskim ispitivanjima se ispituje svaki izolator

NAPOMENA: Kada se u određenim slučajevima tipskim, prijemnim i rutinskim ispitivanjima ispituju nove konstrukcije izolatora, tada se ona nazivaju "prototipskim ispitivanjima". Neka ispitivanja se ponavljaju tokom tipskih, prijemnih i rutinskih ispitivanja a koja ispitivanja bi se izostavila su stvar dogovora.

4.1 RUTINSKO ISPITIVANJE KAPASTIH JEDINICA IZOLATORSKOG NIZA (KAPASTIH IZOLATORA)

Tabela III/1: Referentna tabela rutinskih ispitivanja kapastih jedinica izolatorskog niza, standard SRPS EN IEC 60383-1 :2023

Materijal		Porcelanski materijal	Ojačano staklo
Klasa		B	B
Rutinska ispitivanja	Rutinski vizuelni pregled	Svi	Svi
		← 29 →	
	Rutinsko mehaničko ispitivanje	Svi	Svi
		← 31.2 →	
	Rutinsko električno ispitivanje	Svi	N/A
		← 16 →	N/A
	Rutinsko ispitivanje izdržljivosti prema naglim promenama temperature	N/A	Svi
		N/A	← 25.2 →

Tabela III/2: Referentna tabela rutinskih ispitivanja kapastih jedinica izolatorskog niza, standard SRPS EN 60383-1 :2011

Materijal		Porcelanski materijal	Ojačano staklo
Klasa		B	B
Rutinska ispitivanja	Rutinski vizuelni pregled	Svi	Svi
		← 27 →	
	Rutinsko mehaničko ispitivanje	Svi	Svi
		← 28 →	
	Rutinsko električno ispitivanje	Svi	N/A
		← 16 →	N/A

Razlika koju smo primetili u novom standardu u odnosu na stari je da postoji dodatno ispitivanje prilikom rutinskog ispitivanja kapastih jedinica izolatorskog niza.

- Rutinsko ispitivanje izdržljivosti prema naglim promenama temperature

Za komadno ispitivanje izdržljivosti prema naglim promenama temperature primenjuju se dva ispitivanja:

- Hladno toplo ispitivanje izdržljivosti prema naglim promenama temperature: svako telo izolatora od očvrnutog stakla mora da se dovede sa temperature okoline na temperaturu za najmanje 300 K višu i da se održava na ovoj višoj temperaturi najmanje jedan minut.
- Toplo hladno ispitivanje izdržljivosti prema naglim promenama temperature: svako telo izolatora od očvrnutog stakla mora naglo i potpuno da se potopi u vodu čija temperatura ne prelazi 50°C, pri čemu telo izolatora od stakla mora prethodno da se zagreje vrelim vazduhom ili na neki drugi pogodan način do ujednačene temperature najmanje 100 K više od temperature vode.

Prilikom rutinskih ispitivanja: potpornih izolatora za nosač, linijskih izolatora za nosač i štapnih jedinica izolatorskog niza, ne postoje razlike u novom i starom standardu.

5 ZAKLJUČAK

Uporedna analiza standarda **SRPS EN IEC 60383-1:2023** i njegove verzije iz **2011.** pokazala je da su u poslednjoj verziji napravljene znatne izmene u načinu ispitivanja i uzorkovanja visokonaponskih izolatora. U novom standardu su dodata još neka ispitivanja, bolje su definisane procedura i izmenjeno je samo uzorkovanje.

Najbitnije stvari koje su se promenile uključuju:

- Dodavanje novih testova, poput RIV ispitivanja i ispitivanja podnosivosti proboja izolacije, čime se omogućava preciznija procena kvaliteta izolatora.
- Poboljšanja u prijemnim i rutinskim ispitivanjima, koja sada uključuju rigorozniji pristup kontroli dimenzija, otpornosti na temperaturne promene i osiguravanju spojeva.
- Promene u uzorkovanju, gde su uvedene nove kategorije uzoraka (E3), dok se broj uzoraka za manje lotove smanjio (postao jednak nuli) povećavajući efikasnost testiranja.

Ove promene doprinose većoj pouzdanosti izolatora u eksploataciji, manjem riziku od kvarova i boljoj kontroli kvaliteta u proizvodnji. Dalja istraživanja mogu biti usmerena ka proceni dugotrajne izdržljivosti izolatora u realnim uslovima rada, kao i na analizu uticaja ovih izmena na sve troškove elektroenergetskih sistema.

6 LITERATURA

- [1] Standard SRPS EN IEC 60383-1 :2023 „Izolatori za nadzemne vodove nazivnog napona iznad 1 000V – Deo 1: Jedinice izolatora od keramičkog materijala ili stakla za mreže naizmeničnog napona – Definicije, metode ispitivanja i kriterijumi prihvatanja Standard"
- [2] Standard SRPS EN 60383-1 :2011 „ Izolatori za nadzemne vodove nazivnog napona iznad 1 kV — Deo 1: Keramičke ili staklene izolatorske jedinice za mreže naizmenične struje — Definicije, metode ispitivanja i kriterijumi prihvatanja"