

OCENA KONSTRUKCIJA DISTRIBUTIVNIH IZOLATORA ZA NADZEMNE VODOVE KOJI SU SADA U PRIMENI

CONSTRUCTION EVALUATION OF DISTRIBUTION INSULATORS FOR OVERHEAD LINES WHICH ARE CURRENTLY IN USE

Dušan DOKIĆ, GPS Insulators d.o.o, Srbija
Alen GUDŽEVIĆ, GPS Insulators d.o.o, Srbija

KRATAK SADRŽAJ

Cilj ovog rada je da da ocenu konstrukcije distributivnih izolatora za nadzemne vodove koji su sada u primeni na osnovu grupe dokumenata IEC/TS 60815. Grupa dokumenata IEC/TS 60815 odnosi se na izbor i dimenzionisanje visokonaponskih izolatora za upotrebu u uslovima zagađenja. Daje se ocena štapnih i potpornih distributivnih izolatora od porcelana i kombinovanih izolatora za nadzemne vodove domaćih proizvođača. Ocenjivanje štapnih i potpornih distributivnih izolatora za nadzemne vodove izvršeno je na osnovu uputstva za dimenzionisanje visokonaponskih izolatora u uslovima zagađenja koji su dati u grupi dokumenata IEC/TS 60815. Na osnovu rezultata ocene konstrukcije distributivnih izolatora koji se trenutno koriste dolazimo do zaključka da je neophodno doneti novu Tehničku preporuku kojom bi se definisale konstrukcije distributivnih izolatora prema važećim propisima i standardima.

Ključne reči: distributivni izolatori, porcelanski izolatori, kombinovani izolatori, izbor i dimenzionisanje, ocena konstrukcije

ABSTRACT

The aim of this paper is to give the construction evaluation of distribution insulators for overhead lines which are currently in use according the group of documents IEC/TS 60815. Group of documents IEC/TS 60815 gives the selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for the use in polluted conditions.

This paper gives the evaluation of long rod and line-post insulators for electric power network made from porcelain and polymer material for overhead lines produced by domestic manufacturers. Evaluation of long rod and line-post insulators for electric power network is based on guidance for dimensioning high-voltage insulators intended for use in polluted conditions, which are given in the group of documents IEC/TS 60815. Based on the results of the construction evaluation of the distribution insulators for electric power network which are currently in use, we come to the conclusion that it is necessary to adopt a new Technical Recommendation which would define the construction of distribution insulators according to applicable regulations and standards.

Key words: distribution insulators, porcelain insulators, polymer insulators, selection and dimensioning, construction evaluation

Dušan Dokić, e-mail: d.dokic@gps.co.rs, phone number: +381693579156

UVOD

Nadzemni vodovi za distribuciju električne energije su opremljeni različitom opremom koja treba da obezbedi pouzdanost sistema. Jedan od ključnih elemenata opreme je izolator. Izolator ima ulogu da odvoji deo nadzemnog voda koji je pod naponom od dela koji nije i nikako ne sme da dođe pod napon, zbog bezbednosti ljudi, životinja i okolnih građevina. Zbog prethodno navedenog, veoma je bitno ispravno definisati izolatore.

Izolatori se prave od više različitih izolacionih materijala kao što je porcelan, staklo i silikonizovana guma. Takođe, postoji i podela prema tipu izolatora kao što su štapni, potporni, potporni za vod, prolazni, potporni izolatori za montažu na nosač, šuplji i kapasti izolatori.

Ovim radom su obuhvaćeni potporni izolatori za vod i štapni izolatori napravljeni od porcelana i potporni izolatori za vod i štapni izolatori sa kućištem od silikonizovane gume, koji se trenutno koriste na nadzemnim vodovima u našem distributivnom sistemu. U obzir su uzeti izolatori kako domaćih, tako i proizvođača iz inostranstva, a koji se trenutno koriste na nadzemnim vodovima u našem distributivnom sistemu.

Ideja ovog rada je da se dâ ocena konstrukcije distributivnih izolatora za nadzemne vodove koji su sada u primeni na osnovu grupe dokumenata IEC/TS 60815. Grupa dokumenata IEC/TS 60815 se sastoji od četiri dela. Prvi deo, IEC/TS 60815-1, opšti je i daje osnovne definicije, informacije i principe. Drugi deo, IEC/TS 60815-2, primenjuje se za izbor i dimenzionisanje visokonaponskih izolatora koju su proizvedeni od porcelana i stakla, i namenjeni su za primenu u mrežama naizmeničnog napona. Treći deo, IEC/TS 60815-3, primenjuje se za izbor i dimenzionisanje visokonaponskih polimernih (sa kućištem od silikonizovane gume) izolatora koji su namenjeni za primenu u mrežama naizmeničnog napona. Četvrti deo, IEC/TS 60815-4, primenjuje se za izbor i dimenzionisanje visokonaponskih izolatora koji su namenjeni za primenu u mrežama jednosmernog napona.

Za potrebe ovog rada primenjuju se prva tri dela grupe dokumenata IEC/TS 60815, jer je naša distributivna mreža naizmeničnog napona. U narednim poglavljima biće data ocena konstrukcije distributivnih izolatora za nadzemne vodove koji su sada u primeni.

OCENA KONSTRUKCIJA DISTRIBUTIVNIH ISOLATORA ZA NADZEMNE VODOVE KOJI SU SADA U PRIMENI

Ocena konstrukcije distributivnih izolatora za nadzemne vodove je definisana IEC/TS 60815-1, IEC/TS 60815-2 i IEC/TS 60815-3 tehničkim specifikacijama IEC. Radom su obuhvaćeni štapni i potporni izolatori za vod, napravljeni od porcelana i sa kućištem od silikonizovane gume, a koji se trenutno koriste u našoj distributivnoj mreži.

Tehničkim specifikacijama IEC/TS 60815-2 i IEC/TS 60815-3 definisani su parametri koje je potrebno izračunati i na osnovu vrednosti tih parametara dati ocenu konstrukcije izolatora. Parametri koji se proračunavaju su sledeći:

- tip krila (naizmenična ili ne naizmenična), na osnovu vrednosti parametara p_1 i p_2 se određuje da li su krila naizmenična ili ne; p_1 je rastojanje od vrha dužeg krila do tela izolatora; p_2 je rastojanje od vrha kraćeg krila do tela izolatora,
- rastojanje između krila (s); kod izolatora sa naizmeničnim tipom krila, rastojanje s predstavlja rastojanje između dva krila iste dužine,
- minimalno rastojanje između krila (c); kod izolatora sa naizmeničnim tipom krila c predstavlja najmanje rastojanje između dva duža krila,
- odnos puzne staze i rastojanja između krila (l/d); l je dužina puzne staze između tačaka između kojih se meri rastojanje d ; kod izolatora sa naizmeničnim tipom krila sabiraju se puzne staze i rastojanja
- ugao krila (α),
- faktor puzne staze ($CF=L/S$); predstavlja odnos puzne staze L i preskočnog razmaka S prema IEC 60815-2; faktor puzne staze ($CF=L/A$); predstavlja odnos puzne staze L i preskočnog razmaka A prema IEC 60815-3.

Tehničkim specifikacijama IEC/TS 60815-2 i IEC/TS 60815-3 svaki od navedenih parametara može da se nalazi u beloj, sivoj i crnoj zoni. Bela zona označava da izolator koji se primenjuje u zagađenoj sredini ima normalne karakteristike rada. Siva zona označava da izolator koji se primenjuje u zagađenoj sredini ima smanjene karakteristike rada. Crna zona označava da izolator koji se primenjuje u zagađenoj sredini ima ozbiljno negativne karakteristike rada.

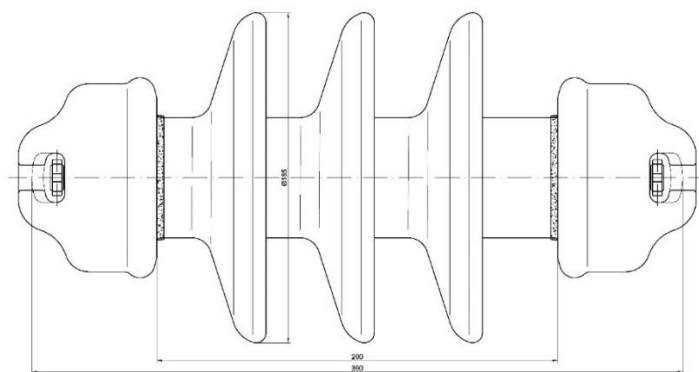
Tehničkim specifikacijama IEC/TS 60815-2 i IEC/TS 60815-3 je dozvoljeno da izolator ima jedan od prethodno navedenih parametara koji se nalazi u sivoj zoni. Ukoliko se dva ili više parametara nalazi u sivoj zoni ili se jedan parametar nalazi u crnoj zoni tada se:

- koriste podaci dobijeni u eksploataciji ili ispitivanjem da bi se potvrdile radne karakteristike izolatora,
- predlaže promena profila izolatora
- ispitivanjem proveravaju radne karakteristike izolatora.

OCENA KONSTRUKCIJA DISTRIBUTIVNIH ŠTAPNIH IZOLATORA OD PORCELANA ZA NADZEMNE VODOVE KOJI SU SADA U PRIMENI

Konstrukcija distributivnih štapnih izolatora od porcelana je definisana standardom IEC 60433 iz 1998, ali i istim standardom starijeg izdanja iz 1980. Razlog za uzimanje u obzir izdanja standarda iz 1980. je životni vek porcelanskih izolatora, koji ide i do 70 godina. Zbog toga se u našoj distributivnoj mreži i dalje koriste štapni porcelanski izolatori sa konstrukcijom prema izdanju standarda IEC 60433 iz 1980.

Konstrukcije štapnih izolatora prema prethodno navednom standardu, koje su uzete u obzir prilikom ocene konstrukcije distributivnih štapnih izolatora od porcelana su L 40 BE 175, L 70 BE 310 i L 70 BE 380. Takođe je uzeta i konstrukcija štapnog izolatora L 40 BE 200 koja predstavlja varijantu štapnog izolatora L 40 BE 175 sa pojačanom dužinom puzne staze. Izolator ove konstrukcije se takođe koristi u našoj distributivnoj mreži, a nosi ovakvu oznaku da bi se napravila razlika između štapnog izolatora L 40 BE 175 sa normalnom i pojačanom dužinom puzne staze.



CRTEŽ 1 – IZOLATOR L 40 BE 200

U TABELI 1 su date vrednosti parametara koji su nabrojani u poglavlju **Ocena konstrukcija distributivnih izolatora za nadzemne vodove koji su sada u primeni**. Na osnovu rezultata u TABELI 1 izolatori L 40 BE 175 (24 kV) i L 40 BE 200 (24 kV) zadovoljavaju sve kriterijume definisane tehničkom specifikacijom IEC/TS 60815-2. Međutim, iako zadovoljavaju ostale kriterijume definisane tehničkom specifikacijom IEC/TS 60815-2, izolatori L 70 BE 310 (36 kV) i L 70 BE 380 (36 kV) ne zadovoljavaju prema faktoru puzne staze $CF(L/S)$, a obrazloženje se nalazi prikazano u poglavlju **Zaključak** – TABELA 7, zato što imaju dužu puznu stazu i duži preskočni razmak prema zahtevima za njihov najviši napon opreme.

TABELA 1 – OCENA KONSTRUKCIJE DISTRIBUTIVNIH ŠTAPNIH IZOLATORA OD PORCELANA PREMA IEC/TS 60815-2

Tip izolatora	L 40 BE 175	L 40 BE 200	L 70 BE 310	L 70 BE 380
tip krila	ne naizmjenična	ne naizmjenična	ne naizmjenična	ne naizmjenična
$P_1 - P_2$	$0(p_1=p_2)$	$0(p_1=p_2)$	$0(p_1=p_2)$	$0(p_1=p_2)$
s (mm)	54	54	45	45
p (mm)	47,5	52,5	40	40
s/p	1,14	1,03	1,13	1,13
sa donjim rebrima ili ne	ne	ne	ne	ne
c (mm)	37,88	37,88	29,17	29,17
l (mm)	134,92	144,53	113,53	113,53
d (mm)	54	54	45	45
l/d	2,50	2,68	2,52	2,52
α (°)	18	18	18	18
L (mm)	410,77	464,58	703,34	930,4
S (mm)	203,18	228,63	318,2	403,2
$CF(L/S)$	2,02	2,03	2,21	2,31

Napomena:

Oznaka l (malo L) predstavlja dužinu puzne staze između tačaka koje su uzete prilikom merenja dimenzije d (rastojanja između dve tačke na izolacionom delu ili između tačke na izolacionom delu i tačke na metalnom delu).

Oznaka L (veliko) predstavlja kompletnu dužinu puzne staze izolatora (u relevantnim standardima, inače, označena takođe malim slovom l).

OCENA KONSTRUKCIJA DISTRIBUTIVNIH POTPORNIH IZOLATORA OD PORCELANA ZA NADZEMNE VODOVE KOJI SU SADA U PRIMENI

Konstrukcija distributivnih potpornih izolatora od porcelana za nadzemne vodove definisana je standardom IEC 60720 iz 1981.

Konstrukcije potpornih izolatora za vod prema prethodno navednom standardu, koje su uzete u obzir prilikom ocene konstrukcije distributivnih potpornih izolatora od porcelana za vod su R 12,5 ET 75 L, R 12,5 ET 95 L, R 12,5 ET 125 N, R 12,5 ET 125 L, R 12,5 ET 170 N i R 12,5 ET 170 L.

U TABELI 2 su date vrednosti parametara koji su nabrojani u poglavlju **Ocena konstrukcija distributivnih izolatora za nadzemne vodove koji su sada u primeni**. Na osnovu rezultata u TABELI 2 izolatori R 12,5 ET 95 L (12 kV), R 12,5 ET 125 N (24 kV) i R 12,5 ET 125 L (24 kV) zadovoljavaju sve kriterijume definisane tehničkom specifikacijom IEC/TS 60815-2 iako im se neki kriterijumi nalaze u sivoj zoni, a izolator R 12,5 ET 75 L (12 kV) ne zadovoljava, iako mu ostali parametri zadovoljavaju kriterijume definisane tehničkom specifikacijom IEC/TS 60815-2, zato što mu se jedan parametar nalazi u crnoj zoni. Ostali izolatori zadovoljavaju sve kriterijume definisane tehničkom specifikacijom IEC/TS 60815-2.

TABELA 2 – OCENA KONSTRUKCIJE DISTRIBUTIVNIH POTPORNIH IZOLATORA OD PORCELANA ZA VOD, PREMA IEC/TS 60815-2

Tip izolatora	R 12,5 ET 75 L	R 12,5 ET 95 L	R 12,5 ET 125 N	R 12,5 ET 125 L	R 12,5 ET 170 N	R 12,5 ET 170 L
tip krila	ne naizmenična	ne naizmenična	ne naizmenična	ne naizmenična	ne naizmenična	ne naizmenična
$P_1 - P_2$	0($p_1=p_2$)	0($p_1=p_2$)	0($p_1=p_2$)	0($p_1=p_2$)	0($p_1=p_2$)	0($p_1=p_2$)
s (mm)	29	31	37	37	41	41
p (mm)	37,5	37,5	35	40	40	45
s/p	0,77	0,83	1,06	0,93	1,03	0,91
sa donjim rebrima ili ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne
c (mm)	18,25	20,19	24,04	24,04	27,91	27,91
l (mm)	92,06	94,06	94,93	104,73	109,3	119,21
d (mm)	29	31	37	37	41	41
l/d	3,17	3,03	2,57	2,83	2,67	2,91
α (°)	15	15	15	12	15	13
L (mm)	281,39	376,45	487,58	537,58	657,36	735,8
S (mm)	124,88	156,41	224,8	231,69	294,74	301,65
$CF(L/S)$	2,25	2,41	2,17	2,32	2,23	2,44

Napomena:

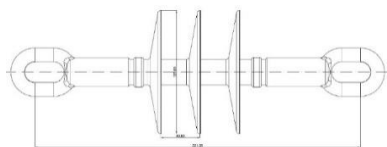
Oznaka l (malo L) predstavlja dužinu puzne staze između tačaka koje su uzete prilikom merenja dimenzije d (rastojanja između dve tačke na izolacionom delu ili između tačke na izolacionom delu i tačke na metalnom delu).

Oznaka L (veliko) predstavlja kompletnu dužinu puzne staze izolatora (u relevantnim standardima, inače, označena takođe malim slovom l).

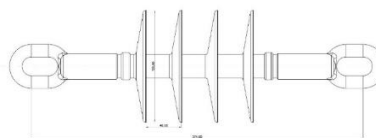
OCENA KONSTRUKCIJA DISTRIBUTIVNIH ŠTAPNIH IZOLATORA SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME ZA NADZEMNE VODOVE KOJI SU SADA U PRIMENI

Konstrukcija distributivnih štapnih izolatora sa kućištem od silikonizovane gume je definisana standardom IEC 61466-2 iz 1998. U okviru ocene konstrukcije distributivnih štapnih izolatora sa kućištem od silikonizovane gume sprovedena je i provera vrednosti preskočnih razmaka i dužina puznih staza. Standardom IEC 61466-2 su definisane minimalne vrednosti preskočnih razmaka i puznih staza za odgovarajuće naponske nivoe. Tolerancije vrednosti preskočnih razmaka i puznih staza su definisane standardom IEC 61109 iz 2008.

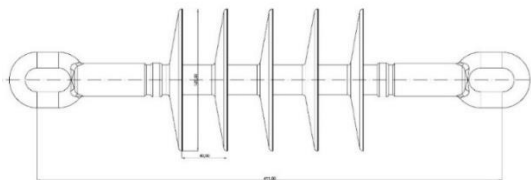
Standardom IEC 61466-2 dato je uputstvo za označavanje štapnih izolatora sa kućištem od silikonizovane gume. Međutim, nijedan od analiziranih štapnih izolatora sa kućištem od silikonizovane gume ne poseduje označavanje u skladu sa standardom IEC 61466-2, i zbog toga se daju crteži svakog od analiziranih izolatora. Nedostaju konstrukcije štapnih izolatora sa kućištem od silikonizovane gume sa pojačanom električnom izolacijom najviših napona opreme 12 kV i 36 kV.



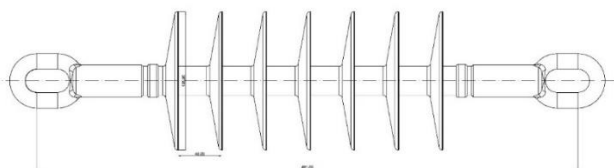
CRTEŽ 2 – ŠTAPNI IZOLATOR SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME 12 kV



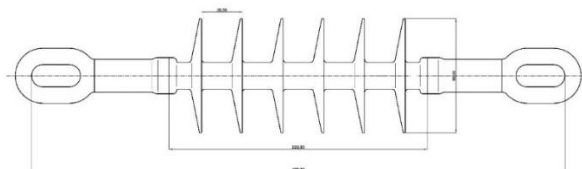
CRTEŽ 3 – ŠTAPNI IZOLATOR SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME 24 kV



CRTEŽ 4 – ŠTAPNI IZOLATOR SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME SA POJAČANOM ELEKTRIČNOM IZOLACIJOM 24 kV



CRTEŽ 5 – ŠTAPNI IZOLATOR SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME 36 kV TIP A



CRTEŽ 6 – ŠTAPNI IZOLATOR SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME 36 kV TIP B

TABELA 3 – OCENA KONSTRUKCIJA DISTRIBUTIVNIH ŠTAPNIH IZOLATORA SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME PREMA IEC/TS 60815-3

Tip izolatora	Štapni izolator sa kućištem od silikonizovane gume 12 kV	Štapni izolator sa kućištem od silikonizovane gume 24 kV	Štapni izolator sa kućištem od silikonizovane gume sa pojačanom električnom izolacijom 24 kV	Štapni izolator sa kućištem od silikonizovane gume 36 kV tip A	Štapni izolator sa kućištem od silikonizovane gume 36 kV tip B
tip krila	ne naizmjenična	ne naizmjenična	ne naizmjenična	ne naizmjenična	ne naizmjenična
$p_1 - p_2$	0($p_1=p_2$)	0($p_1=p_2$)	0($p_1=p_2$)	0($p_1=p_2$)	0($p_1=p_2$)
s (mm)	40	40	40	40	35
p (mm)	49,5	49,5	49,5	49,5	37,75
s/p	0,81	0,81	0,81	0,81	0,93
sa donjim rebrima ili ne	ne	ne	ne	ne	ne
c (mm)	36,46	36,46	36,46	36,46	32,56
l (mm)	133,8	133,8	133,8	133,8	104,05
d (mm)	40	40	40	40	35
l/d	3,35	3,35	3,35	3,35	2,97
α (°)	10	10	10	10	11
L (mm)	415,98	549,78	683,59	951,2	641,95
A (mm)	124,88	230,87	271,72	351,72	257,73
$CF(L/A)$	3,33	2,38	2,52	2,70	2,49

Napomena:

Oznaka l (malo L) predstavlja dužinu puzne staze između tačaka koje su uzete prilikom merenja dimenzije d (rastojanja između dve tačke na izolacionom delu ili između tačke na izolacionom delu i tačke na metalnom delu).

Oznaka L (veliko) predstavlja kompletnu dužinu puzne staze izolatora (u relevantnim standardima, inače, označena takode malim slovom l). U TABELI 3 su date vrednosti parametara koji su nabrojani u poglavlju **Ocena konstrukcija distributivnih izolatora za nadzemne vodove koji su sada u primeni**. Na osnovu rezultata u TABELI 3, iako svi izolatori zadovoljavaju ostale kriterijume definisane tehničkom specifikacijom IEC/TS 60815-3, oni ne zadovoljavaju prema faktoru puzne staze $CF(L/A)$, a obrazloženje se nalazi prikazano u poglavlju **Zaključak** – TABELA 7, zato što svi imaju dužu puznu stazu, a takođe su im vrednosti preskočnih razmaka izvan opsega definisanih u TABELI 4 za njihov najviši napon opreme.

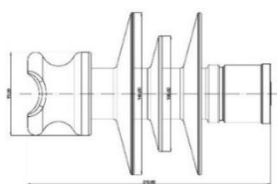
TABELA 4 – MINIMALNE VREDNOSTI DUŽINA PUZNIH STAZA I PRESKOČNIH RAZMAKA U ODNOSU NA NAJVIŠI NAPON OPREME PREMA IEC 61466-2 I MAKSIMALNE VREDNOSTI NA OSNOVU TOLERANCIJA PREMA IEC 61109

Najviši napon opreme (kV)	Minimalna dužina puzne staze	Minimalni preskočni razmak	Tolerancija prema IEC 61109		Maksimalne vrednosti	
			puzna staza	preskočni razmak	puzna staza	preskočni razmak
12	195 mm	125 mm	9,3 mm	6,5 mm	204,3 mm	131,5 mm
24	385 mm	210 mm	15,62 mm	9,9 mm	400,62 mm	219,9 mm
36	580 mm	285 mm	20,5 mm	12,9 mm	600,5 mm	297,9 mm

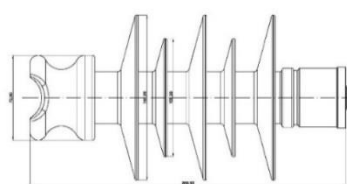
U TABELI 4 su, u odnosu na najviši napon opreme, date vrednosti minimalnih dužina puzne staze i minimalnih preskočnih razmaka, i maksimalnih dužina puzne staze i maksimalnih vrednosti preskočnog razmaka sa tolerancijama definisanim u IEC 61109. Minimalne vrednosti puzne staze su definisane na osnovu nivoa zagađenja I – slabo zagađenje sa najmanjom nazivnom specifičnom puznom stazom od 16 mm/kV.

OCENA KONSTRUKCIJA DISTRIBUTIVNIH POTPORNIH IZOLATORA ZA VOD SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME ZA NADZEMNE VODOVE KOJI SU SADA U PRIMENI

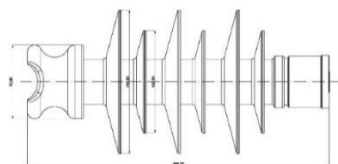
Konstrukcija potpornih izolatora za vod sa kućištem od silikonizovane gume je definisana standardom IEC 61952 iz 2008. godine i standardom IEC 61952-1 iz 2019. godine. Standardom IEC 61952-1 su definisane standardizovane oznake potpornih izolatora za vod sa kućištem od silikonizovane gume. Nijedan od analiziranih tipova potpornih izolatora za vod sa kućištem od silikonizovane gume nema označvanje prema standardu, i zbog toga se daje crtež svakog od analiziranih izolatora. U okviru ocene konstrukcije distributivnih potpornih izolatora za vod sa kućištem od silikonizovane gume sprovedena je i provera vrednosti preskočnih razmaka i dužina puznih staza. Standardom IEC 61466-2 su definisane minimalne vrednosti preskočnih razmaka i puznih staza za odgovarajuće naponske nivoe. Tolerancije vrednosti preskočnih razmaka i puznih staza su definisane standardom IEC 61952 iz 2008. godine. Nedostaje konstrukcija potpornog izolatora za vod sa kućištem od silikonizovane gume sa pojačanom električnom izolacijom najvišeg napona opreme 12 kV.



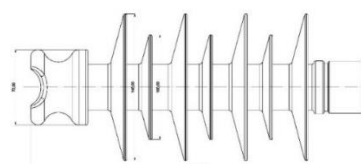
CRTEŽ 7 – POTPORNI IZOLATOR ZA VOD SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME 12 KV



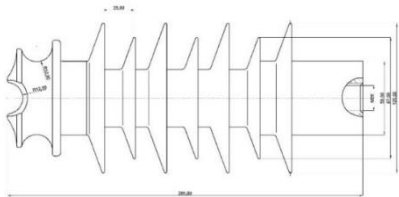
CRTEŽ 8 – POTPORNI IZOLATOR ZA VOD SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME 24 KV



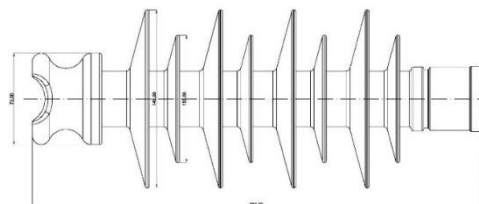
CRTEŽ 9 – POTPORNI IZOLATOR ZA VOD SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME SA POJAČANOM ELEKTRIČNOM IZOLACIJOM 24 KV



CRTEŽ 10 – POTPORNI IZOLATOR ZA VOD SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME 36 KV TIP A



CRTEŽ 11 – POTPORNI IZOLATOR ZA VOD SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME 36 KV TIP B



CRTEŽ 12 – POTPORNI IZOLATOR ZA VOD SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME SA POJAČANOM ELEKTRIČNOM IZOLACIJOM 36 KV

TABELA 5 – OCENA KONSTRUKCIJA DISTRIBUTIVNIH POTPORNIH IZOLATORA ZA VOD SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME PREMA IEC/TS 60815-3

Tip izolatora	Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume 12 kV	Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume 24 kV	Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume sa pojačanom električnom izolacijom 24 kV	Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume 36 kV tip A	Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume 36 kV tip B	Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume sa pojačanom električnom izolacijom 36 kV
tip krila	naizmenična	naizmenična	naizmenična	naizmenična	naizmenična	naizmenična
$0,18 \times p_1$	8,64	8,64	8,64	8,64	6,66	8,64
s (mm)	58	58	58	58	25	58
p (mm)	48	48	48	48	37	48
s/p	1,21	1,21	1,21	1,21	0,68	1,21
sa donjim rebrima ili ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne
c (mm)	53,11	53,11	53,11	53,11	45,27	53,11
l (mm)	201,44	201,44	201,44	201,44	165,83	201,44
l_1 (mm)	101,12	101,12	101,12	101,12	86,55	101,12
l_2 (mm)	100,32	100,32	100,32	100,32	79,28	100,32
d (mm)	70,66	70,66	70,66	70,66	55,04	70,66
d_1 (mm)	31,41	31,41	31,41	31,41	27,52	31,41
d_2 (mm)	39,25	39,25	39,25	39,25	27,52	39,25
l/d	2,85	2,85	2,85	2,85	3,01	2,85
α (°)	15	15	15	15	20	15
L (mm)	352,91	554,36	633,32	755,82	675,96	834,77
A (mm)	159,15	217,15	233,93	275,15	256,99	291,93
$CF(L/A)$	2,22	2,55	2,71	2,75	2,63	2,86

Napomena:

Oznaka l (malo L) predstavlja dužinu puzne staze između tačaka koje su uzete prilikom merenja dimenzije d (rastojanja između dve tačke na izolacionom delu ili između tačke na izolacionom delu i tačke na metalnom delu). Kada izolator ima jedno duže i jedno kraće krilo, tada se javljaju dimenzije l_1 i l_2 , i tada je ovo $l = l_1 + l_2$.

Oznaka L (veliko) predstavlja kompletnu dužinu puzne staze izolatora (u relevantnim standardima, inače, označena takođe malim slovom l).

U TABELI 5 su date vrednosti parametara koji su nabrojani u poglavlju **Ocena konstrukcija distributivnih izolatora za nadzemne vodove koji su sada u primeni**. Na osnovu rezultata u TABELI 5, iako svi izolatori zadovoljavaju ostale kriterijume definisane tehničkom specifikacijom IEC/TS 60815-3, a izolatoru 36 kV tip B se neki kriterijum nalazi i u svojoj zoni, oni ne zadovoljavaju prema faktoru puzne staze $CF(L/A)$ a obrazloženje se nalazi prikazano u poglavlju **Zaključak** – TABELA 7 zato što svi imaju dužu puznu stazu, a izolatori 12 kV, 24 kV sa pojačanom električnom izolacijom, 36 kV tip A i 36 kV tip B imaju i duži preskočni razmak prema zahtevima za njihov najviši napon opreme.

TABELA 6 – MINIMALNE VREDNOSTI DUŽINA PUZNIH STAZA I PRESKOČNIH RAZMAKA U ODNOSU NA NAJVIŠI NAPON OPREME PREMA IEC 61466-2, I MAKSIMALNE VREDNOSTI NA OSNOVU TOLERANCIJA PREMA IEC 61952

Najviši napon opreme (kV)	Minimalna dužina puzne staze	Minimalni preskočni razmak	Tolerancija prema IEC 61109		Maksimalne vrednosti	
			puzna staza	preskočni razmak	puzna staza	preskočni razmak
12	195 mm	125 mm	9,3 mm	6,5 mm	204,3 mm	131,5 mm
24	385 mm	210 mm	15,62 mm	9,9 mm	400,62 mm	219,9 mm
36	580 mm	285 mm	20,5 mm	12,9 mm	600,5 mm	297,9 mm

U TABELI 6 su date vrednosti minimalnih dužina puzne staze i minimalnih preskočnih razmaka u odnosu na najviši napon opreme. Takođe su date maksimalne vrednosti dužina puznih staza i preskičnih razmaka, a na osnovu tolerancija definisanih u standardu IEC 61952. Minimalne vrednosti puzne staze su definisane na osnovu nivoa zagađenja I – slabo zagađenje sa najmanjom nazivnom specifičnom puznom stazom od 16 mm/kV.

ZAKLJUČAK

Umesto zaključka analize u prethodnim poglavljima daje se tabelarni prikaz rezultata za svaki od analiziranih tipova izolatora. Crvenom bojom u prethodno navedenim tabelama obeležene su konstrukcije za koje su vrednosti preskočnih razmaka i dužina puznih staza izolatora neodgovarajuće za naponski nivo na kojem se analizirani izolatori primenjuju.

TABELA 7 – OCENA KONSTRUKCIJA IZOLATORA OD PORCELANA I SA KUĆIŠTEM OD SILIKONIZOVANE GUME

Tip izolatora	A	B	C	A&B&C
L 40 BE 175 (24 kV)	DA	DA	DA	DA
L 40 BE 200 (24 kV)	DA	DA	DA	DA
L 70 BE 310 (36 kV)	DA	NE	NE	NE
L 70 BE 380 (36 kV)	DA	NE	NE	NE
R 12,5 ET 75 L (12 kV)	NE	DA	DA	NE
R 12,5 ET 95 L (12 kV)	DA	DA	DA	DA
R 12,5 ET 125 N (24 kV)	DA	DA	DA	DA
R 12,5 ET 125 L (24 kV)	DA	DA	DA	DA
R 12,5 ET 170 N (36 kV)	DA	DA	DA	DA
R 12,5 ET 170 L (36 kV)	DA	DA	DA	DA
Štapni izolator sa kućištem od silikonizovane gume 12 kV	DA	NE	NE	NE
Štapni izolator sa kućištem od silikonizovane gume 24 kV	DA	NE	NE	NE
Štapni izolator sa kućištem od silikonizovane gume sa pojačanom električnom izolacijom 24 kV	DA	NE	NE	NE
Štapni izolator sa kućištem od silikonizovane gume 36 kV tip A	DA	NE	NE	NE
Štapni izolator sa kućištem od silikonizovane gume 36 kV tip B	DA	NE	NE	NE
Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume 12 kV	DA	NE	NE	NE
Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume 24 kV	DA	NE	DA	NE
Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume sa pojačanom električnom izolacijom 24 kV	DA	NE	NE	NE
Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume 36 kV tip A	DA	NE	NE	NE
Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume 36 kV tip B	DA	NE	NE	NE
Potporni izolator za vod sa kućištem od silikonizovane gume sa pojačanom električnom izolacijom 36 kV	DA	NE	DA	NE
Tip izolatora ZADOVOLJAVA				
A - Prema grupi dokumenata IEC/TS 60815;				
B - Prema vrednosti dužine puzne staze;				
C - Prema vrednosti preskočnog razmaka.				

Ukoliko izolator ne zadovoljava po bilo kojem od tri kriterijuma za ocenjivanje konstrukcije distributivnih izolatora, smatra se da konstrukcija izolatora nije odgovarajuća za predviđeni naponski nivo.

Na osnovu rezultata ocene konstrukcije distributivnih izolatora koji se trenutno koriste dolazimo do zaključka da je neophodno doneti novu Tehničku preporuku kojom bi se definisale konstrukcije distributivnih izolatora prema važećim propisima i standardima.

Postojeće konstrukcije štapnih izolatora i potpornih izolatora za vod sa kućištem od silikonizovane gume i štapni izolatori 36 kV od porcelana mogu da, zbog poremećaja koordinacije izolacije, izazovu kvarove na opremi razvodnih postrojenja. Naime, sa povećanim preskočnim razmakom povećava se i atmosferski prenapon, a prema tom povećanom atmosferskom prenaponu mora da se izabere odgovarajući odvodnik prenapona, čemu niko u elektrodistribuciji Srbije ne pridaje važnost.

LITERATURA

1. IEC 60433:1980 Characteristics of string insulator units of the long rod type
2. IEC 60433:1998 Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Ceramic insulators for a.c. systems – Characteristics of insulator units of the long rod type
3. IEC 61466-2:1998 Composite string insulator units for overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – Part 2: Dimensional and electrical characteristics
4. IEC 61952:2008 Insulators for overhead lines – Composite line post insulators for A.C. systems with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria
5. IEC 61109:2008 Insulators for overhead lines – Composite suspension and tension insulators for a.c. systems with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria
6. IEC/TS 60815-1:2008 Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles
7. IEC/TS 60815-2:2008 Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems
8. IEC/TS 60815-3:2008 Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems
9. IEC 61952-1:2019 Insulators for overhead lines – Composite line post insulators for AC systems with a nominal voltage greater than 1 000 V – Part 1: definitions, end fittings and designations