

Tretman neutralne tačke u elektroenergetskom sistemu Republike Srpske

Dragan Brajović¹, Nikola Jovičić¹

REZIME

Tematika tretmana neutralne tačke elektrodistributivnih vodova i postrojenja u elektroprivrednim preduzećima u BiH i regionu je odavno zapostavljena i istoj se ne pridaje dovoljna pažnja. Sistemskim pristupom ovoj tematici se mogu značajno poboljšati performanse rada elektroenergetskog distributivnog sistema. Prilikom planiranja tretmana neutralne tačke potrebno je izvršiti detaljne preglede uzemljivača na elektroenergetskim objektima te mjerenje vrijednosti otpora istih, izvršiti detaljne preglede uzemljivača na elektroenergetskim objektima te mjerenje vrijednosti otpora istih, izvršiti proračun struja jednopolnog kratkog spoja i koordinacije izolacije, što su preduslovi za odlučivanje.

Ključne riječi: neutralna tačka, uzemljenje, zemljospoj

Neutral point treatment in the power system of the Republic of Srpska

ABSTRACT

Not enough attention is paid to the topic of treatment of the neutral point of power distribution lines and plants in power companies in Bosnia and Herzegovina and the region, and it has been neglected for a long time. A systematic approach to this topic can significantly improve the performance of the electric power distribution system. When planning neutral point treatment, the following should be performed detailed inspections of earthing conductors on electric power facilities and measuring their resistance values, calculation of single-pole shortcircuit currents and insulation coordination, which are the prerequisites for decision-making process.

Key words: neutral point, earthing, earth fault

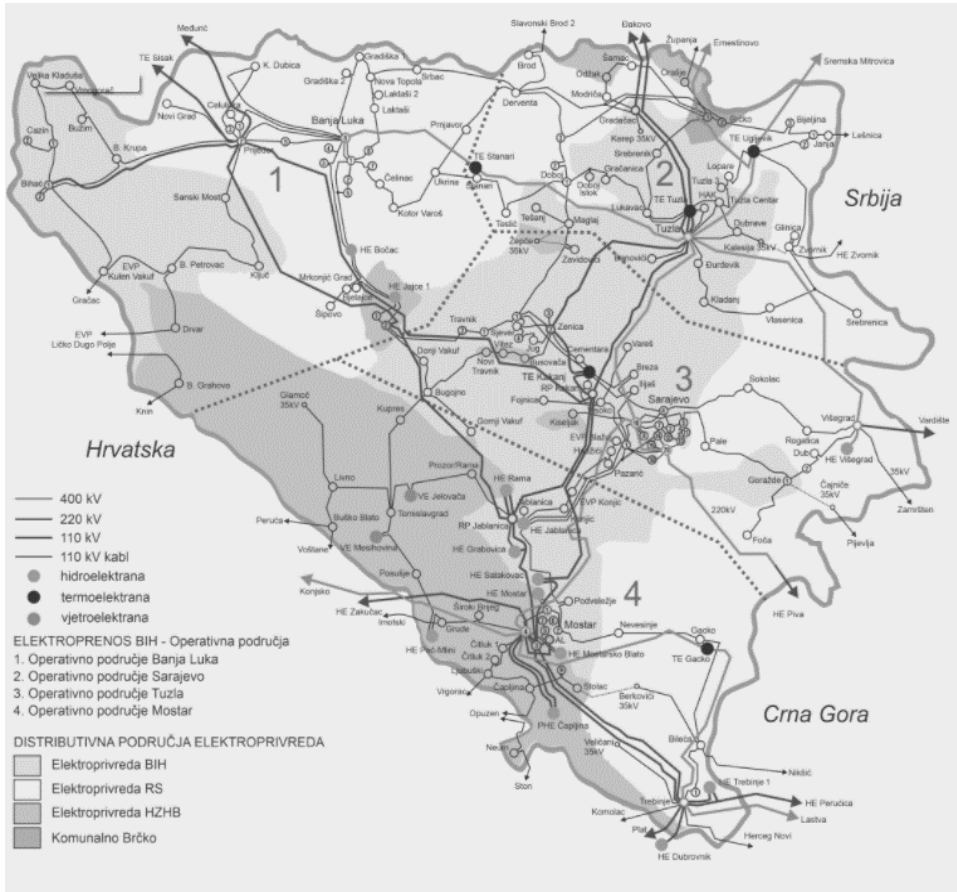
1. UVOD

U pogledu elektrodistributivne djelatnosti, u elektroenergetskom sistemu Bosne i Hercegovine djelatnost distribucije električne energije obavlja osam operatera distributivnog sistema: Elektroprivreda Bosne i Hercegovine (EPBiH), Elektroprivreda Hrvatske zajednice Herceg Bosne (EPHZHB), Elektrodistribucija Distrikta Brčko (EDBD) te pet korisnika dozvole za distribuciju električne energije u vlasništvu Elektroprivrede Republike Srpske: ZP Elektrokrajina a.d. Banja Luka, ZP Elektro Doboj a.d. Doboj, ZP Elektro Bijeljina a.d. Bijeljina, ZP Elektrodistribucija Pale a.d. Pale I ZP Elektrohercegovina a.d. Trebinje.

¹Mig elektro d.o.o. Radnička ulica 9, 70260 Mrkonjić Grad

Elektroprenosni dalekovodi i trafostanice naponskog nivoa 110kV, 220kV i 400kV u vlasništvu su elektroprenosne kompanije Elektroprenos BiH, koja je podijeljena na četiri regiona a čije je sjedište locirano u Banja Luci.

Opšti prikaz elektroenergetskog sistema BiH predstavljen je na slici 1.



Slika 1: Karta elektroenergetskog sistema Bosne i Hercegovine sa operativnim područjima „Elektroprenosa BiH“ u područjima elektroprivreda, izvor DERK BiH, decembar 2020. godine

2. KONTINUITET SNABDJEVANJA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM U REPUBLICI SRPSKOJ

Prema Opštim uslovima za isporuku i snabdijevanje električnom energijom, koje je donijela Regulatorna komisija za energetiku Republike Srpske (RERS), distributer i snabdjevač dužni su obezbjediti kvalitet snabdijevanja električnom energijom, što podrazumjeva ispunjenje standarda i kriterijuma koji se odnose na:

- Kontinuitet u isporuci električne energije,
- Kvalitet napona napajanje,
- Komercijalni kvalitet

Kontinuitet isporuke karakteriše se različitim indeksima pouzdanosti, među kojima su najčešće korišćeni:

SAIFI – prosječan broj dugotrajnih prekida po mjernom mjestu u toku godine.

MAIFI – prosječan broj kratkotrajnih prekida po mjernom mjestu u toku godine.

SAIDI – prosječno trajanje dugotrajnih prekida po mjernom mjestu u toku godine.

Kada je u pitanju definisanje vremena trajanja prekida, smatra se da prekid traje od:

- Trenutka kada krajnji kupac prijavi prekid isporuke na mjernom mjestu;
- Detekcije prekida putem SCADA sistema;
- Trenutka kada radnici distributivnog preduzeća utvrde da je došlo do prekida isporuke.

3. TRETMAN NEUTRALNE TAČKE U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU U REPUBLICI SRPSKOJ

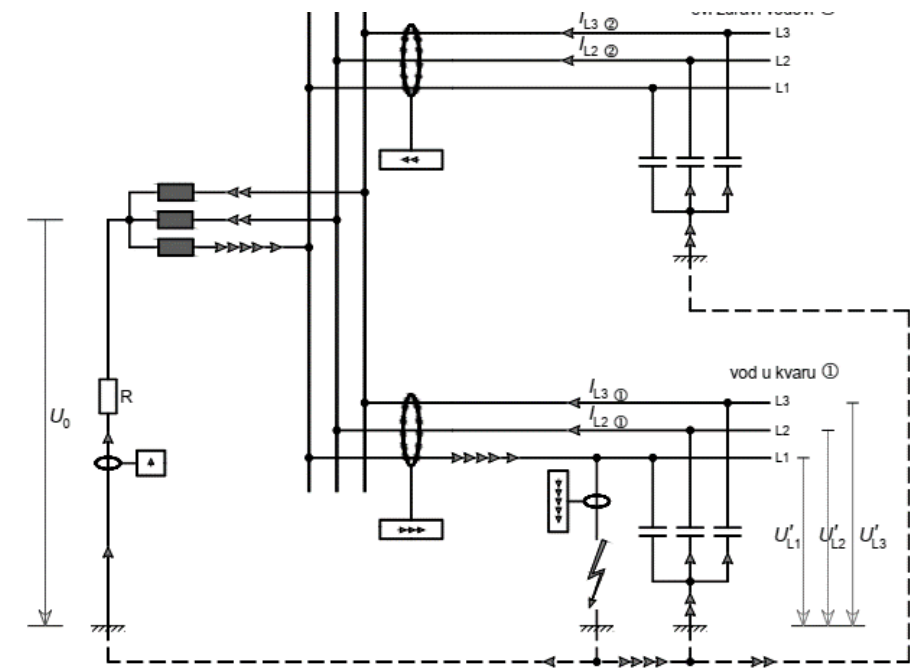
Trenutni koncepti uzemljenja neutralne tačke distributivnih mreža koji se primjenjuju u elektroprivrednim preduzećima u BiH su svedeni na:

- izolovana neutralna tačka distributivne mreže ili izolovana distributivna mreža
- uzemljena neutralna tačka distributivne mreže preko niskoomske impedanse (najčešće preko niskoomskog otpornika)

3.1. Distributivne mreže sa uzemljenom neutralnom tačkom preko niskoomske impedanse

Osnovni ciljevi prelaska sa izolovane distributivne mreže na distributivnu mrežu uzemljenu preko niskoomskog otpornika jeste smanjiti prenapone koji nastaju usljed pojave zemljospoja u izolovanim distributivnim mrežama, povećati pouzdanost rada zaštite od zemljospoja i onemogućiti pojave intermentnih prenapona.

U Republici Srpskoj, za uzemljenje mreže, veći dio distributivnih mreža je uzemljen preko niskoomskog otpornika, pa je samim tim i ova oblast uzemljenja distributivnih mreža veoma značajna za razmatranje.



Slika 2 Distributivna mreža uzemljena preko niskoosmskog otpornika

Distributivna mreža 35 kV je uzemljena preko niskoosmske impedanse (rezistansa – otpornik, reaktansa, impedansa), sa ograničenjem struje zemljospoja na 300 A. Izuzetno razgranata kablovksa mreža 35 kV uzemljuje se preko niskoosmske rezistanse tako da struja jednofaznog zemljospoja bude bar dva puta veća od kapacitivne komponente struje zemljospoja mreže, pod uslovom da ne prelazi 1000 A.

Vrijednost niskoosmske impedanse u 10 kV i 20 kV uzemljenim mrežama bira se tako da se struja zemljospoja ograniči na najviše 300 A. U mreži 20 kV struja zemljospoja može da se ograniči i na vrijednosti koje su veće od 300 A, pod uslovom da ne prelaze 1000 A, i da se posebnim elaboratom dokaže da su u svim pogonskim uslovima (normalni režim napajanja i pri rezervisanju) zadovoljeni uslovi bezbjednosti u postrojenjima, na mreži i u instalacijama potrošača.

4. SISTEM UZEMLJENJA

Osnovni parametri mjerodavni za dimenzionisanje sistema uzemljenja nekog elektroenergetskog objekta su:

- vrijednost struje kvara
- trajanje struje kvara
- karakteristike tla.

Prva dva parametra uglavnom zavise od načina postupanja sa neutralnom tačkom visokonaponskog sistema.

4.1. Izvođenje uzemljenja uporišta (stubova) nadzemnih vodova

Uzemljenja neutralnih tačaka distributivnih mreža 1 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV i 110 kV izvode se:

- Neutralna tačka mreže 10 kV, 20 kV i 35 kV je izolovana preko niskoomske impedanse. Tipska vrijednost struje zemljospoja u uzemljenim mrežama 10, 20 i 35 kV je 300 A. U mreži 20 kV i 35 kV struja zemljospoja može da bude I vaća od 300 A, ali najviše 1000 A.
- Neutralne tačke mreža 1 kV i 110 kV su direktno uzemljene.

Uslovi bezbjednosti napona dodira treba da budu zadovoljeni u sledećim slučajevima:

- Kod stubova (drvenih, metalnih i armirano-betonskih) na kojima se nalaze linijski rastavljači
- Kod metalnih i armirano-betonskih stubova u mreži sa izolovanom neutralnom tačkom, ako nije ispunjen ni jedan od uslova bezbijednosti od napona dodira i ako se stubovi nalaze: na obradivoj površini (okućnica), na udaljenosti manjoj od 15m od prometnog puta ili stambene zgrade u ograđenom dvorištu, parku ili šetalištu.

4.2. Izvođenje uzemljenja trafostanica

Sistem uzemljenja TS dimenzioniše se prema toplotnim opterećenjima i naponima dodira.

Struje mjerodavne za proračun uzemljenja su trostruke nulte komponente struja koje u tranzijentnom periodu teku u trofaznim elementima elektroenergetskog sistema (generatori, energetske transformatori, vodovi) pri zemljospoju u postrojenju.

Svi metalni djelovi na TS 10/0,4 kV, na visokonaponskom i niskonaponskom dijelu, koji normalno nisu pod naponom i ne pripadaju u pogonske strujne krugove, ali zbog greške mogu doći pod napon, vežu se na zajedničko zaštitno uzemljenje. Na ovo uzemljenje će se priključiti i uzemljenje odvodnika prenapona. Zaštitno uzemljenje određuje struja galvanski vezanih SN dalekovoda napojne TS X/x kV.

U trafo stanici se, po pravilu, izvodi združeno uzemljenje. Izuzetno, radno i zaštitno uzemljenje se razdvajaju.

U TS 35/10 kV i TS 35/20 kV se koristi združeno uzemljenje, koje se koristi kao radno i kao zaštitno uzemljenje.

U TS 20/0,4 kV i TS 10/0,4 kV koja radi u kablovskoj srednjenaponskoj mreži koristi se združeno uzemljenje.

U TS 20/0,4 kV i TS 10/0,4 kV koja je direktno ili preko kablovskog voda priključena na nadzemnu srednjenaponsku mrežu sa uzemljenom neutralnom tačkom, u TS se izvode posebni uzemljivači za radno i zaštitno uzemljenje koji se naknadno galvanski povezuju ako postoji uslov za združeno uzemljenje.

Združeno uzemljenje se dobija kada se zaštitno uzemljenje, radno (pogonsko) uzemljenje i gromobransko uzemljenje međusobno povežu. Dimenzionisanje uzemljivača radnog i zaštitnog uzemljenja zavisi od toga da li će se koristiti združeno uzemljenje, kao i od primjenjenog sistema zaštite od indirektnog dodira u niskonaponskoj mreži i instalacijama kupaca.

5. KOORDINACIJA IZOLACIJE I TRETMAN NEUTRALNE TAČKE

Slobodno možemo reći da koordinacija izolacije objedinjuje znanje i sposobnost izbora odgovarajuće izolacione čvrstoće električne opreme uzimajući u obzir normalne i nenormalne radne uslove kao i karakteristike, procjenu struja zemljospoja i manifestacije naponskih prilika, uzemljenja neutralne tačke i mjesta ugradnje odgovarajućih odvodnika prenapona .

Usklađivanje izolacije je korelacija izolacije električne opreme sa karakteristikama zaštitnih uređaja tako da je izolacija zaštićena od prekomjernog napona. U trafostanicama, na primjer, izolacija transformatora, prekidača, potpornih uređaja itd. bi trebalo da imaju izolaciju čiji je stepen jačine veći od napona zaštitnih uređaja.

Prema Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih vodova nazivnog napona od 1 [kV] do 400 [kV] izolator, odnosno izolatorski lanac kompletno sastavljen na nadzemnom vodu sa zaštitnom armaturom ili bez nje, mora zadovoljiti vrijednosti date u Tabeli 1, odnosno u Tabeli 2

Tabela 1 Propisane vrijednosti stepena izolacije za nazivne napone do 35 [kV]

Nazivni napon [kV]	Najviši napon opreme (efektivna vrijednost) [kV]	Nazivni podnosivi atmosferski udarni prenapon (tjemena vrijednost) [kV]		Nazivni kratkotrajni podnosivi napon industrijske frekvencije (efektivna vrijednost) [kV]
		stepen izolacije		
		snižen	pun	
3	3.6	20	40	10
6	7.2	40	60	20
10	12	60	75	28
20	24	95	125	50
35	38	145	170	70

Tabela 2 Naznačene vrijednosti izolacionih nivoa koje se razlikuju u standardu IEC 60071-1 i Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih vodova nazivnog napona od 1 [kV] do 400 [kV]

Nazivni napon [kV]	Najviši napon opreme (efektivna vrijednost) [kV]	Nazivni podnosivi atmosferski udarni prenapon (tjemena vrijednost) [kV]		Nazivni kratkotrajni podnosivi napon industrijske frekvencije (efektivna vrijednost) [kV]
		stepen izolacije		
		pun	snižen	
3	3.6	20	40	10
6	7.2	40	60	20
10	12	60	75 / 95 *	28
20	24	95	125 / 145 **	50
35	38 / 36*	145	170 / 145 **	70

Stepen izolacije voda, snižen ili pun stepen izolacije, bira se prema izloženosti voda atmosferskim i sklopnim prenaponima, načinu uzemljenja neutralne tačke i vrsti primjenjene prenaponske zaštite ako je primjenjena.

* U slučaju 35 [kV] voda vrijednost najvišeg napona opreme prema standardu IEC 60071-1 je niža od vrijednosti najviših napona opreme datih u Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih vodova nazivnog napona od 1 [kV] do 400 [kV], što se može objasniti neredovnim ažuriranjem propisa i usklađivanjem istih sa standardima. Ovo može uveliko predstavljati problem prilikom naručivanja elektroenergetske opreme i usklađivanje zahtjeva sa ponudama stranih proizvođača i isporučilaca opreme.

** Takođe, Pravilnikom o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih vodova nazivnog napona od 1 [kV] do 400 [kV] nisu predviđeni standardi podnosivi atmosferski udarni naponi označeni sa ** u tabeli iznad. Vrijednost date u predmetnoj tabeli odnose se na naznačene veličine u tabeli. Tabela je u nazivu namjerno označena sa ** da ne bi došlo miješanja ove dvije tabele prilikom primjene.

Kategorizacije izolacije prema značaju u pogledu funkcije koju vrše u energetskom sistemu se mogu svrstati u 5 izolacionih grupa:

- Izolaciona grupa 1: izolacioni procjepi, nosači osigurača, međumrežna izolacija
- Izolaciona grupa 2: izolatori, provodni izolatori, izolacija energetskih transformatora, izolacija mjernih transformatora, kablova, itd.
- Izolaciona grupa 3: montažni sklop sa pojedinačnim komponentama koje pripadaju izolacionoj grupi 2 (uz uvažavanje efekta povećanja)
- Izolaciona grupa 4: izolacija neutralne tačke
- Izolaciona grupa 5: izolacija rotacionih mašina

U pogledu predhodno navedenih vrijednosti izolacionih nivoa razmatrajući ovako uvedene kriterijume izbor izolacionih nivoa preporučuje se prema sledećim vrijednostima, datim u tabelama redom.

Tabela 3 Nazivni podnosivi naponi za sisteme vanredno visokih napona (IEC 71, za 2SE i 3SE)

Najviši napon opreme U_M (efekt. vrijednost)	Osnova za jedinične vrijednosti $U_M \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$	Nazivni kratkotrajni napon industrijske frekvencije (efektivna vrijednost)	Nazivni podnosivi napon atmosferski udarni napon (tjemena vrijednost)
[kV]	[kV]	[kV]	[kV]
300	2,45	3,06 — 750	1,13 — 850 1,27 — 950
362	296	3,47 2,86 } 850	1,12 — 950 1,24 — 1050
420	343	3,21 2,76 } 950	1,11 — 1050 1,24 — 1175
525	429	3,06 2,45 } 1050	1,12 — 1175 1,24 — 1300
		2,74 — 1175	1,11 — 1300 1,36 — 1425 1,21 — 1425 1,10 — 1425
765	625	2,08 — 1300	1,32 — 1550 1,19 — 1550 1,09 — 1550
		2,28 — 1425	1,38 — 1800 1,26 — 1800 1,16 — 1800
		2,48 — 1550	1,26 — 1950 1,47 — 2100 1,55 — 2400

6. ZAKLJUČAK

Statistički podaci pokazuju da se u distributivnim mrežama najčešće pojavljuju jednopolni kvarovi prema zemlji i njihov udio u ukupnom broju kvarova nesumnjivo prelazi 50%, a prema studijama provedenim u nordijskim zemljama oni iznose čak oko 80% svih nastalih kvarova. Jednopolni dozemni kvar u mrežama sa izolovanom neutralnom tačkom naziva se zemljospoj, a u mrežama sa uzemljenom neutralnom tačkom dozemni kratki spoj.

Način tretmana neutralne tačke distributivne mreže bitno utiče na vrijednost napona i struja koje se javljaju prilikom kvarova prouzrokovanih zemljospojem, a utiče i na uslove rada mreže, kontinualnost napajanja, sigurnost ljudi i imovine, vrstu i cijenu ugrađene opreme, izbor oblika mreže te zaštite i automatike. Potrebno je uvažiti veliki broj faktora približno jednakog značaja, koji se ne mogu svi istovremeno zadovoljiti izborom jednog načina tretmana neutralne tačke.

Koje od ovih riješenja će biti primjenjeno, na koju vrijednost će struje zemljospoja biti ograničene itd. su pitanja na koja nije moguće dati odgovore bez predhodne analize prednosti i nedostatka ovih rješenja u različitim realno mogućim uslovima, pa imamo da se u različitim zemljama primjenjuju različita rješenja.

Prilikom planiranja tretmana neutralne tačke potrebno je izvršiti detaljne preglede uzemljivača na elektroenergetskim objektima, izvršiti proračun struja jednopolnog kratkog spoja i koordinacije izolacije a što su i preduslovi za odlučivanje. Najveći problem prilikom sagledavanja trenutnog stanja tretmana neutralne tačke u EES Republike Srpske predstavlja količina podataka koja se mora prikupiti za sve elemente te mreže i pripadajućih elektroenergetskih postrojenja, kako bi se izvršio tačan proračun. Većina ovih podataka dostupna je samo elektroprivrednim kompanijama. Tokom rada na predmetnom magistralnom radu i vršenja uvida na terenu autor se uvjerio u nekoliko slučajeva da ni same elektrodistributivne kompanije nemaju tačne ili barem ažurirane podatke o raspletu srednjenaponske mreže sa pripadajućim tehničkim parametrima pojedinih elemenata kao i pripadajućih uzemljivača i parametara otpora istih.

Za sada se problem prekomjernih struja zemljospoja rješava selektivnim i dovoljno brzim isključenjem izlaza, djelovanjem usmjerenih zemljospojnih zaštita. Vrijeme djelovanja usmjerenih zemljospojnih zaštita podešava se na nekoliko sekundi, u transformatorskim stanicama koje imaju "kritične" struje zemljospoja.

7. LITERATURA

1. Elektroenergetski bilans Republike Srpske za 2020, Vlada Republike Srpske, 2020.
2. Izvještaj o kvalitetu snabdijevanja električnom energijom u Republici Srpskoj, Elektroprivreda Republike Srpske (ERS), 2009-2020.
3. I. Losa, O. Bertoldi, *Regulation of continuity of supply in the electricity sector and cost of energy not supplied*
4. R. Ćučić, V. Komen, M. Đurović, Koncept uzemljenja zvjezdišta razdjelnih mreža, *Engineering review*, 2008, 28-2 (2008) 77-89

5. JP ERS, Uzemljenje neutralnih tačaka u elektrodistributivnim mrežama 110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV i 0,4 kV. Tehnička preporuka br. 6, Direkcija za distribuciju električne energije, Beograd, mart 2004.
6. Š. Gruhonjić, A. Softić, Z. Jerković, A. Kukavica, A. Subašić, Tretman neutralne tačke sredjenaponske distributivne mreže sa osvrtom na stanje u podružnici Elektrodistribucija Tuzla. 12. Savjetovanje bosanskohercegovačkog komiteta BH K CIGRE, Neum, 4. – 8. oktobar 2015.
7. Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV, (Sl. list SFRJ br. 65/88 i 18/92)
8. Pravilnik o tehničkim normativima za uzemljenja elektroenergetskih postrojenja nazivnog napona iznad 1000 V, (Sl. list SFRJ br. 4/74, 13/78 i 61/95)
9. S. Đekić, Tehnika visokonaponske izolacije, Akademska misao Beograd, 2019.
10. J. Nahman, Uzemljenje neutralne tačke distributivne mreže, Beograd, 1980.