

POKAZATELJI POUZDANOSTI I MOGUĆNOST PRIMENE PODSTICAJNIH ŠEMA NA POVEĆANJE POGONSKE SPREMNOSTI – STUDIJA SLUČAJA TS 110/35 kV/kV „BEOGRAD 10 – MISLOĐIN“

M.MINIĆ^{1,2}, ¹Univerzitet u Beogradu Elektrotehnički fakultet, ²ODS EPS Distribucija d.o.o Beograd
Ž.MARKOVIĆ^{1,2}, ¹Univerzitet u Beogradu Elektrotehnički fakultet, ²Elektroprivreda Srbije, Srbija
A.MARKOVIĆ, Elektroprivreda Srbije, Srbija

KRATAK SADRŽAJ:

Procesi uspostavljanja tržišta električne energije koji su praćeni i restrukturiranjem elektroenergetskog sektora dovode do promena u organizaciji i funkcionisanju energetskih subjekata, ali i u njihovom odnosu prema korisnicima. Stoga se u ovom radu prikazuju moguće podsticajne šeme koje se koriste u nekim evropskim zemljama, koje imaju za cilj da podstaknu operatore distributivnog sistema da stalno podižu pouzdanost isporuke i kvalitet isporučene električne energije. Takođe, u radu se na primeru jedne TS 110/35 kV/kV vrši studija slučaja u smislu pokazatelja kvaliteta i pouzdanosti i vrši analiza njene pogonske spremnosti. Ova trafostanica odabrana je zbog veoma lošeg stanja u kome se u eksploatacionom smislu nalazi. Prikazani su ispadi i kvarovi na elementima predmetne trafostanice, kao i njihov uticaj na potrošače, što je prikazano SAIDI, SAIFI i ENS pokazateljima kvaliteta. U zaključku rada dati su neki od predloga za povećanje pogonske spremnosti ove trafostanice.

Ključne reči: pogonska spremnost, SAIDI, SAIFI, ENS

ABSTRACT:

The process of restructuring the electricity sector leads to changes in the organization and functioning of energy companies, as well as in their relationship with customers. Therefore, this paper deals with the issue of continuity of electricity supply of the electrical substation – TS 110/35 kV/kV . This substation has been selected due to its worst condition, in terms of exploitation, among other substations taken from JP EMS. The specificity of this substation is constant parallel operation of its transformers. The outages and malfunctions of the elements of the observed substation, as well as their impact on customers (presented by SAIDI, SAIFI and ENS quality indicators), are presented. The paper deals with a new way of calculating quality indicators taking into account the new regulation on internal economic relations of the electric power system that ranks branches by success. Some suggestions on how to increase the continuity of electricity supply of this substation are proposed.

Key words: continuity of electricity supply, SAIDI, SAIFI, ENS

UVOD

Problem kvaliteta električne energije u svetu, pa i u Srbiji, stalno je aktuelan (1). U svakom elektrodistributivnom sistemu cilj je pouzdano i kvalitetno snabdevanje korisnika električnom energijom (2). Razvoj tržišta električne energije dovodi do povećanja aktivnosti elektrodistributivnog sistema radi smanjenja prekida i vremena trajanja prekida u napajanju. Pouzdanost isporuke električne energije je najvažnija komponenta kvaliteta električne energije i podrazumeva neprekidnost isporuke električne energije korisnicima na svim naponskim nivoima.

Prekidi u napajanju električnom energijom dele se na planirane i neplanirane, dok se korisnici koji nisu blagovremeno obavesteni ili budu isključeni pre planiranog termina tretiraju kao neplanirani prekid. Primera radi, prema garantovanom standardu o kvalitetu električne energije Ujedinjenog Kraljevstva (Guaranteed Standards) distributer električne energije je u obavezi da pisanim putem obavesti potrošača o planiranom prekidu (3), (4). Ukoliko se korisnik električne energije (domaćinstvo ili poslovni korisnik) ne obavesti na vreme, ili se pak isključi pre planiranog vremena, distributer je dužan da na osnovu žalbe potrošača isplati novčanu naknadu, čija visina zavisi od vrste korisnika, tj da li je u pitanju domaćinstvo ili poslovni korisnik. Neplanirani prekidi su svi prekidi koji nastaju usled događaja u distributivnom sistemu. Događaj je definisan kao svaka promena stanja mreže ili elementa mreže u pogledu uklopnog stanja, mehaničkih, električnih, elektrodinamičkih i dielektričnih osobina. Događaji koji nisu uključeni u neplanirane distributivne prekide su oni koji su nastali usled:

- elementarnih nepogoda koje su kao takve okarakterisane od nadležnih državnih organa
- aktivnosti korisnika i neovlašćenih lica
- oštećenja od strane spoljnih faktora

Prema dužini trajanja, prekidi se dele na trenutne (kraće od 1s), kratkotrajne (od 1s do 3 min) i trajne (duži od 3 min) (CENELEC EN 50160). Na osnovu uhodane prakse operatora distributivnog sistema, u Srbiji se za pokazatelje pouzdanosti obuhvataju samo kvarovi duži od 3 min.

Stoga operator distributivnog sistema beleži pet osnovnih karakteristika prekida i to:

- poreklo prekida (prenosna ili distributivna mreža) i naponski nivo (visoki, srednji ili niski napon);
- tip prekida (planirani ili neplanirani);
- uzrok prekida;
- klasifikacija prekida po trajanju (kratkotrajni ili trajni), i
- broj korisnika pogođenih prekidom.

POKAZATELJI POUZDANOSTI

Pouzdanost se utvrđuje preko statističkih pokazatelja koji služe za ocenu pouzdanosti i upoređivanje ogranaka operatora distributivnog sistema kao i distributivnih kompanija (5), i u tu svrhu se koriste:

- SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) – predstavlja prosečan broj dugotrajnih prekida (sustained) napajanja potrošača tokom analiziranog perioda (obično godinu dana)

$$SAIFI = \frac{\sum_i f_i N_i}{N_T} = \frac{\sum_i \lambda_i N_i}{N_T} \left(\frac{1}{god} \right)$$

f_i , λ_i – učestanost, intenzitet prekida

N_i - broj potrošača koji su ostali bez napajanja prilikom prekida i

N_T - ukupan broj potrošača na analiziranom području

- SAIDI (System Average Interruption Duration Index) – predstavlja prosečno trajanje dugotrajnih prekida napajanja potrošača tokom analiziranog perioda (obično godinu dana)

$$SAIDI = \frac{\sum_i f_i r_i N_i}{N_T} = \frac{\sum_i \lambda_i r_i N_i}{N_T} \left(\frac{min}{god} \right)$$

r_i – trajanje prekida napajanja tokom događaja i izraženo u minutima

- CAIFI (Customer Average Interruption Frequency Index) – predstavlja prosečan broj dugotrajnih prekid napajanja potrošača koji su tokom analiziranog perioda (obično godinu dana) imali bar jedan prekid

$$CAIFI = \frac{\sum_i f_i N_i}{CN} = \frac{\sum_i \lambda_i N_i}{CN} \left(\frac{1}{god} \right)$$

gde je CN ukupan broj potrošača koji su tokom analiziranog perioda imali jedan ili više prekida u napajanju. Ako je potrošač imao više prekida, on će se računati samo jednom jer bi se, inače, moglo dogoditi da bude $CN > NT$

- CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) - predstavlja prosečno vreme potrebno za ponovno uspostavljanje napajanja potrošača koji su pretrpeli dugotrajan prekid:

$$CAIDI = \frac{\sum_i f_i r_i N_i}{\sum_i f_i N_i} = \frac{\sum_i \lambda_i r_i N_i}{\sum_i \lambda_i N_i} = \frac{SAIDI}{SAIFI} \text{ (min)}$$

- ENS (Energy not supplied)

$$ENS = \sum_i E_i$$

E_i - neisporučena električna energija za svaki prekid isporuke na godišnjem nivou

Elektrodistributivna privredna društva kojih je ranije bilo pet, a sada Operator distributivnog sistema, imaju obavezu dostavljanja izveštaja o svim prekidima čije je trajanje duže od 3 minuta regulatoru, Agenciji za energetiku Republike Srbije. Takođe, interno se u okviru JP EPS vrše proračuni pokazatelja, radi ocene i upoređivanja uspešnosti između ogranaka unutar operatora distributivnog sistema. Ipak, važno je naglasiti, da još uvek ne postoji izgrađen sistem, kako unutar operatora distributivnog sistema, tako i na nivou države, gde bi se snosile pojedine konsekvence ukoliko parametri pouzdanosti odstupaju od dozvoljenih i prihvatljivih vrednosti. Za razliku od Srbije, ovo nije slučaj u pojedinim evropskim državama, gde postoje dobro razrađene šeme podsticaja, odnosno dijagrami zavisnosti nagrada i kazni u odnosu na kvalitet električne energije. Stoga ćemo u narednom delu prikazati neke primere podsticajnih šema.

PRIMERI PODSTICAJNIH ŠEMA U NEKIM ZEMLJAMA EVROPE

Norveška

Za svako elektrodistributivno preduzeće u Norveškoj računa se očekivani nivo neisporučene električne energije izražene u kWh – $\mathcal{E}(ENS)$. Model po kome se računa uvažava količinu isporučene energije, proširenja mreže i vremenske uslove. Formula za izračunavanje očekivanih troškova prekida je:

$$\mathcal{E}(IC) = \sum_{m,n} \mathcal{E}(ENS)_{m,n} \cdot c_{m,n}$$

$\mathcal{E}(IC)$ – očekivani troškovi prekida (€)

$c_{m,n}$ - prosečni troškovi prekida (m – različitih potrošača, n – planirani ili neplanirani)

$\mathcal{E}(ENS)$ – neisporučena električna energija

Na kraju svake godine regulatorna kompanija izračunava razliku između očekivanih i stvarnih troškova pri prekidu IC kao u formuli ispod. Ako je razlika pozitivna (pouzdanija isporuka EE) elektrodistributivno preduzeće će prihodoovati u visini te razlike. Ukoliko se kvalitet isporuke pogoršao i razlika je negativna, ona će biti oduzeta elektrodistributivnom preduzeću.

$$\Delta R = \mathcal{E}(IC) - IC$$

Pošto se tarife EE obračunavaju na početku, a ΔR na kraju godine, elektrodistributivno preduzeće će u slučaju pozitivne razlike moći da poveća cenu tarife i tako prihvodi od strane potrošača, ili u slučaju negativne razlike obezbedi nižu tarifu potrošaču i tako mu se “oduži” za lošiju isporuku električne energije.

Italija

Podsticajna šema primenjena je na skoro 300 oblasti (gradske, prigradske i ruralne, prema gustini stanovništva) širom teritorije Italije. Regulator za i - tu godinu definiše

S_i (SAIDI u minutima) – standardni učinak (performance standard)

A_i – izmeren SAIDI faktor za i - tu godinu (ova vrednost je obično srednja dvogodišnja vrednost SAIDI za period ($i-1, i$))

$E_{i,1}$ - ukupna potrošnja (u kWh) na srednjem i niskom naponu za potrošače koja nisu domaćinstva u posmatranoj oblasti za i - tu godinu

$E_{i,2}$ - ukupna potrošnja (u kWh) na niskom naponu za kategoriju domaćinstva u posmatranoj oblasti za i - tu godinu

UB, LB – gornja i donja granica podsticajne šeme

db – Dead band – granice definisane kao 5% od S_i

Podsticaji i kazne za kompanije računaju se na sledeći način:

U slučaju da je $A_i < S_i(1 - db)$ kompanija je poboljšala neprekidnost napajanja koja su definisana standardom S_i , i dobiće nagradu koja se izračunava na sledeći način:

$$R_i = [\max(S_i - A_i; UB)] \left(\frac{E_{i,1}}{8760} C_1 + \frac{E_{i,2}}{8760} C_2 \right)$$

U slučaju $A_i > S_i(1 + db)$ implicira da kompanija nije dostigla tražene standard S_i i mora platiti penale definisane na sledeći način:

$$R_i = [\max(S_i - A_i; LB)] \left(\frac{E_{i,1}}{8760} C_1 + \frac{E_{i,2}}{8760} C_2 \right)$$

C_1, C_2 - parametri izraženi u $\frac{\text{€}}{\text{min kWh}}$ koji zavise od broja stanovnika i merenih SAIDI faktora i oni predstavljaju prosečne vrednosti troškova prekida za potrošače koji nisu domaćinstva i potrošače iz dela domaćinstva, i oni su viši(niži) za bolji(lošiji) nivo kvliteta.

Mađarska

Mađarski regulator kontroliše tri pokazatelja kvaliteta SAIDI, SAIFI i mrežne gubitke. Što se tiče kazni, distributivne tarife se smanjuju:

- Za 0,5% kada je bilo koji od 3 merena pokazatelja 5% lošiji od zadate vrednosti ali manje od 10%
- Za 1% kada je bilo koji od 3 merena pokazatelja više od 10% lošiji od zadatih (željenih) vrednosti
- Kada više od jednog merenog pokazatelja je lošiji od zadatih najveća moguća izmena tarife je 3%

Podsticaji se stiču kada je najmanje jedan mereni pokazatelja više od 10% bolji od zadate vrednosti (performance standard – standardni učinak) i neće se razmatrati druga dva pokazatelja u kontekstu kazni. U ovom slučaju regulator dozvoljava da profit bude 10% viši.

STUDIJA SLUČAJA NA PRIMERU TS 110/35 kV/kV „BEOGRAD 10 – MISLOĐIN“

Sa aspekta kvaliteta isporuke električne energije veoma interesantna za analizu je TS 110/35 kV/kV „Beograd 10 – Mislođin“ jer je, u eksploatacionom smislu, u najlošijem stanju od svih objekata koji su donedavno bili u

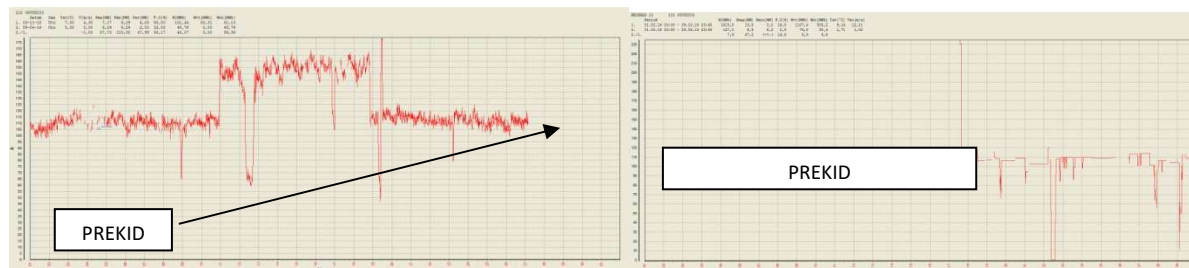
vlasništvu JP „Elektromreže Srbije“ a potom su preuzeti od strane operatora distributivnog sistema, sadašnje „EPS Distribucije“. Specifičnost ove trafostanice je konstantan paralelan rad transformatora, tako da je prisutan uticaj poremećaja/kvara iz konzuma jednog transformatora u konzum drugog, koji nemaju mogućnost fizičkog odvajanja.

TS 110/35 kV/kV „Beograd 10 – Mislođin“ je u privrednom društvu „EPS Distribucija“ (u daljem tekstu EPSD) od 01.05.2013. godine. Do prelaska u nadležnost EPSD, transformatorskom stanicom je upravljao rukovaoc stalno raspoređen u TS, a nakon 01.05.2013. godine, TS je uklopljena u sistem daljinskog upravljanja i nadzora dispečerskog centra 110 kV i 35 kV (DC 110/35 kV). Ova transformatorska stanica je vrlo specifična i zbog konfiguracije razvodnog postrojenja 110 kV, sa četiri prekidača u 6 polja 110 kV. Razvodno postrojenje 110 kV je sa dva spojna polja i to: podužno spojno broj 02, sa prekidačem i dva rastavljača i poprečnom vezom u polju broj 04 sa prekidačem i jednim rastavljačem. Daljinsko upravljanje i nadzor u TS vrši se VF sistemom veza i komunikacija preko voda 110 kV prema TS „Beograd 22 – Barič“, koje se prekida kada je vod isključen. U predhodnoj godini na konzumu ove trafostanice dogodilo se 20 kvarova usled kvara na 35 kV mreži i devet ispada usled kvara na 110 kV mreži koji su prikazani u tabeli 1 (35 kV kvarovi nisu tabelarno prikazani zbog svoje obimnosti). Sigurno da jedan od bitnijih faktora u izračunavanju faktora pogonske spremnosti, a pre svega SAIDI jeste pouzdanost komunikacije sa trafostanicom. U predhodnoj godini bilo je dosta problema sa komunikacijom sa TS „Beograd 10“ koji mogu uticati na SAIDI faktor prevashodno u vremenu koje je potrebno za otkrivanje kvara usled prekida komunikacionih puteva. Kao uzrok prekida se pre svega može navesti starost daljinske stanice, nepovoljan položaj TS u odnosu na telenorov repetitor na Avali, kao i nepovoljni vremenski uslovi. Primer prekida u komunikaciji od 27.11.2015. do 17.02.2016. prikazan je na slici 1.

Tabela 1. Ispadi na konzumu TS 110/35kV Beograd 10 – Mislođin

Objekat	Uzrok ispada	Broj potrošača konzuma	Broj potrošača bez napona	Trajanje prekida	SAIDI	SAIFI	Struja pre ispada (A)	Naponski nivo na kojem je očitana I	ENS (MWh)
Barič	neravilan rad	865407	9617	255	2,849	0,0112	30	110	23,0774
Stubline	nepravilna manipulacija	865407	4641	68	0,367	0,0054	218	10	4,0654
Umka	nepravilna manipulacija	865407	3595	54	0,225	0,0042	261	10	3,8652
Ratari	nepravilna manipulacija	865407	3891	54	0,245	0,00453	207	10	3,06547
Obrenovac	nepravilna manipulacija	865407	13565	54	0,85	0,01574	683	10	10,1146
Vorbis	nepravilna manipulacija	865407	1277	54	0,0803	0,00149	20	35	1,0366
Ratari	nepravilna manipulacija	865407	3891	5	0,0227	0,00453	183	10	0,2509
Vorbis	nepravilna manipulacija	865407	1277	5	0,00744	0,00149	17	35	0,0819

Slika 1. Prekid komunikacije sa TS Beograd 10 – Mislođin



Pokazatelji pogonske spremnosti TS 110/35 kV/kV „Beograd 10 – Mislođin“

Za 2014. godinu, pokazatelji pouzdanosti isporuke električne energije za TS 110/35 kV/kV „Beograd 10 – Mislođin“ iznosili su redom: SAIDI Ukupan: 1,9, SAIFI Ukupan: 0,03. SAIDI i SAIFI faktori izazvani pomenutim kvarovima u prethodnoj godini su dati u tabeli 2:

Tabela 2. Pokazatelji za TS 110/35 kV/kV „Beograd 10 – Mislođin“ za 2015. godinu

Parametar kvaliteta	Vrednost
SAIDI 110 kV	4,6461
SAIFI 110 kV	0,0485
SAIDI 35 kV	7,3220
SAIFI 35 kV	0,0936
SAIDI Ukupan	11,9682
SAIFI Ukupan	0,1421

Analizom kvarova dolazimo da su najčešći uzroci prekida napajanja kvarovi na 35 kV mreži, ali je dolazilo i do grešaka prilikom manipulacije dispečerskih ekipa. Na 35 kV mreži konzuma TS „Beograd 10“ u period od 2006. do 2014. godine, kratkospojna zaštita 35 kV vodova delovala je ukupno 146 puta i to u ćelijama: 3, 5, 6, 7, 8, 9 i 10, među kojima se ističe ćelija 9 sa čak 61 ispadom iz pogona zbog delovanja zaštite. Po pravilu, najveći broj kvarova u transformatorskim stanicama 35/10 kV/kV se odnosi na komutacione elemente i to u delu mehanizma i motornog pogona prekidača. Stoga su to elementi koji traže najveću pažnju i negu u procesu održavanja jer u toku eksploatacije ti elementi izdržavaju najveća elektrodinamička naprezanja. Prekidači su posebno izloženi naprezanju pri lokaciji kvarova što dovodi do ubrzanog starenja i habanja prekidača, a u slučajevima kada su ti prekidači dotrajali, i do havarija. Kod više uzastopnih manipulacija prekidača uključivanjem na postojeći kratak spoj, dolazi do razlaganja izolacionog ulja u komorama prekidača i oštećenja komora, pa se stoga, veliki broj zahteva podnosi za intervencije na sanaciji curenja ulja i dolivanja ulja u komore prekidača. U ovoj TS postoji veliki broj različitih tipova malouljnih prekidača od kojih se neki više i ne proizvode. Nabavka rezervnih delova za njihovo održavanje je otežana ili ne postoji. Pored kvarova prekidača, sledeći po frekvenciji učestalost su kvarovi na izolatorima. Na slici broj 3, prikazano je oštećenje potpornog izolatora rastavljača, koje je nastalo kao posledica pogrešne manipulacije.

Slika 3. Oštećen potporni izolator rastavljača



Nepouzdanost napajanja i veliki broj kvarova utiču značajno i na materijalne i nematerijalne štete kod kupaca. Jedan od većih i svakako najznačajnijih kupaca na konzumu razmatrane TS je „Fabrike kartona Umka“. Po njihovim podacima materijalna i nematerijalna šteta koja je prouzrokovana propadima napona i prekidima u napajanju usled čega je došlo do prestanka rada fabrike i prekida proizvodnje, iznosi preko 200.000 € za 2015-tu godinu. Pored više sile svakako je značajna i odgovornost elektrodistributivnog preduzeća. Stoga ukoliko su očekivanja potrošača velika, u budućnosti se može očekivati sve veći pritisak kupaca prema operatoru distributivnog sistema na mogućnost sklapanja individualnih ugovora sa povećanom pouzdanošću (premium quality contract), odnosno spremnost potrošača da plati (willingness to pay) za bolji kvalitet isporuke električne energije.

Novi (mogući) način obračuna SAIFI, SAIDI

Dosadašnje izračunavanje pokazatelja SAIDI i SAIFI za TS Beograd 10 Mislođin vršeno je u odnosu na celokupni konzum grada Beograda od 865.407 potrošača. Mogućom podelom elektrodistributivnog preduzeća na ogranke, TS Beograd 10 pripala bi ogranku Obrenovac sa znatno manjim ukupnim brojem potrošača (34 544). Tada bi SAIDI i SAIFI faktori imali znatno veće vrednosti od sadašnjih (što je dato tabelom 3), a ocena uspešnosti poslovanja ogranka unutar ODS “EPS – Distribucija d.o.o” Beograd vršila bi se na osnovu ovih parametara. Uvođenjem podsticajnih šema unutar ODS u smislu rangiranja po uspešnosti ogranaka, sigurno može dovesti do povećanja pouzdanosti elektrodistributivnog sistema i poboljšanja kvaliteta isporučene električne energije, a sa druge strane konačno pruža i odgovor na pitanje: “Čemu treba biti bolji?”

Tabela 3. Pokazatelji za TS 110/35 kV/kV „Beograd 10 – Mislođin“ za 2015. godinu, računato na nivou Ogranaka Obrenovac, u čijem se konzumu data TS nalazi

Parametar kvaliteta	Vrednost
SAIDI 110 kV	116,396
SAIFI 110 kV	1,215
SAIDI 35 kV	183,433
SAIFI 35 kV	2,345
SAIDI Ukupan	299,829
SAIFI Ukupan	3,560

ZAKLJUČAK

Rekonstrukcijom TS 110/35 kV/kV „Beograd 10 – Mislođin“ i razdvajanjem transformatora iz paralelnog rada, smanjiće uticaj kvarova iz konzuma jednog transformatora u drugi, pre svega u propadima napona, odnosno uticaju na potrošače. Permanentnom edukacijom i boljom obukom zaposlenih, smanjila bi se mogućnost od ispada koji su posledice grešaka u manipulaciji. Ulaganjem u već postojeće elemente mreže u vidu remonata povećala bi se pogonska raspoloživost elemenata, bi dok rešavanjem problema komunikacije ka ovoj TS došlo do smanjenja SAIDI pokazatelja. Konačno, uvođenjem podsticajnih šema, kako od strane regulatora, tako i unutar ODS u smislu ogranaka, dovelo bi do poboljšanja parametara kvaliteta jer bi i ogranci unutar ODS, a i sam ODS, bili uvek u trci za što boljim kvalitetom pružanja usluga korisnicima.

LITERATURA

- [1] Katić V, Tokić A, Konjić T, 2007, Kvalitet električne energije, Novi Sad
- [2] Radić L, 2014, Godišnji izveštaj o događajima na elektroenergetskim objektima EDB za 2014.godinu
- [3] E. Fumagalli, L. Lo Schiavo, F. Delestre, 2007., "Service Quality Regulation in Electricity Distribution and Supply", Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [4] UK power networks, 2013, Guaranteed Standards of Performance for Metered Demand Customers of Electricity Distribution Companies in England, Wales & Scotland
- [5] Nahman J, Mijailović V, 2009, "Pouzdanost sistema za distribuciju električne energije", Akademska misao

Milivoje Minić, ODS EPS Distribucija d.o.o, Prote Mateje 10 – 16, Beograd, Srbija, 064/8974-916, 062/770-615
milivoje.minic@epsdistribucija.rs