

Metoda za proračun neisporučene električne energije u srednjenaponskoj mreži koja nije integrisana u sistem daljinskog upravljanja

Nada Vrcelj¹

¹ Elektrotehnički Institut Nikola Tesla, Koste Glavinića 8a,
11000 Beograd, Srbija
nada@ieent.org

Kratak sadržaj: Metoda se bazira na podacima dobijenim iz tzv. ručnih merenja struja na nivou izvoda 10 kV i izveštaja o isključenjima sa reklozera ugrađenih u delu mreže koji se posmatra. Najpre se vrši proračun opterećenja po izvodima za posmatrano isključenje, a zatim se simuliraju odgovarajući tokovi snaga na osnovu kojih se izračunava neisporučena električna energija. Metoda je primenjena na delove mreže PD ED Beograd koji nisu u sistemu daljinskog upravljanja, a razvijena je za potrebe sagledavanja efekata automatizacije u mreži 10 kV PD ED Beograd.

Ključne reči: metoda, proračun, neisporučena električna energija, rekolozer, PD ED Beograd

1. Uvod

Jedan od načina vrednovanja efekata automatizacije u mreži 10 kV PD ED Beograd [1] je bio i proračun neisporučene električne energije u delovima mreže koji nisu integrisani u postojeći sistem daljinskog upravljanja. Radi lakšeg rekonstruisanja događaja iz prošlosti posmatrani su samo delovi mreže u kojima su ugrađeni reklozeri. Na osnovu izveštaja dobijenih njihovim očitavanjem mogu se dobiti kvalitetni podaci o isključenjima usled kvara, kao i odgovarajućim manipulacijama u mreži. Osim datuma i vremena kada je proradio reklozer, izveštaji sadrže i broj i vrstu isključenja, podešenje zaštite, kritične parametre i merenja struje, napona i snage u određenom vremenskom intervalu.

Proračuni neisporučene električne energije su za potrebe elaborata [1] vršeni u dva navrata. Najpre su posmatrani događaji od trenutka ugradnje

izabranih reklozera na posmatrane izvode do trenutka njihovog integrisanja u sistem daljinskog upravljanja (SDU). Zatim su isti reklozeri posmatrani u periodu probnog rada sistema, odnosno vršen je proračun neisporučene električne energije sa podacima dobijenim od SCADA sistema. Za svaku od posmatranih etapa definisana je odgovarajuća metodologija proračuna. U ovom referatu je izložena metoda koja je primenjena u prvoj etapi proračuna, i kao takva je prilagođena vrsti podataka sa kojom se u tu svrhu raspolagalo.

Inače, reklozeri (automatski rasklopni uređaji) o kojim je reč u ovom tekstu imaju obiman sistem funkcija zaštite, uključujući usmerenu pekostrujnu, zemljospojnu, prenaponsku i podnaponsku zaštitu, frekventnu zaštitu, osetljivu zemljospojnu zaštitu i proveru sinhronizovanosti, kao i brojne funkcije merenja.

2. Teorijski osnov i polje primene

U delu mreže 10 kV PD ED Beograd koji nije pod SDU, za proračun neisporučene električne energije su birani reklozeri na radijalnim izvodima 10 kV ili su modelovane kompletne celine sa više reklozera. Takav je slučaj sa mrežom 10 kV na području Barajeva, Obrenovca, Mladenovca i Padinske skele. Ove celine su modelovane tako da sadrže više međusobno povezanih izvoda 10 kV iz više različitih napojnih TS X/10 kV. Cilj je bio da se za svako posmatrano isključenje simuliraju odgovarajući tokovi snaga u tim celinama i da se odredi veličina ugroženog konzuma uz uvažavanje mogućnosti rezervnog napajanja iz drugog pravca.

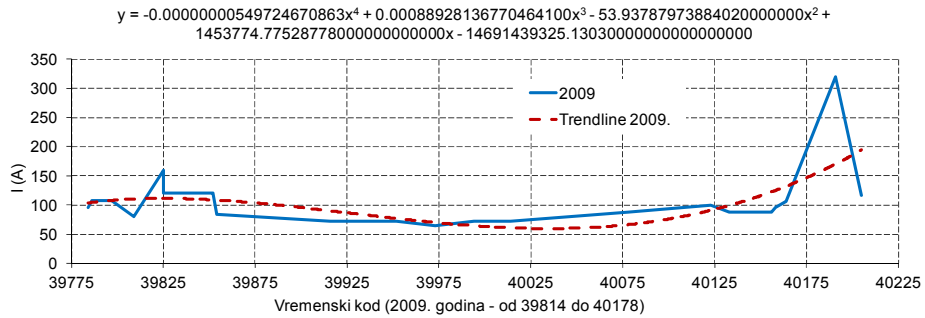
Sama metodologija proračuna je zasnovana na takozvanim ručnim merenjima struje po transformatorima X/10 kV i odgovarajućim izvodima 10 kV. Na osnovu raspoloživih merenja najpre su formirani godišnji dijagrami opterećenja po izvodima koji su predviđeni za modelovanje. Zatim su na osnovu dobijenih dijagrama formirane odgovarajuće krive koje sa relativno visokom tačnošću prate promene posmatranih dijagrama.

Primer takvih krivih je dat kao Slika 1, Slika 2 i Slika 3.

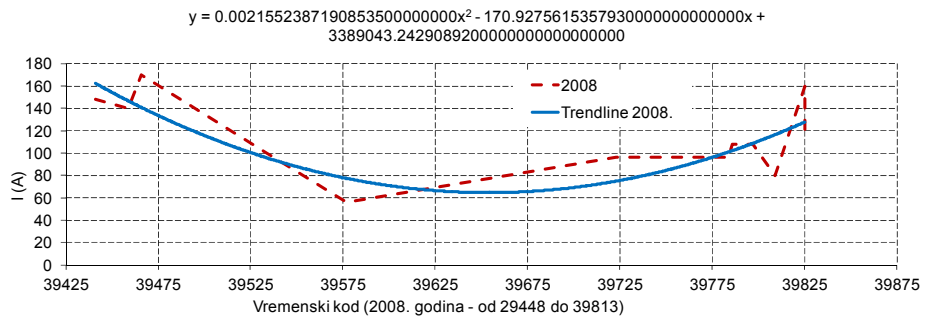
Reč je o konzumu koji se napaja preko izvoda C1 iz TS 35/10 kV Padinska skela. Za potrebe proračuna je modelovano kompletno konzumno područje TS 35/10 kV Padinska skela, odnosno izvodi C1, C2, C7 i C8 iz TS 35/10 kV Padinska skela i C10 iz TS 35/10 kV PKB. Izgled ovog dela mreže je dat kao Slika 4. Reklozeri RC-401, RC-403, RC-404 i RC-406 koji su modelovani tom prilikom su u pogonu od 2007. godine. Iz tog razloga su formirani dijagrami opterećenja po navedenim izvodima, odnosno odgovarajuće krive za 2007., 2008. i 2009. godinu.

Na slikama su prikazane i jednačine odgovarajućih krivih koje su korišćene u proračunima. Vremenska ili x-osa je u formi odgovarajućeg vremenskog koda, jer je tako bilo jednostavnije za proračun. Uzeti su u obzir

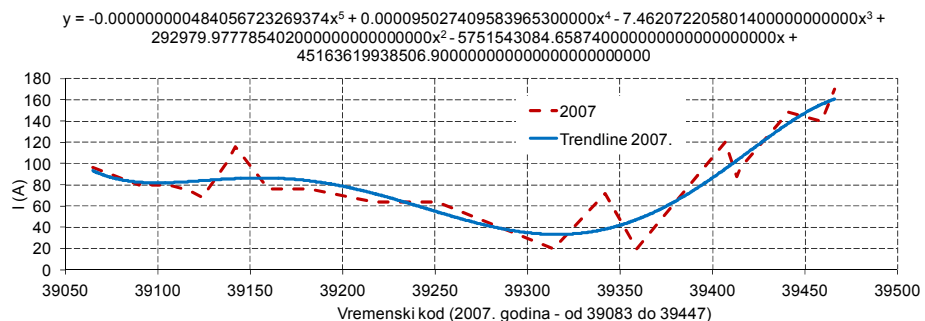
godina, mesec i dan iz razloga što su isključenja posmatrana na nivou dnevnih dijagrama, kao i u slučajevima proračuna neisporučene električne energije u delu mreže koji je pod SDU [3].



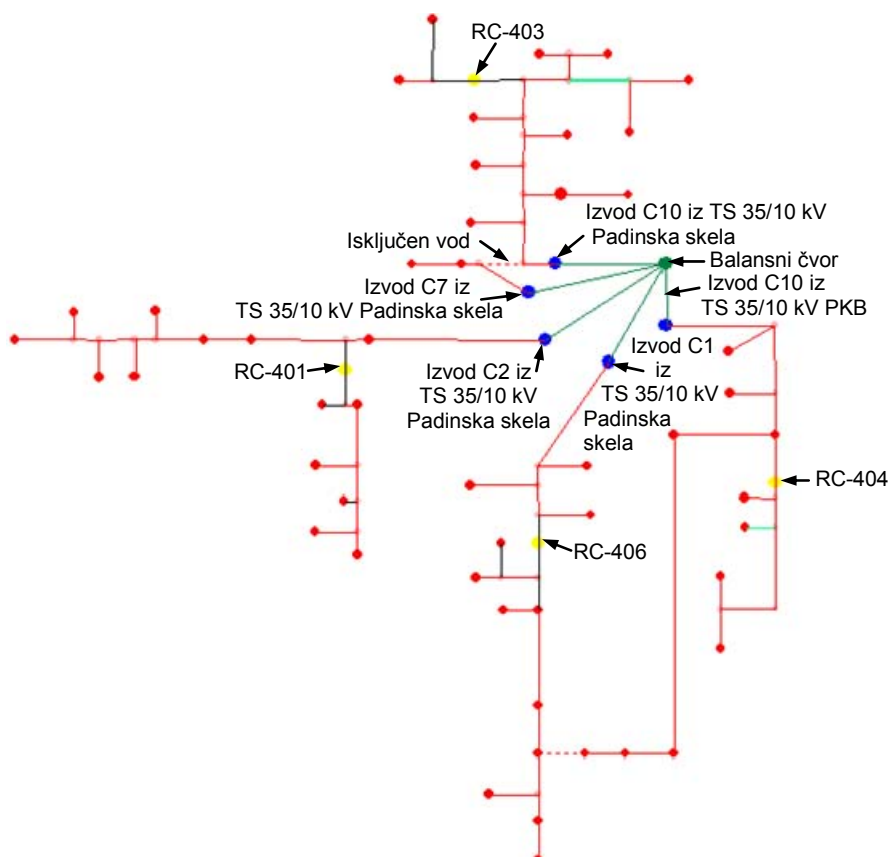
Slika 1. Promena opterećenja izvoda C1 iz TS 35/10 kV Padinska skela u 2009. godini i odgovarajuća kriva na osnovu koje je vršen proračun neisporučene električne energije



Slika 2. Promena opterećenja izvoda C1 iz TS 35/10 kV Padinska skela u 2008. godini i odgovarajuća kriva na osnovu koje je vršen proračun neisporučene električne energije



Slika 3. Promena opterećenja izvoda C1 iz TS 35/10 kV Padinska skela u 2007. godini i odgovarajuća kriva na osnovu koje je vršen proračun neisporučene električne energije



Slika 4. Konzumno područje TS 35/10 kV Padinska skela (septembar 2009. godine)

Crvenom bojom su označene TS 10/0.04 kV i vodovi 10 kV. Plave tačke su modelovane sabirnice 10 kV TS 35/10 kV Padinska skela i PKB. Tamno zelenom bojom su označeni balansni čvor sistema i povezni vodovi 10 kV koji simuliraju napojnu tačku (tipa XHE Al 240 mm² i dužine 5m da bi gubici i pad napona na njima bio nula). Crnom bojom su označeni vodovi za koje su tip provodnika i dužina bili nepoznati.

Treba reći da je za vodove 10 kV za koje dužina i tip pri modelovanju nisu bili poznati izvršena procena dužine. Oni su uz pomoć poznatih koordinata elemenata mreže i adresa TS 10/0.4 kV i raspoloživih ortofoto snimaka sa sajta Geosrbije i Google Earth-a modelovani 3D linijama. Procenjene dužine su uvećane za 3% zbog ugiba i eventualnih grešaka kod procene. Tip ovih vodova je usvojen prema tipu voda koji dominira na posmatranoj trasi. Ovakav način procene nepoznatih dužina svakako unosi određenu grešku u proračunu neisporučene električne energije, ali se smatra da je ta greška zanemarljiva, jer je ukupan broj vodova sa nepoznatim karakteristikama na svim područjima koja su modelovana iznosio oko 10%. Takođe, nepoznate su bile uglavnom dužine vodova na kojima su ugrađeni reklozera i u slučajevima, gde nije bilo promene topologije postojeće mreže u vremenu, je mogao da se uzme podatak iz perioda pre ugradnje reklozera.

2.1. Zajednički dnevni dijagram

Nakon što se formiraju odgovarajuće krive opterećenja po izvodima, odnosno omogući izračunavanje njihovog opterećenja za svaki dan u posmatranoj godini, neophodno je da se na neki način definiše promena opterećenja na nivou dana. To je rešeno tako što je iz izveštaja za svaki posmatrani reklozer formiran zajednički dnevni dijagram za konzum iza reklozera. Naime, u izveštajima je postojalo merenje aktivne i reaktivne snage po fazama i ukupno, u intervalima od deset minuta. Takvih merenja je zbog ograničenja u internoj memoriji reklozera bilo za oko trideset dana pre očitavanja izveštaja. Princip je da se stari zapisi brišu, a na njihovo mesto upisuju novi. S obzirom da je prvo očitavanje reklozera bilo obavljeno pri obilasku lokacija za postavljanje telekomunikacione opreme za implementaciju reklozera u sistem daljinskog upravljanja u novembru 2009. godine, to se za sve reklozere raspolagalo opisanim merenjima snage za deo oktobra i novembar ili samo za novembar.

Zajednički dnevni dijagram je formiran tako što je najpre izračunata srednja vrednost ukupne izmerene aktivne snage na nivou raspoloživog perioda merenja, a prema sledećoj formuli:

$$P_{sr} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{144} P_{ij} / 144N \quad (1)$$

gde su:

P_{sr} – srednja vrednost ukupne izmerene aktivne snage na nivou raspoloživog perioda merenja,

P_{ij} – izmerena aktivna snaga u i-tom danu, j-to merenje (pošto je reč o desetominutnim merenjima onda ih u toku 24h ima 144),

N – broj dana ili dnevnih dijagrama potrošnje koji ulaze u proračun zajedničkog dnevnog dijagrama.

Zatim je svaka izmerena ukupna aktivna snaga podeljena sa dobijenom srednjom vrednošću za posmatrani period, odnosno raspoloživi dnevni dijagrami su normalizovani. Formula je sledeća:

$$P_{ijnorm} = P_{ij} / P_{sr} \quad (2)$$

P_{ijnorm} – normalizovana vrednost aktivne snage u i-tom danu za j-to merenje.

Ovako dobijene normalizovane vrednosti su za iste vremenske trenutke za svaki dnevni dijagram sabrane i dobijena vrednost je podeljena sa brojem dijagrama koji su uzeti u obzir pri proračunu zajedničkog dnevnog dijagrama, a prema formuli:

$$P_{ZDDj} = \sum_{i=1}^N P_{ijnorm} / N \quad (3)$$

P_{ZDDj} – vrednost aktivne snage iz zajedničkog dnevnog dijagrama za j-to merenje.

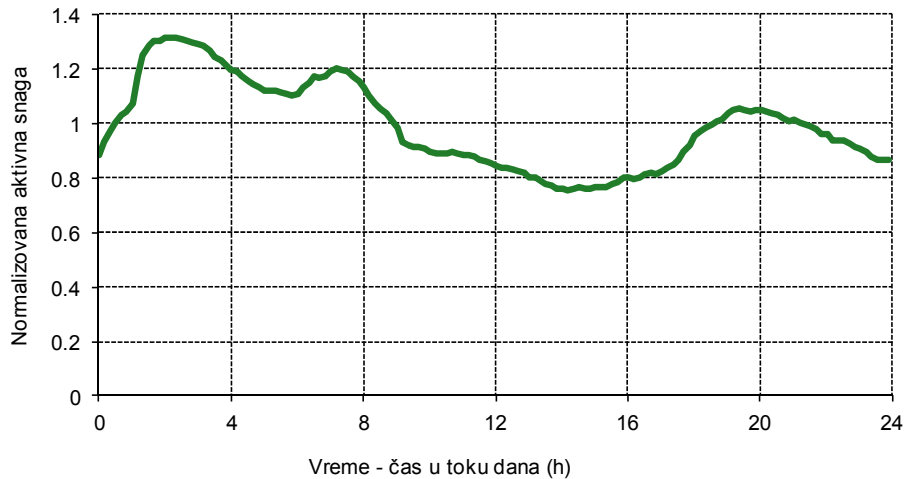
Na ovaj način je dobijen jedan dnevni dijagram čije su desetominutne vrednosti dobijene kao srednja vrednost odgovarajućih normalizovanih vrednosti svih raspoloživih dijagrama za posmatrani reklozer. Ideja je bila da se nakon simulacije odgovarajućih tokova snaga i određivanja veličine konzuma koja u slučaju reagovanja reklozera ostaje bez napajanja za posmatrani dan (rekonstrukcija događaja iz izveštaja sa posmatranog reklozera), odredi promena snage u toku posmatranog dana. Rezultat je dnevni dijagram potrošnje koji se dobije kada se vrednosti zajedničkog dnevnog dijagrama pomnože sa aktivnom snagom konzuma koji je ostao bez napajanja (snaga dobijena simulacijom tokova snaga i naponskih prilika u odgovarajućem delu mreže).

$$P_j = P_{ZDDj} P_{uk} \quad (4)$$

P_j – vrednost snage u trenutku j dnevnog dijagrama potrošnje za dan za koji se računa neisporučena električna energija,

P_{uk} – veličina konzuma (aktivna snaga) koji u slučaju reagovanja reklozera ostaje bez napajanja (dobijena simulacijom tokova snaga i naponskih prilika u odgovarajućem delu mreže).

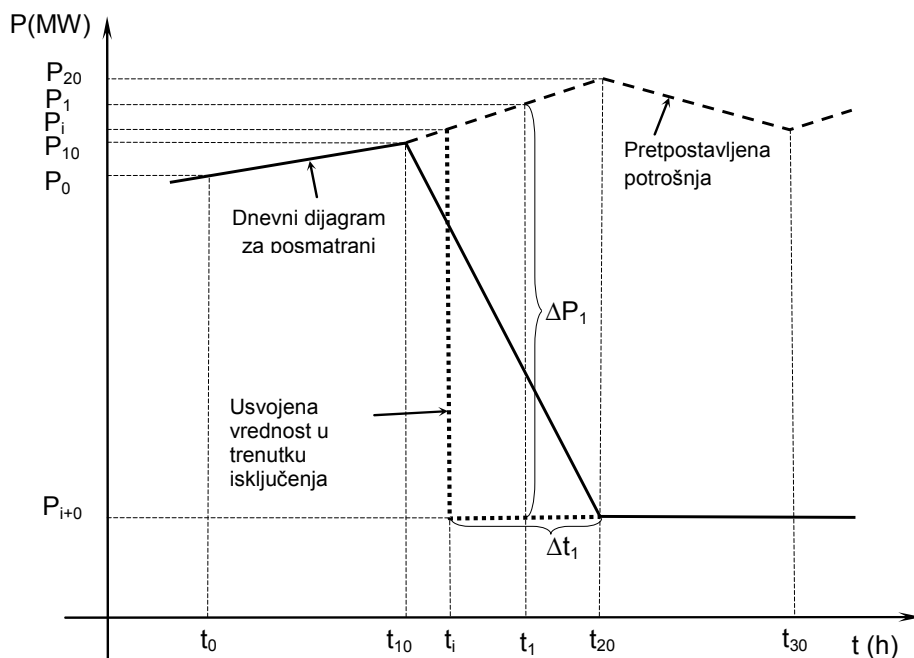
Izgled zajedničkog dnevnog dijagrama za reklozer RC-406 koji je dobijen na opisani način je dat kao na Slici 5.



Slika 5. Primer – zajednički dnevni dijagram za reklozer RC-406

Posmatrani dnevni dijagram i korekcija u skladu sa tačnim vremenom isključenja, odnosno uključenja. Proračun neisporučene električne energije se nastavlja tako što se na dobijenom dnevnom dijagramu simulira isključenje u trajanju koje je navedeno u izveštaju sa reklozera. Reakcija konzuma na ponovno uključenje se zbog tačnosti proračuna zanemaruje. Simulacija isključenja se izvodi tako što se u skladu sa tačnim vremenom isključenja, odnosno uključenja, dnevni dijagram koriguje na način kako je to prikazano na Slici 6.

U periodu isključenja desetominutne vrednosti posmatranog dnevnog dijagrama su jednake nuli, dok su vrednosti pretpostavljene potrošnje jednake odgovarajućim desetominutnim vrednostima iz posmatranog dnevnog dijagrama.



Slika 6. Korekcija dijagrama opterećenja u skladu sa tačnim vremenom isključenja

Vrednost P_i je pretpostavljena vrednost snage koja se ima u trenutku isključenja t_i i računa se na osnovu vrednosti snage P_{10} u trenutku t_{10} i pretpostavljene vrednosti snage P_{20} u trenutku t_{20} . Za trenutak t_{i+0} se, kao što je već rečeno usvaja vrednost snage P_{i+0} nula. Prelazni proces se pri korekciji zanemaruje.

$$P_{i+0} = 0 \quad (5)$$

$$P_i = \frac{t_i - t_{10}}{t_{20} - t_{10}} (P_{20} - P_{10}) + P_{10} \quad (6)$$

Neisporučena električna energija W_i u periodu za koji se vrši korekcija ($t_{20} - t_{10}$) se izračunava na sledeći način:

$$W_i = \Delta P_1 \Delta t_1 \quad (7)$$

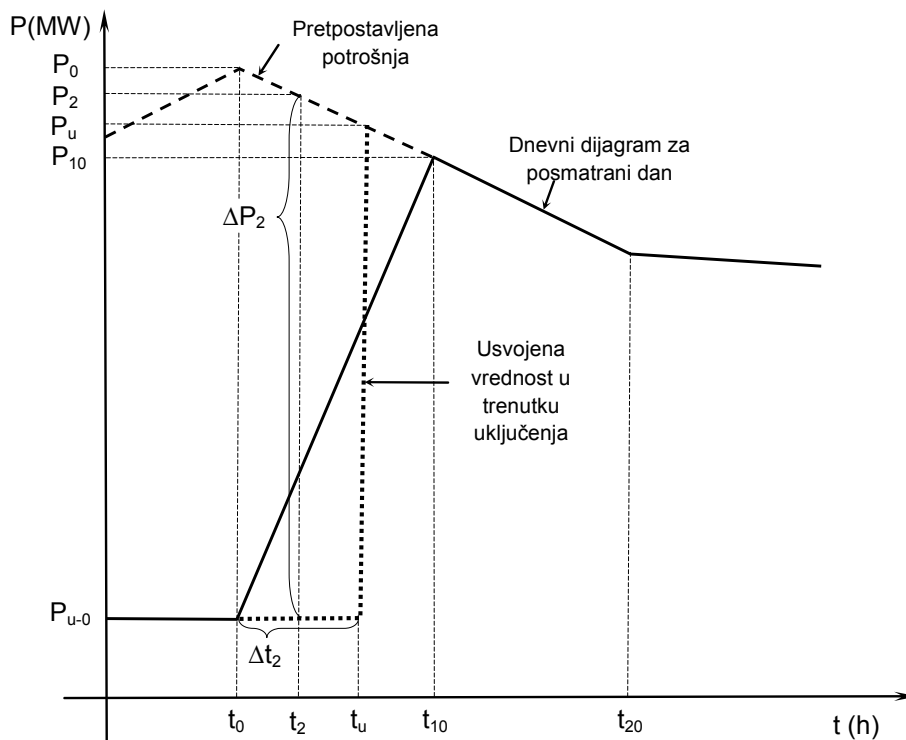
$$\Delta P_1 = \frac{P_{20} + P_i}{2} - P_{i+0} \quad (8)$$

$$\Delta t_1 = t_{20} - t_1 \quad (9)$$

Neisporučena električna energija W_{20+} ostalih segmenata u toku isključenja se računa po ugledu na formulu za prvi sledeći segment:

$$W_{20+} = \frac{P_{30} + P_{20}}{2} (t_{30} - t_{20}) \quad (10)$$

Za trenutak uključenja je takođe neophodno da se izvrši korekcija posmatranog dnevnog dijagrama u skladu sa tačnim vremenom uključenja. Odgovarajući dijagram je dat kao Slika 7.



Slika 7. Korekcija dijagrama opterećenja u skladu sa tačnim vremenom uključenja

Vrednost P_u je pretpostavljena vrednost snage koja se ima u trenutku isključenja t_u i računa se na osnovu pretpostavljene vrednosti snage P_0 u trenutku t_0 i vrednosti snage P_{10} u trenutku t_{10} . Za trenutak t_{u-0} se, kao što je već rečeno, usvaja vrednost snage P_{u-0} nula. Prelazni proces se i u ovom slučaju korekcije zanemaruje.

$$P_{u-0} = 0 \quad (11)$$

$$P_u = \frac{t_{10} - t_u}{t_{10} - t_0} (P_0 - P_{10}) + P_{10} \quad (12)$$

Neisporučena električna energija W_u u periodu za koji se vrši korekcija ($t_{10}-t_0$) se izračunava na sledeći način:

$$W_u = \Delta P_2 \Delta t_2 \quad (13)$$

$$\Delta P_2 = \frac{P_0 + P_u}{2} - P_{u-0} \quad (14)$$

$$\Delta t_2 = t_u - t_0 \quad (15)$$

Ukupna neisporučena električna energija W u periodu isključenja se računa kao zbir: energije prvog segmenta nakon isključenja za koji se dijagram koriguje W_i , energije poslednjeg segmenta neposredno pred uključenje za koji se dijagram koriguje W_u i sume energija desetominutnih segmenata koji su između. Formula je sledeća:

$$W = W_i + W_u + \sum_{k=1}^m W_k \quad (16)$$

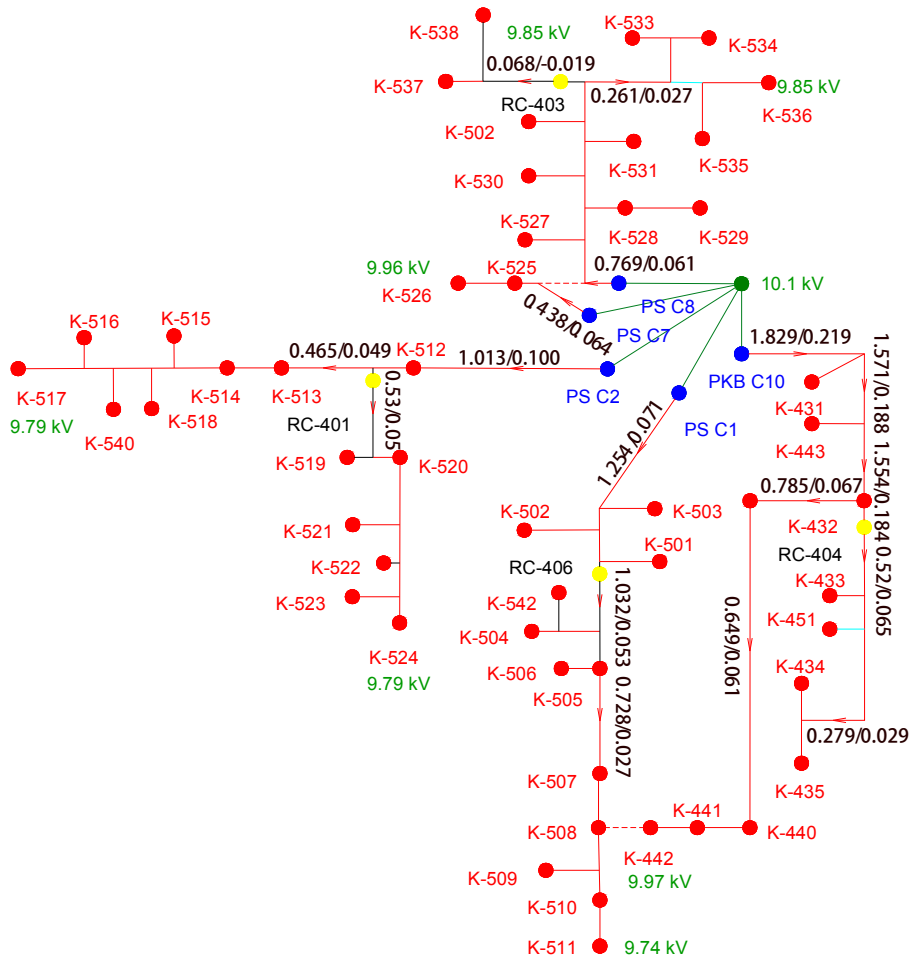
W_k – energija k-tog desetominutnog segmenta, $k=1,2,..m$, gde je m broj segmenata u periodu isključenja koji za koje se posmatrani dnevni dijagram ne koriguje.

Modelovanje opterećenja po TS 10/0.4 kV. S obzirom da pri proračunima nije bilo poznato opterećenje TS 10/0.4 kV, koje su bile od interesa za proračun odgovarajućih tokova snaga, bilo je neophodno definisati neku pravilnost po kojoj bi se struje izabranih izvoda 10 kV dobijene po usvojenoj formuli (*Trendline* na primeru prikazanom kao Slika 1, Slika 2 i Slika 3) raspodelile na odgovarajuće TS 10/0.4 kV. Pod pretpostavkom da se čini najmanja greška, izabrano je da opterećenje kompletnog izvoda bude raspodeljeno proporcionalno njihovim instalisanim snagama.

Realno opterećenje posmatranih TS nije srazmerno instalisanoj snazi, ali smatra se da je za potrebe proračuna neisporučene električne energije, kada se posmatra opterećenje magistralnog voda negde na izvodu, greška daleko manja nego kada se posmatraju pojedinačni tokovi po granama izvoda. Naime, posmatrani reklozeri su uglavnom ugrađeni upravo na magistralnom vodu pojedinih izvoda i smatra se da je greška koja se čini izabranim načinom

modelovanja opterećenja TS 10/0.4 kV s obzirom na raspoloživost podataka svedena na minimum.

Ilustracija pojedinih tokova snaga dobijenih na opisani način za konzumno područje TS 35/10 kV Padinska skela, a za potrebe proračuna neisporučene električne energije koja se imala nakon reagovanja reklozera RC-406 na dan 27.10.2009. godine je data kao Slika 8. Inače, proračun navedenih tokova snaga je vršen u programskom paketu CLF OPF, a vrednosti su izražene u MW/Mvar.



Slika 8. Tokovi snaga i naponske prilike za konzumno područje TS 35/10 kV Padinska skela

Što se tiče napona, u balansnom čvoru je u svim slučajevima modelovan napon 10.1 kV, jer se nije raspolagalo sa tačnim podatkom koliki je napon u pojedinačnim slučajevima zaista bio. S obzirom da se za proračune

neisporučene električne energije koristi podatak o toku aktivne snage na vodu neposredno iza reklozera i da je u svim obrađenim slučajevima reč o relativno kratkim izvodima čije opterećenje ne prelazi 60% nominalnog, smatra se da se gubici i pad napona na vodu koji su se imali pri modelovanom naponu ne bi značajnije menjali ako bi se modelovao nešto viši ili niži napon balansnog čvora. U skladu sa svim navedenim, smatra se da greška koja se čini, ako se napon balansnog čvora modeluje na opisani način, ne utiče značajno na rezultate proračuna neisporučene električne energije.

Na Slici 7., radi bolje preglednosti nisu prikazani svi tokovi snage, kao ni naponi u svim čvorovima, odnosno TS 10/0.4 kV.

3. Primer proračuna

Kao primer proračuna neisporučene električne energije je uzet već pomenuti slučaj isključenja koje je registrovano na reklozeru RC-406 (Slika 4.) na dan 27.10.2009. godine.

Prema izveštaju koji je dobijen očitavanjem reklozera, toga dana se imao zemljospoj u mreži iza reklozera i nakon tri neuspela pokušaja automatskog ponovnog uključanja kontakti su ostali otvoreni. Isključenje je trajalo 1h i 6min, a bez napajanja je ostao kompletan konzum iza reklozera. Smatra se da nije bilo preuzimanja napajanja dela ugroženog konzuma od strane izvoda C10 iz TS 35/10 kV PKB. Iz odgovarajućih dijagrama opterećenja dobijenih na osnovu ručnih merenja za ovo područje za posmatran dan su dobijena sledeća strujna opterećenja izvoda:

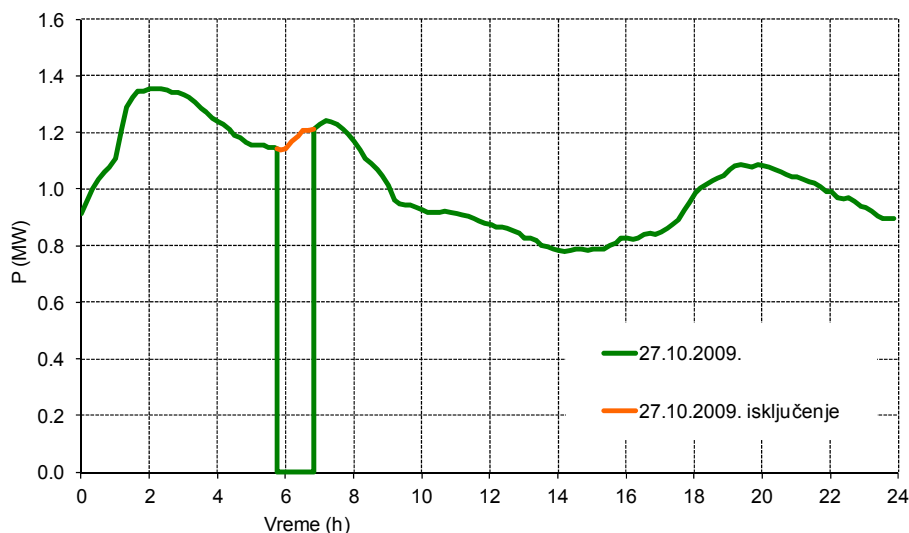
- 83.76913 A (PS C1);
- 61.69052 A (PS C2);
- 34.46387 A (PS C7);
- 32.34375 A (PS C8) i
- 94.88937 A (PKB C10).

Nakon raspodele opterećenja na odgovarajuće TS 10/0.4 kV i simulacije tokova snaga i naponskih prilika u delu mreže od interesa dobijeno je da u slučaju isključenja RC-406 dana 27.10.2009. godine bez napajanja ostaje konzum veličine 1.032/0.053 MW/Mvar. Neisporučena električna energija je zatim računata kao u Tabeli 1. Vrednosti u tabeli nisu navedene za čitav dan, jer se smatralo da je prikaz dela dana kada je bilo isključenje sasvim dovoljan za razumevanje toka proračuna. Ukupna neisporučena električna energija iznosi 1.2789 MWh.

Tabela 1. Primer proračuna neisporučene električne energije za isključenje koje registrovano na reklozeru RC-406, a koje se imalo 27.10.2009. godine u periodu od 5h 44min 53s do 6h 50min 25s

Vreme (hh:mm:ss)	Vreme (h)	Zajednički dnevni dijagram	27.10.2009. (MW)	Proračunata vrednost (MW)	Neisporučena el. energija (MWh)
3:20:27	3.34	1.2655	1.306		
3:30:27	3.507	1.246	1.286		
3:40:27	3.674	1.2313	1.271		
3:50:27	3.841	1.2128	1.252		
4:00:27	4.008	1.1974	1.236		
4:10:27	4.175	1.1889	1.227		
4:20:27	4.342	1.1731	1.211		
4:30:27	4.509	1.1526	1.189		
4:40:27	4.676	1.1434	1.180		
4:50:27	4.843	1.1295	1.166		
5:00:27	5.01	1.1193	1.155		
5:10:27	5.177	1.1201	1.156		
5:20:27	5.344	1.1184	1.154		
5:30:27	5.511	1.1132	1.149		
5:40:27	5.678	1.1091	1.145		
5:45	5.761	1.1061	1.141	1.141	
5:45	5.761	1.1061	0	1.141	0
5:50:27	5.845	1.1031	0	1.138	95.38
6:00:27	6.012	1.1081	0	1.144	190.54
6:10:27	6.179	1.1319	0	1.168	193.03
6:20:27	6.346	1.1498	0	1.187	196.62
6:30:27	6.513	1.1704	0	1.208	199.94
6:40:27	6.68	1.1677	0	1.205	201.48
6:50	6.847	1.1754	0	1.213	201.91
6:50	6.847	1.1754	1.213	1.213	0
6:50:27	6.847	1.1754	1.213		
7:00:27	7.014	1.1905	1.229		
7:10:27	7.181	1.2051	1.244		
7:20:27	7.348	1.1989	1.237		
7:30:27	7.515	1.1905	1.229		
7:40:27	7.682	1.1758	1.213		
7:50:27	7.849	1.157	1.194		
8:00:27	8.016	1.1328	1.169		
8:10:27	8.183	1.1029	1.138		
8:20:27	8.35	1.0729	1.107		
8:30:27	8.517	1.0572	1.091		
8:40:27	8.684	1.0372	1.070		
8:50:27	8.851	1.0149	1.047		
9:00:27	9.018	0.983	1.014		
Ukupno					1278.90

Odgovarajući dnevni dijagram opterećenja je dat kao Slika 9.



Slika 9. Dnevni dijagram opterećenja korišćen za proračun neisporučene električne energije koja se imala reagovanjem reklozera RC-406 dana 27.10.2009. godine u periodu od 5h 44min 53s do 6h 50min 25s

S obzirom da se opisana metoda primenjuje za rekonstruisanje pojedinih isključenja u prošlosti, pri proračunima treba voditi računa da se za svaki posmatrani slučaj modeluje odgovarajuće stanje mreže. Prvenstveno se misli na odgovarajuću topologiju i ažuriranje svih potrebnih podataka. U tu svrhu se osim sinoptičkih šema mreže svih naponskih nivoa mogu koristiti godišnji izveštaji o opterećenju elemenata, kao i godišnji izveštaj o događajima na elektroenergetskim objektima i raspoloživa istorija karova.

4. Zaključak

Procena štete usled prekida napajanja u uslovima liberalizovanog tržišta električnom energijom dobija sve veći značaj. Kako je potreba da se ima kvalitetnija i pouzdanija isporuka električne energije sve izraženija, to je i značaj definisanja odgovarajuće metodologije za proračun neisporučene električne energije sve veći. U prilog tome ide i činjenica da je preko 70% prekida napajanja posledica kvarova u distributivnoj mreži [2].

S obzirom da se metoda koja je opisana u ovom referatu odnosi na proračun neisporučene električne energije u delovima distributivne može koji nisu u sistemu daljinskog upravljanja, to se kao takva može primeniti u većini distributivnih preduzeća u našoj zemlji. Naravno, neophodna su odgovarajuća

prilagođenja ulaznim podacima, ali sam pristup problemu procene štete usled neisporučene električne energije ostaje isti.

Tačnost proračuna primenom opisane metode u najvećoj meri zavisi od tačnosti ulaznih podataka. Međutim, kako se o njima na našim prostorima obično ne brine dovoljno, to se u velikom broju slučajeva ne može izvršiti adekvatna procena neisporučene električne energije, a time ni štete nastale usled nenajavljenih isključenja. Iz tog razloga je neophodno naglasiti značaj prikupljanja i čuvanja podataka kako o samoj mreži, tako i o događajima koji su se desili kroz vreme (uredno vođene dispečerske knjige, detaljni godišnji izveštaji i dr).

Literatura

- [1] N. Vrcelj, T. Janjić, S. Minić, B. Čupić, S. Ivković, J. Perić, D. Đorđević, A. Ivanov, "Analiza postignutih efekata pilot projekta daljinskog upravljanja srednjenaponskom distributivnom mrežom PD ED Beograd", elaborat, ETI Nikola Tesla, Beograd, Srbija, februar, 2013.
- [2] J. Nahman, D. Salamon, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Vrednovanje šteta kod prekida napajanja električnom energijom kod potrošača distributivnih mreža JP Elektrodistribucija Beograd", studija, Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija, april, 2005. godina.
- [3] N. Vrcelj, Saša Minić, "Jedna metoda za proračun neisporučene električne energije u distributivnim mrežama", *Zbornik radova, Elektrotehnički Institut Nikola Tesla*, Beograd, Srbija, br. 19, str. 1-9, 2008-2009.

Abstract. The method is based on data obtained from the so-called. hand-held measuring current at 10 kV voltage level and from reports of outages at reclosers that are installed in a part of network that is observed. At first, is calculates the electrical load of the main distribution power lines, and then simulates the corresponding power flow and calculates the undelivered electricity. The method was applied to parts of the network PD ED Belgrade that are not in the remote control system and is developed for the purpose of considering the effects of automation in the 10 kV PD ED Belgrade

Keywords: methods, estimate, undelivered electricity, reclosers, PD ED Belgrade

Methods for Calculation of Undelivered Electricity in Medium Voltage Network that is not Integrated into the Remote Control System

Rad primljen u uredništvo 16.9.2013. godine
Rad prihvaćen 24.10.2013. godine