

METODE ZA PRORAČUN NEISPORUČENE ENERGIJE

Miroslav BAČLIĆ, ODS "EPS Distribucija" d.o.o, Beograd, Distributivno područje Novi Sad,
Suzana BONDOKIĆ, ODS "EPS Distribucija" d.o.o, Beograd, Glavni dispečerski centar,

KRATAK SADRŽAJ

Sistematsko praćenje prekida napajanja potrošača i analiza pokazatelja kvaliteta isporuke električne energije, omogućava kvalitetniji pristup prilikom planiranja održavanja i razvoja upravljanja distributivnom mrežom.

Pored uobičajenih pokazatelja neprekidnosti isporuke električne energije, SAIFI, SAIDI i CAIDI se uobičajeno prate, neisporučena električna energija – ENS (Energy Not Supplied) predstavlja pokazatelj koji se bazira na veličini potrošnje električne energije korisnika.

Neisporučena energija – ENS – predstavlja energiju koju bi sistem isporučio korisnicima da nije bilo prekida u napajanju i kao tako ga treba posmatrati. Pokazatelj ENS se ne bazira na broju pogođenih korisnika distributivnog sistema nego na njihovoj potrošnji. U radu su prikazani načini izračunavanja pokazatelja ENS koji se mogu koristiti.

Uporedne vrednosti pokazatelja ENS za različite načine izračunavanja daju pregled tačnosti korišćenog metoda. Izbor adekvatne metode treba da bude optimalan s dva aspekta: količine podataka i kompleksnosti samog proračuna. Treba postići balans između tačnosti – odstupanja i kompleksnosti računa.

Na osnovu predloženih metoda, na distributivnim preduzećima je da u skladu sa svojim mogućnostima i ciljevima izaberu najpogodniju i primenjuju je duži niz godina.

Analizom pokazatelja pouzdanosti se utvrđuju najkritičniji elementi u distributivnoj mreži, a nakon toga se formiraju i planovi za njihovo pojačano održavanje, zamenu ili rekonstrukciju.

Ključne reči: kvalitet isporuke, pokazatelji, poređenje, kompleksnost, neisporučena energija

ABSTRACT

Systematic monitoring of power interrupts and reliability indicator analyses, enabled better coordination between maintenance, managing and future expansion of managing utility network.

Beside conventionally reliability indicators for delivered electrical energy SAIFI, SAIDI CAIDI, indicator ENS – Energy Not Supplied is not based on number of customer without power then on their consumption.

Energy Not Supplied presents energy which customer take from network without interrupt. In the paper are shown different ways of calculating of indicator ENS which can be used.

Comparing results of ENS calculation for different ways, show results and deviation of each method from correct value. Decision for right method has two criteria: number of requested data and complexity of calculation. Choice should be balanced between accuracy and complexity of calculation.

Every utility company made her own choice for method based on their possibilities, and than that method should be enforced next several years.

Analysing outage reports, we can determine the most critical parts in utility network, and then we forming list of elements for substitution and enforced maintenance.

Key words: Quality of delivered electrical energy, reliability indicators, comparing, complexity, energy not supplied

UVOD

Sistematsko praćenje prekida napajanja potrošača i analiza pokazatelja kvaliteta isporuke električne energije, omogućava kvalitetniji pristup prilikom planiranja održavanja i razvoja upravljanja distributivnom mrežom[1].

Pored uobičajenih pokazatelja neprekidnosti isporuke električne energije, SAIFI, SAIDI i CAIDI koji se uobičajeno prate, neisporučena električna energija – ENS (Energy Not Supplied) predstavlja pokazatelj koji se bazira na veličini potrošnje električne energije korisnika [2].

U prvom delu ovog rada data je definicija ENS i definisan je problem koji treba rešiti sa aspekta potrebnih podataka.

U drugom delu rada dat je prikaz metoda za proračun pokazatelja ENS – neisporučenu energiju, potrebne podatke i obrasce.

Treći deo rada prikazuje dobijene rezultate za različite načine proračuna i njihovo poređenje.

Izbor adekvatne metode je materija koja se obrađuje u četvrtom delu. Treba postići balans između tačnosti – odstupanja i kompleksnosti računa.

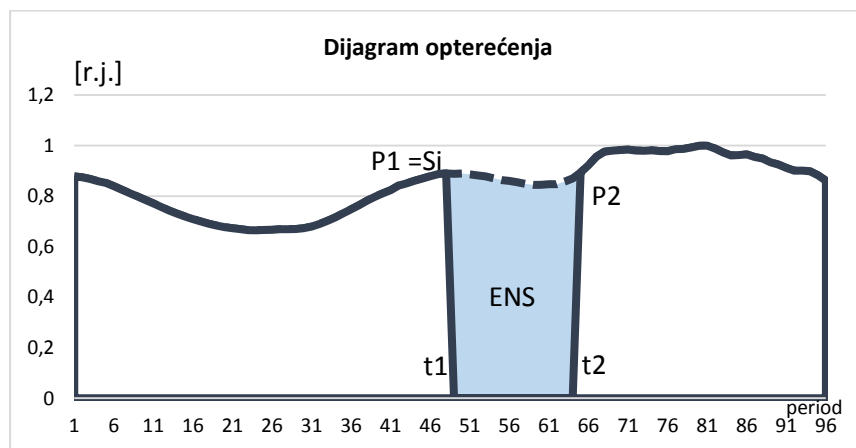
Na osnovu predloženih metoda, na distributivnim kompanijama je da u skladu sa svojim mogućnostima i ciljevima izaberu najpogodniju i primenjuju je duži niz godina.

1. ENS – DEFINICIJA POJMA I PROBLEMA PRORAČUNA

Neisporučena energija predstavlja energiju koju bi korisnici sistema preuzeli da nije bilo prekida. Da li su korisnici energiju koji bi preuzeli da nije bilo prekida nakon toga preuzeli u potpunosti ili delimično je jedna velika nepoznanica. To zavisi od dužine trajanja prekida (neki poslovi se mogu ponoviti u drugo vreme, neki ne), dela dana kada se desio prekid (veličina načinjene štete nije ista za noćne i dnevne sate, za radne ili neradne dane) i da li su prekidi planirani ili neplanirani. Proračuni za prethodne slučajeve zavise od jako puno faktora koje je jako teško definisati, te stoga ih nećemo ovde obarđivati.

Ovde ćemo se baviti samo energijom koju bi korisnici preuzeli da je bilo napajanja u vreme prekida.

Izračunavanje te energije predstavlja izazov sa aspekta predviđanja ponašanja korisnika u trenucima kada nema električne energije. Neisporučenu energiju nije moguće izmeriti, stoga je neophodno naći adekvatan metod njenog proračuna. Pri tome treba imati u vidu i postojanje određenih ograničenja i raspoloživih podataka. Na sledećem grafiku je prikazan jedan tipični dijagram opterećenja jednog dela distributivne mreže.



Na slici se može uočiti nekoliko karakterističnih tačaka. Vreme $t1$ – vreme početka prekida, $t2$ – vreme kraja prekida, $P1$ – snaga u trenutku $t1$ i $P2$ – snaga u trenutku $t2$.

ENS predstavlja površinu dela dijagrama na prethodnoj slici između $t1$ i $t2$. Vremena $t1$ i $t2$ su nam poznata, kao i vreme trajanja prekida $t = t2 - t1$. Ono što nam je nepoznato je oblik krive ispod koje računamo površinu i $P1$ i $P2$.

Problem izračunavanja ENS možemo svesti na dva problema. Prvi je određivanje opterećenja dela mreže neposredno pre ispada ($P1$) i oblika dijagrama krive opterećenja kada nije bilo prekida. U skladu sa ovim problemima prilikom određivanja nepoznatih daćemo neka od rešenja za naveden probleme u sledećem delu.

2. ENS – NEISPORUČENA ENERGIJA, METODI PRORAČUNA

Ovde su prikazani neki od načina za proračun – procenu neisporučene energije.

Načini se razlikuju u zavisnosti od raspoloživosti podataka, vremena za proračun i tačnosti metode.

2.1 Proračun pomoću SAIDI

Najjednostavnija metoda za proračun ENS je prikazana u sledećem obrascu:

$$ENS(T) = \frac{E(T)}{H(T)} \times SAIDI(T) \quad (1)$$

gde E predstavlja energiju koja je protekla u periodu T kroz deo mreže, H predstavlja broj sati perioda T , a $SAIDI$ predstavlja prosečnu dužinu trajanja svih prekida tokom perioda T . Izraz je vrlo jednostavan za proračun jer sadrži samo $SAIDI$ koji je osnovni parametar za proračun pokazatelja pouzdanosti. Ovaj izraz se može koristiti i za delove mreže, s tim što se tada mora imati podatak od protekloj energiji samo tog dela mreže (trafo reon, TS i sl.) i podatak za $SAIDI$ isključivo tog dela mreže.

2.2. Proračun ENS kao proizvod ispane snage i dužine trajanja prekida

Ovaj metod se zasniva na poznavanju ispane snage dela mreže kod koje se desio prekid.

Obrazac je vrlo jednostavan: $ENS = S_i \cdot t/60$ (2)

Osnovni problem ovakve metode je određivanje ispane snage S_i . U mrežama koje su opremljene SCADA sistemima moguće je iz arhive merenja uzeti podatak o vrednosti snage (struje) neposredno pre nastanka prekida. U slučajevima kada mreža nije pokrivena SCADA sistemom ili nekim drugim načinom arhiviranja merenih vrednosti, mora se naći drugi način za određivanje ispane snage.

Vrednost S_i je potrebno odrediti i u slučajevima kada je sistem opremljen SCADA sistemom na početku dela mreže (TS VN/SN), a ispad se desio dublje u mreži (jedna ili više TS SN/SN ili DTS na SN izvodu).

U slučajevima kada ne postoji SCADA sistem za određivanje S_i možemo koristiti obrazac:

$$ENS = \frac{\sum S_{inst_ispalih_DTS}}{\sum S_{inst_DTS}} \cdot P_{(t)} \cdot \frac{t}{60} \quad (3)$$

gde je:

- $\sum S_{inst_ispalih_DTS}$ - suma instalisanih DTS koje su bez napajanja,
- $\sum S_{inst_DTS}$ - suma instalisanih DTS koje na području koje posmatramo
- $P_{(t)} \cdot \frac{t}{60}$ - snaga određenog područja u trenutku početka prekida, t – dužina trajanja prekida u minutama.

Ovaj obrazac je primenjiv uvek kada poznajemo mrežu koju analiziramo. O podacima koji se uzimaju u prethodnom izrazu se može raspravljati sa aspekta njihove tačnosti. Instalisanu snagu DTS je poznat podatak i za DTS u vlasništvu ODS i za objekte u vlasništvu korisnika ODS. Kao podaci za ovaj izraz se kod objekata korisnika može uzeti i „odobrena snaga“. Razlog za ovo leži u činjenici da veliki broj korisnika ODS koji ima svoje DTS ne koristi svoja postrojenja, odnosno ne radi, a DTS postoje.

U slučajevima se radi o ispadiu dela mreže koji nema merenje, prethodni izraz se takođe može primeniti, ali tada se koriste vrednosti za instalisanu snagu dela mreže koji ima merenje, pa samim tim i P od tog dela mreže. Tipičan primer je ispad dela SN izvoda gde na početku izvoda postoji SCADA merenje. U ovim slučajevima je moguće primeniti i izraz:

$$ENS = (P_{(t-1)} - P_{(t)}) \cdot \frac{t}{60} \quad (4)$$

gde:

- $P_{(t-1)} - P_{(t)}$ - predstavlja razliku snage dela mreže neposredno pre i posle nastanka prekida.

Na primenu poslednjeg izraza se mora obratiti pažnja da su vrednosti P uglavnom srednje 15-minutne, tako da prilikom proračuna za ispad koji su trajali kratko, ovaj rezultat je problematičan. Drugi slučaj kod primene ovog izraza je kada je deo mreže koji je u ispadiu mali – zanemarljiv u odnosu na celu mrežu tako da je razlika u vrednosti P vrlo mala ili se može desiti slučaj da je 0, pa čak i negativna u zavisnosti od kretanja opterećenja

ostatka mreže. Ovaj izraz se može koristiti samo u slučajevima kada u delu mreže koji posmatramo nema priključenih distributivnih elektrana. U ovim slučajevima je deo potrošnje napajan iz elektrana, tako da vrednosti snage sa početka izvoda neće biti tačne. Isti problem se može javiti i kada je distributivna elektrana priključena na deo mreže koji se posmatra i nije zanemarljive snage. U ovim slučajevima je porebno uvažiti i proizvodnju elektrana.

Nedostatak ove metode se ogleda u činjenici da se ovde primenjuje ista vrednost ispale snage tokom čitavog prekida. Ovo je tačno samo prilikom prekida koji traju kratko do jednog sata. Prilikom dužih prekida trebalo bi uzeti u obzir i kretanje – promenu opterećenja tokom trajanja prekida. Ova promena zavisi prevashodno od tipa krisnika (domaćinstva, industrija, komercijalno – poslovni i dr.) i trenutka nastanka prekida – doba dana.

2.3. Proračun ENS uz uvažavanje promene opterećenja tokom trajanja prekida.

Unapređenje prethodne metode je moguće uvažavanjem promene opterećenja tokom prekida. Za ovaj postupak je neophodno imati normalizovani dijagram opterećenja dela mreže koji je u prekidu. Takav dijagram je gotovo nemoguće posedovati. Ovaj nedostatak je moguće prevazići poznavajući dijagram opterećenja nekog većeg područja, na primer celog distributivnog područja (ili TS 110/x kV). U takvoj analizi koja se radi nakon završetka prekida za manje vremenske intervale (15-minutne ili satne) se vrši korekcija ispale snage koeficijentom koji zavisi od vrednosti snage područja i vremena.

Izraz (2) za ENS iz prethodnog dela nakon uvažavanja dijagrama opterećenja dobija oblik:

$$ENS = S_i \sum_{t=0}^{t_{prek.}} \frac{P_t}{P_{t=0}} \cdot \frac{\Delta t}{60} \quad (5)$$

gde su:

- P_t i $P_{t=0}$ – opterećenja celokupne distributivne mreže u trenutku t i trenutku $t=0$ tj, na početku prekida.

Izraz (3) za ENS iz prethodnog dela nakon uvažavanja dijagrama opterećenja dobija oblik:

$$ENS = \frac{\sum S_{inst_ispalih_DTS}}{\sum S_{inst_DTS}} \cdot \sum_{t=0}^{t_{prek.}} P_{(t)} \cdot \frac{\Delta t}{60} \quad (6)$$

gde je:

- $\sum_{t=0}^{t_{prek.}} P_{(t)} \cdot \frac{\Delta t}{60}$ – preuzeta električna energija za određeno područje u periodu trajanja prekida, koja se dobija kao proizvod srednjih petnaestominutnih snaga preuzetih iz sistema za daljinski akviziciju obračunskih podataka i vremenskih intervala $\Delta t/60$ minuta.

Prethodni izraz (6) je moguće pojednostaviti u slučajevima kada se radi o kraćem prekidu (do nekoliko sati), uzimajući u obzir da su promene dijagrama opterećenja spore. Može se posmatrati prosečna snaga tokom trajanja prekida pa izraz dobija oblik:

$$ENS = \frac{\sum S_{inst_ispalih_DTS}}{\sum S_{inst_DTS}} \cdot \frac{P_{(t1)} + P_{(t2)}}{2} \cdot \frac{\Delta t}{60} \quad (7)$$

gde su:

$P_{(t1)}$ i $P_{(t2)}$ – snaga određenog područja u trenutku početka i kraja prekida (odnosno neposredno pre i posle).

Preuzeta električna energija za određeno područje predstavlja svu energiju koju je sistem preuzeo bilo iz prenosne ili distributivne mreže. Pošto se ovi podaci nalaze na različitim sistemima i dostupnost je različita u izrazima (3), (4), (5) i (6) oznaka $P_{(t)}$ se može dopuniti korekcionim faktorom K_{proizv} koji predstavlja učešće proizvodnje elektrana priključenih na distributivni sistem u odnosu na energiju preuzetu iz prenosnog sistema

$K_{proizv} = \frac{W_{proiz}}{W_{prenoss}}$. Ovaj koeficijent se usvaja za celu godinu. Vrednost ovog koeficijenta je svega nekoliko

procenata. Prilikom određivanja ENS ovom metodom potrebno je da područje sa koga se dijagram opterećenja bude dovoljno veliko da na njega ne bi imao uticaj deo mreže bez napajanja, a opet dovoljno mali da odslikava osobenosti tog područja.

2.4. Proračun ENS na osnovu istorijskih podataka

Određivanje oblika dijagrama opterećenja nakon početka prekida je moguće i na osnovu dijagrama opterećenja tog istog dela mreže od prethodnog dana kada nije bilo prekida. Pri tome treba posmatrati prethodni karakterističan dan (radni dan, subota, nedelja, praznik). Dijagrami opterećenja nisu baš indetični, ali možemo smatrati da su istog oblika, ali različite amplitude.

Za određivanje ENS koristićemo vrednosti sa dijagrama prethodnog dana korigovan iznosom razlike opterećenja u trenutku prekida dana koji se posmatra i prethodnog dana. Pretočeno u izraz to izgleda ovako:

$$ENS = \frac{P_{t=0}^d}{P_{t=0}^{d-1}} \cdot \sum_{t=0}^{t_{prek.}} P_t^{d-1} \cdot \frac{\Delta t}{60} \quad (8)$$

gde je: $P_{t=0}^d$

- $\frac{P_{t=0}^d}{P_{t=0}^{d-1}}$ - korekcionni faktor koji pokazuje koliko se razlikuje opterećenje tog dela mreže $P_{t=0}^d$ u danu d u odnosu na dan $d-1$ - $P_{t=0}^{d-1}$.

2.5. ENS na osnovu proračuna estimacije stanja

Ova metoda predstavlja najtačniju metodu za proračun ENSa. Metoda se bazira na proračunu estimacije stanja za deo mreže koji je bez napajanja, odnosno simulira se opterećenje u delu mreže kao da nije bilo prekida. Ova metoda zahteva složen programski paket koji ima dijagrame opterećenja za sve DTS, karakteristike mreže i povezan je sa SCADA sistemom. Metoda se zasniva na poznavanju ispale snage neposredno pre nastanka prekida i njenom proračunu tokom trajanja prekida. Naime, sistem raspolaže dnevnim dijagramima opterećenja za svaku DTS priključenu na sistem i na osnovu tih dijagrama, vrednosti maksigrafa ili protoka energije vrši proračun ispale snage svake od ispalih DTS u 15 minutnim intervalima tokom trajanja prekida. Sistem za početne uslove ima stanje neposredno pre prekida, a nakon toga se vrši estimacija stanja svakih 15 minuta (može i češće, ali je vremenski interval od 15 minuta dovoljno precizan). Na osnovu rezultata proračuna estimacije, dobijaju se vrednosti opterećenja po delovima mreže i na osnovu njih računa energija pomoću izraza (2), ali su intervali kraći od sat vremena – 15 minutni.

3. REZULTATI PRORAČUNA ENS RAZLIČITIM METODAMA

Rezultati primene ovih metodaproračuna su prikazani u dva dela. Prvi deo se odnosi na nasumično izabranih 8 izvoda i proračun ENS za njih pomoću svih metoda osim za prvu, jer ne postoji merenje energije na početku samih izvoda. Ovde su prikazani i rezultati proračuna u zavisnosti od dužine trajanja prekida.

Za primer je uzeta dužina trajanja prekida od 60 – 300 minuta. Ovo je uzeto iz razloga što je više od 90 % prekida u trajanju do 180 minuta. Drugi deo rezultata se odnosi na metode koje ne zahtevaju estimaciju stanja i mogu se promeniti na celokupan proračun ENS za godinu dana na distributivnoj mreži DP Novi Sad.

U tabeli 1 su prizani nasumično izabrani izvodi sa svojim karakteristikama potrebni za proračun [4], [5].

TABELA 1 – Lista izvoda za proračun ENS

	Izvod	TS	Izvod	Ispala snaga [kW]	Instalisana snaga Si [kW]	Ispala / Instalirana [%]
1	I	NS 5	Ševa	1623	6750	24
2	II	NS 5	Konjuh	2753	13610	20
3	III	NS 7	Rudnička	1547	10210	15
4	IV	FFU	Futog 2	3365	7870	43
5	V	NS 6	Račkog	2184	9480	23
6	VI	Centar	Opština	188	3550	5
7	VII	Begejci	Karadjordjevo	2031	10860	19
8	VIII	Nova Crnja	Aleksandrovo	1692	6900	25

U tabeli 2 su prikazani rezultati proračuna sa konstantnom ispalom snagom i korigovanom u zavisnosti od dužine trajanja prekida. U zagradi su označeni izrazi na osnovu kojih je izvršen proračun.

TABELA 2 – Rezultati proračuna u [kWh] za obrasce(2) i (5)

metoda	I (2)					II (5)				
min Izvod	60	120	180	240	300	60	120	180	240	300
I	1623	3246	4869	6492	8115	1627	3286	4978	6659	8243
II	2753	5506	8259	11011	13764	2760	5573	8443	11294	13980
III	1547	3095	4642	6190	7737	1551	3133	4746	6348	7858
IV	3365	6730	10095	13460	16825	3374	6813	10321	13805	17089
V	2184	4368	6553	8737	10921	2190	4422	6699	8961	11092
VI	188	376	564	752	940	189	381	577	772	955
VII	2031	4062	6092	8123	10154	2036	4112	6229	8332	10313
VIII	1692	3384	5076	6767	8459	1696	3425	5189	6941	8592

Sledeća tabela 3 prikazuje slučaj kada nije poznata ispalna snaga, nego se ona računa pomoću instalisane snage ispalnog dela mreže i ukupne mreže. U tabeli deo sa oznakom III predstavlja proračun pomoću obrasca (3), a ako uvažimo i dijagram promene opterećenja onda je je to metoda IV – obrazac (6).

TABELA 3 – Rezultati proračuna u [kWh] za obrasce (3) i (6)

metoda	III (3)					IV (6)				
min Izvod	60	120	180	240	300	60	120	180	240	300
I	1277	2554	3831	5109	6386	1277	2530	3759	4995	6308
II	2575	5150	7725	10301	12876	2575	5102	7578	10072	12720
III	1932	3864	5795	7727	9659	1932	3827	5685	7556	9542
IV	1489	2978	4467	5956	7445	1489	2950	4382	5824	7355
V	1794	3587	5381	7175	8969	1794	3554	5279	7015	8860
VI	672	1343	2015	2687	3358	672	1331	1977	2627	3318
VII	2055	4110	6164	8219	10274	2055	4071	6047	8037	10150
VIII	1306	2611	3917	5222	6528	1306	2586	3842	5106	6449

Tabela 4 koja sledi prikazaće nam proračune ENS na osnovu obrasca (8) poznajući dijagram opterećenja tog dela mreže u adekvatnom prethodnom danu i rezultate proračuna na osnovu estimacije stanja.

TABELA 4 – Rezultati proračuna u [kWh] za obrazac(8) i metod estimacije stanja

metoda	V (8)					Estimacija stanja				
min Izvod	60	120	180	240	300	60	120	180	240	300
I	1592	3050	4456	5871	7344	1591	3049	4455	5870	7343
II	2730	5429	8059	10642	13257	2728	5427	8057	10640	13255
III	1540	2989	4437	5896	7339	1535	2984	4432	5891	7334
IV	3340	6675	9872	12979	16139	3342	6677	9874	12981	16141
V	2161	4270	6383	8479	10648	2156	4265	6378	8474	10643
VI	177	335	497	656	789	177	335	497	656	789
VII	2036	4016	5928	7812	9752	2031	4011	5923	7807	9747
VIII	1629	3198	4743	6308	7913	1630	3199	4744	6309	7914

Ako proglasimo metodu proračuna ENS pomoću estimacije stanja kao najtačniju, možemo u sledećoj tabeli 5 prikazati odstupanja od metode estimacije za svaku metodu ponaosob. Takođe će biti prikazana i odstupanja za kumulativne vrednosti ovih 8 izvoda zajedno.

TABELA 5 – Odstupanja proračuna po raznim metodama u odnosu na estimaciju stanja

metoda	I (2)					II (5)					III (3)				
Izvod min	60	120	180	240	300	60	120	180	240	300	60	120	180	240	300
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
I	2,01	6,47	9,29	10,60	10,52	2,27	7,78	11,73	13,44	12,25	-19,73	-16,22	-14,00	-12,97	-13,04
II	0,93	1,45	2,50	3,49	3,84	1,19	2,70	4,79	6,14	5,47	-5,59	-5,10	-4,12	-3,19	-2,86
III	0,78	3,70	4,74	5,06	5,49	1,04	4,97	7,09	7,76	7,15	25,81	29,46	30,77	31,17	31,70
IV	0,68	0,79	2,23	3,69	4,24	0,95	2,03	4,52	6,35	5,87	-55,45	-55,40	-54,76	-54,11	-53,87
V	1,31	2,42	2,73	3,10	2,61	1,57	3,68	5,03	5,74	4,22	-16,80	-15,89	-15,64	-15,33	-15,73
VI	6,10	12,20	13,57	14,74	19,24	6,38	13,58	16,11	17,69	21,11	278,94	300,70	305,61	309,80	325,86
VII	0,00	1,27	2,86	4,06	4,18	0,26	2,52	5,16	6,73	5,81	1,18	2,47	4,08	5,29	5,41
VIII	3,82	5,78	6,99	7,27	6,89	4,09	7,08	9,38	10,02	8,56	-19,89	-18,37	-17,44	-17,22	-17,52
Suma	1,27	2,73	4,03	4,96	5,13	1,54	4,00	6,36	7,65	6,77	-13,77	-12,52	-11,42	-10,63	-10,48

metoda	IV (6)					V (8)				
Izvod min	60	120	180	240	300	60	120	180	240	300
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
I	-19,73	-17,01	-15,64	-14,90	-14,09	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01
II	-5,59	-6,00	-5,94	-5,34	-4,04	0,07	0,04	0,02	0,02	0,02
III	25,81	28,24	28,28	28,25	30,11	0,33	0,17	0,11	0,08	0,07
IV	-55,45	-55,82	-55,62	-55,13	-54,43	-0,06	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01
V	-16,80	-16,69	-17,24	-17,21	-16,76	0,23	0,12	0,08	0,06	0,05
VI	278,94	296,91	297,89	300,70	320,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VII	1,18	1,50	2,10	2,95	4,13	0,25	0,12	0,08	0,06	0,05
VIII	-19,89	-19,14	-19,01	-19,06	-18,52	-0,06	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01
Suma	-19,73	-17,01	-15,64	-14,90	-14,09	0,10	0,05	0,03	0,03	0,02

Ako kao referentnu metodu za proračun ENS uzmemo poslednju, jer je se ona zasniva na proračunu sa najviše podataka do kojih je moguće doći, dolazimo do zaključka da je peta - V metoda po rezultatima vrlo bliska. Prva i druga metoda daju vrlo bliska odstupanja – reda nekoliko procenata u zavisnosti od izabranog izvoda. Sumarna odstupanja su do 10 % što možemo smatrati približno tačnim proračunom. Razlog ovako preciznog proračuna leži u činjenici da imamo dosta precizno određenu ispalu snagu u trenutku prekida. Odstupanja u odnosu na estimirane vrednosti koja se javljaju su prouzrokovana različitim ponašanjem pojedinačnih izvoda u odnosu na dijagram opterećenja celokupnog konzuma. Za prekide koji traju kratko do sat ili dva ove metode daje vrlo dobre rezultate.

III (3) i IV (6) metoda se zasnivaju na računskom određivanju ispalne snage. Vidimo na osnovu prethodne tabele da su pojedinačna odstupanja od proračuna estimacije vrlo šarolika. U nekim slučajevima su vrednosti vrlo bliske, a u nekim veoma različite, čak i do nekoliko puta. Očigledno je da takvi izvodi nisu reprezentativni celokupne mreže. Međutim ukupna odstupanja koja se kreću do 20% mogu se shvatiti kao prihvatljiva, s tim što metoda III daje nešto bolje rezultate. Ove dve metode moramo primenjivati kada nemamo ispalu snagu, stoga smatramo da su zadovoljavajuće.

Poslednja V (8) metoda daje rezultate koji su veoma u nekim slučajevima i indetični rezultatima proračuna pomoću estimacije stanja. Ova pojava je posledica toga što se opterećenja veoma malo menjaju ako se posmatraju odgovarajući dani. I estimacija se zasniva na nekim istoriskim podacima na osnovu kojih se formira dijagram opterećenja za deo mreže.

Na osnovu prethodno obrađenih metoda i rezultata zaključili smo da je estimacija najtačnija metoda, ali da je vrlo zahtevna. Treba puno podataka za svaki prekid da bi se korektno mogla izvesti. Toliki posao zahteva dosta vremena jer se u slučaju nedostatka sistema mora raditi ručno. Godišnje postoji više hiljada prekida koje treba obraditi pa je bez računarskog sistema to nemoguće.

Metoda V je veoma precizna, ali i zanjenu primenu moramo posedovati istoriju merenja i neki sistem koji će obađivati podatke.

Metode I, II, III i IV se mogu relativno jednostavno primenjivati na velikom broju prekida.

Primena ovih metoda na realnom sistemu sa više od 7000 prekida tokom godine je veoma brza i traje svega nekoliko minuta. Jedino je malo veći posao određivanje ispane snage kod metoda I i II.

Rezultati proračuna ove 4 metode nad svim prekidima tokom jedne godine je prikazan u sledećoj tabeli. U poslednjoj koloni je prikazan i rezultat dobijen na osnovu obrasca (1) [4], [5].

	I	II	III	IV	obrazac (1)
ENS (MWh)	9224	8382	10980	10492	10499

Prethodna tabela potvrđuje rezultate dobijene proračunima na malom broju izvoda, tj. da se rezultati dobijeni III i IV metodom (metode sa procenom ispane snage) razlikuju za oko 20 procenata u odnosu na metode I i II (metode sa poznatom ispalom snagom). Uzroke ovako velike razlike u ova dva pristupa treba tražiti u tačnosti ulaznih podataka, pre svega instalisanosti snazi DTS koje nisu u vlasništvu distributivnog preduzeća. Veliki broj korisnika ne koristi svoja postrojenja ili ih koristi u simboličnoj meri, a pomoću III i IV metode ona se ubrajaju kao da rade kao i ostatak mreže. Za ove korisnike bi bilo korisnije uzimati u proračun odobrenu snagu.

4. ZAKLJUČAK

Pokazatelj ENS predstavlja pokazatelj koji je prevashodno orjentisan ka ispalnoj snazi dela mreže i kao takav je dobar da bi se donekle uspostavio balans nad pokazateljima koji uvažavaju samo broj korisnika bez napajanja. Njegovo kvalitetno kvantifikovanje je izazov koji stoji između seta raspoloživih podataka i tačnosti proračuna. Ovde su prikazana tri pristupa načinu proračuna.

Prvi pristup obuhvata metode I i II, odnosno da nam je poznata ispalna snaga u trenutku prekida odnosno neposredno pre nastanka prekida. Za primenu ove metode potrebno je poznavati ispalnu snagu i nju je moguće dobiti iz SCADA sistema ukoliko postoji ili iz nekog od sistema za upravljanje distributivnom mrežom koji nam daje struje, odnosno snage po delovima mreže (izvodi – delovi izvoda) na osnovu merenja sa napojnih TS.

Ukoliko nam podaci za prvi pristup nisu dostupni, tada se oslanjamo na drugi pristup, metode III i IV koji nedostatak podataka o ispalnoj snazi prevazilaze njenim računanjem iz instalisanih snaga postrojenja u prekidu I celokupne mreže.

Treći pristup je na osnovu proračuna estimacije stanja – odnosno korišćenjem istorijskih podataka. I estimacija se zasniva na poznavanju prirode i karakteristika svih delova mreže i poračunom predviđa koliko bi ispalni deo mreže trošio da nije bilo ispada.

Poslednji pristup predstavlja način na koji bi se zapravo i trebalo vršiti proračun. Ovakav tip proračuna u realnim DEES mogu da sprovedu samo sofisticirani distributivni menadžment sistemi koji poseduju energetske funkcije i kvalitetne podatke o mreži. U nedostatku tih sistema u ovom trenutku se može koristiti prvi pristup ukoliko je sistem pokriven SCADA sistemom. Prvi pristup daje veliku tačnost, pogotovo ako se koristi i modifikacija sa uvažavanjem dijagrama opterećenja. Drugi pristup je iznuđeno rešenje zbog nedostatka dovoljne pokrivenosti mreže SCADA sistemom, ali je vrlo jednostavan. i u ovom slučaju se malo poboljšanje dobija uvažavanjem dijagrama opterećenja.

Cilj je svakako uvođenje savremenih sistema za nadzor i upravljanje distributivnim mrežama koji bi praktično sami tačno računali ENS [3]. Dok se to ne uvede na naše prostore ostaje nam da svako primeni pristup u skladu sa svojim mogućnostima.

Metoda kojoj je posvećeno najmanje pažnje je metoda na osnovu obrasca (1). Pokazuje se da je po rezultatu bliska drugom pristupu. Njena jednostavnost se bazira na korektnom određivanju pokazatelja SAIDI. Ovaj pristup je krajnje jednostavan za primenu na celokupnu mrežu.

Želja i potreba da se na pravičan način vrši poređenje različitih delova mreže (izvoda, trafopodručja i sl.) nametnula je potrebu računanjem ENS kao reprezentivne veličine (energetske) korisnika DS. Kombinacija klasičnih pokazatelja pouzdanosti (SAIDI, SAIFI i CAIDI) sa ENS dala bi bolji odgovor o pouzdanosti distributivne mreže.

6. LITERATURA

1. "Pravila o praćenju tehničkih i komercijalnih pokazatelja i regulisanju kvaliteta isporuke i snabdevanja električnom energijom i prirodnim gasom", Službeni Glasnik Republike Srbije broj 2, 10. januar 2014. Savet AERS, 31.12.2013.
2. „Izveštaj o radu Agencije za energetiku Republike Srbije za 2014. godinu“, AERS, april 2015., Beograd.

3. „Predlog za sistematsko prikupljanje, praćenje i obrada podataka za izračunavanje pokazatelja pouzdanosti isporuke električne energije kupcima na konzumnom području Privrednih Društava za distribuciju električne energije“, jun 2008., EPS, Beograd.
4. Podaci o pogonskoj spremnosti iz godišnjih izveštaja Distributivnih područja EPS Distribucije.
5. Publikacija „Energetski podaci za 2017. godinu“, Beograd.