

PRAKTIČNE PRIMENE POKAZATELJA KVALITETA ISPORUKE ELEKTRIČNE ENERGIJE

M. Radić*, PD Elektrovojvodina, Novi Sad, Srbija

UVOD

Sistematsko osmogodišnje praćenje prekida napajanja potrošača i analiza pokazatelja kvaliteta isporuke električne energije, omogućilo je razvoj različitih primena koje se koriste u distributivnim preduzećima.

Praćenje ranije uobičajenih pokazatelja neprekidnosti isporuke električne energije, SAIFI, SAIDI i ENS, od 2009. godine je dobilo na značaju posle odluke AERS da ovaj način praćenja postane obavezan za sva distributivna preduzeća u Srbiji.

U ovom radu su po prvi put prikazani uporedni rezultati ranijih obrada i obrade po metodologiji koja je propisana od strane AERS.

Pored analize pokazatelja kvaliteta isporuke, u distributivnim preduzećima je počela i konkretna primena dobijenih rezultata u cilju unapređenja poslovanja. Krenulo se sa uvođenjem podsticajnih mera, poređenjem rezultata distributivnih ogranaka, što vodi ka unapređenju planiranja održavanja i investicione izgradnje elektroenergetskih objekata.

Analizom liste kvarova utvrđuju se najčešće vrste kvarova, kritični elementi i eventualni nedostaci u održavanju. Na osnovu broja elemenata iste vrste pogođenih kvarom mogu se planirati rezervni delovi. Pored navedenog, ovi podaci ukazuju i na kvalitet proizvoda različitih proizvođača osnovne i prateće opreme i daju dobru orijentaciju kod budućih nabavki.

Poredeći Elektrovojvodinu sa distribucijama u državama EU, može se reći da su naše vrednosti pokazatelja SAIFI i SAIDI previsoke. U većini evropskih distribucije SAIFI ima vrednosti između 0,5 i 2 ispada po potrošaču godišnje, a SAIDI je između 30 i 100 minuta po potrošaču godišnje.

Visoke vrednosti pokazatelja SAIFI kod neplaniranih prekida mogu biti posledica neodgovarajućeg održavanja trasa nadzemnih vodova, slabog kvaliteta stubova, izolatora i druge opreme. Kod kablovskih vodova slaba mesta mogu biti kablovske završnice i spojnice ako nisu kvalitetno urađene, sami kablovi određenog tipa, neodgovarajući izbori preseka, trasa i načina polaganja.

Nezadovoljavajuće visoke vrednosti pokazatelja SAIDI kod neplaniranih prekida ukazuju na potrebe za reorganizacijom ili tehničkim unapređenjem odgovarajućih službi, kao i na potrebu uvođenja višeg stepena automatizacije u lociranju mesta nastanka, izdvajanja dela u kvaru, efikasnosti u otklanjanju kvara i ponovnom uspostavljanju napajanja.

Visoke vrednosti SAIFI i/ili SAIDI kod planiranih prekida ukazuju na potrebu reorganizacije službi održavanja kao i na potrebu racionalnog planiranja redosleda radova kako bi se izbegli nepotrebni prekidi napajanja.

*PD Elektrovojvodina, Bulevar Oslobođenja 100, Novi Sad, Srbija, milanko.radic@ev.rs

1. ANALIZA POKAZATELJA NEPREKIDNOSTI ISPORUKE

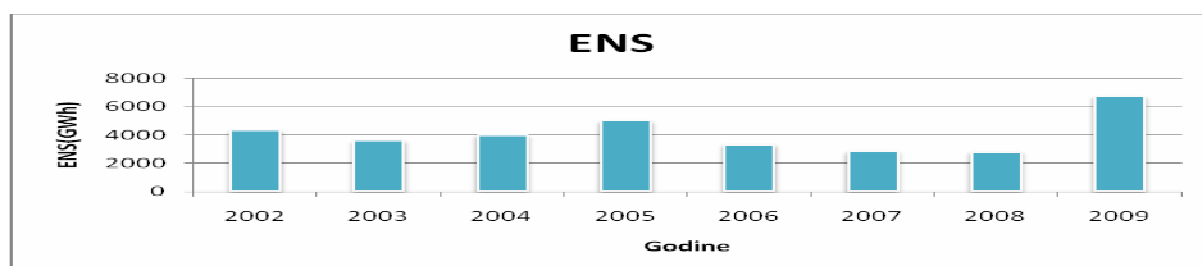
U proteklih osam godina u Elektrovojvodini je obrađivano šest pokazatelja kvaliteta isporuke, koji su merilo neplaniranih prekida isporuke električne energije i koji su uobičajeni u svim razvijenim elektroenergetskim sistemima u svetu danas.

1.1. Neisporučena električna energija zbog prekida napajanja potrošača

Na osnovu izveštaja o ispadima, za period od 2002. do 2009. godine, dobijeni su sledeći pokazatelji o neisporučenoj energiji ENS (*Energy Not Supplied*) za Elektrovojvodinu u celini:

TABELA 1 - ENS- Neisporučena energija zbog prekida napajanja u kWh

ENS/God	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ET 110/x kV	759.738	761.645	713.807	1.151.897	806.413	667.098	825.879	632.791
ET 35/x kV	390.719	249.550	196.390	208.186	228.338	249.072	259.872	284.198
SN mreža	3.204.252	2.598.198	3.074.421	3.650.801	2.295.452	1.931.071	1.730.777	5.830.234
ZBIR	4.354.709	3.609.393	3.984.618	5.010.884	3.330.203	2.847.241	2.816.528	6.747.223



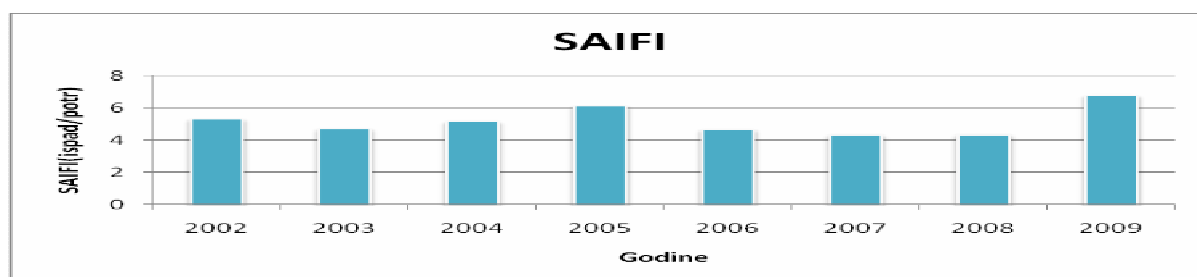
Sl.1. Grafički prikaz neisporučene energije ENS po godinama

1.2. Prosečna učestanost prekida napajanja po aktivnom potrošaču

Pokazatelj koji najjuverljivije pokazuje broj stanja u kojima potrošači ostaju bez napajanja je SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

TABELA 2 - SAIFI- Prosečna učestanost prekida po potrošaču (ispada/potrošaču)

SAIFI/God	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ET 110/x kV	1,867	1,502	1,537	1,902	1,30	1,20	1,527	0,73
ET 35/x kV	0,504	0,282	0,311	0,241	0,18	0,239	0,264	0,27
SN mreža	2,976	2,936	3,341	3,996	3,191	2,925	2,582	5,78
ZBIR	5,347	4,72	5,189	6,139	4,67	4,364	4,373	6,78



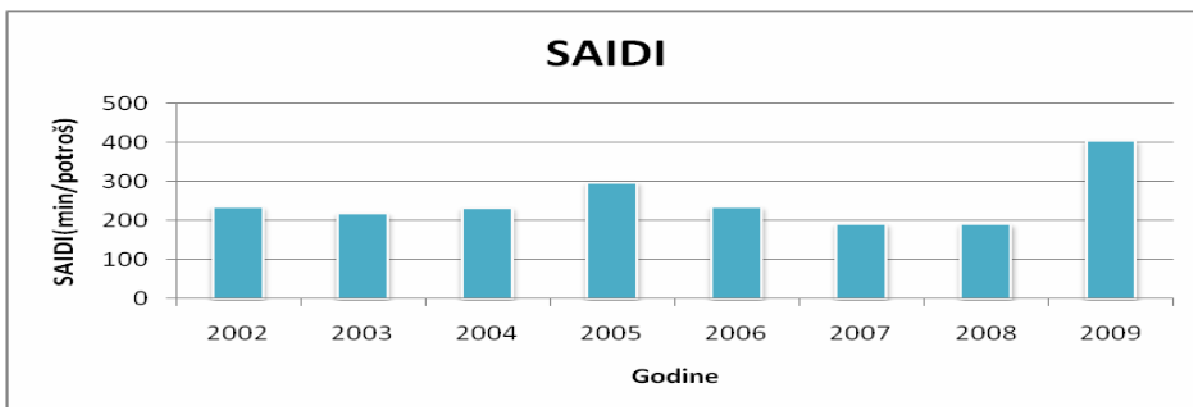
Sl.2. Grafički prikaz pokazatelja SAIFI po godinama

1.3. Prosečno trajanje prekida po aktivnom potrošaču

Pokazatelj koji najbolje pokazuje ukupno vreme koje prosečno svaki potrošač ostaje bez električne energije je SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

TABELA 3 - SAIDI- Prosečno trajanje prekida po potrošaču (minuta/potrošaču)

SAIDI/God	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ET 110/x kV	50,44	48,83	44,46	69,33	45,23	38,51	46,21	38,52
ET 35/x kV	26,63	15,98	12,42	13,40	14,22	13,96	19,67	14,79
SN mreža	157,51	154,23	175,83	215,66	175,71	139,53	125,32	352,37
ZBIR	234,58	219,04	232,71	298,39	235,16	192,00	191,20	405,68



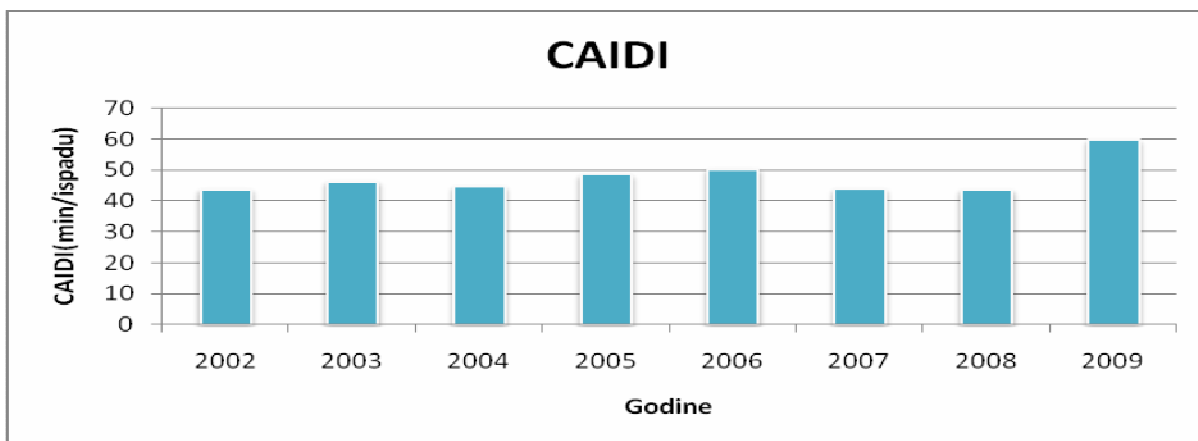
Sl.3. Grafički prikaz pokazatelja SAIDI po godinama

1.4. Prosečno trajanje prekida napajanja ispalog potrošača

Pokazatelj koji pokazuje vreme koje je potrebno da prosečan potrošač koji je ostao bez električne energije, ponovo dobije napajanje je CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*).

TABELA 4 - CAIDI- Prosečno trajanje ispada ispalog potrošača (minuta/ispadu)

Godina	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ET 110/x kV	27,00	32,50	28,93	36,45	34,80	32,09	30,26	52,48
ET 35/x kV	52,85	56,73	39,91	55,64	78,79	58,45	74,51	55,59
SN mreža	52,93	52,53	52,63	53,97	55,06	47,709	48,531	60,91
ZBIR	43,87	46,37	44,84	48,60	50,35	43,99	43,72	59,83



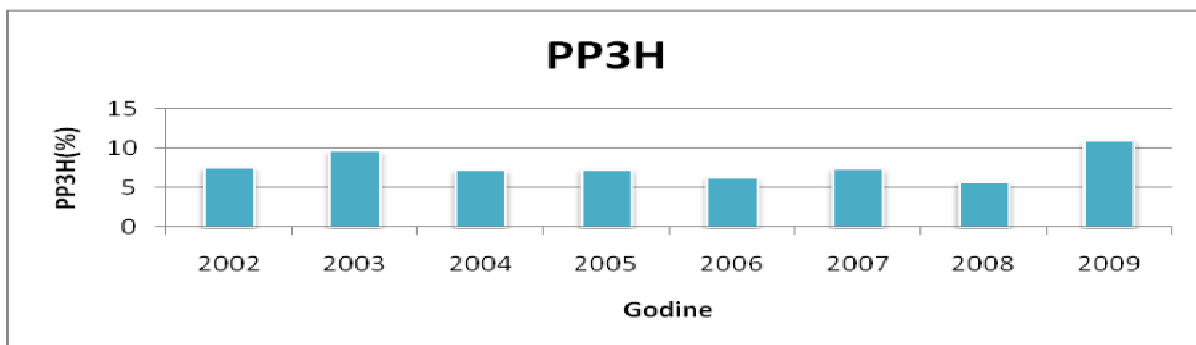
Sl.4. Grafički prikaz pokazatelja CAIDI po godinama

1.5. Procenat prekida koji nisu otklonjeni u roku 3 sata i u roku 24 sata

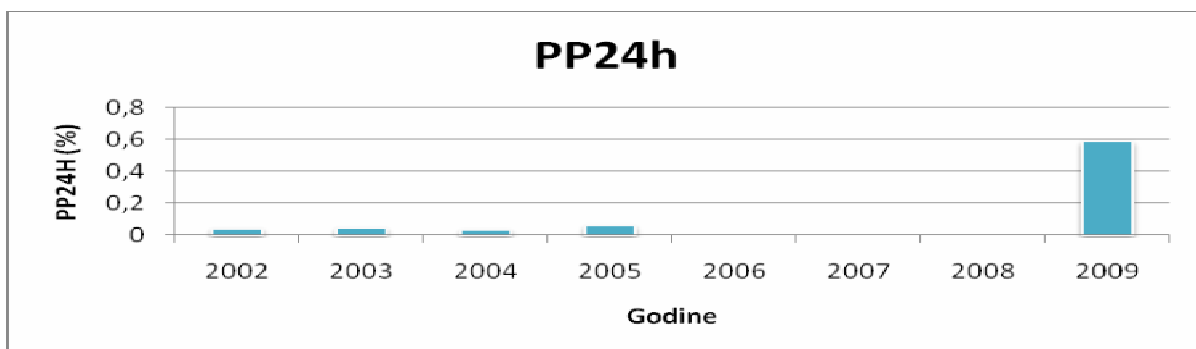
U cilju analiziranja ispada koji ekstremno dugo traju uvedeni su pokazatelji: PP3H koji prikazuje procenat prekida koji nisu otklonjeni u roku od 3 sata, i PP24H koji prikazuje procenat prekida koji nisu otklonjeni u roku od 24 sata.

TABELA 5 – PP3H i PP24H- Procenat prekida koji nisu otklonjeni za 3sata, odnosno za 24 sata

Godina	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
PP3H (%)	7,55	9,66	7,28	7,37	6,32	7,43	5,80	11,02
PP24H (%)	0,042	0,046	0,036	0,062	0,00	0,00	0,00	0,59



SI.5. Grafički prikaz pokazatelja PP3H po godinama



SI.6. Grafički prikaz pokazatelja PP24H po godinama

Iz ovih prikaza može se zaključiti da nije postignut trend poboljšanja ni na jednom pokazatelju, u periodu od pet godina. Objašnjenje se može naći u činjenici da planirane aktivnosti, koje su predložene u izveštajima iz prethodnih godina, nisu dosledno i u potrebnom obimu sprovedene. Uočljivo je da je prisutan uticaj meteoroloških uslova u okolini te je neophodno u analize ugraditi podatke iz meteoroloških izveštaja.

Analizom zbirnih pokazatelja za transformatore i SN mrežu, uočava se da je uticaj SN mreže dominantan, i da na njoj treba preduzeti značajne aktivnosti radi poboljšanja stanja. Treba planirati zamene kablova kao i izolatora na kritičnim deonicama SN mreže, uvoditi u primenu lako izolovane provodnike na deonicama sa rastinjem, sprovesti sistematsku zaštitu ptica u zonama gde su one uzrok ispada.

Iz ovog prikaza može se zaključiti da pokazatelji variraju u periodu od osam godina, sa trendom blagog opadanja ili stagnacije u prethodne tri godine. Značajno povećanje vrednosti pokazatelja u 2009. godini posledica je pogoršanja pokazatelja za SN mrežu. Do toga je najvećim delom došlo zbog primene nove metodologije praćenja ispada koju je definisala AERS. Nova metodologija je uvela dnevnu obaveznost ažuriranja podataka o prekidima, tako da su obuhvaćeni svi neplanirani prekidi i nema preskakanja evidencije čega je ranijih godina bilo. Sada je teško odvojiti ostale uticaje i vršiti kvalitativnu analizu ispada u 2009. godini u poređenju sa prethodnim godinama, ali nakon tri godine imaćemo referentne podatke za uporedne analize u okviru Elektrovojvodine, između ogranaka u Elektrovojvodini kao i sa ostalim privrednim društvima za distribuciju u sastavu EPS-a.

2. ZBIRNI PREGLED ISPADA PO UZROCIMA

Kako bismo omogućili preduzimanje konkretno usmerenih akcija na održavanju elektroenergetskih objekata, deo praćenja podataka o ispadima mora biti evidencija uzroka prekida isporuke električne energije. Na primeru ispada u 2009. godini prikazano je koji su najčešći uzroci ispada transformatora 110/x kV i 35/x kV.

Red. Br.	U z r o k	br. Ispada
	ET 110/x kV	
1	zaštita izvoda 20 kV nepouzdan rad	10
2	prekidač 20 kV-nepouzdan rad	4

3	nepoznat uzrok	7
4	prekidač 20 kV eksplozija	2
5	Buholc ET- nizak nivo ulja	1
6	kvar na DV 110 kV DZ	3
7	prekidač 110 kV kvar	3
8	životinja u postrojenju	2

ET 35/x kV

1	nepoznat uzrok	11
2	izvodi 20 i 35 kV nemaju zaštitu	11
3	prekidač SN nepouzdan rad	6
4	nepouzdan rad-kvar zaštite SN izvoda	6
5	vremenske nepogode	11
6	nizak nivo ulja- Buholc	2
7	kontaktni termometar ET	3
9	prolazni izolator SN - proboj	4
10	manipulativna greška	1

3. PRIKAZ RAZLIČITIH MERA ODRŽAVANJA ZA POBOLJŠANJE KVALITETA ISPORUKE

Na osnovu identifikacije najčešćih uzroka prekida isporuke, predlažu se planske mere za poboljšanje kvaliteta isporuke. Kao primer prikazano je nekoliko konkretnih planskih zadataka koji su predviđeni za realizaciju u 2010. godini.

Nepouzdan rad zaštite na izvodima i TP 20 kV na TS 110/20 kV(10 puta) , nepouzdan rad zaštite na izvodima SN na TS 35/20 kV (6 puta), ne postojanje zaštite na SN izvodima na TS 35/x kV (11 puta), uzroci su izuzetno velikog broja ispada ET. Predloženo je da se posveti posebna pažnja radu ovih zaštita , da se snime svi problemi sa kojima se suočavaju službe MIZ-a kao što su : adekvatna popuna službi MIZ-a u ograncima stručnim i obučanim radnicima, sagledavanje mogućnosti zamene starih zaštita novim, obuka radnika, obezbeđenje rezervnih delova i uređaja, opremljenost potrebnim sredstvima za rad. Predložena je planska sistematska zamena zaštitnih uređaja na izvodima i TP 20 kV u TS 110/20 kV, u nekoliko narednih godina.

Još uvek se često kao uzroci ispada ET 110/20 kV(6 puta), ponavljaju nepouzdanosti u radu prekidača 20 kV. U 2009. godini dogodile su se dve eksplozije malouljnih prekidača 20 kV u toku isključenja kvara, u TS Nova Crnja i TS Novi Bečej. Ove eksplozije su imale velike posledice zbog pojave požara u postrojenju 20 kV. Najčešće pominjani problemi zbog kojih otklanjanje nepouzdanog rada prekidača ide sporo su: starost prekidača, neobučenost radnika, nedovoljan broj radnika na poslovima održavanja, nedostupnost rezervnih delova, neopremljenost uređajima za ispitivanje stanja prekidača, neopremljenost potrebnim alatima i td. U 2009. godini nabavljeno je 140 novih vakumskih 20 kV prekidača radi sistematske zamene. Planiran je nastavak zamene prekidača novim, i po mogućnosti da se obavi zamena svih malouljnih prekidača u pogonu u ovoj i narednoj godini. Planirana je nabavka savremenih uređaja za svaki ogranak, za kontrolu stanja prekidača u pogonu.

Izuzetno često kao uzrok ispada ET 110/x kV(7 puta) i ET 35/x kV(11 puta), naveden je nepoznat uzrok ispada. Nedostatak registrovanih podataka je glavni razlog tome. U 2008. godini nabavljena su dva prenosna registratora događaja za korišćenje u svim ograncima u periodu intenzivnih ispada u mreži. Treba razmotriti svrsishodnost proširenja lokalne signalizacije i koristiti prenosive registratore događaja i u TS 35/x kV. Pored toga treba povećati radnu disciplinu i obučenost radnika kako bi obaveštavanje o događajima bilo kvalitetnije.

Ponovno uvođenje značajnije stimulacije pogonske spremnosti među ograncima Elektrovojvodine, koja se ne primenjuje u poslednjih nekoliko godina, delovalo bi pozitivno na poboljšanje pokazatelja kvaliteta isporuke električne energije, a posebno pokazatelja CAIDI. Sadašnje velike razlike među ograncima treba smanjiti stimulativnim merama.

Praćenjem vremena trajanja ispada uočeno je da su prekidi isporuke, čiji je uzrok prolaznog karaktera, znatno kraći ako TS 110/x kV i SN mreža imaju sistem daljinskog upravljanja (SDU). Kod trajnih kvarova na SN mreži takođe je velika uloga SDU, jer se sekcionisanjem smanjuje trajanje prekida jednom delu potrošača. Zbog toga je važno istaći da je ubrzano uvođenje SDU na TS 110/x kV i u SN mrežu veoma važno za poboljšanje pokazatelja SAIDI i CAIDI, koji ukazuju na trajanje prekida.

4. PREDLOG METODOLOGIJE ZA POREĐENJE (BENCHMARKING) DISTRIBUTIVNIH KOMPANIJA KAO PODSTICAJ NA POBOLJŠANJE KVALITETA ISPORUKE

Primenom metode poređenja distributivnih preduzeća ili ogranaka međusobno, može se doći do metodologije podsticaja radnika koji rade na poslovima održavanja i upravljanja da se posvete poboljšanju pokazatelja kvaliteta i smanjenju očekivanih penala za narušen kvalitet isporuke električne energije kupcima. U tabelama 6-9 prikazano je kako se izračunavaju pokazatelji za poređenje ogranaka na konkretnom primeru za 2009. godinu.

Kao primer poređenja, na osnovu dostupnih podataka u Elektrovojvodini ovde su prikazani uporedni rezultati za šest godina, za ogranke Društva. Za godine 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 i 2009 normalizovani prikaz pokazatelja SAIFI, SAIDI i CAIDI po ogranacima, svedenih na njihov broj potrošača, prikazan je u tabeli 10. U poslednjoj koloni tabele dat je rang ogranaka posmatranih zbirno za ceo šestogodišnji period.

Pokazatelji pouzdanosti po delovima preduzeća za 2009.g.:

TABELA 6 - SAIFI = broj ispada po potrošaču

ED	110/X	35/X	SN	Zbir	Normaliz
NS	0,53	0,34	2,42	3,29	0,485
SU	0,33	0,03	4,61	4,97	0,733
PA	1,36	0,22	5,15	6,73	0,992
ZR	0,39	0,87	12,58	13,84	2,041
SO	0,24	0,00	7,25	7,49	1,105
RU	2,33	0,11	8,72	11,16	1,646
SM	0,28	0,10	3,75	4,13	0,609
EV	0,73	0,27	5,78	6,78	1,000

TABELA 7 - SAIDI= minuta po potrošaču

ED	110/X	35/X	SN	Zbir	Normaliz
NS	33,00	10,34	154,10	197,44	0,486
SU	14,38	0,41	278,03	292,82	0,722
PA	62,69	20,19	445,97	528,85	1,303
ZR	85,36	62,37	817,10	964,83	2,378
SO	3,83	0,00	294,96	298,79	0,736
RU	55,63	4,29	443,07	502,99	1,239
SM	4,22	3,57	217,59	225,38	0,555
EV	38,52	14,79	352,37	405,68	1,000

TABELA 8 - CAIDI = minuta po ispadu

ED	110/X	35/X	SN	Zbir	Normaliz
NS	62,67	30,13	63,75	58,26	0,976
SU	43,38	15,00	60,33	60,27	1,009
PA	45,96	92,93	86,57	72,89	1,22
ZR	220,39	71,97	64,92	70,84	1,186
SO	16,10	0,00	40,67	39,94	0,669
RU	23,89	37,37	50,81	45,06	0,755
SM	15,02	34,17	58,08	59,48	0,996
EV	52,48	55,59	60,91	59,70	1,000

TABELA 9 - Normalizovani prikaz pokazatelja SAIFI, SAIDI i CAIDI po ED

ED	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ZBIR	RANG
NS	0,485	0,486	0,976	1,947	1
SU	0,733	0,722	1,009	2,464	3
PA	0,992	1,303	1,22	3,515	5
ZR	2,041	2,378	1,186	5,605	7
SO	1,105	0,736	0,669	2,51	4
RU	1,646	1,239	0,755	3,64	6
SM	0,609	0,555	0,996	2,16	2
EV	1,000	1,000	1,000	3,000	

TABELA 10 – Primer poređenja distributivnih ogranaka u Elektrovojvodini za period 2004-2009.g.

ED	2004		2005		2006		2007		2008		2009		4-9
	ZBIR	R	ZBIR	R	ZBIR	R	ZBIR	R	ZBIR	R	ZBIR	R	
NS	2,175	3	2,255	3	2,633	4	2,024	1	2,889	4	1,947	1	2
SU	2,813	4	2,929	4	2,726	5	2,498	3	2,268	1	2,464	3	3
PA	3,829	8	3,270	6	3,206	6	3,264	4	2,578	3	3,515	5	5
ZR	2,818	5	3,631	7	3,791	8	4,188	6	3,553	6	5,605	7	6
SO	2,946	6	3,110	5	3,346	7	3,477	5	3,271	5	2,510	4	4
RU	5,105	10	4,200	10	3,858	9	4,594	7	4,647	7	3,640	6	7
KI	4,136	9	3,875	9	4,177	10	-	-	-	-	-	-	-
SM	2,098	2	2,058	2	2,321	3	2,377	2	2,285	2	2,160	2	1
VR	1,550	1	1,962	1	1,445	1	-	-	-	-	-	-	-
SE	3,424	7	3,856	8	2,308	2	-	-	-	-	-	-	-
EV	3,000		3,000		3,000		3,000		3,000		3,000		

Ovako izveden zbirni normalizovani pokazatelj, daje veoma slikovito rang svakog ogranka u odnosu na prosek Elektrovojvodine, što se može koristiti kao merilo kvaliteta održavanja i upravljanja distributivnom mrežom, npr. prema procentu za koji je ED bolja od proseka Elektrovojvodine u 2009.godini:

1. ED NOVI SAD 35,1 %
2. ED S. MITROVICA 28 %
3. ED SUBOTICA 18 %
4. ED SOMBOR 16,4 %

Ovako dobijeni procenti mogu biti osnova za utvrđivanje stimulacije za one koji su dali merljiv doprinos pozitivnim rezultatima svog ogranaka.

U Elektrovojvodini je u toku razrada sveobuhvatne metodologije za ocenu uspešnosti rada ogranaka. Metodologija se temelji na praćenju ostvarenja pet postavljenih ciljeva poslovanja:

- Smanjenje gubitaka u razvodu,
- Pобоljšanje naplate potraživanja za isporučenu električnu energiju,
- Podizanje pogonske spremnosti elektroenergetskih objekata,
- Pобоljšanje likvidnosti,
- Pобоljšanje finansijskog rezultata poslovanja.

Podizanje pogonske spremnosti elektroenergetskih objekata, u ovoj metodologiji se prati preko pokazatelja kvaliteta isporuke, SAIFI, SAIDI i CAIDI. Dodela poena za poređenje se izvodi tako da najbolji od sedam ogranaka dobija 7 poena a najlošiji 1 poen. Ostala četiri pokazatelja uspešnosti rada ogranaka primenjuju se na sličan način uz dodelu poena po rangu, u rasponu 1 do 7 ili 2 do 14 poena. Način stimulanja i penalisanja još uvek nije doveden do primene.

5. ZAKLJUČAK

Sistematsko osmogodišnje praćenje prekida napajanja potrošača i analiza pokazatelja kvaliteta isporuke električne energije, omogućilo je razvoj metodologije za uvođenje kaznenih i podsticajnih mera koje imaju cilj da distributivno preduzeće svojim potrošačima isporučuje energiju odgovarajućeg kvaliteta.

U trećem poglavlju je dat predlog jednog mogućeg načina planskog upravljanja održavanjem elektroenergetske opreme koja je najčešće prouzrokovala prekide isporuke.

Na kraju, u četvrtom poglavlju dat predlog načina poređenja i stimulanja distributivnih preduzeća i ogranaka na međusobno takmičenje u kvalitetu održavanja distributivne mreže.

6. LITERATURA

1. CEER(Council European Energy Regulators), 2008., 4th Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply, Brussels.
2. Radić M., Radić D., 2007., One New Approach To Maintenance Of Electrical Power Equipment In 110/x kV Sustations, 19th International Conference on Electricity Distribution (CIRED), Vienna.
3. Radić M., Radić D., 2008., Predlog pristupa za poboljšanje kvaliteta isporuke električne energije, VI savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije (CIRED), Vrnjačka Banja.

Ključne reči: kvalitet isporuke, pokazatelji, podsticaj, poređenje