

## **MERNI UREĐAJ KAO MESTO GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U ELEKTRODISTRIBUTIVNIM MREŽAMA**

B. Miljković, PD "Elektrovojvodina" doo Novi Sad, Elektrodistribucija Sombor, R Srbija  
N. Krkljuš, PD "Elektrovojvodina" doo Novi Sad, Elektrodistribucija Sombor, R Srbija

### **UVOD**

U novonastalim uslovima, jasno su definisane i izdvojene funkcije proizvodnje, prenosa i distribucije električne energije. Elektrodistribucije se na ovaj način susreću sa činjenicom (mestom) da je s jedne strane kupac, a s druge strane su prenos (transport) i proizvođač električne energije. Svako u ovom lancu, do kupca, mora prvo da smanji svoje troškove i poveća efikasnost poslovanja radi ostvarenja što veće zarade. U „Strategiji razvoja energetike“ koji su usvojili Vlada i Narodna skupština Republike Srbije jedan od šest strateških pravaca/ciljeva je povećanje energetske efikasnosti (koja indirektno predstavlja jedan od najznačajnijih energetske resursa Srbije), posebno tamo gde se ulaganja znatno brže vraćaju nego ulaganja u gradnju novih objekata. Jedan od značajnijih resursa, u ovom pogledu, su gubici električne energije, čijim otklanjanjem/smanjenjem bi se moglo uštedeti čak i do 8% godišnje proizvodnje EPS-a.

### **NOVI POGLEDI NA PODELA GUBITAKA**

Najveći izazov distributivnog sektora, pored stepena naplate, jesu loše stanje infrastrukture sistema i još uvek visoki ukupni gubici, koji su u 2007. godini iznosili 14%. U ukupnim gubicima energije u distribuciji, tehnički iznose oko 60%, ili oko 9% ukupne proizvodnje, što znači da se godišnje gubi oko 2,32 TWh električne energije, odnosno suma od preko 100 miliona evra. Mada su tehnički gubici nešto smanjeni poslednjih godina, oni su i dalje znatno veći od evropskih i regionalnih proseka.

Smanjenje tehničkih gubitaka se mora sprovesti ulaganjem u zamenu dotrajale infrastrukture (transformatora, nadzemnih vodova i druge tehnički izrabljene opreme). Oko 40% gubitaka (oko 6% ukupne proizvodnje) odnosi se na takozvane komercijalne gubitke, u čemu manji deo nastaje zbog korišćenja starih mernih uređaja, a glavni deo predstavlja krađu. Prema poslovnim rezultatima distribucija za 2007. godinu, od oko 6% ili 1,7 TWh (od 29 TWh preuzete energije) daleko najveći deo je krađa. To predstavlja sumu od preko 80 miliona evra godišnje.

Još 2002. godine je odlučeno da je neophodna brza i organizovana promena svih brojila u Srbiji (preko 3.000.000) i da nova brojila moraju imati funkciju daljinskog očitavanja, upravljanja i daljinskog isključivanja potrošača. Nažalost, ovaj projekat se nije realizovao planiranom dinamikom, tako da je nabavljen mali broj brojila koja imaju funkcije daljinskog očitavanja i isključenja. Instaliranje novih električnih brojila (većini je davno istekao vek trajanja) i smanjenje krađe električne energije je trenutno najisplativija investicija EPS-a, sa povratkom uloženog kapitala za 4-5 godina. [1]

Podaci o gubicima u srpskom elektroenergetskom sistemu govore puno sami za sebe. Najbolja analiza koja će pomoći u razumevanju uzroka tolikih iznosa gubitaka je uporedna analiza s državama u okruženju. Na osnovu međusobnih sličnosti i razlika, kao što su iznosi i raspodele potrošnje električne energije, privredna razvijenost, socijalne karakteristike i mentalitet stanovništva i sl., mogu se prepoznati činioци koji najviše utiču na gubitke. Prema godišnjim energetske izveštajima, industrijska potrošnja u neto domaćoj potrošnji u Srbiji je 40 %, dok je u zemljama EU daleko veća.

No, ako bi se na srpski elektroenergetski sistem primenila raspodjela potrošnje kao u zemljama EU, ukupni gubici bi se smanjili. No, trenutno oni su prisutni u sledećem procentu:

Iznos ukupnih gubitaka / Amount of total losses (%)	Države / Countries
Manje od 6 / Less than 6	Finska, Luksemburg, Belgija, Nizozemska, Njemačka / Finland, Luxembourg, Belgium, Netherlands, Germany
6 – 8	Italija, Danska, Švicarska, Francuska, Austrija, Slovenija / Italy, Denmark, Switzerland, France, Austria, Slovenia
8 – 10	Švedska, Velika Britanija, Španjolska, Portugal, Norveška, Irska, Grčka, Češka, Slovačka / Sweden, Great Britain, Spain, Portugal, Norway, Ireland, Greece, Czech Republic, Slovakia
10 – 12	Estonija, Litva, Latvija / Estonia, Lithuania, Latvia
12 – 14	Hrvatska, Poljska, Mađarska, Rumunjska / Croatia, Poland, Hungary, Romania
14 – 16	Bugarska, Crna Gora / Bulgaria, Montenegro
više od 16 / Over 16	Turska, Srbija, Bosna i Hercegovina, Albanija / Turkey, Serbia, Bosnia & Herzegovina, Albania

Tabela 1 – Podaci o gubicima u elektroenergetskim sistemima evropskih država u posljednjih nekoliko godina (2000.Σ 2005.)

Napomene uz podatke iz tabele 1:

- Prosečni gubici u državama EU-15 iznose 7,3 %.
- Zbog preuzimanja podataka iz više izvora, od izveštaja evropskih energetskih regulatora do državnih energetskih bilansa, moguć je različit pristup određivanju gubitaka u navedenim državama. Osnovna dilema je da li su u izračunavanju gubitaka obuhvaćene mreže svih distributivnih operatera pojedine države. [2]

Za kvalitetno utvrđivanje godišnjeg nivoa ukupnih gubitaka u distributivnoj mreži nužno je kvalitetno vođenje energetskog bilansa. Prodaja električne energije prati se pomoću mesečnih računa/rata, što znači da se gubici ne računaju isključivo na temelju očitanih mernih podataka. Ta činjenica je posebno nepovoljna kod određivanja potrošnje električne energije iz mesečne akontacione rate kod kupaca sa dvotarifnim mjerenjem [2] (sčim EPS trenutno nema problema, jer je očitavanje mesečno, što opet u drugu ruku opterećuje poslovanje). Dodatni problemi su nemogućnost vremenskog povezivanja potrošnje s nabavkom električne energije, te odstupanje obračunske od kalendarske godine.

Ipak, detekcija gubitaka, poreklo, veličine, metode za njihovo otklanjanje su davno ustanovljene, kao i njihova gruba podela na tehničke i komercijalne. Ta podela i dalje stoji. Usklađivanjem zakonskih akata sa predstojećim aktivnostima na deregulaciji tržišta električne energije došlo je do određenih promena. Kao prvo, merni uređaj je postao deo elektrodistributivne mreže, pa tako i gubici na mernim uređajima bi po tome trebali da spadaju u tehničke gubitke. No, specifičnosti mernog uređaja kod kupaca električne energije su te da postoje “stvarni tehnički gubici” (posledica nesavršenosti uređaja koji su u literaturi obrađeni i apsolvirani) i “relativni tehnički gubici”. U ovom radu “relativni tehnički gubici” predstavljaju gubitke nastale po osnovu tehničke neispravnosti mernih uređaja ali ne spoljnim delovanjem (magnet, varničar, film, isl.) već otkazom istog kao dela elektrodistributivnog sistema. Analizom i statističkim pregledom rezultata nalaza, kontrole mernog mesta (KMM) na elektrodistributivnom području ogranka Elektrodistribucije Sombor, uočeno je da oni svojim učešćem čine ne mali deo u ukupnim gubicima, čak neki pokazatelji ukazuju da su na nivou neovlašćenog korišćenja električne energije.

Sagledavanjem na ovaj način “relativnih tehničkih gubitaka” na mernim uređajima (koji u literaturi nisu dovoljno obrađeni ni prezentovani kroz verovatnoću-predviđanje istih), nameće se stav da je ulaganje u zamenu postojećih mernih uređaja (posebno najsavremenijim AMM uređajima) brz i efikasan način povećanja efikasnosti elektrodistributivnih preduzeća i sa stanovišta smanjenja tehničkih gubitaka.

Na kraju ovog poglavlja može se zaključiti da trenutna podela gubitaka, gde se gubici na brojilu svrstavaju u komercijalne i tehničke gubitke ulazi u domen dileme. Činom pripojenja mernog mesta distributivnoj mreži, gubici na mernom uređaju koje čini aktivni deo mernog mesta, koji nisu nastali kao posledica spoljnog delovanja, praktično se mogu svrstati u grupu tehničkih gubitaka na mreži. U tom slučaju formulacije iz navoda [1] moraju se menjati odnosno dopuniti, čime se menjaju odnosi učešća tehničkih odnosno komercijalnih gubitaka u ukupnoj proizvodnji EPS-a. No, prvobitna formulacija ostaju i dalje tj. ovde je reč o električnoj energiji koja je isporučene odnosno koja je došla do kupca

električne energije ali je neregistrovana. Ste strane kupac nije oštećen, a elektrodistributivna mreža je „obavila“ svoj deo posla, te na taj način gledajući nije bilo otkaza na elektrodistributivnoj mreži koji bi uzrokovali ispad sa posledicom neisporuke električne energije. Posmatrajući problem na taj način deo neregistrovane električne energije spada u domen „tasa“ tj. merenja i naplate i u tom slučaju se svrstavaju u komercijalne odnose. U svakom slučaju, promene pozicioniranja gubitaka električne energije zbog neispravnosti mernog uređaja u mnogome će dati novu sliku u stvaranju viđenja i značaja menih uređaja u elektrodistributivnom sistemu.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Krajem 2009 i u toku 2010. godine sprovođenjem pojačanih aktivnosti na kontroli mernog mesta (KMM) i ciklusnoj zameni (CZ) mernih uređaja, uočilo se da su pojedini tipovi „skloni“ sličnim kvarovima, a koji rezultiraju da se u pojedinim fazama ili u sve tri faze ne meri protok električne energije. Analogijom praćenja neovlašćenog korišćenja električne energije, tj obračuna istog, konstatovano je da je u jednom procentu neovlašćenog korišćenja električne energije (osim u slučaju samovlasnog priključenja na elektrodistributivnu mrežu bez EES) deo energije ipak registrovan. Situacije koje to potvrđuju su činjenice da:

- U vrlo malo slučajeva (do 5%) neovlašćenog korišćenja električne energije je organizovano tako da se ne meri nikakav protok električne energije (uglavnom je ovde reč o isključenim kupcima koji su se sami uključili mimo mernog uređaja),
- U slučaju razmaknutih mernih mostova, u 70% slučajeva je reč razmaknutom mernom mostu na jednoj fazi dok ostatak čine razmaknuti merni mostovi na dve faze. Koliko je njihov stvarni učinak na merenje odnosno ne merenje utroška električne energije teško je proceniti (neravnomerana raspodela tereta u domaćinstvu, reorganizacija potrošača po fazama da bi se postigao veći efekat krađe, da li je reče o grejnim telima ili o svim potrošačima povezanim na nemerenu fazu tj. da li je neovlašćeno korišćenje električne energije vezano samo za zimski period ili je permanentna radnja, isl.), no možemo aproksimativno konstatovati da se u ovim slučajevima registruje cca 50% utroška godišnje.
- Prilikom upotrebe magneta deo energije se registruje (uglavnom u prepodnevnom časovima kad se ekipe elektrodistribucije prisutne na terenu), dok se krađa sprovodi u kasnim popodnevnom i noćnim satima. Analizom potrošnje procenjuje se da odnos neregistrovanog i registrovanog utroška električne energije je 7:3, tj. registruje se cca 30% utroška,
- Prilikom korišćenja strujnog izvora, za vraćanje stanja brojila (indukcionih) unazad, akteri neovlašćenog korišćenja električne energije uvek se trude da se registruje jedan deo utroška i tu je situacija vrlo slična kao kod upotrebe magneta za ometanje rad mernog uređaja.

Predhodna nabranja predstavljaju samo deo opusa neovlašćenog korišćenja električne energije. No, kao najtipičniji i najčešći (u oko 90% slučajeva) ukazuju na to da se kod neovlašćenog korišćenja električne energije, ipak, registruje deo električne energije i to cca 30% od ukupnog utroška. Druga činjenica koja je konstatovana, je da su sve ove radnje i aktivnosti prisutne u slučajevima kod direktnog merenja tj. kod kupavca kategorije široka potrošnja (domaćinstvo i kupaci TG 5). Treća činjenica je ta, da su u 80% slučajeva, merni uređaji, koji su zamenjeni zbog kvara, imali kvar takav da nisu merili protok ni u jednoj fazi, dok je u ostalim slučajevima uglavnom bilo neispravnao merenje samo na jednoj fazi.

Pregled nalaza sa terena obuhvata period od 01.01.2010. godine do 13.05.2010. godine. Zbog velike količine podataka u radu će bit prikazan izgled zaglavljaja tabela po vrsti potrošnje, mesečni pregled rezultata i presek stanja za ceo period. U ovaj skup i analizu nisu uzeti u obzir uređaji čija je neispravnost posledica delovanja spoljnog faktora.

Januar	ugrožen reon	Široka potrošnja - domaćinstvo								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć.	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		2769	2428	229	78	60	327	195	5	602
	%		87.69	8.27	2.82	2.17	11.81	7.04	0.18	21.74

Kontrolisana naselja: Sivac, Bač, Sombor, Ratkovo, Sonta, Gakovo, Apatin, Crvenka, Svetozar Miletić, Kolut, Telečka, Čonoplja, Kruščić, Karavukovo, Svilojevo, Bezdan, Srpski Miletić, Bački Monoštor, Kljajćevo, Prigrevica, Stanišić, Riđica

Februar	ugrožen reon	Široka potrošnja - domaćinstvo								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć.	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		2095	1862	151	60	36	182	141	3	470
	%		88.88	7.21	2.86	1.72	8.69	6.73	0.14	22.43

Kontrolisana naselja: Sivac, Sombor, Ratkovo, Apatin, Crvenka, Čonoplja, Kruščić, Karavukovo, Kolut, Bezdán, Srpski Miletić, Bački Monoštor, Kljajćevo, Prigrevica, Stanišić, Riđica, Bački Brestovac, Odžaci, Bački Breg

Mart	ugrožen reon	Široka potrošnja - domaćinstvo								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć.	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		2926	2563	174	103	85	394	141	3	611
	%		87.59	5.95	3.52	2.90	13.47	4.82	0.10	20.88

Kontrolisana naselja: Sivac, Sombor, Kolut, Gakovo, Kupusina, Telečka, Ratkovo, Apatin, Crvenka, Kupusina, Riđica, Kruščić, Karavukovo, Bezdán, Svetozar Miletić, Kljajćevo, Prigrevica, B.N. Selo, Bukovac, Bački Brestovac, Odžaci, Bođani, Bogojovo

April	ugrožen reon	Široka potrošnja - domaćinstvo								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć.	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		2229	1915	226	55	38	225	75	2	393
	%		85.91	10.14	2.47	1.70	10.09	3.36	0.09	17.63

Kontrolisana naselja: Sivac, Kolut, Sombor, Ratkovo, Apatin, Crvenka, Gakovo, Kruščić, Karavukovo, Bezdán, Bač, Svetozar Miletić, Gakovo, Bački Monoštor, Kljajćevo, Prigrevica, Obzir, Odžaci, Bukovac, Bođani, Lalić, Selenča, Stapar, Ratkovo, Deronje, B.N. Selo, Sonta, Vajska, Bođani

Maj	ugrožen reon	Široka potrošnja - domaćinstvo								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć.	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		907	771	89	34	12	15	13	0	127
	%		85.01	9.81	3.75	1.32	1.65	1.43	0.00	14.00

Kontrolisana naselja: Sivac, Sombor, Bač, Apatin, Riđica, Crvenka, Plavna, Nova Crvenka, Gakovo, Kruščić, Karavukovo, Bezdán, Lalić, Čonoplja, Srpski Miletić, Sonta, Kljajćevo, Bukovac, Selenča, Deronje, B.N. Selo, Vajska, Bački Brestovac,

Posmatrani period: 01.01.2010. – 13.05.2010.	ugrožen reon	Rekapitulacija - široka potrošnja - domaćinstvo								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć.	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		10926	9539	869	330	231	1143	565	13	2203
	%		87.30	7.95	3.02	2.11	10.46	5.17	0.11	20.16

Tabela 2: Pregled nalaza na terenu službe KMM kod kupaca kategorije široka potrošnja – domaćinstvo za period 01.01.2010. – 13.05.2010.

U sledećem tabelarnom pregledu dat je nalaz KMM za kupce kategorije široka potrošnja – ostali, a zastupljenost naseljenih mesta je identična kao kod kupaca široka potrošnja – domaćinstvo, stoga ispod mesečnih pregleda nije naveden podatak „kontrolisana naselja“.

Januar	ugrožen reon	Široka potrošnja - ostali								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		14	8	3	2	2	1	0	0	0
%			57.14	21.43	14.29	14.29	7.14	0.00	0.00	0.00

  

Februar	ugrožen reon	Široka potrošnja - ostali								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		293	269	9	10	6	43	2	0	27
%			91.81	3.07	3.41	2.05	14.68	0.68	0.00	9.22

  

Mart	ugrožen reon	Široka potrošnja - ostali								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		244	221	14	6	4	43	4	0	9
%			90.57	5.74	2.46	1.64	17.62	1.64	0.00	3.69

  

April	ugrožen reon	Široka potrošnja - ostali								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		90	75	7	4	4	17	1	0	4
%			83.33	7.78	4.44	4.44	18.89	1.11	0.00	4.44

  

Maj	ugrožen reon	Široka potrošnja - ostali								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		65	58	1	4	5	2	0	0	10
%			89.23	1.54	6.15	7.69	3.08	0.00	0.00	15.38

  

Posmatrani period: 01.01.2010. – 13.05.2010.	ugrožen reon	Rekapitulacija - široka potrošnja - ostali								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>UKUPNO:</b>		706	631	34	26	21	106	7	0	50
%			89.37	4.81	3.68	2.97	15.01	0.99	0.00	7.08

Tabela 3: Pregled nalaza na terenu službe KMM kod kupaca kategorije široka potrošnja – ostala potrošnja za period 01.01.2010. – 13.05.2010.

Rekapitulacija:

Posmatrani period: 01.01.2010. – 13.05.2010.	ugrožen reon	Široka potrošnja								
		Ukupno kontrola	Ispravno merenje	Neispravno merenje		Neovl. korišć.	Ošteć. plomba	Neispr. ukl. sat	ND	Z
				Tehn. neispr.	Neispr. mer. uređ.					
<b>УКУПНО:</b>		11632	10170	904	356	252	1249	572	13	393
	%		87.43	7.77	3.06	2.16	10.73	4.91	0.11	19.36

**Tabela 4:** Zbirni pregled nalaza na terenu službe KMM kod kupaca kategorije široka potrošnja za period 01.01.2010. – 13.05.2010.

U tabeli 4, uočava se da je procenat nalaza neispravnih mernih uređaja veći od procenta otkrivenog novlašćenog korišćenja električne energije. Za razliku od neovlašćenog korišćenja električne energije kod kupaca gde su nađeni neispravni merni uređaji u većini slučajeva nije meren nikakav protok električne energije. Karakteristike kupaca kao potrošača električne energije u proseku su slične (vrsta i obim potrošnje, sezonske karakteristike isl.), upoređujući slučajeve novlašćenog korišćenja električne energije i slučajeve gde su pronađeni neispravni merni uređaji. Iz svega predhodno iznetog može se zaključiti da učešće gubitaka kao posledice kvara na mernom uređaju, a koje smo nazvali relativnih tehničkim gubicima, i koji se trenutno svrstavaju u komercijalne gubitke, su veći od očekivanog i trenutno čine većinu u komercijalnim gubicima (za čiju osnovu se smatralo da ih čini neovlašćeno korišćenje električne energije-krađe).

Ovaj zaključak u svakom slučaju nije generalan, posebno ne za celu tarifnu grupu „široka potrošnja“. Uzorak je jedan kampus tj. područje jedne elektrodistribucije, vremenski period praćenja je relativno kratak (zadovoljavajući period bi bio od jedne godine do tri godine zbog ciklusa zamene mernih uređaja). Ali za analizu gubitaka u na elektrodistributivnom području Sombora više je nego relevantan, jer uzorak predstavlja 10% kupaca električne energije kategorije široka potrošnja.

Ako bi se izvršila generalizacija prikazanih rezultata elektrodistribucije Sombor na ceo EPS, a shodno iznetom u navodu [1], dobija se činjenica da su gubici u poslovanju EPS-a više od 50 miliona evra godišnje kao direktna posledica neispravnih mernih uređaja. Stoga ulaganje u nove merne uređaje ima višestruki efekat:

- Smanjenje relativnih tehničkih gubitaka zbog uvođenja u sistem daljinskog očitavanja kako bi se stvorila mogućnost pravovremenog reagovanja na pojavu tehničkih kvarova
- Smanjenje komercijalnih tehničkih gubitaka
- Smanjenje tehničkih gubitaka brojila kao nesavršenog uređaja
- Daljinsko očitavanje, upravljanje, praćenje i analiza kupaca i energetskih parametara elektrodistributivne mreže (zbog veće tačnosti merenja, registrovanja krivulje opterećenja, mjerenja u sva četiri kvadranta)
- AOM (Administration, Operation & Maintenance)

## PREDVIDLJIVOST DOGAĐAJA

Pouzdanost sistema danas postaje jedna od važnijih tema u proizvodnji, prenosu i distribuciji električne energije. Naročito je to postalo neizbežno važno, nakon što se globalno, širom sveta elektroprivreda restruktuisala i prešla na poslovanje u uslovima otvorenog tržišta, čime je dozvoljena otvorena konkurencija i privatizacija. U toj tržišnoj utakmici u cilju uspoređivanja distributivnih firmi, bilo je neophodno uvesti nekakva standardizovana merila, pomoću kojih bi mogli meriti pouzdanost, na svim nivoima. U isto vreme, analizom podataka, moguće je uočiti elemente i faktore koji imaju značajan uticaj na pouzdanost, te korisno upotrebiti takve podatke u svrhu povećanja pouzdanosti, smanjenja prekida, gubitaka i poboljšanja pogona. Od posebne važnosti je, što nam ti pokazatelji mogu ukazati na načine kako smanjiti gubitke kod potrošača energije, nastale zbog neisporučene energije i one izazvane gubicima u proizvodnji prouzrokovane prekidom u isporuci ali i, što je posebno naglašeno u ovom radu, gubici nastali nemeranjem protoka energije nastale kao posledica kvara na mernom uređaju.

**Pouzdanost  $R(t)$**  sistema je vremenska funkcija, definisana kao uslovna verovatnoća da će sistem raditi korektno u intervalu  $[0, t]$  (u našem slučaju period ciklusne zamene brojila tj. 12 godina), pretpostavljajući da je sistem radio korektno u trenutku „0 t“. Drugim rečima, pouzdanost je verovatnoća da će sistem biti ispravan u celokupnom posmatranom intervalu, pod pretpostavkom da

je bio ispravan na početku tog intervala. Ona se može kvantitativno iskazati: Pouzdanost  $R(t)$  je verovatnoća da za vreme „t“ proces ne dospe u skup A čija je vrednost otkaz uređaja

$$R(t)=P(s > t), R(t)=(N - n)/N,$$

gde je „s“ vreme do prvog otkaza; N je ukupan broj elemenata u trenutku „t“, „n“ broj otkazalih elemenata.

**Nepouzdanost  $F(t)$**  sistema je vremenska funkcija, definisana kao uslovna verovatnoća da će sistem raditi pogrešno u intervalu  $[0 t, t]$ , pretpostavljajući da je sistem radio ispravno u trenutku „0 t“. Za nepouzdanost se često koristi termin verovatnoća otkaza. Nepouzdanost je verovatnoća otkaza

$$F(t)=P(s < t) = n/N,$$

$$F(t)+R(t)=1.$$

Kako je konstatovano ranije, uzorak za određivanje verovatnoće događaja otkaza mernog uređaja reprezentativan, koji iznosi  $P=0.0306$ , i može se konstatovati da je pouzdanost u periodu CZ mernog uređaja koja je propisana na  $t=12$  godina,  $R(t_{CZ})=0.9694$ .

Ako se neki sistem sastoji od N elemenata (pod sistema) nezavisnih jedan od drugog, takvih da otkaz bilo kog elementa izaziva otkaz sistema, tada je verovatnoća otkaza sistema za vremenski period t jednaka

$$P(t)=P_1(t) P_2(t) \dots P_n(t),$$

gde je  $P_i(t)$  verovatnoća da i-ti element otkaze za vreme t. Ako imamo n elemenata sa frekvencijama  $k_1, k_2, \dots, k_n$ , tada je

$$P(t)=P_1^{k_1}(t) * P_2^{k_2}(t) * \dots * P_n^{k_n}(t) [4]$$

Ova formula daje uticaj svake grupe elemenata na pouzdanost sistema. Konstruktori se često mire sa malom pouzdanošću nekih malobrojnih elemenata i zahtevaju visoku pouzdanost brojnih elemenata. To za posledicu, u skladu sa gore navedenim, ima malu pouzdanost celog sistema, odnosno u našem slučaju mernog uređaja. U praksi se često sreću paralelne i kombinovane veze kada su formule drukčije. U avionskoj industriji se koriste i petostruke paralelne veze. Povećanje pouzdanosti tehničkih sistema se postiže na različite načine. Proizvoljna visina pouzdanosti se po pravilu može dobiti uvođenjem rezervnih elemenata, po cenu brzog uslošnjanja uređaja, povećanja obima i mase. No to je deo koji ipak pripada konstruktorima i proizvođačima.

Sve navedeno ukazuje da sa deklaracijom pouzdanosti mernog uređaja (i njegovih komponenti ako su višeslojni) proizvođača u posmatranom vremeskom periodu možemo proceniti veličinu gubitaka kao posledicu ne merenja protoka energije kod krajnjeg kupca. Takođe je vrlo važno da proizvođači daju podatke kolika je pouzdanost mernog uređaja posle prvog, drugog, n-tog remonta. Svi ovi podaci određuju periode zamene i znavljanja mernih uređaja novim, kao i stalno praćenje i procenjivanje uticaja relativnih tehničkih gubitaka na ukupne gubitke u elektrodistributivnoj mreži.

Bitno je naglasiti i razumeti razliku između otpornosti na otkaze i pouzdanosti. Otpornost na otkaze je tehnika koja može poboljšati pouzdanost sistema održavajući sistem operativnim uprkos pojavi hardverskih kvarova i softverskih grešaka. (Na primer, računar koji poseduje rezervni procesor, može biti projektovan tako da nastavi sa radom nakon otkaza glavnog procesora). Međutim, sistem otporan na otkaze ne mora uvek imati visoku pouzdanost. Naime, sistem može biti projektovan da toleriše bilo koji pojedinačni hardverski kvar ili softversku grešku koji se mogu pojaviti, ali bez obzira na to, ako je verovatnoća pojavljivanja ovakvih problema velika, pouzdanost sistema biće mala. Slično, visoko-pouzdan sistem ne mora obavezno biti i otporan na otkaze. Na primer, visoka pouzdanost se može postići ugradnom u sistem kvalitetnih komponenti. Međutim, bez obzira na veoma malu verovatnoću pojave hardverskog kvara, ako nakon pojave kvara sistem ne može da nastavi sa radom, takav sistem ipak nije otporan na otkaze. Zato elektrodistribucije treba da procene koja bi ih pouzdanost mernog uređaja zadovoljila, odnosno koji je to postotak relativnih tehničkih gubitaka na koji „pristaju“.

Da smo daleko od rešenja problema pouzdanosti govori praksa u celom svetu, da se otpisuju uređaji posle određenog garantnog roka eksploatacije, nezavisno od stanja u kome se nalaze (avijacija, rudarstvo). Veliki deo tih uređaja bi mogao još dugo da se koriste, ali se oni odbacuju zbog nerazvijenosti metoda prognoze. Čak ni ovako radikalne mere ne garantuju rad sistema bez otkaza. Ipak bilo da je reč o zamenama mernih uređaja novim i kvalitetnijim ili samanjnjim preioda ciklusne

zamene (remonta), elektrodistribucije moraju učiniti prve korake u otklanjanju ili smanjenju relativnih tehničkih gubitaka koji nikako nisu zanemarljivi.

Primena teorije verovatnoće događaja u elektrodistribuciji je očigledana. Trenutno ona nije u dovoljnoj meri zastupljena u proceni i analizi gubitaka ali i kvarova svih ostalih delova elektrodistributivnog sistema. U svakom slučaju ona nije eksplicitna, ali prikupljanjem i analizom podataka može da se da jedna projekcija (moguća slika) sistema u budućnosti, a na osnovu koje se mogu planirati aktivnosti, da bi se mogući negativni efekti, ako ne eliminisali, ono bar smanjili na prihvatljiv nivo. Kvalitet primene teorije verovatnoće ne zavisi samo od distributera već i od proizvođača EEO i uređaja. Deklarisanjem proizvoda u pogledu pouzdanosti omogućuje se kupcima da planiraju pogone, remonte ali i nabavke novih tj. zamene uređaja i opreme koji su izašli iz dozvoljenog opsega pouzdanosti. Sve ovo navodi na činjenicu da je pouzdanost sistema, troškove i poslove moguće predvideti u nekom obimu i vremenskom periodu uvođenjem i primenom teorije pouzdanosti u svakodnevne poslove elektrodistribucija, a u cilju smanjenja gubitaka, podizanja nivoa efikasnosti i ekonomičnosti u poslovanju.

## ZAKLJUČAK

Praćenje relativnih tehničkih gubitaka, parametara pouzdanosti elektronskog sklopa (mernog uređaja), učestalosti kvaraova kod određenih tipova mernih uređaja su nezaobilazne aktivnosti koje nam ukazuju na opasnost i veličinu pojave kvaraova na mernom uređaju u elektrodistributivnoj mreži. Takođe, u „status quo“ situaciji u kojoj se nalazimo danas, ovi parametri nam mogu poslužiti u tehnokonomskoj analizi prilikom donošenja odluke o minimalnoj količini i hitnosti nabavke mernih uređaja. Uz pomoć praćenja i analize podataka sa terena moguće je prepoznati koji tipovi mernog uređaja su nepouzdana i koje tipove nabavljati umesto njih, a time predupređiti kvarove uvođenjem parametra „pouzdanost elektronskog sklopa“ u parametre za ocenu dobavljača.

U ovom radu prezentovan je još jedan uzrok gubitaka u elektroistributivnoj mreži, a zbog njihovih veličina treba da zauzmu značajno mesto u kontroli i praćenju istih. Eksplicitne metode ne postoje, tj. kada se događaj konstatuje „šteta je već napravljena“. Stoga, koristeći teoriju verovatnoće događaja, može se proceniti učestalost posmatranog događaja, a uvođenjem novih kriterijuma za ocenu podobnosti dobavljača, prilikom odabira nabavke tipa mernog uređaja, smanjiće se pojava ovog događaja u elektroistributivnoj mreži, a time i relativni tehnički gubitci.

## LITERATURA

1. D. Marković, R. Simović, 2009, "kWh Specijalni dodatak ELEKTROPRIVREDNI SEKTOR SRBIJE", broj 424, strana 4
2. A. Pavić, K. Trupinić, 2007, Gubici električne enrgije u distribucijskoj mreži, strana 5, 11
3. O. Hadžić, 1989, "Numeričke i statističke metode u obradi eksperimentalnih podataka", Udžbenik
4. M. Bjelica, "Pouzdanost sistema", 316