

Zdravko Jadrijević
HEP ODS d.o.o. Elektrodalmacija Split
zdravko.jadrijevic@hep.hr

Goran Majstrovic
Energetski institut Hrvoje Požar
gmaistro@eihp.hr

DNEVNA DINAMIKA POUZDANOSTI ELEKTRODISTRIBUCIJSKE MREŽE

SAŽETAK

Poznavanje dnevne dinamike pouzdanosti elektrodistribucijske mreže može imati pozitivan utjecaj na strategiju održavanja, razvoja i vođenja sustava. U tu svrhu vršena je usporedba pokazatelja pouzdanosti i dnevnog dijagrama opterećenja temeljem podataka iz realne mreže. Uvedeni su novi pokazatelji (tro)satni SAIFI i (tro)satni SAIDI. Uočena je izravna povezanost ovih pokazatelja i opterećenja. Posljedice prisilnih zastoja se razlikuju ovisno o vremenu nastanka; u vrijeme viših opterećenja dolazi češće do zastoja s težim posljedicama, dok zastoji nastali za vrijeme nižih opterećenja duže traju. Očito je da aktivnosti koje dovode do balansiranja opterećenja i bolje organizacije održavanja (pripravnosti) van radnog vremena značajno mogu poboljšati pokazatelje pouzdanosti te kvalitetu opskrbe električnom energijom.

Ključne riječi: pouzdanost, prisilni zastoji, trosatni SAIFI, trosatni SAIDI, dnevni dijagram opterećenja

DAILY DYNAMIC OF ELECTRIC DISTRIBUTION RELIABILITY

SUMMARY

Knowledge on daily dynamic of electric distribution reliability can have positive impact on maintenance strategy, distribution network development and power system control. In this paper the comparison of reliability indices and daily load curve on real network data is analyzed. The new indicators three-hour SAIFI and three-hour SAIDI are introduced. Between this indicators and load direct relationship is notified. It can be observed that consequences of an interruption differ depending on the time it occurs: an interruption occurring at high load level may have heavier consequences, while faults in low load hours may last longer. Activities with respect to load balancing and modifications in maintenance policies especially out of working hours time could significantly improve reliability indices and consequently power quality and customer service.

Key words: reliability, forced outages, three-hour SAIFI, three-hour SAIDI, daily load curve

1. UVOD

Pod pouzdanošću podrazumijeva se sposobnost elektroenergetskog sustava da osigura odgovarajuću opskrbu električnom energijom. Za mjerenje i uspoređivanje pouzdanosti koristi se čitav niz pokazatelja i praktički se svi iskazuju za određeno vremensko razdoblje, najčešće za period od godinu dana. Takvi pokazatelji pokazuju ili predviđaju stanje pouzdanosti elektroenergetskog sustava u određenom prethodnom ili budućem periodu i praktički ih se promatra kao stacionarnu vrijednost za to vremensko razdoblje. Namjera ovog rada je pokazati da je pouzdanost dinamičkog karaktera u puno kraćem razdoblju, odnosno da se pouzdanost stalno mijenja pa i na dnevnoj razini. Poznavanjem dnevne dinamike pouzdanosti može se poduzimanjem određenim mjera na nju aktivno utjecati.

Zastoj opskrbe električnom energijom, u smislu norme IEEE Std 1366-2003 [1], [2], jest nestanak napajanja jednog ili više kupaca priključenih na distribucijski dio elektroenergetskog sustava. Budući je vrijeme nastanka neplaniranog zastoja stohastička pojava nameće se pitanje kakva je veza između zastoja i vremena nastanka zastoja. Iako je vrijeme nastanka zastoja povezano s dnevnim dijagramom opterećenja i navikama kupaca izravno promatranje zastoja i vremena nastanka zastoja nije prikladno zbog činjenice da se kroz sam zastoj ne može doživjeti važnost pojedinog zastoja unutar elektroenergetskog sustava. S druge strane pokazatelji pouzdanosti elektrodistribucijske mreže kao što su npr. SAIFI i SAIDI prema definiciji sadrže težinu pojedinog zastoja u odnosu na elektroenergetski sustav. Planirani zastoji najčešće nastaju u radno vrijeme odnosno povezani su sa redovnim održavanjem i radovima u mreži te nisu interesantni za ovo istraživanje. Promatranje prisilnih zastoja u odnosu na dnevni dijagram opterećenja ukazuje na povezanost iz koje se mogu izvesti zaključci koji bi trebali dovesti do poboljšanja pokazatelja pouzdanosti i usluge kupcima.

U svrhu istraživanja ove teme korišteni su cjelogodišnji podaci o zastojima iz sustava DISPO [9] te prosječan dnevni dijagram u 2007. godini i 2008. godini za HEP ODS d.o.o. Elektrodalmacija Split.

2. POUZDANOST ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

2.1. Općenito o pouzdanosti

Jedna od klasičnih definicija pouzdanosti glasi [3]: "Pouzdanost je vjerojatnost da uređaj ili sustav zadovoljavajuće rade u unaprijed određenom vremenu uz zadane pogonske uvjete". Uz pouzdanost elektroenergetskog sustava vežu se pojmovi sigurnost i adekvatnost sustava [8].

Sigurnost se odnosi na sposobnost sustava da odgovori na dinamičke, prijelazne promjene kojima je izložen kao što su nepredviđeni ispadi pojedinih njegovih elemenata.

Adekvatnost se odnosi na statičko stanje sustava i njegovu dovoljnu izgrađenost da u okvirima nazivnih vrijednosti opterećenja elemenata i naponskih ograničenja opskrbljuje potrošače električnom energijom, a uzimajući u obzir planirane i neplanirane ispaste.

U slučaju da se sustav nalazi u stanju u kojem su narušeni jedno ili više njegovih ograničenja poduzimaju se akcije, koje iziskuju odgovarajuće vrijeme izvršenja, poboljšanja situacije. Ako dinamički proces elektroenergetskog sustava prouzrokuje izlaz iz tog stanja prije nego što se ono zbog poduzetih akcija ne normalizira, to stanje ne zadovoljava ni sa stanovišta adekvatnosti ni sa stanovišta sigurnosti. Ako se stanje uspije, radi poduzetih mjera, normalizirati u kraćem vremenu nego što ga zahtijeva dinamički proces, ono zadovoljava s aspekta sigurnosti iako i ne sa stanovišta adekvatnosti. Dakle, vrijeme potrebno za normaliziranje prilika je ključni parametar pri određivanju adekvatnosti i sigurnosti stanja sustava. Međutim, bez obzira da li neko stanje ne zadovoljava sa stanovišta adekvatnosti ili sigurnosti ono je očito stanje kvara sustava koje doprinosi njegovoj nepouzdanosti.

2.1.1. Funkcija pouzdanosti i vjerojatnosti kvara

Uzroci kvara komponente su slučajni događaji čiji se trenutak nastanka ne zna. Ako je τ slučajna varijabla koja označava vrijeme ispravnog rada komponente (vrijeme do kvara), onda je njena pripadna funkcija razdiobe odnosno funkcija vjerojatnosti kvara $Q(t)$ prikazana izrazom (1) koji predstavlja vjerojatnost da će komponenta biti u kvaru prije isteka vremena t . Funkcija pouzdanosti komponente $R(t)$ koja opisuje vjerojatnost ispravnog rada komponente za vrijeme t određena je izrazom (2).

Neka slučajna varijabla τ predstavlja vrijeme ispravnog rada odnosno vrijeme do kvara komponente koja radi uz određene pogonske uvjete kroz period t . Slučajna varijabla τ može poprimiti bilo koju vrijednost od 0 do t , a njena funkcija razdiobe

$$F(t)=Q(t)=P(\tau \leq t) \tag{1}$$

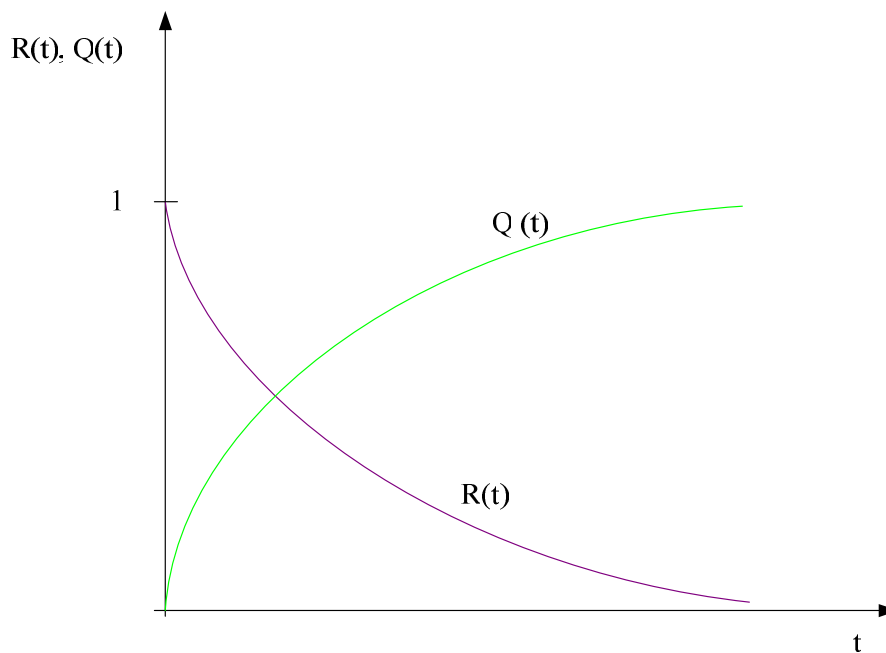
predstavlja vjerojatnost da će se komponenta pokvariti prije isteka vremena t i naziva se funkcija razdiobe vjerojatnosti kvara.

Vjerojatnost da se komponenta neće pokvariti u vremenu t može se prikazati izrazom:

$$R(t) = 1 - Q(t) = P(\tau > t) \tag{2}$$

i naziva se funkcija pouzdanosti.

Obje funkcije su kvalitativno prikazane na slici 1.

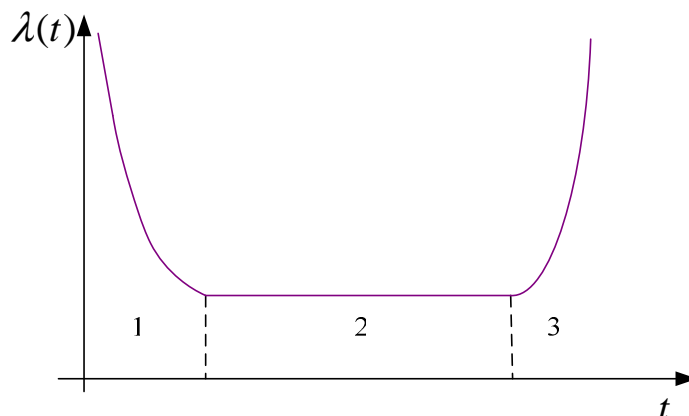


Slika 1. Prikaz funkcija pouzdanosti i vjerojatnosti kvara

2.1.2. Funkcija učestalosti kvara

Funkcije učestalosti kvara komponente obično se klasificiraju prema njihovoj tendenciji da rastu, padaju ili ostaju vremenski konstantne. Iako se neke komponente i mogu prikazati samo pojedinim zakonima promjene, ipak je najčešći slučaj da se funkcija učestalosti kvara sastoji od segmenata koji opisuju različite tendencije promjene.

Tipičan oblik funkcije učestalosti kvara komponente u elektroenergetskom sustavu prikazan je na slici 2.



Slika 2. Funkcija učestalosti kvara komponente elektroenergetskog sustava

Uočavaju se tri perioda. U prvom, funkcija učestalosti kvara opada s vremenom, što je povezano s uhodavanjem rada komponente i otklanjanjem početnih grešaka. U trećem periodu funkcija učestalosti kvara brzo raste jer se radi o kraju životnog vijeka komponente i njenoj istrošenosti. Ova dva perioda su relativno kratka u odnosu na drugi period koji predstavlja razdoblje normalnog rada komponente i unutar kojeg je funkcija učestalosti kvara praktički konstantna.

Zato se za proračune pouzdanosti u elektroenergetskom sustavu najčešće pretpostavlja da je funkcija učestalosti kvara konstantna odnosno:

$$\lambda(t) = \lambda = konst. \quad (3)$$

2.2. Pokazatelji pouzdanosti

Kao što se vidi iz prethodnog podpoglavlja, a pogotovo promatranjem slika 1 i 2, pouzdanost se mijenja, naročito u odnosu na starenje, ali se uvijek promatra kroz duže vremensko razdoblje.

Postavlja se pitanje kakva je pouzdanost u kraćem vremenskom razdoblju, npr. u određenoj sezoni, mjesecu, tjednu ili čak danu. Praktički svi pokazatelji pouzdanosti daju stacionarnu vrijednost za određeno razdoblje. Međutim, pomoću dodatnih pokazatelja pouzdanosti kao što su SAIFI i SADI pokušat će se dobiti odgovor na pitanje kakva je dnevna dinamika pouzdanosti elektrodistribucijske mreže u odnosu na dnevni dijagram opterećenja.

2.2.1. Definicija pokazatelja pouzdanosti SAIFI i SAIDI

U nastavku je dano objašnjenje nekih pojmova bitnih za razumijevanje pokazatelja SAIFI i SAIDI.

Zastoj

Nestanak napajanja jednog ili viša kupaca priključenih na distribucijski dio elektroenergetskog sustava. Posljedica je zastoj jedne ili više komponenti, ovisno konfiguraciji mreže.

Prisilni zastoj

Stanje komponente kada nije sposobna vršiti svoju funkciju zbog neplaniranog događaja izravno povezanog s tom komponentom.

Planirani zastoj

Gubitak električne energije koji se pojavljuje kad se komponenta namjerno iskapča u odabrano vrijeme i to najčešće zbog preventivnog održavanja, rekonstrukcije ili popravka.

Trajanje zastoja

Period od početka zastoja opskrbe el. energijom nekog kupca do povratka napajanja tog kupca. Proces povratka napajanja može zahtijevati ponovno napajanje pojedinih dijelova sustava dok se usluga ne vrati svim kupcima. Svaki od ovih pojedinih koraka mora se zabilježiti s početnim vremenom,

vremenom završetka i brojem pogođenih kupaca u svakom koraku. Prema trajanju zastoja mogu biti kratkotrajni i dugotrajni. Prema europskoj normi EN 50160 [9] kratkotrajni zastoja traju do uključivo 3 minute, inače su dugi.

Pokazatelj prosječne učestalosti zastoja sustava (System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)) pokazuje kako često prosječni kupac ima iskustvo dugotrajnih zastoja u zadanom vremenskom periodu, što je dato sljedećim izrazom:

$$SAIFI = \frac{\sum \text{broj pogođenih kupaca}}{\text{ukupni broj kupaca promatranog područja}} \quad (4)$$

odnosno,

$$SAIFI = \frac{\sum_i N_i}{N_T} = \frac{CI}{N_T} \quad (5)$$

Pokazatelj prosječnog trajanja zastoja sustava (System Average Interruption Duration Index (SAIDI)) pokazuje ukupno trajanje zastoja za prosječnog kupca kroz određeni vremenski period. Mjeri se u minutama ili satima zastoja kupaca. Izračunava se pomoću sljedeće jednadžbe:

$$SAIDI = \frac{\sum \text{trajanja zastoja kupaca}}{\text{ukupni broj kupaca promatranog područja}} \quad (6)$$

odnosno,

$$SAIDI = \frac{\sum_i r_i N_i}{N_T} = \frac{CMI}{N_T} \quad (7)$$

U prethodnim izrazima korištene oznake imaju sljedeće značenje:

- i - označava i-ti zastoj
- r_i - vrijeme uspostave napajanja za pojedini zastoj
- CI - broj pogođenih kupaca
- CMI - trajanje zastoja opskrbe kupaca u minutama
- T - total, ukupna suma
- N_i - broj pogođenih kupaca za pojedini dugotrajni zastoj u vremenu perioda izvještavanja
- N_T - ukupni broj kupaca u promatranom području

3. DNEVNA DINAMIKA POUZDANOSTI – ANALIZA PODATAKA

3.1. Odabir pokazatelja pouzdanosti za analizu

Za promatranje dnevne dinamike pouzdanosti interesantna je usporedba pokazatelja pouzdanosti sa dnevnim dijagramom opterećenja [7].

Izravna usporedba zastoja i vremena nastanka zastoja nije preporučljiva budući svaki zastoj nije jednako vrijedan odnosno nema jednaku težinu u odnosu na ostale zastoje. Zastoj koji je pogodio

nekoliko kućanstava ne može se usporediti sa zastojem koji je pogodio 5000 kućanstava. Isto tako zastoje koji je trajao 5 minuta ne može biti jednako vrijedan sa zastojem koji je trajao 2 sata. Broj kupaca u zastoju treba promatrati u odnosu na ukupni broj kupaca sustava. Dakle, bitno je i koliko je kupaca pogođeno pojedinim zastojem, koliko sustav ima kupaca i koliko je trajao pojedini zastoje. Kad se sustav ne bi promatrao preko kupaca već preko opterećenja i/ili energije onda bi bilo značajno imati podatak o pogođenom teretu odnosno o ukupnom teretu. Upravo iz ovih razloga za promatranje odnosa zastoja i vremena nastanka zastoja prikladno je promatrati pokazatelje pouzdanosti kao što su SAIFI i SAIDI odnosno vrijednost pojedinog zastoja u formiranju pokazatelja SAIFI i SAIDI. SAIFI odnosno SAIDI, prema definiciji, u sebi sadrže težinu svakog zastoja pojedinačno.

Kada se interpretiraju ovi pokazatelji vrlo je važno istaknuti da oni mjere značajke sustava odnosno daju prosjek za sve kupce. Dakle, pokazatelji za pojedinog kupca mogu biti znatno bolji ili znatno lošiji od prosječnih vrijednosti sustava.

3.2. Priprema podataka

U svrhu ovog istraživanja koristili su se podaci prikupljeni pomoću informacijskog sustava DISPO [9]. U 2007. godini za distributivno područje *Elektrodalmacija Split* evidentirano je više od 4300 zapisa o zastojeima. Izdvojeno je od promatranja 300-tinjak zapisa koji su se odnosili na zastoje za koje Operator distribucijske mreže nije odgovoran (viša sila, isključenje po nalogu Opskrbe, radovi trećih lica, mreža i kvarovi kod trećih lica, zastoje u pojnoj mreži,...) odnosno posebno teški zastoje (MED) prema [1]. Također, planirani zastoje (2700 zapisa) izostavljeni su iz ove analize zato jer se oni redovito događaju u radno vrijeme i nisu stohastička pojava.

Izvršena je analiza „preostalih“ 1300 zapisa o prisilnim zastojeima po pitanju vremena nastanka i došlo se do satnih vrijednosti SAIFI-ja pomoću kojih je konstruiran 24-satni dijagram satnih vrijednosti pokazatelja SAIFI [7].

Satni SAIFI predstavlja zbroj vrijednosti doprinosa pojedinih zastoja koji su počeli u određenom satu na ukupni SAIFI, u promatranom periodu (npr. godina dana). Dakle, radi se o zbroju SAIFI vrijednosti pojedinačnih zastoja te sortiranju po satima u kojima su započeli (analogno za **satni SAIDI**).

Dijagram za satni SAIFI [7] slični na karakteristični oblik dnevnog dijagrama opterećenja, ali kako bi se umanjio utjecaj lokalnih ekstrema u daljnjoj analizi promatrat će se trosatne vrijednosti, kako za pokazatelje pouzdanosti tako i za dnevni dijagram opterećenja.

3.3. Usporedba trosatnih vrijednosti

Uvode se novi pokazatelji; **trosatni SAIFI** (8) i **trosatni SAIDI** (9), [7].

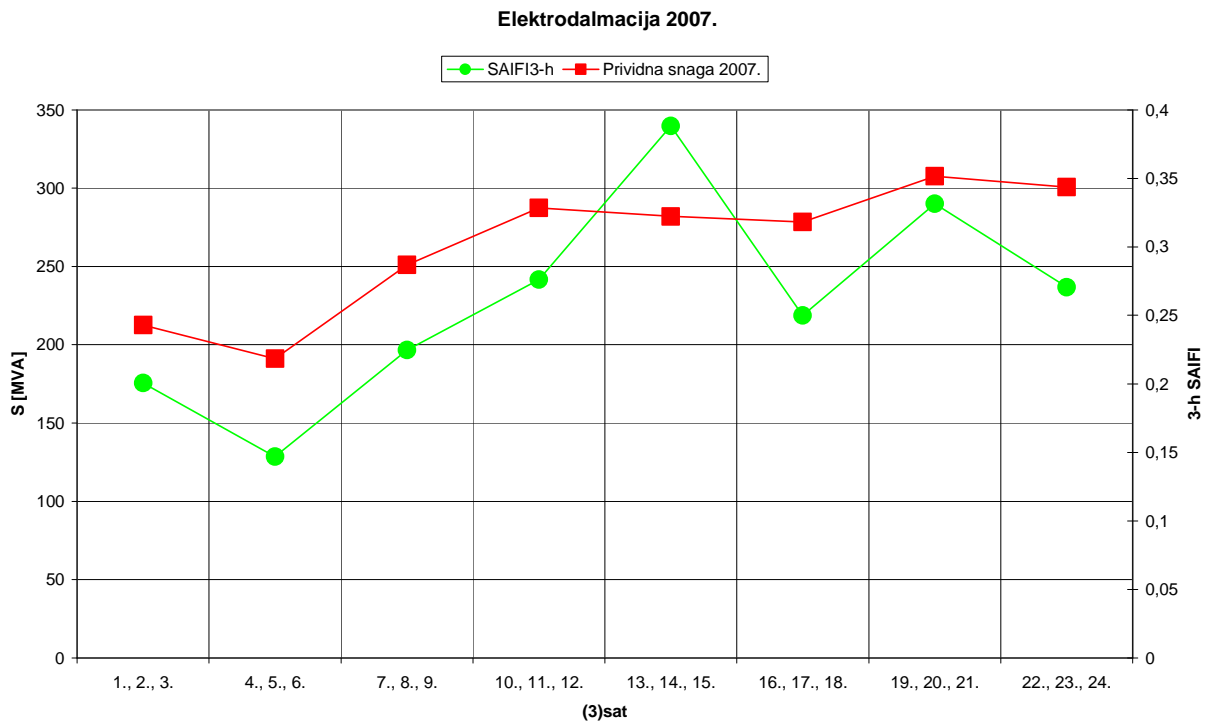
$$SAIFI_{3-h} = \sum_{k=1}^m SAIFI_k \quad (8)$$

$$SAIDI_{3-h} = \sum_{k=1}^m SAIDI_k \quad (9)$$

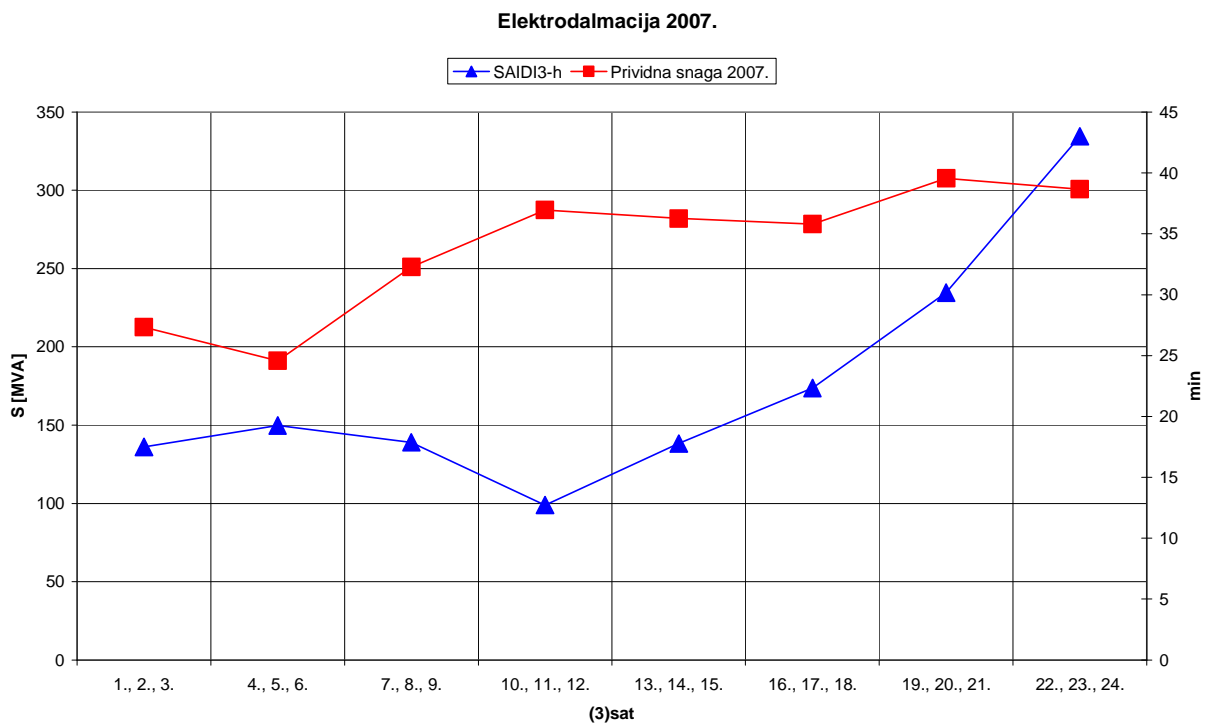
gdje je:

- k - zastoje koji je započeo u određenom trosatnom intervalu
- m - broj zastoja koji su započeli u određenom trosatnom intervalu
- SAIFI_k - SAIFI vrijednost k-tog zastoja koji je započeo u određenom trosatnom intervalu
- SAIDI_k - SAIFI vrijednost k-tog zastoja koji je započeo u određenom trosatnom intervalu

Trosatne vrijednosti SAIFI_{3-h} i SAIDI_{3-h} za prisilne zastoje prikazane su na slikama 3 odnosno 4 u usporedbi sa prosječnim dnevnim dijagramom opterećenja za 2007. godinu.



Slika 3. Trosatni SAIFI za prisilne zastoje i prosječni dnevni dijagram opterećenja u 2007.g.



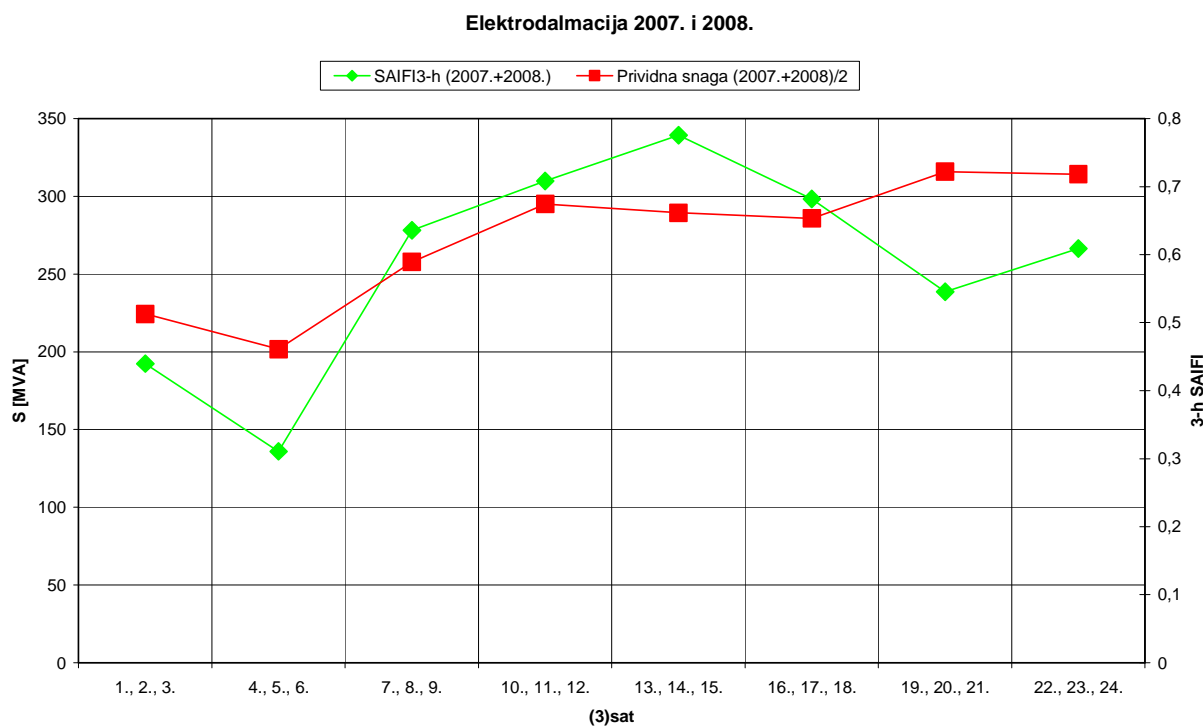
Slika 4. Trosatni SAIDI za prisilne zastoje i prosječni dnevni dijagram opterećenja u 2007.g.

Veza između pokazatelja i dnevnog dijagrama opterećenja je očita, ali se različito manifestira na trosatni SAIFI odnosno na trosatni SAIDI.

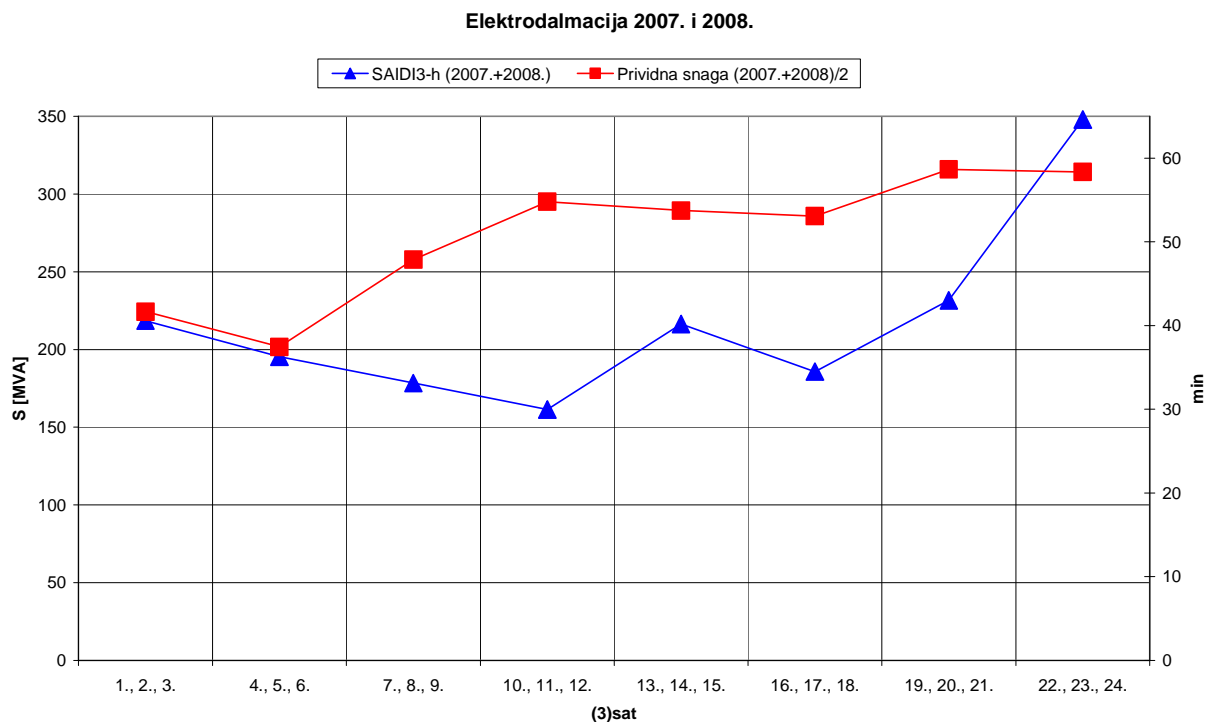
Iz slike 3 očito je da je veća vjerojatnost da kod opterećenije mreže dođe do prisilnog zastoja s težim posljedicama i obrnuto. Činjenica je da se oblik trosatnog SAIFI dijagrama jako dobro prati sa dijagramom opterećenja s iznimkom između 13 i 15 sati kad je očito došlo do značajnijih zastoja što se moglo dogoditi bilo kad. Zanimljivo je usporediti ovaj detalj s rezultatima na slici 4 iz koje je vidljivo da su događaji koji su prouzročili skok trosatnog SAIFI-a između 13 i 15 sati očito trajali kratko te nisu značajnije djelovali na pokazatelj trosatni SAIDI.

Kao što se vidi iz slike 4 zastoji koji se dogode van radnog vremena duže traju što je izravno povezano sa organizacijom pripravnosti odnosno raspoloživošću interventnih ekipa. S druge strane, trosatni SAIDI pokazuje da zastoji unutar radnog vremena kraće traju odnosno imaju blaže posljedice.

Uzimanjem dužeg vremenskog perioda (više podataka za analizu) očekuje se dobivanje „čvršćih“ rezultata. Stoga su u promatranje uzeti i podaci za 2008. godinu (dodatnih 1069 zapisa o prisilnim zastojima). Usporedba je napravljena sa prosječnim dvogodišnjim dnevnim dijagramom opterećenja (2007. i 2008. godina), slika 5 i slika 6.



Slika 5. Trosatni SAIFI za prisilne zastoje i prosječni dnevni dijagram opterećenja u 2007. i 2008. g.



Slika 6. Trosatni SAIDI za prisilne zastoje i prosječni dnevni dijagram opterećenja u 2007 i 2008. g.

I duži vremenski period ukazuje na prethodne zaključke. Ova dnevna varijabilnost pokazatelja pouzdanosti može se promatrati kao dnevna dinamika pouzdanosti elektrodistribucijske mreže. U različite dijelove dana veća je ili manja vjerojatnost nastanka prisilnog zastoja, a na osnovu ovih rezultata vidi se povezanost sa opterećenjem sustava. Kad do prisilnog zastoja već dođe onda je očito da su posljedice zastoja manje odnosno traju kraće ako se isti događaju u radno vrijeme nego u vrijeme noćnih ili jutarnjih sati.

Na ovaj način pokazana je dnevna dinamika pouzdanosti elektrodistribucijske mreže. Za pretpostaviti je povezanost ovih dijagrama i sa kretanjem vrijednosti napona u distribucijskoj mreži što bi moglo biti predmet nekog drugog istraživanja.

4. NEKE OD MJERA ZA POBOLJŠANJE POUZDANOSTI

Poznavanje dnevne dinamike pouzdanosti pomaže u određivanju strategije održavanja, razvoja i vođenja mreže.

Promjenljivo opterećenje mijenja pouzdanost sustava na dva različita načina. Povišeno opterećenje ubrzava starenje opreme dok blago opterećenje može produžiti životnu dob električnih komponenti [6]. Sa promjenom opterećenja mijenjaju se i kapaciteti međusobnog povezivanja između susjednih mreža odnosno strujnih krugova. Mogućnost rezervnog napajanja za vrijeme viših opterećenja najčešće je ograničena i znatno slabija u odnosu na period sa nižim opterećenjem. Očito je da se ulaganjem u mrežu, boljom povezanošću te ravnomjernijim opterećenjem smanjuje vjerojatnost nastanka kvara i posljedice odnosno pozitivno utječe na pouzdanost sustava.

Dakle, ovisno o konfiguraciji i kapacitetima mreže, promjene opterećenja imaju mjerljiv utjecaj na pouzdanost sustava.

Tarifnim sustavom koji stimulira prebacivanje potrošnje iz perioda više potrošnje u period niže potrošnje te drugim mjerama za peglanje dnevnog dijagrama (load management) blagotvorno se djeluje na pouzdanost sustava.

Bolja organizacija interventnih ekipa van radnog vremena neće spriječiti nastanak kvara, ali će smanjiti trajanje i posljedice zastoja.

Sustav daljinskog vođenja te druga automatizacija sustava može smanjiti mogućnost nastanka zastoja te skratiti trajanje i posljedice.

5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana dnevna dinamika pouzdanosti elektrodistribucijske mreže u usporedbi sa opterećenjem. U tu svrhu razmatran je odnos prosječnog dnevnog dijagrama opterećenja i pokazatelja pouzdanosti elektrodistribucijske mreže na temelju podataka iz realne mreže. Uvedeni su pokazatelji trosatni SAIFI (SAIFI_{3-h}) i trosatni SAIDI (SAIDI_{3-h}). Promatranjem pokazatelja za prisilne zastoje u odnosu na opterećenje sustava uočena je izravna povezanost. Očito je da tijekom višeg opterećenja sustava dolazi do značajnijih prisilnih zastoja i obrnuto, za vrijeme nižeg opterećenja manja je vjerojatnost nastanka prisilnih zastoja. Isto tako pokazuje se da prisilni zastoji nastali u radno vrijeme imaju manje posljedice i kraće traju od zastoja nastalih izvan radnog vremena.

Postupci koji dovode do ravnomjernijeg opterećenja sustava odnosno bolja organizacija održavanja (pripravnosti) van radnog vremena pozitivno djeluju na poboljšanje pokazatelja pouzdanosti te samim time i na poboljšanje usluge kupcima.

Spoznaja o ponašanju pouzdanosti u odnosu na opterećenje sustava doprinosi donošenju određenih mjera koje imaju utjecaj na kvalitetnije vođenje, održavanje i razvoj elektrodistribucijskog sustava.

LITERATURA

- [1] IEEE Std 1366TM-2003 „Guide for electric power distribution reliability indices“, The Institute Of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, USA, 2004.
- [2] CIGRE/CIREN, JWG C4.07 „Power Quality“, 2004.
- [3] „Indices And Objectives“, CIGRE Technical Brochure TB261.
- [4] CENELEC, European Standard EN 50160 „Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution system“, 1999.
- [5] Z. Jadrijević, „Prognoza pouzdanosti elektrodistribucijske mreže“, Magistarski rad, FESB – Sveučilište u Splitu, lipanj 2008.
- [6] R. Carer, and others, „Impact of Aging on the MV Asset Reliability“, CIREN 18th International Conference on Electricity Distribution, Torino, Italy, 2003.
- [7] Z. Jadrijević, M. Majstrovic, G. Majstrovic, „The Relationship Between Reliability Indices and Daily Load Curve“, CIREN 20th International Conference on Electricity Distribution, Prague, Czech Republic, June 2009.
- [8] L. Goel, R. Billington, „Evaluation of Interrupted Energy Assessment Rates in Distribution Systems“, IEEE Trans. on Power Delivery, No. 4, pp 1876-1882,1991
- [9] D. Pečvarac, M. Totgergeli, D. Ivković, D. Vidović, Z. Jadrijević, R. Kapuralić, J. Grašo, „Projekt DISPO - Pogonski događaji u razdjelnom sustavu - poslovne postavke“, 7. savjetovanje HO CIGRE, Cavtat, studeni 2005.