



KVALITETA ISPORUKE ELEKTRIČNE ENERGIJE KAO KRITERIJ ZA PLANIRANJE RAZVOJA I ODRŽAVANJA DISTRIBICIJSKIH MREŽA

SAŽETAK

U referatu je dan pregled najznačajnijih pokazatelja kvalitete isporuke električne energije. Prikazani su dostupni podaci iz svjetske literature, te nekih domaćih distribucijskih mreža. Razmatrana je veza između kvalitete isporuke, te problematike održavanja i razvoja distribucijskih mreža. Na kraju, dani su prijedlozi za buduće aktivnosti u distribucijskoj djelatnosti Hrvatske elektroprivrede.

KLjučne riječi: Distribucijska mreža, kvaliteta isporuke

ELECTRICAL ENERGY SUPPLY QUALITY AS CRITERIA FOR DISTRIBUTION NETWORKS DEVELOPMENT AND MAINTENANCE PLANING

ABSTRACT

In this paper the most important electricity supply quality criteria are shown. Data that are used in this paper are taken from available literature and some distributive companies. Connection between supply quality, maintenance and development of distribution networks is analyzed, too. At the end, suggestions for future activities in HEP distribution sector are given.

Key word: Distribution network; quality off supply

UVOD

Deregulacija odnosa u djelatnosti proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije rezultira novim i složenijim odnosima između uključenih sudionika. Pri tome dolazi do svojevrsnog sukoba interesa koji su posebno prisutni u područjima tzv. prirodnog monopola kao što su prijenosne i distribucijske mreže.

Provedbom deregulacije, te uvođenjem tržišta električne energije interesi potrošača dolaze u prvi plan, a to

- * mogućnost nabave električne po što nižoj cijeni
- * ostvarivanje što bolje kvalitete električne energije

Dakako, gornji zahtjevi su u suprotnosti. Osim toga, privatizacija dijelova elektroenergetskog sustava uvodi u "igru" interes kapitala za ostvarivanjem što većeg profita, što je opet suprotno interesima potrošača.

Kao što je rečeno, djelatnost prijenosa i distribucije električne energije u velikoj je mjeri monopolističkog karaktera (ne grade se paralelne mreže zbog konkurencije). Zbog toga je nužna državna intervencija kroz donošenje odgovarajućih obveznih smjernica – "regulative". To je zadaća posebnih državnih regulatornih agencija. Takav pristup usvojen je praktički u svim zemljama koje su krenule u reformu elektroenergetskog sektora. Pri tome se

koriste različita rješenja; trenutačno ne postoji univerzalna koncepcija za ostvarivanje optimalnog načina rada elektroenergetskog sustava u novim, tržišnim uvjetima.

No, u većini država uočena je potreba sustavnog pristupa **kvaliteti električne energije**. Pri tome se može govoriti o dvije glavne grupe pokazatelja:

- pokazatelji vezani uz kvalitetu isporuke (učestalost i trajanje prekida)
- pokazatelji vezani uz kvalitetu napona (padovi napona, propadi, brze promjene napona, udio viših harmonika)

U ovom referatu prvenstveno će se razmotriti prva grupa pokazatelja koja se odnosi na kvalitetu isporuke električne energije i to u **distribucijskim mrežama**. Ti pokazatelji su od velikog značaja za potrošače koji žele opskrbu električnom energijom sa što manje prekida i sa čim kraćim trajanjem.

Dakako, državni "regulator" mogao bi propisati veoma stroge zahtjeve distributerima električne energije što bi rezultiralo visokim investicijskim ulaganjima, odnosno pre(visokom) cijenom električne energije. Moguća je situacija kada bi visoki troškovi distribucijske (ali i prijenosne) mreže bitno umanjili pozitivne učinke konkurencije u proizvodnji električne energije. Zbog toga se teži uspostavljanju takvih ciljeva u području kvalitete isporuke koji su ostvarivi u realnim okolnostima, uz prihvatljive troškove.

Očevidno, radi se o veoma složenoj zadaći koja ima izravni utjecaj na visinu investicijskih ulaganja u mrežu, ali i na troškove održavanja. Pri tome je od velikog interesa uspostaviti korelaciju između navedenih troškova, te pokazatelja kvalitete isporuke.

Prvi korak koji treba poduzeti jeste određivanje pokazatelja koji će se sustavno pratiti, te uspoređivati između distribucijskih područja HEP-a, te sa inozemnim distribucijama (tzv. "benchmarking"). Nakon toga, moći će se odrediti ciljevi u svezi kvalitete isporuke električne energije, te optimalni načini njihovog ostvarivanja.

4. O POKAZATELJIMA KVALITETE ISPORUKE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Pokazatelji kvalitete isporuke električne energije mogu se podijeliti u dvije osnovne grupe:

- pokazatelji orijentirani potrošaču ("customer oriented indices")
- pokazatelji orijentirani opterećenju i energiji ("load and energy oriented indices")

Najvažniji pokazatelji orijentirani potrošaču jesu (L. 4):

- indeks prosječne učestalosti prekida napajanja - **SAIFI** ("System Average Interruption Frequency Index")

$$\text{SAIFI} = \text{ukupni broj prekida napajanja potrošača} / \text{ukupni broj potrošača}$$

- indeks prosječnog trajanja prekida napajanja – **SAIDI** ("System Average Interruption Duration Index")

$$\text{SAIDI} = \text{ukupno trajanje prekida napajanja potrošača} / \text{ukupni broj potrošača}$$

- udio prekida isporuke dužih od nekog zadanog vremena (npr. $t = 3$ sata, $t = 24$ sata) – **RS_t** (Restoration of Supply)

Uz gornje veličine treba dati slijedeća pojašnjenja:

- Indeks SAIFI svodi se na 100 potrošača, godišnje. Od posebnog je interesa indeks koji obuhvaća samo trajne prekide isporuke (duže od 1 min.)
- Indeks SAIDI svodi se na broj izgubljenih minuta po potrošaču, godišnje.
- Oba indeksa mogu se povezati s kvarovima po naponskim razinama
- Prekidi isporuke električne energije uzrokovani su bilo kvarovima u mreži, bilo planiranim radovima. To se odnosi i na indekse SAIFI i SAIDI. S obzirom na posljedice za potrošače, od posebnog su značaja indeksi koji obuhvaćaju prekide zbog **kvarova**.

Što se tiče pouzdanosti mreže, uobičajeni pokazatelj je broj kvarova sveden na 100 km (jedne naponske razine), u godini dana. Kvalitetniji pristup vođenju podataka podrazumijeva detaljnije vođenje odgovarajućih informacija (po dijelovima mreže, posebno za TS 110/10(20) kV i TS 35/10(20) kV, itd.).

Važno je uočiti razliku između trajanja kvara i trajanja prekida isporuke. Ta razlika naročito dolazi do izražaja u mrežama s mogućnošću dvostrukog napajanja, gdje je trajanje prekida bitno kraće od trajanja kvara. To bi trebalo uvažiti kod vođenja dispečerske dokumentacije o kvarovima.

3. PREGLED NEKIH INOZEMNIH POKAZATELJA O KVALITETI ISPORUKE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Prema svjetskim iskustvima (npr. EDF - Francuska, OFFER - V. Britanija) kvarovi u mrežama srednjeg napona obično uvjetuju puno više prekida isporuke električne energije potrošačima, u odnosu na mreže niskog i srednjeg napona. To je potpuno razumljivo ako se razmotre slijedeće činjenice:

- Mreže visokog napona u pravilu su izgrađene u skladu s kriterijem "n - 1". Prema tome, kod jednostrukih kvarova na elementima mreža ne bi trebalo doći do prekida napajanja potrošača, tim više što te mreže obično rade u uzamčnom pogonu.
- Mreže niskog napona napajaju mali broj potrošača (svedeno na izvode niskog napona). To znači da će čak i u slučaju učestalih kvarova relativno mali broj potrošača ostati bez napajanja.
- Mreže srednjeg napona u pravilu rade radijalno. Osim toga, u vangradskim mrežama često nema mogućnosti dvostranog napajanja. U takvim situacijama, kvarovi rezultiraju prekidom napajanja velikog broja potrošača, s značajnim trajanjem.

Treba upozoriti da u razvijenim zemljama kvarovi imaju znatno veći utjecaj na kvalitetu isporuke električne energije nego najavljeni (planirani) prekidi. No, pri tome treba znati da se u tim zemljama često koristi tehnika rada pod naponom (RPN) što kod nas još nije slučaj.

Usporedba pokazatelja kvalitete isporuke električne energije iz različitih izvora često je otežana iz više razloga:

- Ne navode se dodatna pojašnjenja (uzroci prekida - samo kvarovi, ili i planirani radovi); lokacija kvarova - samo mreže srednjeg napona ili sve mreže).
- Struktura distribucijskih mreža razlikuje se između država (dvije ili tri naponske razine; udio nadzemnih vodova, ...)
- Nema podataka o stupnju automatizacije pojedinih mreža.

No, za približnu usporedbu korisno je upoznati dostupne pokazatelje iz svjetske literature (UNIPED, OFFER). Podaci se uglavnom odnose na 1994. ili 1995. god.

Tab. 1a Broj trajnih prekida isporuke električne energije (SAIFI-broj prekida na 100 potrošača godišnje)

Država, tvrtka	SAIFI-urbano područje	SAIFI-ruralno područje
V. Britanija, London	40	
V. Britanija, Hydro-Electric		176
Danska	45	96
Nizozemska, EGD	12	17
Francuska, EDF	190	430
Švedska, DISEQ	50	150
Španjolska, ENHER Barcelona	80	260
Italija, ENEL	150	600
Brazil, LIGHT (šire područje Rio de Janeiro)	874 (1998.)	

Tab. 1b Vrijeme bez isporuke električne energije (SAIDI - minute po priključenom potrošaču)

Država, tvrtka	SAIDI-urbano područje	SAIDI-ruralno područje
V. Britanija, London	58	
V. Britanija, Hydro-Electric		233
Danska	25	55
Nizozemska, EGD	9	14
Irska, ESB	116	617
Francuska, EDF	60	200
Švedska, DISEQ	30	180
Španjolska, ENHER Barcelona	155	262
Italija, ENEL	70	420
Brazil, LIGHT (šire područje Rio de Janeiro)	554 (1998.)	

Tab. 1c Broj trajnih kvarova u mreži 10(20) kV (λ - kvarova/100 km, god.)

Država	Nadzemni vodovi	Kabeli
Francuska, EDF	3.5	4.3
Italija, ENEL	11	7
Norveška	5.5	
Poljska	7	
V. Britanija	10 - 20 (ukupno)	

Podaci o prekidima napajanja dužim od zadane vrijednosti (RS₁) vode se u distribucijskim tvrtkama u V. Britaniji. Podaci desetogodišnje statistike u toj zemlji su sljedeći:

- Udio prekida isporuke dužih od 3 sata (RS₃) nalazi se između 7 i 31 % (ovisno o području)
- Udio prekida isporuke dužih od 24 sata (RS₂₄) nalazi se između 0 i 2 % (ovisno o području)

4. PREGLED NEKIH DOMAĆIH POKAZATELJA KVALITETE ISPORUKE ELEKTRIČNE ENERGIJE

U većini distribucijskih područja Hrvatske elektroprivrede podaci o prekidima isporuke električne energije prate se u dispečerskoj dokumentaciji. Ti podaci obično se ne publiciraju u detaljnijim statističkim izvješćima. Zbog toga nije moguće dobiti relevantne informacije na razini distribucijske djelatnosti HEP-a.

U ovom poglavlju prikazat će se raspoloživi podaci za nekoliko područja u Hrvatskoj, za koja su prikupljeni i obrađeni podaci iz dispečerske dokumentacije.

DP "Elektroistra", pogon Pula

Mreža 10 kV pogona Pula obuhvaća gradsko područje s pretežno kabelskom mrežom (oko 195 km), te značajno vangradsko područje s pretežno nadzemnom mrežom (oko 390 km). Obradeni su podaci koji se odnose na razdoblje 1987 – 1995.

DP "Elektroistra", dio pogona Buje

Razmatrana je mreža 10 kV na području Gornje Bujštine. Radi se o dva izvoda 10 kV, ukupne dužine cca 90 km, koji napajaju ruralno (brdsko) područje. Podaci iz dispečerske dokumentacije obuhvaćaju razdoblje 1988 – 1997

DP "Elektra Križ"

Mreža 10 kV ovog DP-a je uglavnom nadzemnog karaktera. Razmatrano područje obuhvaća veoma većiku površinu (cca 4.000 km²) različitih zemljopisnih značajki. Analizirani podaci obuhvaćaju razdoblje 1995 – 1999.

Prilikom određivanja pokazatelja SAIFI i SAIDI veliki problem je određivanje broja potrošača koji ostaju bez napajanja zbog kvarova u distribucijskoj mreži. U većini distribucijskih područja HEP-a baze potrošača električne energije nisu povezane s bazama tehničkih podataka (ako uopće postoje). Zbog toga su podaci o broju potrošača priključenih na TS 10(20)/0.4 kV određeni **procjenom**, na temelju informacija o broju potrošača u organizacijskoj jedinici (pogonu ili pogonskom uredu), te instaliranoj snazi transformacije 10(20)/0.4 kV. Greške koje nastaju takvim pristupom nisu velike.

Dobiveni pokazatelji prikazani su u tab. 2. Kao što se vidi, između analiziranih područja prisutne su velike razlike, što je u skladu s očekivanjima.

Tab. 2. Pokazatelji kvalitete isporuke električne energije

Područje	SAIFI (prekida/ 100 potr.,god.)	SAIDI(min.prek./ potr.,god.)	Broj kvarova (λ) (100 km.,god.)	Trajanje prekida (sati)	RS_3 (%)
Pula – grad	45	26	7.2	1.1	4.4
Pula – vangrad.	192	303	14.0	2.8	41
Gornja Bujština	610	1080	14.0	≈ 3	-
Elektra Križ	351	445	20.7	2.4	-

Usporedbom tab. 2 s tab. 1 a – b. (strani podaci) vidi se da su naši pokazatelji u **prosjeku** nešto lošiji. No, donošenje trajnih zaključaka je teško zbog slijedećeg:

- Analizirano je malo područja u okviru HEP-a
- Značajke pojedinih distribucijskih mreža u svijetu su različite (način uzemljenja neutralne točke, korištene naponske razine koje uvjetuju dužinu vodova srednjeg napona, kakvoća izvedbe mreže, stupanj automatizacije, itd.).

Osim toga, uvidom u tab. 2 vidi se složena struktura parametara SAIFI i SAIDI, koji ovise o broju prekida napajanja i njihovom trajanju, ali i broju **priključenih potrošača**.

5. UTJECAJ KVALITETE ISPORUKE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA RAZVOJ I ODRŽAVANJE DISTRIBUCIJSKE MREŽE

Načelno gledajući, odnos kvalitete isporuke električne energije s jedne strane, te ulaganja u održavanje i razvoj mreže s druge strane je jednostavan. S povećanim ulaganjima u mrežu dobiva se bolja kvaliteta isporuke. No, pri tome je prisutan temeljni problem na koji je ukazano u uvodu a to je pritisak za što manjim troškovima električne energije. To znači da treba razraditi što bolje modele koji će obuhvatiti navedene odnose, te omogućiti ostvarivanje tražene kvalitete isporuke električne energije uz što manja financijska ulaganja. U ovom poglavlju iznijet će se prijedlozi mogućih aktivnosti za ostvarivanje navedene zadaće.

5.1 Određivanje željene kvalitete isporuke električne energije

Na teoretskog stanovišta, može se reći da je prihvatljiva kvaliteta isporuke električne energije postignuta onda kada se potpuno otklone prekidi napajanja potrošača. Dakako, u praksi je to nemoguće postići, osim kod veoma osjetljivih potrošača (npr. zračne luke), i to uz veoma visoka financijska ulaganja. Zbog toga je potrebno odrediti **realno ostvarive ciljeve**, koji se mogu postići uz prihvatljive troškove.

Pri tome se polazi od **analize postojećeg stanja** u distribucijskoj mreži, nakon čega se definiraju ostvarivi ciljevi kvalitetne isporuke električne energije. Tako dobivene parametre treba smatrati minimalnim veličinama.

Ovisno o potrebama potrošača, te tehnološko-ekonomskoj opravdanosti moguće je postaviti i veće zahtjeve na kvalitetu isporuke. Dakako, nužno je definirati **troškove neisporučene električne energije** za različite grupe potrošača. Osim toga, treba riješiti vrlo osjetljivu dvojbu, koja je uočena u više zemalja. Gledano s gospodarskog stanovišta logično je usvojiti različite standarde kvalitete isporuke električne energije, ovisno o stupnju urbanizacije. To znači da će se u gradovima težiti većoj razini kvalitete isporuke, što je i ekonomski potpuno opravdano.

Navedeni pristup koristi se npr. u Italiji (L. 10) gdje se konzumna područja dijele u tri kategorije:

- veća gradska naselja, s više od 30.000 stanovnika
- manja gradska naselja, veličine 10.000 – 30.000 stanovnika
- ruralna područja, s naseljima koja imaju manje od 10.000 stanovnika

U Francuskoj (L. 9) izdvajaju se gradovi s više od 100.000 stanovnika u odnosu na ostala područja.

Razdioba stanovništva Hrvatske po izloženim kriterijima izgledala bi ovako (popis stanovništva 1991.):

- velika gradska naselja, s više od 100.000 stanovnika: 4 grada, 1.166.000 stanovnika (24 % stanovnika)
- veća gradska naselja, 30.000 – 100.000 stanovnika: 12 gradova, 578.000 stanovnika (12 % stanovnika)
- manja gradska naselja, 10.000 – 30.000 stanovnika: 23 grada, 452.000 stanovnika (10 % stanovnika)
- ruralna područja, naselja ispod 10.000 stanovnika: 6.589 naselja, 2.588.000 stanov. (54 % stanovnika)

Što se tiče određivanja željenih standarda kvalitete isporuke električne energije, izložit će se dva primjera koji se odnose na Francusku i Argentinu:

Francuska

Potrošači ne bi trebali zbog kvarova u mrežama srednjeg napona imati u godini dana:

- više od **šest trajnih prekidu napajanja**
- ostati bez isporuke električne energije duže od **tri sata (kumulativno)**

Argentina

U toj državi kvaliteta isporuke veže se za vrstu potrošača, kao što je prikazano u tab. 3:

Tab. 3 Traženi pokazatelji kvalitete isporuke el. energije u Argentini

Vrsta potrošača	Dopušteni broj prekida (/god.)	Dopušteno trajanje prekida (sati/prek.)
- na visokom naponu	3	2
- na srednjem naponu	4	3
- na niskom naponu - veći	6	6
- na niskom naponu - manji	6	10

Gornja tablica odnosi se na prekide uvjetovane kvarovima u mrežama srednjeg i niskog naponu. Ukoliko određeni potrošači tijekom godine pretrpe bilo veći broj prekida isporuke, bilo duže trajanje prekida, stječu pravo na finacijsku odštetu zbog neisporučene energije, u iznosu od **2.71 \$/kWh**.

5.2 Praćenje podataka o prekidima isporuke električne energije

Sustavno praćenje podataka o prekidima isporuke električne energije nužan je uvjet za dobivanje ulaznih podataka koji će se koristiti prilikom donošenja poslovnih odluka vezanih uz razmatranu problematiku. Razumljivo je da pri tome treba uvažiti dosadašnja pozitivna iskustva u distribucijskim područjima HEP-a, te rješenja koja se koriste u razvijenim elektroprivrednim tvrtkama u svijetu.

Sigurno je da povezivanje podataka o kvarovima u mreži srednjeg napona s bazom tehničkih podataka (BTP), te bazom potrošača predstavlja konačni cilj svakog distribucijskog područja. No, i bez uspostavljanja navedenih veza moguće je pratiti podatke prekidima isporuke uvjetovanim bilo kvarovima, bilo najavljenim radovima u mreži.

Temeljem uvida u različita rješenja koja se navode u literaturi, moguće je dati prijedlog **minimalnog** opsega koje bi u budućnosti obvezno trebalo evidentirati nakon svakog prekida napajanja. Pri tome treba razdvojiti prekide zbog kvarova od prekida uzrokovanih najavljenim radovima.

Prekidi zbog kvarova u TS 110/x i TS 35/10(20) kV:

- * naziv TS 110/x i TS 35/10(20) kV
- * trajanje prekida napajanja potrošača
- * broj potrošača koji su ostali bez napajanja
- * lokacija kvara (energetski transformator, primarna ili sekundarna oprema u poljima, ...)
- * uzrok kvara (atmosferski prenapon, zamor materijala, utjecaj okoliša, kriva manipulacija, ...)

Prekidi zbog kvarova na vodovima srednjeg napona:

- * naziv pojne TS
- * naziv vodnog polja u kojem je došlo do prorade prekidača
- * trajanje prekida napajanja potrošača
- * broj potrošača koji su ostali bez napajanja
- * lokacija kvara (vodič nadzemnog voda, ovjesna oprema, izolatori, stupovi, linijski rastavljači, kabeli, kabelske spojnice, kabelske završnice, oprema srednjeg napona u TS 10(20)/0.4 kV, transformatori 10(20)/0.4 kV)
- * uzrok kvara (atmosferski prenapon, zamor materijala, vjetar, snijeg/led, utjecaj okoliša, kriva manipulacija, ...)

Prekidi zbog najavljenih radova u mreži:

- * naziv pojne TS
- * naziv vodnog polja
- * trajanje prekida napajanja potrošača
- * broj potrošača koji su ostali bez napajanja
- * vrsta radova

Još jednom treba upozoriti da trajanje prekida napajanja nije isto što i trajanje kvara, naročito u mrežama s mogućnošću dvostranog napajanja.

Broj potrošača koji ostaju bez napajanja teško je odrediti bez uspostavljanja integrirane baze podataka o tehničkim elementima, pogonskim događajima i potrošačima. Bez toga moguća je samo **procjena** koja se vrši na slijedeći način. Na razini pogona/pogonskog ureda zna se broj potrošača na niskom naponu sveden na instaliranu snagu transformacije 10(20)/0.4 kV. Za svaki prekid isporuke lako je identificirati TS 10(20)/0.4 kV koje su ostale bez napajanja. Nakon toga na temelju njihove nazivne snage ugrađene transformacije može se procijeniti broj pogođenih potrošača. Dakako, velike potrošače (na 10 kV) lako je izdvojiti, jer njih u mreži nema mnogo.

5.3 Pristup održavanju mreže

Politika održavanja mreže u izravnoj je vezi s kvalitetom isporuke električne energije. To se posebno odnosi na nadzemne mreže.

Suvremeni pristup održavanju mreža ("reliability centred maintance") uvažava dva bitna čimbenika:

- * pouzdanost dijelova mreže
- * značaj dijelova mreže sa energetskog stanovišta

Drugim riječima, potrebno je pojačati aktivnosti na održavanju dijelova mreže gdje su registrirani češći kvarovi, ali i dijelova mreže čiji ispadi imaju za posljedicu prekid isporuke električne energije bilo važnim potrošačima, bilo većim konzumnim područjima. Preduvjet za usvajanje takve koncepcije održavanja je uspostava statistike kvarova iz prethodnog poglavlja. Time bi se omogućila analiza izvoda srednjenaponske mreže, te odredile problematične lokacije i česti uzroci kvarova. Nakon toga, mogle bi se poduzeti ciljane mjere za poboljšanje raspoloživosti pojedinih vodova, odnosno poboljšanje kvalitete isporuke električne energije. Primjerice, mogu se navesti slijedeći zahvati:

- * prosjeci šumskih koridora

- zamjena izolatora loše kvalitete novim
- zamjena starih katodnih odvodnika sklonih kvarovima, itd.

5.4 Moguće mjere za poboljšanje kvalitete isporuke električne energije

Kao što je rečeno u prethodnoj točki, kvalitete isporuke električne energije može se značajno poboljšati provedbom preventivnog i korektivnog održavanja mreže. Daljnja poboljšanja mogu se ostvariti investicijskim ulaganjima u mrežu:

- izgradnja nadzemnih vodova s izoliranim vodičima (u šumskim područjima)
- polaganje kabela umjesto nadzemnih vodova
- interpolacija TS 35/10(20) kV s ciljem smanjivanja dužine izvoda 10(20) kV
- temeljita rekonstrukcija dotrajalih postrojenja i vodova zbog njihove revitalizacije
- izgradnja poveznih vodova između krajnjih točaka magistralnih vodova
- uvođenjem sustava daljinskog upravljanja i nadzora po "dubini" mreže 10(20) kV (indikatori kvarova, daljinski upravljive linijske sklopke i prekidači)

Aktivnosti a – d rezultiraju **smanjivanjem broja kvarova**, odnosno prekida isporuke električne energije potrošačima. Aktivnosti e – f ne doprinose smanjivanju broja kvarova, ali mogu značajno **skratiti trajanje prekida isporuke električne energije**. Gledano s tehničkog stanovišta, svi navedeni zahvati su vrlo poželjni. No, prije donošenja odgovarajućih odluka treba istražiti i gospodarske aspekte pojedinih ulaganja.

Uobičajeni pristup koji se koristi kod valorizacije kapitalnih investicija temelji se na određivanju parametra ICB (L. 2, L. 12, L. 13):

$$ICB = \frac{D}{I} \quad (1)$$

D - izbjegnuti troškovi koji su rezultat ostvarene investicije

I - vrijednost investicije

Temelj razmatrane metode je tzv. "cost - benefit" pristup. Prema navedenim izvorima (L. 12, L.13) smatra se da je investicija ekonomski opravdana ako je ispunjen uvjet:

$$ICB > a \quad (2)$$

a - stopa aktualizacije

Uobičajena vrijednost koja se koristi za vrijednost "a" u Hrvatskoj je 8 - 10 %.

Izbjegnuti troškovi imaju više komponenti:

- troškovi neisporučene električne energije
- troškovi održavanja mreže
- troškovi gubitaka električne energije

U većini slučajeva najvažniji su troškovi neisporučene električne energije. Pri tome se ne misli na penale (koji kod nas nisu propisani), nego na veličinu kojom se obuhvaća šteta koju potrošači trpe zbog prekida isporuke električne energije. Na razini HEP-a još nisu definirani jedinični troškovi neisporučene energije i snage. Na temelju uvida u svjetsku literaturu za sada se predlaže uporaba sljedećih vrijednosti:

- troškovi neisporučene snage: 1.25 DEM/kW
- troškovi neisporučene energije: 5 DEM/kWh

Dakako, u konkretnim analizama poželjno je koristiti različite jedinične troškove, ovisno o vrsti potrošača.

Ugledno određivanje izbjegnutih troškova (D) vrlo je teška zadaća, posebno s stanovišta smanjenja neisporučene električne energije. Ovisno o primjenjenoj mjeri, taj cilj se postiže bilo reduciranjem broja kvarova, ili trajanja prekida isporuke. Dobiveni učinak u pravilu se procjenjuje na temelju iskustva. Dakako, pri tome se uvažava i opterećenje razmatranog voda, odnosno godišnji tranzit električne energije.

Iako je teško donositi opće zaključke, može se reći da su ulaganja u sustav daljinskog upravljanja i nadzora u mreži 10(20) kV u kombinaciji s izgradnjom poveznih vodova izrazito isplativa ($ICB \gg a$). S druge strane, veći

investicijski zahvati (aktivnosti a – d) često su ekonomski dvojbeni ako se **poduzimaju samo zbog poboljšanja kvalitete isporuke električne energije**. To se naročito odnosi na interpolaciju novih TS 35/10(20) kV.

6. ZAKLJUČCI

U referatu je dan osvrt na kvalitetu isporuke električne energije u distribucijskim mrežama. U uvjetima uvođenja tržišnog okruženja u elektroenergetsku djelatnost, kvaliteta isporuke dobiva na značaju. Zbog toga će se i u Hrvatskoj toj problematici morati posvetiti puno više pozornosti nego do sada.

U prvom koraku, trebalo bi uvesti u primjenu sustav jedinstvenog praćenja prekida isporuke električne energije. Također je nužno implementirati bazu tehničkih podataka, te ju povezati s drugim bazama (potrošača, poslovnih podataka, ...). Analizom navedenih podataka utvrdili bi se kratkoročni, **realno ostvarivi** ciljevi u svezi kvalitete isporuke električne energije. Tek nakon toga bit će moguće propisati određene obveze distribucijskim područjima u svezi poboljšanja kvalitete isporuke.

Mjerodavni pokazatelji kvalitete isporučene električne energije u izravnoj su vezi s načinom održavanja mreže, te razinom ulaganja u revitalizaciju i razvoj mreže. Prikupljeni podaci omogućit će dobivanje jasnijih odnosa između pokazatelja kvalitete isporuke te razine ulaganja u održavanje i razvoj mreže. Posebno je važno što će se time dobiti **stvarni ulazni podaci** potrebni za određivanje **tehno-ekonomske opravdanosti** pojedinih ulaganja u mrežu s ciljem poboljšanja kvalitete isporuke električne energije. Na žalost, do sada takav pristup u HEP-u nije usvojen. Dakako, osim izloženih nijera treba zvanično zauzeti stav o veličini troškova neisporučene električne energije.

Prilikom izrade odgovarajuće regulative, morat će se riješiti veoma ozbiljna konceptijska dvojba – da li pristupiti samo ulaganjima koja su ekonomski isplativa (izraz 2) ili težiti ostvarivanju zadovoljavajućih pokazatelja kvalitete isporuke električne energije (SAIFI, SAIDI) bez obzira na ekonomsku isplativost.

Također je dvojbeno na kojoj razini pratiti razmatrane pokazatelje. Ukoliko se radi o velikom distribucijskom području moguće je da se dobiju dobri prosječni pokazatelji, uz prisutne manje zone s bitno lošijom situacijom. Možda je opravdano definirati prihvatljivu razinu kvalitete isporuke električne energije različito, ovisno o konzumnom području (urbano, ruralno, ...).

Odgovori na izložena pitanja izravno će utjecati na **visinu financijskih ulaganja u mrežu**.

Što se tiče konceptijskog pristupa održavanju mreža, predloženi sustav praćenja pogonskih događaja, te uspostava integrirane baze podataka omogućit će implementaciju modernog i efikasnijeg načina rada (toč. 5.3). Osim toga, stvorit će se pretpostavke za identifikaciju tzv. **neopravdanih** prekida isporuke električne energije, koji su posljedica lošeg održavanja mreže. Prema sadašnjim spoznajama, udio takvih prekida nije zanemariv.

S obzirom da je deregulacija odnosa u elektroenergetskoj djelatnosti proces koji se u svijetu odvija veoma brzo, nažao je predloženim aktivnostima pristupiti što prije.

7. LITERATURA

1. Žutobradić S. Deregulacija u elektroenergetskom sektoru – utjecaj na distribucijsku djelatnost, TECHNE (list udruženja inženjera) 2-3, Pula, 1999.
2. Žutobradić S., Wagnann L., Baričević T. Tehničko-ekonomski pristup za određivanje prioritenih investicija u distribucijskoj mreži, 4. savjetovanje HK CIGRE, Cavtat, 1999.
3. Žutobradić S., Mišković D., Brajković D. Analiza kvarova u mreži 10(20) kV na području DP "Elektroistra" Pula, 3. savjetovanje HK CIGRE, Cavtat, 1997.
4. Ratić Ž. Razmatranje pouzdanosti pri planiranju razdjelnih elektorenergetskih mreža, studija, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1998.
5. Report on Distribution and Transmission System Performance 1996/1997, OFFER, Birmingham, UK.
6. Technique Electricite, ATLAS 1994, EDF Pariz, 1994.

7. Dussart M. Statistics on MV network incidents and the average amount of time of power cuts, 13. savjetovanje CIRED, 1995.
8. Bertolini P., Rica A. Investments in electric networks: five key-factors to reach planning efficiency, 15. savjetovanje CIRED, Nica, 1999.
9. Laturus G., Marty A. Planning and quality policies at Electricite de France, 13. savjetovanje CIRED, 1995.
10. Gobbo G., Silvestri M. The charter of electricity supply in Italy, 15. savjetovanje CIRED, Nica, 1999.
11. Dispečerska dokumentacija "Elektre Križ", 1999.
12. Choice and implementation of investments on electricity distributions networks, Chapter B, EDF, Pariz
13. Gauld R.: Prioritizing spending, Transmission & Distribution, Third Quarter, 1994.