

Zlatko Zmijarević, dipl. ing.
Prof. dr. sc. Slavko Krajcar, dipl. ing.
Doc. dr. sc. Davor Škrlec, dipl. ing.
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za visoki napon i energetiku

OUTAGE MANAGEMENT

SAŽETAK

Osnovni cilj koje elektrodistribucijsko poduzeće mora ostvariti je pouzdana opskrba potrošača kvalitetnom električnom energijom koja ima ekonomski prihvatljivu cijenu. Dok razvoj informacijskih tehnologija omogućuje vođenje elektroenergetskog sustava na sve nižoj razini (u budućnosti do pojedinačnih uređaja), poslovanje elektrodistribucijskih poduzeća se mijenja kroz privatizaciju i deregulaciju. Današnji poslovni subjekti u elektroenergetskom sustavu teže tome da unutar sebe optimiraju svoj pogon i poslovne procese tako da smanje troškove i povećaju profit. Pri tome, *Outage management* utvrđuje i provodi mjere unutar sustava kojima se povećava raspoloživost opskrbe električnom energijom uzimajući u obzir ekonomske čimbenike vezane uz neisporučenu električnu energiju, te troškove implementacije i održavanja takvih mjera.

U radu je kroz definiciju i opis uloge *Outage managementa* u elektrodistribucijskom prikazano značenje pojma *Outage management*, te je dat prijedlog prijevoda na hrvatski jezik. Prikaz aktivnosti u svijetu na području povećanja pouzdanosti i osvrt na deregulaciju ističu nužnost ekonomskog vrednovanja tehničkih rješenja kojima se povećava raspoloživost i pouzdanost opskrbe električnom energijom. Na kraju rada date su smjernice kojima bi se stvorile osnove za učinkovit *Outage management* u hrvatskim elektrodistribucijama.

Ključne riječi: Outage management, pouzdanost, raspoloživost

OUTAGE MANAGEMENT

ABSTRACT

The main objective of an electric power distribution is to provide customers with reliable power at a reasonable price. While the development of information technology allows more and more control over the electric power network (in the future every electric device will be controlled), business rules of electric utilities are changed under privatization and deregulation. Nowadays, utilities strive to optimize their distribution system and business processes in order to achieve smaller expenditures and greater profit. *Outage management* ascertains and implements solutions for achieving higher power supply availability considering economic factors related to outage costs, implementation and maintenance costs.

In this paper, the importance of *Outage management* is shown through its definition and role in an electric utility. A translation of the term to Croatian is proposed for future use. An overview of activities regarding *Outage management* worldwide and a brief comment on deregulation given herein emphasize the necessity of economic validation of technical solutions for achieving high power supply availability and reliability. Recommendations for Croatian electric utilities are given at the end of this paper, in order to provide solid basis for efficient *Outage management* systems.

Key words: Outage management, reliability, availability

1. UVOD

Način na koji rade i posluju poduzeća za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije temeljito se promijenio u zadnjem desetljeću i još uvijek se mijenja. Inovacije i poboljšanja na području tehničkih znanosti, poglavito uvjetovana napretkom računalne tehnike, danas su mnogo učestalija, a nekoć zahtjevni proračuni su olakšani. Neposredna posljedica toga je efikasniji elektroenergetski sustav gledajući cjelokupno ili pojedinačno njegove dijelove. Osim tehnoloških pomaka koji mijenjaju elektroenergetske entitete u gospodarstvu, promijenili su se poslovni ciljevi u kojima su sada povećanje profita i smanjivanje troškova glavni motivi rada. Današnji poslovni subjekti elektroenergetskog sustava unutar sebe će optimirati svoj pogon i poslovne procese tako da njegov izlazni produkt bude što konkurentniji. Investicije u izgradnju i održavanje, investicije u tehnička rješenja za smanjivanje tehničkih gubitaka i slično, podvrgavaju se detaljnim analizama ostvarivosti i opravdanosti.

Razmatajući neisporučenu električnu energiju u poduzećima za prijenos i distribuciju električne energije susrećemo pojam *Outage management*. Iako se pod tim pojmom među ostalim razmatra neraspoloživost opskrbe električnom energijom i neisporučena električna energija, *Outage management* se isprepliće s niz drugih aktivnosti koje se aktivno ili pasivno provode u elektroenergetskim poduzećima za prijenos i distribuciju električne energije. Cilj ovog rada je pobliže određivanje tih odnosa te utvrđivanje što je točno *Outage management*. Kroz rad bit će prikazan njegov značaj, aktivnosti koje se provode u svijetu, te će biti date smjernice za pojačavanje aktivnosti u Hrvatskoj elektroenergetici.

2. DEFINICIJA OUTAGE MANAGEMENTA

Outage management kao i većina pojmova u struci elektroinženjera došla je iz prakse za koju možemo reći da joj je engleski jezik materinji. Osmišljavanje izraza ili davanje drugih značenja postojećim vrlo je jednostavno u engleskom jeziku zbog prirode tog jezika. U drugim jezicima, korištenje takvih izraza omogućava stručnjacima lakše spoazumjevanje, no na taj način se gubi dio nacionalnog duha. O potrebi prijevoda ne treba raspravljati, jer su prijevodi pojmova nužni. Potrebno je, međutim, utvrditi odgovarajući prijevod i omogućiti njegovo korištenje, jer se inače nametanjem loših prijevoda postiže suprotan učinak (najbolje primjere za ovo nalazimo u računalnoj tehnici). Posebnu ulogu imaju edukativne ustanove te strukovne udruge koje kroz rasprave na skupovima stručnjaka predlažu i utvrđuju odgovarajuće pojmove za specifične postupke, opremu, mjere i druge pojmove na određenom stručnom području.

Strukovni prijevod engleskog pojma *Outage management* treba tek biti utvrđen, jer doslovni prijevod nije u duhu hrvatskog jezika. Doslovni prijevodi redovito prevode zasebno riječi *Outage* i *Management*. Riječ *Management* koju redovito susrećemo u različitim ljudskim djelatnostima, u elektroenergetici se prevodi uobičajeno na *gospodarenje*, *upravljanje* ili *vođenje*, a nerijetko se ostavlja kao tudica *menadžment*. Već sama riječ *Management* stvara problema, a kamoli ne engleska riječ *Outage* koja se gotovo ne može naći u riječnicima. Široko prihvaćeno značenje *Outage*-a je nestanak opskrbe električnom energijom. Engleska definicija pojma *Outage* iz IEEE standarda [1] glasi: *Outage* je stanje komponente ili sustava kada nije u mogućnosti ispravno obavljati svoju namjenu. Ukoliko ova definicija služi kao osnova, *Outage management* se može smatrati sustavom za povećanje raspoloživosti. No, uobičajeno se pod *Outage management*-om u elektroenergetici podrazumjeva povećanje raspoloživosti napajanja električnom energijom, s tim da je *Outage* izostanak opskrbe potrošača električnom energijom, bilo zbog kvara, bilo zbog beznaponskog stanja radi održavanja, vođenja i sl. (vidi [28]). Pri prijevodu, korištenje riječi *kvar* bilo bi nedovoljno, a kratki izrazi u hrvatskom jeziku za navedeno mogu biti *zastoj*, *prekid opskrbe* ili *prekid napajanja* (posljednji odabir ovisi o tome kako nazivamo *izručivanje/predaju/dostavu* električne energije). Dodatni problem je to što *Outage* predstavlja nešto nepoželjno, a to nije prihvatljivo u kombinaciji s riječi *management*, stoga je neminovno rješenje cjelovit prijevod pojma.

Vrijeme u kojem je potrošač bez opskrbe električnom energijom može se nazvati i neraspoloživost opskrbe, gdje je neraspoloživost negativan pojam od raspoloživosti. Pouzdanost (*reliability*) i raspoloživost (*availability*) su brojčani pokazatelji kojima možemo mjeriti uspješan rad neke komponente ili sustava. Oba navedena pokazatelja su strogo definirani, te postoje matematičke metode kojima se na temelju podataka o pojedinačnim komponentama može izračunati pouzdanost i raspoloživost sustava (vidi [37],[1]). Definicija pouzdanosti iz [37] glasi:

**Pouzdanost je vjerojatnost ispravnog rada uređaja
kroz određeno vrijeme i unutar specificiranih uvjeta rada.**

Za razliku od definicije pouzdanosti koja je relativno jednoznačna, raspoloživost može biti definirana na više načina [37], a od značaja za *Outage management* su definicije statičke raspoloživosti koje se razlikuju po vrsti neraspoloživosti:

Inherentna raspoloživost (*Inherent Availability*):

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.1)$$

Ostvarena raspoloživost (*Achieved Availability*):

$$A_a = \frac{MTBF}{MTBF + M} \quad (2.2)$$

Operativna raspoloživost (*Operational Availability*):

$$A_o = \frac{MTBF - RT}{MTBF + RT + MDT} \quad (2.3)$$

U izrazima relevantne veličine su:

- MTBF – *Mean Time before failure* – Srednje vrijeme do kvara
- MTTR – *Mean Time to Repair* – Srednje vrijeme za popravak
- M – *Mean Maintenance downtime* – Srednje vrijeme kad komponenta ne radi uslijed korektivnog ili preventivnog održavanja
- MDT – *Mean Downtime* – Srednje vrijeme kad komponenta ne radi uslijed korektivnog ili preventivnog održavanja te drugih razloga (dobava dijelova, administrativne zapreke itd.)
- RT – *Ready Time* – Vrijeme operativnog ciklusa umanjenog za zbroj MTBF i MDT

Pouzdanost i raspoloživost se uvijek računaju za vitalne sustave, a to se u elektroenergetici odnosi na proizvodne jedinice i prijenosne mreže. Računanje tih veličina za elemente u distribucijskim mrežama i same distribucijske mreže otežano je zbog velikog broja pojedinačnih elemenata.

Proračuni pouzdanosti za različite varijante proširenja, redundancije ili ugradnje dodatnih elemenata zaštite i upravljanja mogu ukazati na rješenja kojim se eventualno može povećati pouzdanost, a time i raspoloživost sustava. Povećanje pouzdanosti kod elektroenergetskih mreža teško je ostvariti jer to gotovo uvijek nalaže postavljanje alternativnih vodova što je često ekonomski neopravdano. Dodatni razlozi koji govore protiv velikog povećanja pouzdanosti elemenata u elektrodistribucijskim mrežama su:

- elementi u mreži imaju dobru zalihost;
- elementi koji se ugrađuju su robusni i jednostavni (mali broj elemenata koji sudjeluju u proračunu pouzdanosti);
- većina elemenata u mreži nakon kvara se zamjenjuje, a ne popravljaju;
- Alternativna napajanja su uglavnom onemogućena zbog radijalnih ili prstenastih struktura mreže;
- Distribucijske mreže se vode u pogonski otvorenoj strukturi.

Nasuprot tome, na neke čimbenike o kojima ovisi vrijeme u kojem je neki element elektrodistribucijske (ili elektroprijenosne) mreže van pogona moguće je značajnije utjecati u cilju smanjenja neraspoloživosti:

- * skraćanje vremena koje je potrebno terenskoj ekipi za dođe do mjesta kvara,
- * skraćanje vremena pronalaska točne lokacije kvara i elementa u kvaru,
- * optimiranje sklopovskih operacija (uklapanja i isklapanja) za izolaciju elementa u kvaru ili održavanju i
- * optimiranje redoslijeda preventivnog održavanja.

Osnovni cilj koje elektrodistribucijsko poduzeće mora ostvariti je pouzdana opskrba potrošača kvalitetnom električnom energijom koja ima ekonomski prihvatljivu cijenu. Ukoliko izdvojimo ključne riječi, opskrba električnom energijom mora biti:

- * pouzdana,
- * kvalitetna i
- * ekonomski prihvatljiva

Za elektrodistribucijske sustave koji su mali i jednostavni, dovoljna pouzdanost i odgovarajuća kvaliteta opskrbe brzo se ostvare, ali daljnji pomaci u pouzdanosti ili kvaliteti iziskuju povećana financijska ulaganja. U sustavima s velikim brojem pojedinačnih elemenata, male izmjene u sustavu mogu dovesti do malih povećanja raspoloživosti električne energije bez velikih ulaganja. Ta povećanja ukupno uzrokuju osjetna smanjenja troškova i gubitaka koje elektrodistribucijsko poduzeće iskazuje na kraju fiskalne godine. U složenoj strukturi kao što je to elektrodistribucijsko poduzeće, gledajući razdjelnu mrežu, s velikim brojem elemenata na razini srednjeg i niskog napona, teško je odrediti prioritetne investicije za povećanje pouzdanosti i raspoloživosti.

U duhu profitno orijentiranog elektroprijenosnog ili elektrodistribucijskog poduzeća, *Outage management* utvrđuje i provodi mjere unutar sustava kojima se smanjuje vrijeme u kojem je potrošač bez opskrbe električnom energijom uzimajući u obzir ekonomske čimbenike vezane uz neisporučenu električnu energiju i snagu, te troškove implementacije i održavanja takvih mjera. *Outage management* u proizvodnim postrojenjima elektroenergetskog sustava se uzima u drugačijem kontekstu, ali ne postoji kao zasebna cjelina (uzima se u obzir kod proračuna pouzdanosti i raspoloživosti u radu elektrana i određivanja rizika).

Cilj *Outage management*-a je osiguravanje pouzdane opskrbe električnom energijom povećanjem pouzdanosti i raspoloživosti elemenata mreže ili sustava uvažavajući sljedeće:

- * investicijske troškove mjera koji se uvode,
- * troškove održavanja prije i poslije zahvata u elektroprijenosnom ili elektrodistribucijskom sustavu i
- * troškove kao posljedicu neisporučene električne energije i snage (prije i poslije zahvata).

Razmatrajući ekonomske veličine *Outage management* daje kvantitativnu ocjenu tehničkih rješenja za povećanje pouzdanosti i raspoloživosti opskrbe. Ovo je osobito važno prilikom uspoređivanja rješenja koja nisu slična [14], [42].

Ekonomske ocjene *Outage managementa* počivaju na neraspoloživosti opskrbe. Neraspoloživost opskrbe električnom energijom ima svoju cijenu, a obuhvaća sljedeće:

- * troškove vezane uz uklanjanje kvara (trošak popravka ili zamjene elementa u kvaru, rad terenske ekipe, i dr.),
- * neostvareni dobitak nastao radi neisporučene električne energije i
- * naknade potrošaču zbog prekida u isporuci električne energije.

Neostvareni dobitak radi neisporučene električne enegije je novčani iznos koji bi se naplatio potrošaču da nije došlo do prekida opskrbe. Taj dobitak ovisi o dvije kategorije čimbenika:

- I Čimbenici vezani uz prekid opskrbe (trajanje prekida, vrijeme prekida i sl.)
- II Uvjeti isporuke i tarifni stavovi (elementi za obračun snage i energije)

Naknade potrošaču zbog prekida u isporuci električne energije se određuju na osnovi štete nastale zbog neisporučene električne energije. Šteta zbog neisporučene električne energije predstavlja ekonomsku kategoriju, a posljedica je nemogućnosti zadovoljenja potrošača električnom energijom [43]. Iako potrošači imaju korist višestruko veću od troška potrošene električne enerije, određivanje te koristi (dobiti) ne može se jednostavno odrediti ili procijeniti, osobito kad se promatraju mali potrošači [44], [27].

Štetu radi neisporučene električne energije može se dobiti analitičkim metodama, razmatranjem specifičnih slučajeva (*Case study*) te anketiranjem potrošača [43], [49], [12], [27].

Uobičajeno je ekonomsku stranu neraspoložive opskrbe izražavati kroz cijenu neisporučene električne energije. Korištenje te cijene omogućava pojednostavljenja u složenim tehničko-ekonomskim analizama u elektrodistribucijskim i elektroprijenosnim poduzećima [52]. Štete nastale zbog neisporučene električne energije često se izražavaju kroz funkcije i troškove poput VOLL (*Value of Lost Load* – vrijednost izgubljenog tereta), COC (*Customer Outage Cost* – cijena zastoja potrošača), CCDF (*Composite customer damage function* – funkcija štete složenog potrošača) i dr [26], [25], [5]. Većina tih izraza nastala je prilikom izrade tehno-ekonomskih studija u području proizvodnje električne energije.

Nakon opisa pojma *Outage management* moguće je predložiti nekoliko potencijalnih prijevoda pojma. Nesumljivo, potrebno je u prijevodu prevesti *management* s *gospodarenje* ili *vođenje* (gdje je vođenje puno širi pojam od *upravljanja* koji obuhvaća upravljanje i planiranje upravljanja). Koristeći navedeni prijevod od *management*, moguće rješenja su:

- Vođenje raspoloživosti / Gospodarenje raspoloživošću opskrbe električnom energijom;
- Vođenje pouzdanosti / Gospodarenje pouzdanšću opskrbe električnom energijom;
- Vođenje opskrbe / Gospodarenje opskrbom električne energije;
- Vođenje obustava / Gospodarenje obustavama – izraz *obustava* se može zamijeniti hrvatskom riječi *otpovijedajem*;
- Vođenje kvarova / Gospodarenje kvarovima – pojam u načelu ne odgovara jer kvarovima ne možemo voditi.

Od ponuđenog, "najmanje loše" rješenje prema autorima ovog rada predstavlja **Gospodarenje raspoloživošću opskrbe električnom energijom**, jer se njime ističe pozitivan cilj povećanja raspoloživosti opskrbe električnom energijom. Raspoloživost, a ne pouzdanost, jer se treba istaknuti vrijeme u kojem je opskrba neraspoloživa.

3 OUTAGE MANAGEMENT KAO ZASEBNA CJELINA U PODUZEĆU ZA PRIJENOS I DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Povećanje pouzdanosti i raspoloživosti opskrbe električnom energijom može biti ostvareno na različite načine. Od interesa u ovom radu su rješenja koja je moguće ekonomski vrednovati. Postupci se mogu svrstati u dvije skupine:

- I. **Tehnička rješenja** – rješenja kojima se direktno utječe na pouzdanost ili raspoloživost i
- II. **Administrativna rješenja** – organizacijske promjene kojima se skraćuje vrijeme kad je opskrba neraspoloživa

Postupci iz prve skupine su primjerice:

- Automatizacija distribucije (*DA – Distribution Automation*)
 - Ugradnja daljinski upravljivih uređaja u SN i NN mreže [6],[30],[20];
 - Ugradnja registratora kvarova i sl. uređaja kojima se može pobliže odrediti područje pogođeno kvarom ili nestankom opskrbe [24];
 - Automatsko sekcioniranje SN ili NN dionica u kvaru u strukturama s višestranim napajanjem [9];
 - Automatiziranje operacija operatera u dispečerskom centru;
 - Automatizacije u transformatorskim stranicama srednjeg napona (*Substation automation*);
 - itd.
- Povećanje pouzdanosti elemenata mreže
 - Ugradnja ili nadogradnja elemenata zaštite [29];
 - Redundancije kritičnih elemenata mreže i povećanje zalihosti [21];
 - Upravljanje opterećenjem i kompenzacija mreže ili pojedinih elemenata u mrežama (ovim se postupcima povećava MTBF komponenti elektrodistribucijske mreže) [16], [35].
- Skraćivanje vremena potrebnog za otkrivanje elementa u kvaru
 - Ugradnja opreme za lokaciju kvarova u elemente mreže;

- Opremanje terenskih ekipa modernom opremom s naprednim mogućnostima traženja kvara;
- Komunikacija sa drugim centrima daljinskog upravljanja [22].
- * Zamjena elemenata mreže novim pouzdanijim elementima
 - Zamjena zračnih vodova kabelima položenim u zemlju [48], [24];
 - Zamjena zračnih vodova novim tipovima zračnih vodova (npr. sa odstojećima [45] ili s djelomično izoliranim vodičima [33]);
 - Zamjena zrakom ili uljem izoliranih elemenata rasklopnih postrojenja sa istovjetnim ali izoliranim sa SF₆ [24];
 - Zamjena dotrajalih ili zastarjelih elemenata [24].

Primjeri postupaka koji su administrativnog karaktera su:

- * Organiziranje rada terenskih ekipa
 - Optimiranje redoslijeda preventivnog održavanja [39], [23];
 - Optimiranje puta kojim terenske ekipe odlaze na teren (ovo je od posebnog značaja za distribucije u velikim urbanim sredinama gdje gradski promet uvelike utječe na vrijeme dolaska ekipe do mjesta kvara);
 - Implementacija postupaka kojima se brže određuje element u kvaru [36].
- * Integracija informacija o korektivnom i preventivnom održavanju
 - Organizacija rada odjela za zaprimanje i provjeru dojava kvarova od strane potrošača [39], [10];
 - Implementacija i eksploatacija jedinstvenog informacijskog sustava s informacijama o korektivnom i preventivnom održavanju [19], [23], [17].
- * Pripremni postupci za tehnička rješenja
 - Praćenje potrošnje električne energije i angažirane snage svih ili pojedinačnih potrošača;
 - Praćenje kvalitete električne energije ;
 - Analiza statistike kvarova.

Navedeni postupci za povećanje raspoloživosti opskrbe električnom energijom ukazuju da *Outage management* nije samostalna cjelina u elektrodistribucijskom ili elektroprijenosnom poduzeću u smislu angažiranja ljudskih i materijalnih resursa. Ukoliko se povećanje raspoloživosti opskrbe odredi kao bitan poslovni cilj, tada poslove vezane uz ostvarivanje tog poslovnog cilja možemo obuhvatiti s pojmom *Outage management*. Na sličan način se može promatrati i *Load management* – vođenje opterećenja. Vođenje opterećenja ima za cilj smanjenje pogonskih gubitaka snage i energije u elementima elektroenergetске mreže boljom raspodjelom opterećenja. Kao takav, *Load management* nije zasebna cjelina koja bi zahtjevala formiranje posebnog odjela već je opet isprepleten s drugim aktivnostima koje obavljaju, u principu, različiti odjeli unutar nekog elektrodistribucijskog poduzeća.

Veliki pomaci u informacijskim tehnologijama znatno su snizili cijenu i proširili mogućnosti uređaja za upravljanje i nadzor nad elementima EES-a. Upravljanje u distribucijskim mrežama, uključujući i upravljanje na najnižim naponskim razinama moguće je ostvariti i financijski opravdati. Gledajući takve trendove, nesumljivo se usložnjava vođenje distribucije električne energije radi velikog broja elemenata u sustavu, ali računalna obrada podataka omogućuje bolje iskorištenje bilo kojeg dijela takvog sustava [41]. Postupci kojima se optimira neki specifični segment elektrodistribucijskog sustava, u cilju poboljšanja opskrbe ili uštede, danas se redovito pretvaraju u komercijalnu programsku potporu ili se prodaju kroz konzalting. Poduzeća koja nude takve proizvode ili usluge često, u promidžbene svrhe, ističu pojmove kao *Distribution Automation*, *Load Management System*, *Maintenance Management*, *Work-Order management*, *Demand-Side Management*, *Trouble Call Analysis*. Svaki pripadnik stručne zajednice mora poznavati navedene pojmove i mora znati prepoznati ključne elemente po kojima se neki proizvod ili usluga odlikuje. Klasičan primjer za opisano su *Outage management* sustavi koji se pojavljuju na tržištu. Kupovina istih omogućava da se rješavaju određeni zapostavljeni segmenti u elektrodistribucijskom poduzeću, ali ni u kom slučaju to ne može biti cjelovito rješenje za povećanje raspoloživosti opskrbe. Takvi sustavi su najčešće hibridi sustava za održavanja i analizu poziva potrošača kojima se mogu olakšati poslovi vezani uz korektivno ili preventivno održavanje.

Iz opisanog je vidljivo da elektrodistribucijsko poduzeće mora biti svjesno različitih ciljeva koje mora ili želi ostvariti. Podjela poslova među organizacijskim jedinicama mora biti takva da se ostvaruju ti ciljevi, bez obzira što je podjela posla nesumljivo ovisna o tehničkim rješenjima koja su implementirana u poduzeću.

Gledajući različite poslove i ciljeve u poduzeću, *Outage management* ima svoje mjesto jer ostvaruje dvije od osnovnih karakteristika isporuke električne energije (pouzdanost i ekonomičnost). Potvrda ovog je u povećanom izdvajanju razvijenih elektrodistribucijskih poduzeća u automatizaciju distribucije i održavanje [8]. *Outage management* pri tome zadire u sljedeće segmente elektrodistribucijskog poduzeća:

- Projektiranje i instalacija opreme – analizom korektivnog i preventivnog održavanja mogu se odrediti smjernice za projektiranje i izbor opreme,
- Planiranje mreža – područja problematične opskrbe dobivaju prioritete u rekonstrukcijama,
- *Demand-Side Management* (kroz praćenje karakteristika potrošnje moguće je utvrditi značaj pojedinih potrošača i ovisno o njegovom značaju provode se zahvati kojima se povećava pouzdanost njegove opskrbe),
- *Load management* (vođenje opterećenja smanjuje pogonske gubitake snage i energije u elementima elektroenergetske mreže boljom raspodjelom opterećenja te time povećava pouzdanost tih elemenata),
- Kvaliteta električne energije (prekid opskrbe je ekstremni slučaj nekvalitetne isporuke električne energije, dok se kvaliteta u biti razmatra onog trenutka kad se ostvari odgovarajuća raspoloživost opskrbe električnom energijom) i
- *Trouble Call Analysis* – analiza poziva potrošača daje podatke o kvarovima i problemima u onom dijelu mreža koje nisu nadgledane uređajima za upravljanje (tipično niskonaponske mreže).

4 AKTIVNOSTI NA PODRUČJU POVEĆANJA RASPOLOŽIVOSTI ELEKTROENERGETSKIH MREŽA U SVIJETU

Kao što je prije navedno, povećanje raspoloživosti opskrbe može biti ostvareno na različite načine. Svjetska iskustva i trendovi koja se odnose na *Outage management* počivaju na problemima koje su elektrodistribucijska i elektroprijenosna poduzeća rješavala u cilju:

- pouzdanije opskrbe, a pritom su uvažavali ekonomske parametre i
- skraćena vremena u kojem su potrošači bez napajanja.

U ovom dijelu rada istaknute su aktivnosti koje se izravno odnose na *Outage management*.

Jedan od jakih usmjerenja elektrodistribucijskih poduzeća su ulaganja u automatizaciju [8],[15]. Iako su uređaji za upravljanje znatno pojeftinili, njihova cijena još uvijek predstavlja znatan čimbenik u implementaciji praktičnih rješenja. Posebno naglašeno područje istraživanja je problem optimalnog smještaja daljinski upravljivih linijskih rastavljača i sklopki. Za *Outage management* to područje je značajno jer se tek od nedavno u razmatranje troškova uzima i neisporučena električna energija potrošačima [6], [20],[30]. Matematički modeli kojima se razmatra cijena neisporučene energije u srednjenaponskoj mreži razlikuju se od rada do rada, i ovisno o modelu se manje ili više usložnjavanju funkcije cilja optimiranja tog navedenog kombinatoričkog problema. Kod nas se razmatraju takvi problemi (vidi [7],[13]), ali se problem neisporučene električne energije ne obrađuje detaljno.

Velike aktivnosti u elektrodistribucijskim poduzećima po pitanju *Outage managementa* pokreću proizvođači programske potpore. Proizvođači alata za upravljanje bazama podataka, GIS programske potpore, poslovne programske potpore i sl. stalno udovoljavaju željama svojih korisnika. Kad se uoči da neki skup korisnika zahtjeva sličan proizvod, proizvođači programske potpore na vlastiti poslovni rizik izrađuju programsku potporu koja rješava goruće probleme korisnika. Dobit takvih poteza je profit koji se krije u potencijalnim korisnicima koji ne koriste određenu programsku potporu ili korisnicima koji koriste programsku potporu drugih proizvođača ali bez tih dodatnih alata. Kako je *Outage management* itekako značajan u svim komunalnim djelatnostima (jer on principijelno nije vezan isključivo za prodaju električne energije) proizvođači su često samoinicijativno izrađivali svoja rješenja *Outage management* sustava. No, implementacije *Outage managementa* završavale su se većinom na aplikacijama za optimiranje rada terenskih ekipa i optimiranje preventivnog održavanja. To je ujedno i kraj napora proizvođača programske potpore, jer se razvoj specifičnih programskih alata (pa tako i *Outage management* alata) ostavlja korisnicima. To ima svojih dobrih strana jer korisnici mogu razvijati aplikaciju koja u potpunosti odgovara odgovara njihovoj politici *Outage managementa*, koristeći otvorena sučelja prema postojećoj programskoj

potpori. Loša strana toga je što su programska sučelja programske podrške često ograničena, loše dokumentirana i nepouzdana.

Procesi deregulacije u svijetu zahtijevaju povećano praćenje i analizu prekida opskrbe električnom energijom [15], [34], [40],[12],[5], [32], [27]. Za razliku od analiza kvarova koje se rade u Hrvatskim elektrodistribucijama (npr. [51]) sve više se u svijetu računaju indeksi (u zemljama koje provode deregulaciju računanje tih indeksa je obvezno [15],[40],[32]):

- SAIDI – *System Average Interruption Duration Index* – Srednje trajanje prekida napajanja sustava
- SAIFI – *System Average Interruption Frequency Index* – Srednja učestalost prekida napajanja sustava
- CAIDI – *Customer Average Interruption Duration Index* – Srednje trajanje prekida napajanja potrošača
- CAIFI – *Customer Average Interruption Frequency Index* – Srednja učestalost prekida napajanja potrošača

Indeksi kojima se opisuje neraspoloživost opskrbe tada služe u svrhu ocjenjivanja rješenja kojima se povećava pouzdanost i raspoloživost sustava. U praksi se, osim tih indeksa, koriste sljedeće varijable [31]

- DTR – *Damage Restoration Time* – Vrijeme potrebno da terenska ekipa pronađe i ukloni trajni kvar
- MRT – *Manual Restoration Time* – Vrijeme potrebno da terenska ekipa ručno restaurira napajanje (npr. zamjena osigurača)
- ST – *Switching Time* – Vrijeme potrebno za uspostavljanje napajanja prekapčanjem potrošača
- FPF – *Fraction of Permanent Faults* - Postotak trajnih kvarova

Korištenje jedinstvenih varijabli i indeksa omogućava usporedbu različitih elektrodistribucijskih sustava te olakšava stručnjacima razvoj metoda i algoritama za povećanje pouzdanosti i raspoloživosti.

Neosporno je da se veliki napor ulaže u kvantificiranje pojava koje prate prekide opskrbe električnom energijom i taj će se trend nastaviti.

5. OUTAGE MANAGEMENT U DEREGULIRANOM TRŽIŠTU

Današnji modeli poslovanja koji se tiču energetike općenito, uvelike trpe promjene uvjetovane deregulacijom tog specifičnog tržišta te privatizacijom poslovnih subjekata u gospodarskoj grani za koju se uvijek tvrdilo da predstavlja strateški interes državi. U svijetu je deregulacija tržištem električne energije u pojedinim zemljama dostigla takvu razinu da su se rezultati počeli pojavljivati, no većinom na razini proizvodnje i prijenosa energije. Na razini distribucije električne energije, prirodni monopol kao karakteristika električne energije dolazi jače do izražaja. Odgovarajućim pravnim instrumentima i ugovornim obvezama moguće je postići deregulirano tržište i na razini distribucije električne energije.

Deregulaciju u svijetu nije moguće jednostavno preslikati na energetiku u Republici Hrvatskoj. Razlozi za to su višestruki i nisu predmet rasprave u ovom radu (više o tome se može naći u [18]), no treba navesti neke od specifičnosti koje se tiču *Outage management-a*.

U zemljama koje su najdalje otišle u deregulaciji, poduzeća za distribucije električne energije dosta se razlikuju od elektrodistribucija u Republici Hrvatskoj jer pokrivaju prostorno velika područja s velikim brojem potrošača. Takva poduzeća osim mreža srednjeg i niskog napona upravljaju i vode mreže visokog napona. Nasuprot tome, u Republici Hrvatskoj postoji centralizirano javno poduzeće Hrvatska Elektroprivreda d.d. za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije čija je osnova djelatnost razdjeljena na tri direkcije: Direkcije za proizvodnju, Direkcije za prijenos i Direkcije za distribuciju. Direkcija za prijenos obuhvaća četiri prijenosna područja, dok direkcija za distribuciju ima dvadeset i jedno distribucijsko područje. Veličina distribucijskog područja i broj potrošača je jedan od čimbenika koji će odrediti način na koji će *Outage management* doći do izražaja. Kod većih distribucijskih poduzeća, samo mjere djelotvornijeg korektivnog i preventivnog održavanja mogu polučiti značajne rezultate u godišnjim izvješćima. Kod manjih distribucijskih područja to je možda manje zamjetno, ali ne i manje važno. Kod implementacije tehničkih rješenja, gotovo da veličina distribucijskog područja ne utječe, budući da se

rješenja primjenjuju na užem području – na razini jedne ili nekoliko transformatorskih stanica u razdjelnoj mreži. Sigurno je da će restrukturiranje i privatizacija elektrodistribucijskog sektora utjecati na organizaciju i politiku Outage managementa, ali se pripreme i početne akcije mogu započeti na razini sadašnje organizacije.

Deregulacija je u uskoj sprezi s drugim pravnim aktima kao što su:

- Standardi kvalitete električne energije
- Uvjeti isporuke električne energije
- Tarifni sustav za prodaju električne energije

Novi standardi i novi uvjeti isporuka električne energije samo su instrumenti kojima se štite potrošači u dereguliranom tržištu energijom, dok se s druge strane profit za poslovne entitete za proizvodnju, prienos i distribuciju električne energije krije u slobodnijem gospodarenju investicijama i troškovima kroz liberalnije zakone i privatizaciju. Poduzeća koja distribuiraju električnu energiju time sve više uvažavaju potrošača kroz načelo *Zadovoljstvo potrošača (Customer satisfaction)*. Zadovoljan potrošač je onaj potrošač koji je stalno opskrbljen kvalitetnom i jeftinom električnom energijom. U cilju poboljšanja "usluga", poduzeća za prodaju električne energije oplemenjuju svoje službe za potrošače dodatnim ili poboljšanim uslugama (vidi [39] i [19]) od kojih je jedna od najznačajnijih edukacija o ekonomičnoj uporabi električne energije. U cilju promidžbe često se čuje izraz *Customer Care*, odnosno na hrvatskom – Briga za potrošača.

Iako je briga za potrošače neobvezna gledajući iz perspektive elektrodistribucijskog poduzeća, standardi o kvaliteti električne energije i uvjeti isporuke koji potrošači ugovaraju s elektrodistribucijskim poduzećem obavezuju elektrodistribucijsko poduzeće da samoinicijativno poboljšava (ili održava) svoj sustav u smislu pouzdanosti i ekonomičnosti [15], [34], [40], [12], [5], [32], [27], [11]. Što su stroži uvjeti na isporuku električne energije kod potrošača na srednjem i niskom naponu, to je značajniji *Outage management*. S obzirom da se mreže niskog napona (a velikim dijelom i srednjeg napona) ne upravljaju, kvarovi i preventivna održavanja uzrokuju dugotrajne prekide u napajanju. Dodatan razlog dugotrajnim prekidima je i radialna struktura takvih mreža koja ne dopušta alternativne načine napajanja potrošača. Takvi prekidi naravno uzrokuju troškove elektrodistribucijskom poduzeću što se uključuje u cijenu neisporučene električne energije [44],[27],[12]. U zemljama s razvijenijim elektroenergetskim sustavima svim potrošačima se isplaćuje šteta radi prekida u opskrbi električnom energijom, što je i dovelo do povećanog značaja *Outage managementa*. U Hrvatskoj, samo mali broj velikih potrošača s posebnim ugovorima mogu potraživati naknade od Hrvatske Elektroprivrede u slučajevima prekida napajanja, dok ostali potrošači sklapaju ugovore u kojim se ne koriste navedene pogodnosti koje su dopuštene po Zakonu o elektroprivredi (vidi [2], [3] i [4]). Radi navedenog, poboljšanja u raspoloživosti i pouzdanosti niskonaponskih mreža često su otpisivane kao financijski neopravdane, iako se nisu radile analize o gubicima usljed neisporučene električne energije na niskom ili srednjem naponu. Tek se u novije vrijeme počnu uvažavati ekonomski čimbenici vezani uz neisporučenu električnu energiju (vidi [44], [47] i [52]).

Tarifni sustav po kojem se obračunava prodaja električne energije mora se uzimati u obzir kad se razmatraju gubici neisporučenih kWh pri prekidu opskrbe potrošača, a neka od rješenja koja razmatra *Outage management* mogu biti rezultat analiza prekida s obzirom na tarifne stavove (npr. preraspodjela terenskih ekipa prema dobu dana).

6. OUTAGE MANAGEMENT SUSTAVI U INFORMACIJSKOM SUSTAVU ELEKTROENERGETSKOG PODUZEĆA

Ukoliko računalni sustav obrađuje informacije u cilju izrade prijedloga kojim će se povećati raspoloživost opskrbe električnom energijom, takav sustav možemo nazivati *Outage management* sustavom. Već je spomenuto da *Outage management* sustavi ne rješavaju cjelovito problem pouzdanosti i raspoloživosti opskrbe električnom energijom već rješavaju samo određene segmente u elektrodistribucijskom poduzeću.

Kako je *Outage management* po svojoj prirodi napredni pristup vođenju elektrodistribucije, on zahtjeva probrane podatke koji se dobivaju iz različitih službi elektrodistribucijskog poduzeća. Pritom se koristi informacijska okosnica poduzeća koja se može sastojati od više informacijskih sustava (tehnički, geografski, poslovni, potrošački). Podatke o samom elektroenergetskom sustavu, *Outage management* sustav dobiva, u načelu, iz tehničkog informacijskog sustava koji može biti upotpunjen geografskim informacijskim sustavom. Dojave kvarova dolaze iz SCADA sustava ili sustavu obrade telefonskih dojava

od strane potrošača. Podaci o održavanju te o terenskim ekipama dolaze iz svih odjela koje provode korektivno i preventivno održavanje, gdje su takvi podaci obično pohranjeni u tzv. *Maintenance management* sustavima, odnosno sustavima za upravljanje održavanjem.

Integracija pojedinačnih informacijskih sustava u jedinstveni često je problematičan radi niza razloga (tehničkih i organizacijskih) ali integracija donosi niz prednosti [38], [46]. Jedinstveni informacijski sustav omogućava da se odgovarajućim pretraživanjem (*data mining*) mogu izlučiti potrošači, skupine potrošača i dijelovi elektrodistribucijskog sustava u kojem se može (ili mora) povećati pouzdanost.

Jedan od bitnih uvjeta uspješnog *Outage management* sustava je i povezanost geografskog informacijskog sustava i baze potrošača unutar elektrodistribucijskog poduzeća. Takva veza je neophodna da bi se za određeni kvar ili prekid opskrbe mogao utvrditi skup pogođenih potrošača s pripadnim podacima o potrošnji električne energije i drugim podacima. Iako oba sustava sadrže velike količine podataka pa je povezivanje otežano, glavni razlog da se ovakve veze ne ostvaruju u praksi je to što se podaci o potrošačima i potrošnji redovito nalaze u Poslovnom informacijskom sustavu na kojeg su postavljeni različiti sigurnosni uvjeti jer se njime vode financijske transakcije poduzeća i obračuni prodaje električne energije. Pravilna implementacija računalne potpore te odgovarajući popratne procedure unutar elektrodistribucijskog poduzeća osiguravaju da je sigurnost povjerljivih i kritičnih podataka potpuna. *Outage management* ne mora nužno počivati na Geografskom informacijskom sustavu. Taj sustav po definiciji daje podatak potreban za *Outage management*. Podaci koji se traže iz GIS-a su topološka povezanost elemenata elektroenergetskog sustava s potrošačima. Ti podaci naravno mogu biti pohranjeni i u nekom drugom informacijskom sustavu, ali moraju postojati mehanizmi kojima će se odgovarajući podaci moći dohvatiti. Ovo se posljedično odnosi na slučajeve kad Tehnički informacijski sustav drži podatke o povezanosti potrošača na pojedine strujne krugove. U takvom slučaju, baza podataka na kojoj leži TIS mora osiguravati podatke o topologiji strujnih krugova (što naravno upućuje da je za neke informacije bolje koristiti GIS).

Jedan izvor podataka kojeg koristi *Outage management* je rijetko spominjan – radi se o GPS uređajima. GPS je kratica za *Global Positioning System* – sustav za globalno pozicioniranje. Sustavom geostacionarnih satelita odgovarajućim uređajima moguće je odrediti točnu lokaciju nekog objekta na površini Zemlje. GPS uređaji imaju u elektrodistribucijskom poduzeću dvije svrhe:

- točno određivanje objekata u stvarnom svijetu radi digitalizacije njihove lokacije u geografskom informacijskom sustavu
- praćenje terenskih ekipa

Poznavanje točne lokacije terenske ekipe omogućava da se bolje optimira njihov rad u intervencijama radi korektivnog održavanja.

7. PRIJELOG AKTIVNOSTI

Na osnovu dosad iznesenog, moguće je utvrditi sljedeće prijeloge aktivnosti:

- I Potrebno je proučiti stranu praksu i regulativu kojom se definiraju indeksi i druge veličine kojima se opisuje pouzdanost i raspoloživost opskrbe električne energije s posebnim naglaskom na vrijeme kad je opskrba neraspoređiva. Tim korakom će se napraviti značajan iskorak u praktičnom prihvaćanju deregulacije kao moguće poslovne stvarnosti.
- II Na osnovu indeksa utvrđenih u prvom prijedlogu, nužno je revidirati statistiku kvarova i obustava opskrbe kojom će se predvidjeti prikupljanje novih veličina. Prikupljanje veličina treba biti prilagođeno budućim zahtjevima dereguliranog tržišta i potrebama *Outage managementa* kojeg će provoditi poduzeće koje prodaje električnu energiju.
- III Temu neisporučena električna energija treba detaljno stručno istražiti. Za hrvatske prilike treba u konačnosti naći vrijednosti ili empirijske izraze kojima bi se mogle procjenjivati cijena neisporučene električne energije ovisno o točki promatranja problema (TS 110/10(20)kV, TS 10(20)/0.4kV, napojni vod iz TS 110/10(20)kV, niskonaponski strujni krug) ili o potrošačima (pojedinačni, grupa potrošača, opskrbno područje TS 10(20)/0.4kV, opskrbno područje TS X/10(20)kV). Podjednako treba gledati i prijenosne i distribucijske mreže.
- IV Anketiranje potrošača o neisporučenoj električnoj energiji jedan je o značajnih izvora podataka kojim se procjenjuje cijena neisporučene električne energije. Potrebno je stalno

provoditi odgovarajuće ankete među različitim potrošačima (po vrsti i geografskoj lokaciji) da bi se ostvarili ciljevi koje predlaže prethodna točka. Ankete trebaju biti detaljne i učestale tako da se cijena neisporučene električne energije može što vjernije iskazati za različite potrebe planiranja i vođenja elektroenergetskog sustava.

- V. Odjele održavanja te potrošačke službe po distribucijskim područjima HEP-a trebalo bi anketirati o problemima vezanim za preventivno i korektivno održavanje. Rezultati toga bi mogli dati uvid u goruće probleme vezene uz isporuku električne energije.

Ciljevi ostvarivi u bližoj budućnosti korištenjem navedenih prijedloga mogu biti:

- I. utvrđivanje indeksa za opis pouzdanosti svih distribucijskih i prijenosnih područja;
- II. utvrđivanje cijena neisporučene električne energije;
- III. utvrđivanje nepouzdanih elemenata elektroenergetske mreže i uzroka njihovih kvarova analizom statistike kvarova koristeći informacije o geografskom položaju ili uklopnom stanju mreže;
- IV. uvođenje suvremenih sustava za obradu poziva potrošača po distribucijama s sučeljem prema GIS-u radi dohвата informacije o mjestu priključka potrošača na mrežu radi utvrđivanja mjesta kvara i područja obuhvaćenog kvarom;
- V. osuvremenjavanje sustava za vođenje terenskih ekipa s naglaskom na integraciju s GIS-om radi dobave podataka o mogućim putevima do mjesta kvara;
- VI. integracija sustava za obradu poziva potrošača i sustava za vođenje terenskih ekipa.

Navedeni ciljevi III-VI omogućili bi znatno skraćanje vremena u kojem su potrošači bez napajanja, dok bi ciljevi I i II odmah omogućili vrednovanje pojedinih tehničkih rješenja prema pouzdanosti.

Prijedlozi koji su ovdje navedeni djelomice se poklapaju s zaključcima radova napisanih na sličnoj tematici u Hrvatskoj (vidi [52], [44]).

6 ZAKLJUČAK

Outage management razmatra i ocjenjuje rješenja za povećanje raspoloživosti opskrbe električnom energijom u odnosu na troškove potrebne za implementaciju takvog rješenja i uštede koje bi se time ostvarile. Kako je osnovni cilj elektrodistribucijskog poduzeća pouzdana opskrba potrošača kvalitetnom električnom energijom koja ima ekonomski prihvatljivu cijenu, za *Outage management* se može reći da je usmjeren na dvije ključne značajke u poslovanju elektrodistribucijskog poduzeća. To jejedno opravdava potrebu za postojanjem *Outage managementa* u takvom poduzeću.

Outage management se ne može proglasiti cjelinom u vođenju, ali je istovremeno prisutan u svim segmentima elektrodistribucijskog sustava (svim službama za tehničke i ekonomske poslove), te u svim informacijskim sustavima (SCADA, TIS, GIS, CIS, itd.). Stručna zajednica mora porađati na smještaju pojma *Outage management* u odnosu na strukturu i poslovanje u elektroenergetskom poduzeću, te općenito u energetici. Bitan zadatak je i utvrđivanje odgovarajućeg prijevoda pojma *Outage management*.

Aktivnosti u svijetu na koje se oslanja *Outage management* nužno je na odgovarajući način potaknuti kod nas, jer su promjene u Hrvatskoj neminovne, a bit će rezultat privatizacije, deregulacije, novih uvjeta isporuke električne energije, novog tarifnog sustava, novih standarda u kvaliteti električne energije, novih standarda u kvaliteti poslovanja. Od osobitog značaja su dvije aktivnosti koje treba poticati:

- * razmatranje troškova vezanih uz prekide opskrbe električnom energijom u distribuciji i prijenosu električne energije
- * praćenje statistike kvarova u elektrodistribucijskim mrežama

PITANJA ZA DISKUSIJU

- Treba li i ako da, kako prevesti pojam *Outage management* na hrvatski?
- Na koji način poboljšati praćenje kvarova?
- Kako organizirati terenske ekipe da daju detaljnije informacije o kvarovima?
- Koje bi djelatnosti u planiranju i održavanju mreže trebalo u najkraćem mogućem vremenu obogatiti *Outage management* sustavom?
- Ima li opravdanja pratiti terenske ekipe korištenjem GPS uređaja?
- Da li informacijsku potporu za *Outage management* kupiti ili razviti vlastitu?

LITERATURA

1. (1991) *IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Std. 493-1990)*. IEEE, New York.
2. (1990) Zakon o elektroprivredi, *Narodne novine*, Br. 31/90. (Izmjene i dopune Zakona o elektroprivredi objavljene su u Narodnim novinama u brojevima 47/90, 61/91, 26/93, 78/94).
3. (1991) Opći uvjeti isporuke električne energije, *Narodne novine*, Br. 8/91. (Izmjene i dopune Općih uvjeta isporuke električne energije objavljene su u Narodnim novinama u brojevima 61/92, 70/92, 78/93).
4. (1991) Tarifni sustav za prodaju električne energije, *Narodne novine*, Br. 8/91. (Izmjene i dopune Tarifnog sustava za prodaju električne energije objavljene su u Narodnim novinama u brojevima 10/91, 23/92, 33/93, 43/93, 20/94).
5. ALLAN, R.N.; KARIUKI, K.K. (1997) Customer outage costs and their application to the UK electricity supply industry, *5th International conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS 97)*, Vancouver, B.C., Canada.
6. BILLINTON, R.; JONNAVITHULA, S. (1996) Optimal Switching Device Placement in Radial Distribution Systems, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 11, No.3., 1646-1651.
7. BRAJKOVIĆ, D. (1999) Optimalno lociranje daljinski upravljanijh linijskih sklopki u nadzemnim srednjenaponskim mrežama, *Četvrto savjetovanje HK Cigre*, Cavtat, Hrvatska, Rad br. 31-11.
8. BUSH, R. (1996) Transmission and Distribution Spending Patterns, *Transmission and Distribution World*, 1, 56-62.
9. CHAN, E.; DELSON, M.; MARKUSHEVICH, N.; WALSTON, K.; ZAHARUDDIN, I.R.T.A.; JAMAL, I.R.A.M.; NASIR, A. (1998) Distribution Automation for the Peninsular Malaysian Distributions System, *12th CEPIS*, Pattaya, Thailand, .
10. COVEY, K.; LEONARD, W. (1996) Computing Increases Competitiveness, *Transmission and Distribution World*, 3, 68-69.
11. EBY, M. (1997) Strategic Investment: The Money Game, *Transmission and Distribution World*, 1, 51-55.
12. EUA-ARPORN, B.; BISARNBUTRA, S. (1997) Customer interruption cost and results, *5th International conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS 97)*, Vancouver, B.C., Canada.
13. FABRIS, V.; MAJETIĆ, Z. (1999) Problematika opravdanosti daljinski upravljanih rastavnih uređaja u SN mreži, *Četvrto savjetovanje HK Cigre*, Cavtat, Hrvatska, Rad br. 31-10.

14. GAULD, R.A. (1994) Prioritizing Spending, *Transmission and Distribution World*, 3, 20-31.
15. GJENGEDAL, T.; FLOLO, R.; LUND, P.E. (1999) Distribution System Planning Including Distribution Automation and Demand Side Management in deregulated Market Environments, *IEEE Power Tech '99*, Budapest, Hungary, Paper BTP99-459-17.
16. GOECKELER, C.R. (1996) Capacitor controls lead to Improved service, *Transmission and distribution World*, 6, 65-70.
17. GOLLOGLY, M. (1999) Technological advances for European utilities, *Utility Automation Europe*, 4, 40-43.
18. GRANIĆ, G.; JANDRILOVIĆ, N.; RUKAVINA, T. (1997) *Organizacija hrvatskog energetskeg sektora*. Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb.
19. GREGG, J. (1998) Customer Information Systems change roles in the 21st Century, *Utility Automation*, 6, 32-34.
20. HE, Y.; ANDERSSON, G.; ALLAN, R.N. (1999) Determining Optimum Location and Number of Automatic Switching Devices in Distribution Systems, *IEEE Power Tech '99*, Budapest, Hungary, Paper BPT99-24-17.
21. HAZAN, E. (1998) Electric Reliability: A Delicate Balancing Act, *Transmission and Distribution World*, 10, 34-40.
22. HAZAN, E. (1998) Reliability: Stacking the Deck in Your Favor, *Transmission and Distribution World*, 1, 45-48.
23. HAZAN, E. (1999) ERP Applications gain Popularity, *Transmission and Distribution World*, 4, 36-38.
24. KARIUKI, K.K.; ALLAN, R.N. (1996) Applications of customer outage costs in system planning, design and operation, *IEE Proceedings on Generation, Transmission and Distribution*, Vol 143, No. 4, 305-312.
25. KARIUKI, K.K.; ALLAN, R.N. (1996) Factors affecting customer outage costs due to electric service interruptions, *IEE Proceedings on Generation, Transmission and Distribution*, Vol. 143, No. 2., 521-528.
26. KARIUKI, K.K.; ALLAN, R.N. (1996) Evaluation of reliability worth and value of lost load, *IEE Proceedings on Generation, Transmission and Distribution*, Vol. 143, No. 2., 171-180.
27. KHAN, M.E.; CONLON, M.F.; MIELCZARSKI, W.; ZAMAN, M. (1997) Electrical Power Interruption Studies in Australia, *5th International conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS 97)*, Vancouver, B.C., Canada.
28. LAMENDOLA, M. (1999) Downtime Numbers You Can count on, *EC&M*, 6, 59-61.
29. LANDAU, H.; MESMAEKER, I.; MAASS, J.; BROCKETT, P. (1998) Advantages of modern protection and control system architecture and the operational consequences for utilities, *CIGRE1998*, Pariz, Francuska, Paper 38-109.
30. LEVITIN, G.; MAZAL-TOV, S.; ELMAKIS, D. (1994) Optimal sectionalizer allocation in electric distribution systems by genetic algorithms, *Electric Power Systems Research*, 31, 97-102.
31. MCCARTHY, C.A.; LIU, H. (1999) Predictive Analysis Ranks Reliability Improvements, *IEEE Computer Applications in Power*, 4, 35-40.
32. MCGLINCHY, B.J. (1997) Distribution reliability in the Reformed New Zealand Electricity Industry, *5th International conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS 97)*, Vancouver, B.C., Canada.

33. MIHALEK, E.; ŽUTOBRADIĆ, S. (1997) Izolirani nadzemni vodovi srednjeg napona - Rješenje za specifičnu ili opću namjenu?, *Treće savjetovanje HK Cigre*, Cavtat, Hrvatska, Rad br. 31-02.
34. MUTALE, J.; JAYANTILAL, A. STRBAC, G. (1999) Framework for Allocation of Loss and Security Driven Network Capital Costs in Distribution Systems, *IEEE Power Tech '99*, Budapest, Hungary, Paper BPT99-362-17.
35. NETO, JOSE DA COSTA CARVALHO (1997) Distribution by Demand Side Management, *Transmission and Distribution World*, 12, 39-44.
36. PORTER, T. (1998) Network monitoring and protection: The key to service, *Utility Automation Europe*, 1, 20-21.
37. RAO, S.S. (1992) *Reliability-Based Design*. McGraw-Hill, Inc., New York.
38. RODRIGUEZ, A. (1999) From network operator to network manager, *Utility Automation Europe*, 8, 37-38.
39. ROGERS, R. (1998) SAP customer care and service extends functionality, *Utility Automation Europe*, 1, 22-25.
40. TANURE, J.E.; LIMA, J.W.M. (1999) Quality of electrical energy: Incentives and penalties, *IEEE Power Tech '99*, Budapest, Hungary, Paper BPT99-037-24.
41. SARMA, N.D.R. (1997) Rapid growth leads to system automation efforts, *Transmission and distribution world*, 9, 67-74.
42. SCHWEPPE, F.C.; MERRILL, H.M.; BURKE, W.J. (1989) Least-Cost Planning: Issues and Methods, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 77, No. 6., 899-907.
43. SLIPAC, G. (1996) *Štete zbog neisporučene električne energije*. Magistarski rad na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu.
44. SLIPAC, G. (1997) *Štete zbog neisporučene električne energije*, *Treće savjetovanje HK Cigre*, Cavtat, Hrvatska.
45. SOARES, M. (1997) Spacer Cable and ABC lines aid in Reliability, *Transmission and Distribution World*, 11, 62-67.
46. SON, J.M.; CESPEDAS, R.H. (1994) Improved Tools for Real-Time Control, *Transmission and Distribution International*, 2, 42-49.
47. STOJKOV, M. (1998) *Odabir optimalnog načina povećanja pouzdanosti radijalne mreže*. Magistarski rad na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu.
48. TYNER, J.T. (1996) Survey unearths Trends, *Transmission and Distribution World*, 7, 38-51.
49. WACKER, G.; WOJCYNSKI, E.; BILLINTON, R. (1983) Interruption cost methodology and results - A Canadian residential survey, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-102, No.10., 3385-3392.
50. WILLIAMS, B.R.; WALDEN, D.G. (1994) Distribution Automation Strategy for the future, *IEEE Computer Applications in Power*, 3, 16-21.
51. ŽUTOBRADIĆ, S.; MIŠKOVIĆ D.; BRAJKOVIĆ, D. (1997) Analiza kvarova u mreži 10(20)kV na području DP "Elektroistra" Pula, *Treće savjetovanje HK Cigre*, Cavtat, Hrvatska, Broj rada. 31-04.
52. ŽUTOBRADIĆ, S.; WAGMANN, L.; BARIČEVIĆ T. (1999) Tehničko-ekonomski pristup za određivanje prioriternih investicija u distribucijskoj mreži, *Četvrto savjetovanje HK Cigre*, Cavtat, Hrvatska, Rad br. 31-23.