

VIŠESTRUKI IZUZETNO RETKI ISPADI I KVAROVI U ELEKTRODISTRIBUTIVNIM MREŽAMA NA KONZUMU EDB

Tomislav Milanov, dipl. el. ing.
PD «Elektrodistribucija Beograd»

Kratak sadržaj :

Ovaj rad iznosi dispečerska eksploataciona iskustva sa aspekta različitih načina napajanja potrošača električnom energijom, te u pogledu mogućeg pojavljivanja višestrukih ispada i kvarova u elektrodistributivnim mrežama na konzumu PD «Elektrodistribucije Beograd» (u daljem tekstu EDB); izuzetno retki ovakvi ispadi i kvarovi u mrežama EDB implicirali su i način pisanja ovog rada koji će biti više deskriptivan, dok će samo ovlaš biti tretirana učestalost pojavljivanja višestrukih kvarova.

Enormna starost mreža na konzumu EDB na mnogim mikrorejonima povećava verovatnoću pojavljivanja višestrukih ispada i kvarova, ali EDB pokušava da sa minimalnim dodatnim ulaganjem u mreže rezerviše i ovakve «dogadaje» kako u transformatorskim stanicama (u daljem tekstu TS) tako i u mrežama. Danas je mreža 10 kV na gradskom delu konzuma EDB izgrađena skoro isključivo kao povezna u svim pravcima između TS VN/10 kV – što implicira mogućnost «kompletnog rasterećenja» svake TS VN/10 kV sa veoma prihvatljivim trajanjem prekida u napajanju potrošača električnom energijom (veoma prihvatljivim i za EDB a i za potrošače) ; u pretežno autonomnim nadzemnim mrežama 10 kV na ruralnim područjima to nije moguće «ispoštovati» (one su takođe izgrađene kao povezne sa ograncima , ali su rastojanja između TS X/10 kV najmanje 5 – 10 km) .

Na taj način se ograničava nivo neisporučene električne energije pri pojedinačnim «uobičajenim događajima» na nivo od oko 2 – 5 MWh po ispadi, a pri višestrukim kvarovima u mrežama pri rasterećenju kompletne TS VN/10 kV srazmerno ukupnom broju izvoda 10 kV, ali ne više od 50 – 100 MWh; štaviše, dispečerska služba EDB mnoge vodove 10 kV na područjima sa novim TS 110/10 kV napaja jednostrano, sa granicom u napajanju ne oko električne polovine voda 10 kV već na prekidaču u susednoj TS X/10 kV – što u sprezi sa mogućnostima Sistema daljinskog upravljanja nad elementima svih TS X/10 kV ima za posledicu da se nivo neisporučene energije može ograničiti i kod pojave višestrukih kvarova u mrežama na vrednost od oko 5 – 10 MWh.

Rad može biti koristan ne samo dispečerskim službama već i planerima i projektantima elektrodistributivnih mreža, kao i svima koji odlučuju o obimu i dinamici investiranja u elektrodistributivnim preduzećima na našim prostorima.

Ključne reči : Pouzdanost elemenata TS i mreža, učestalost manipulacija rasklopnom opremom, učestalost jednostavnih i složenih manipulacija, pouzdanost složenih manipulacija, kvarovi koji izbacuju iz pogona više elemenata / višestruki kvarovi, vremenske nepogode

1. UVOD

Dosadašnji razvoj potrošnje električne energije i vršnih godišnjih opterećenja na potrošačkom području «Elektrodistribucije Beograd» (u daljem tekstu EDB) bio je veoma intezivan do 2000. godine, sa stalnim približno linearnim rastom iz godine u godinu, a u periodu od 2001. godine do danas i dalje sa linearnim rastom potrošnje električne energije ali i sa stagniranjem rasta vršne godišnje snage; to je posledica izmene tarifne politike u Srbiji, tj. ukidanja poslepodnevne niže tarife u ceni električne energije svim potrošačima.

Ovako intenzivnom razvoju potrošnje električne energije i snage EDB je «odgovarala» pravovremenom izgradnjom veoma racionalne elektrodistributivne mreže sa uvek ispoljavanim prosečnim procentualnim opterećenjem TS do 56 % sve do 1990. godine, da bi nestabilna politička situacija i rat na južnoslovenskim prostorima u desetogodišnjem periodu od 1991. do 2000. godine kao i po privredu i primarnu proizvodnju veoma nespretno izvršene tranzicijske promene u desetogodišnjem periodu od 2001. do 2010. godine implicirale gotovo apsolutnu obustavu izgradnje visokonaponske elektrodistributivne mreže na gradskom i samo rekonstrukcije oko 5 do 6 TS 35/10 kV na vangradskom delu mreže; u ovom dvadesetogodišnjem periodu izgrađivane su samo TS 10/0,42 kV i dograđivana mreža 0,42 kV, tako da se prosečno procentualno opterećenje svih visokonaponskih TS pri vršnim godišnjim opterećenjima konzuma većim od 1 600 MW kreće u opsegu od 63 – 68 %, sa mnogobrojnim i u normalnom režimu preopterećenim TS 110/35 kV, 35/10 kV te čak i novih TS 110/10 kV.

Aktivnostima pre svega dispečerske službe na podešavanju uklopnih stanja u mrežama, iz godine u godinu sve većim redukovanjem geografskih zona preopterećenih objekata na račun ispoljavanja punoopterećenih mnogih TS na širokom prostoru, maksimalno su izbegnuti mnogi ispadi elemenata mreže u ovim uslovima – te pokazatelji pouzdanosti potrošača električnom energijom ne samo da nisu narušeni već su i izuzetnim najozbiljnijim dugogodišnjim angažovanjem dežurnih dispečera na svim naponskim nivoima mreža ostvareni čak i značajno kvalitetniji pokazatelji pouzdanosti u napajanju ne samo gradskih već i potrošača na vangradskom delu konzuma EDB.

2. Učestalost i trajanje prekida u napajanju električnom energijom na konzumu EDB

Pokazateljima pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom oduvek se posvećivala velika dužna pažnja u EDB a naročito u periodu posle 1980. godine, i to kako u dispečerskoj službi tako i u razvojnim službama. Godišnji izveštaji o događajima u svim mrežama su postali uobičajena tema mnogih razgovora i aktivnosti ne samo internog karaktera, već i redovno i sadržaj najkvalitetnijih i najozbiljnijih stručnih radova, informacija i komentara u mnogim časopisima i zbornicima radova na domaćim i međunarodnim savetovanjima.

Sada smo u situaciji da možemo da uporedimo sve pokazatelje pouzdanosti u svim karakterističnim periodima razvoja mreža te da izvedemo i zaključivanje o sistematskom poboljšavanju pokazatelja i u kvantitativnom smislu.

Naime, u istim tarifnim uslovima i istom godišnjem obimu i dinamici održavanja TS svih napona te pripadajućih kablovskih i nadzemnih mreža, u periodu od 1970. do 2000. godine na gradskom području konzuma EDB oko 12 % do 18 % potrošača nije imalo iznenadne ili planirane/najavljene prekide u isporuci električne energije, a svi drugi u proseku od 1,8 do 2,5 prekida; na vangradskom konzumu EDB ovi pokazatelji su se ispoljavali u daleko širem opsegu, te u tom smislu možemo da govorimo o područjima sa

visokopouzdanim, prosečnim i slabopouzdanim nadzemnim mrežama. U ovom periodu su slabopouzdanе mreže sistematski redukovane investicionom izgradnjom mreža, ali su i sa izuzetno dinamičnim razvojem potrošnje električne energije na pojedinim delovima konzuma, na područjima sa izuzetno stihijskom (u EDB često nazivanom «divljom») neplanskom izgradnjom mnogih naselja i visokopouzdanе mreže prelazile u «tipične» prosečne ili čak i slabopouzdanе mreže. Negde oko 1997. godine učešće visokopouzdanih, prosečnih i slabopouzdanih nadzemnih mreža na vangradskom delu konzuma je bilo u odnosu 52 % / 25 % / 23 %.

Međutim, sa promenom tarifne politike, tj. ukidanja poslepodnevne niže tarife u ceni električne energije svim potrošačima, kao i značajnim redukovanjem obima preventivnog održavanja TS i mreža, pokazatelji pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom dobijaju sasvim druge vrednosti. Naime, u periodu od 2001. godine do danas, na gradskom delu konzuma čak i preko 40 % potrošača nema prekide u napajanju, a na vangradskom delu konzuma zbog kašnjenja u investicionoj izgradnji mreža samo oko 5 % potrošača nema prekide u napajanju električnom energijom.

3.Struktura manipulacija rasklopnim uređajima na konzumu EDB

Prema karakteru sve **manipulacije** rasklopnim uređajima koje obavlja dispečerska služba EDB mogu se klasifikovati u **planirane** (pri preventivnom održavanju mreža) i **iznenadne** (zbog iznenadnih ispada iz pogona elemenata mreža). Pažljive procene govore da je u periodu od 1970. godine do danas učešće planiranih manipulacija u ukupnom broju svih manipulacija dominantno na konzumu EDB, i da se kretao u rasponu od 80 % do 1990. godine do oko 70 % u periodu posle 1990. godine. To je posledica pre svega radikalnog redukovanja obima preventivnog godišnjeg održavanja TS i mreža svih napona – sada se umesto stopostotnog obima u održavanju kompletne mreže godišnje «interveniše» na oko 25 % elemenata , premda je i učestalost iznenadnih prekida usled ispada iz pogona preopterećenih elemenata mreže značajno redukovana u periodu posle 2000. godine.

Prema «složenosti» i riziku od pogrešno izvedenog redosleda u obavljanju manipulacija prekidačima, rastavljačima i zemljospojnicima, manipulacije mogu biti **jednostavne** i **složene**. Procenjuje se da je u toku jedne godine **učešće složenih manipulacija** u ukupnom broju svih manipulacija samo oko 3,7 % ; složene manipulacije dispečerska služba EDB obavlja samo u TS 110/35 kV i TS X/10 kV sa dvostrukim glavnim sabirnicama, dvostrukim glavnim sabirnicama sa pomoćnim sabirnicama , te u TS sa jednostrukim glavnim i pomoćnim sabirnicama – **i to samo pri potrebnom sinhronom manipulisanju i rasklopnim uređajima u spojnim ćelijama u postrojenjima višeg i nižeg napona**. Isključivo jednostavne manipulacije rasklopnim uređajima obavljaju se u TS 10/0,42 kV, u kablovskim i nadzemnim mrežama 10 kV i 0,42 kV, te u TS 110/10 kV i 35/10 kV sa jednostrukim sabirnicama i izvlačivim prekidačima, gde gotovo da nije moguće napraviti grešku pri manipulisanju.

Treba napomenuti da su i **pri obimnim jednostavnim manipulacijama** u mreži 10 kV, npr. pri oslobađanju od napona dela ili kompletne TS X/10 kV radi preventivnog održavanja, kad se u toku jedne noći obavi i preko stotinu jednostavnih manipulacija rasklopnim uređajima u velikom broju TS 10/0,42 kV, **itekako moguće pogrešano obaviti redosled manipulacija sklopka rastavljačima i zemljospojnicima** u TS 10/0,42 kV - te «izazvati» neželjenu havariju rasklopnih uređaja ili čak i kompletne TS 10/0,42 kV.

4. Proračunski pokazatelji pouzdanosti nekoliko tipičnih sistema napajanja

U okviru ove tačke biće prikazani rezultati proračuna pokazatelja pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom u mrežnim sistemima na gradskim područjima sa površinskim gustinama opterećenja većim od 10 MW/km²; pri tome će se varirati samo tip sabirnica u TS 110/10 kV te na taj način uporediti pokazatelji pouzdanosti kod krajnjih potrošača.

Treba napomenuti da je u zamenskoj šemi ili dijagramu toka proračuna pokazatelja pouzdanosti korišćena redna veza elemenata mreža kod TS sa jednostrukim sabirnicama, a da se koristila paralelna veza elemenata samo kod TS sa dvostrukim sabirnicama te TS sa jednostrukim glavnim i pomoćnim sabirnicama – i to samo za proračun pokazatelja pouzdanosti sabirnica. Na taj način je izvršen proračun pokazatelja pouzdanosti i «horizontalno» za svaki naponski nivo mreža, a i «vertikalno» kroz sve naponske nivoe elektroenergetskog sistema.

Očigledno je da u prvom mrežnom sistemu sa TS 110/10 kV sa jednostrukim sabirnicama i izvlačivim prekidačima 10 kV da prosečan krajnji potrošač u mreži 0,42 kV ima u toku jedne godine oko 1,14 prekida u napajanju u ukupnom trajanju oko 2,57 h, da u drugom mrežnom sistemu sa TS 110/10 kV sa dvostrukim sabirnicama 10 kV ima oko 1,26 prekida u ukupnom trajanju oko 1,89 h; u trećem mrežnom sistemu sa TS 110/10 kV sa jednostrukim glavnim i pomoćnim sabirnicama 10 kV prosečan potrošač ima oko 1,39 prekida u ukupnom godišnjem trajanju oko 2,18 h.

Prema tome, najpouzdanije napajanje sa aspekta učestalosti prekida u napajanju su na područjima sa TS 110/10 kV sa jednostrukim sabirnicama i izvlačivim prekidačima 10 kV, a najpouzdanije napajanje sa aspekta ukupnog godišnjeg trajanja prekida u napajanju imaju područja sa TS 110/10 kV sa dvostrukim sabirnicama 10 kV; u prvom slučaju, kod mrežnih sistema sa TS 110/10 kV sa jednostrukim sabirnicama i izvlačivim prekidačima 10 kV dispečerske službe lokalizuju oko 22,4 % prekida u napajanju potrošača električnom energijom u trajanju do 0,5 h, a u mrežnim sistemima sa TS 110/10 kV sa dvostrukim sabirnicama 10 kV dispečerske službe lokalizuju čak oko 32,7 % prekida u napajanju potrošača električnom energijom u trajanju do 0,5 h.

Tabela I- Sistem napajanja na područjima sa površinskim gustinama opterećenja reda 20 - 70 MW/km² - model mreže 1 sa jednostrukim glavnim sabirnicama sa izvlačivim prekidačima i dispozicijom rasklopnih uređaja u jednom nivou

element koji ispada iz pogona usled kvara	prosečno		do 0,1 h	0,1- 0,5 h	0,5-2 h	duže od 2 h
	L	T				
nadzemni vod 400 kV ili 220 kV	0,01	0,1	0,01	0	0	0
transformator X/110 kV/kV	0,005	0,1	0,005	0	0	0
kablovski vod 110 kV	0,219	0,25	0,006	0,07335	0,14025	0
transformator 110/10 kV/kV	0,188	0,23	0,004	0,0366	0,14665	0,0009
kablovski vod 10 kV	0,778	1,23	0,026	0,09735	0,52295	0,13125
transformator 10/0,42 kV/kV	0,037	0,12	0	0,00005	0,0065	0,0305
kablovski vod 0,42 kV	0,052	0,23	0	0	0,04176	0,00984
UKUPNO	1,14	2,57	0,03	0,19385	0,85811	0,05774

Tabela II- Sistem napajanja na područjima sa površinskim gustinama opterećenja reda 10 - 20 MW/km² - model mreže 2 sa dvostrukim glavnim sabirnicama i dispozicijom rasklopnih uređaja u dva nivoa

element koji ispada iz pogona usled kvara	prosečno		do 0,1 h	0,1- 0,5 h	0,5-2 h	duže od 2 h
	L	T				
nadzemni vod 400 kV ili 220 kV	0,01	0,1	0,01	0	0	0
transformator X/110 kV/kV	0,005	0,1	0,005	0	0	0
kablovski vod 110 kV	0,219	0,25	0,006	0,07335	0,14025	0
transformator 110/10 kV/kV	0,159	0,14	0,004	0,0237	0,1114	0,0009
kablovski vod 10 kV	0,778	1,23	0,026	0,09735	0,52295	0,13125
transformator 10/0,42 kV/kV	0,037	0,12	0	0,00005	0,0065	0,0305
kablovski vod 0,42 kV	0,052	0,23	0	0	0,04176	0,00984
UKUPNO	1,26	1,89	0,15	0,17705	0,87887	0,05774

Tabela III - Sistem napajanja na područjima sa površinskim gustinama opterećenja reda 20 – 40 MW/km² - model mreže 3 sa jednostrukim glavnim sabirnicama sa pomoćnim sabirnicama i dispozicijom rasklopnih uređaja u dva nivoa

element koji ispada iz pogona usled kvara	prosečno		do 0,1 h	0,1- 0,5 h	0,5-2 h	duže od 2 h
	L	T				
nadzemni vod 400 kV ili 220 kV	0,01	0,1	0,01	0	0	0
transformator X/110 kV/kV	0,005	0,1	0,005	0	0	0
kablovski vod 110 kV	0,219	0,25	0,006	0,07335	0,14025	0
transformator 110/10 kV/kV	0,289	0,15	0,004	0,07761	0,2065	0,0009
kablovski vod 10 kV	0,778	1,23	0,026	0,09735	0,52295	0,13125
transformator 10/0,42 kV/kV	0,037	0,12	0	0,00005	0,0065	0,0305
kablovski vod 0,42 kV	0,052	0,23	0	0	0,04176	0,00984
UKUPNO	1,39	2,18	0,15	0,26085	0,91796	0,05774

5. Pojavljivanje višestrukih ispada i kvarova u TS i mrežama EDB

5. 1. Pojavljivanje višestrukih ispada i kvarova u TS

Ovim radom se pojava višestrukih ispada, kvarova i havarija razmatra samo u slučaju da su se inicijalni kvarovi, koji su prethodili višestrukom ispadu, kvaru ili havariji, «dogodili» na jednom elementu ; pri tome to može biti «slučajan» kvar npr. na izolatoru u postrojenjima TS, ili kvar izazvan pogrešnim redosledom manipulacija rasklopnim uređajima u TS – zbog tzv. «ljudskog faktora».

Treba odmah napomenuti da u dosadašnjem periodu nije zabeležen slučaj da je pri uključenju bilo kog prekidača u pripadajućem postrojenju TS bio «uključen» i zemljospojnik u istom postrojenju, te pouzdanost manipulacije prekidačima ima vrednost 1, ali su ipak zabeleženi slučajevi kada se npr. uključenjem prekidača u višenaponskom postrojenju «natrčalo» na uključen zemljospojnik u niženaponskom postrojenju koji se fizički nalazi «iza» izlaznog rastavljača !!!

Takođe, treba napomenuti da dispečerske ekipe postavljaju u postrojenjima TS i prenosne zemljospojnike pri «obezbeđenju» mesta rada od «prodora napona» pri pojedinačnim ili grupnim remontima, ali da do sada nisu zabeleženi slučajevi da se uključenjem prekidača «natrčalo» na prenosni zemljospojnik !!! U «evidentiranju» postavljenih prenosnih zemljospojnika itekako su «angažovani» i dežurni dispečeri u

dispečerskom centru koji pre početka manipulacija naročito u ovakvim slučajevima upozoravaju dispečerske ekipe na «veću pažnju» !!!

Pogrešna manipulacija izlaznim rastavljačima kod postrojenja u dva nivoa dešava se za red veličine češće nego sabirničkim rastavljačima i rastavljačima u spojnim ćelijama (sabirnički rastavljači i rastavljači u spojnim ćelijama su u istom «nivou» sa prekidačima, dok se izlazni rastavljači i rastavljači za pomoćni sistem sabirnica nalaze «ispod nivoa» elementa glavnih sabirnica). Naročito pri pojedinačnim intervencijama u izvodnim ćelijama na remontu npr. prekidača 10 kV dešava se da dispečerska ekipa posle manipulacija u nivou prekidača «uđe» u donjem nivou u pogrešnu ćeliju i «izvuče» izlazni rastavljač u drugoj ćeliji čiji prekidač nije isključen; tada dolazi do ispada samo tog prekidača u izvodnoj ćeliji (zaštita tada deluje bez vremenskog zatezanja – «trenutno») i posledice uglavnom nisu «katastrofalne».

Međutim, izuzetno retke greške u redosledu manipulacija sabirničkim rastavljačima i rastavljačima u spojnim ćelijama u postrojenju 10 kV izazivaju ispad prekidača za pripadajući(e) transformator(e) sa vremenskom zadržkom isključenja prekidača – te tada može da dođe i do ozbiljnog kvara ili čak i havarije rasklopnog elementa ili čak i dela postrojenja. S obzirom na činjenicu da dispečerske službe u spojnoj ćeliji u normalnom pogonu «granicu» napajanja između transformatora ostvaruju isključenim prekidačem – to kvar spojnog prekidača izaziva ispad dva transformatora, koji se veoma brzo «otklanjaju» dolaskom dispečerske ekipe u TS i isključenjem spojnih rastavljača (kod klasičnih postrojenja) ili izvlačenjem ormana sa prekidačem (kod postrojenja sa izvlačivim prekidačima).

Izuzetno retke greške u redosledu manipulacija sabirničkim i izlaznim rastavljačima i rastavljačima u spojnim ćelijama u postrojenju 35 kV izazivaju ispad prekidača za pripadajući(e) vod(ove) 35 kV u napojnoj TS 110/35 kV sa vremenskom zadržkom isključenja prekidača – te tada može da dođe i do još ozbiljnijeg kvara ili havarije;

Potpuno identični slučajevi sa pogrešnim manipulacijama su i u TS X/10 kV sa jednostrukim ili dvostrukim glavnim sabirnicama u nivou ispod glavnih sabirnica i pomoćnim sistemom sabirnica 35 kV i 10 kV; naime, ukoliko u normalnom pogonu pomoćne sabirnice nisu pod naponom, onda se ovaj tip TS «ponaša» kao postrojenje sa jednostrukim sabirnicama, a pomoćne sabirnice «učestvuju» u povećanju pouzdanosti postrojenja u smislu efikasnog rezerviranja kvarova na glavnim sabirnicama. Tada je pouzdanost sabirnica dvostruko veća !!!

Treba napomenuti da se «planirane» manipulacije, na «pripremi» pojedinačnih ili združenih remontnih radova u svim TS i mrežama, u EDB obavljaju uglavnom u noćnim časovima (kao što je napomenuto u prethodnom poglavlju njihovo učešće u svim manipulacijama je preko 70 %) ;

Naravno da pri uključenom «svetlu» u stanu na pripadajućem konzumu npr. TS 110/35 kV i TS 35/10 kV ispad prekidača na izvodu npr. 10 kV odražava se na neuporedivo kraćem «treptaju svetla» nego ispad prekidača za transformator.

Snage kratkog spoja u svim mrežama koje su počev od nivoa mreže 10 kV reda 120-240 MVA, a sa rastom naponskog nivoa mreža mogu na naponskom nivou 110 kV da dostignu i 6 000 MVA, impliciraju da se svi ovakvi «događaji» u svim mrežama «vide» na vatmetrima laboratorijske tačnosti u regionalnim dispečerskim centrima te čak i sa kratkotrajnim treperenjem i u velikim elektranama u proizvodnom delu elektroenergetskog sistema !!!

5. 2.Pojavljivanje višestrukih ispada, kvarova i havarija u mrežama

Višestruki ispadi, kvarovi i havarije su se u dosadašnjim periodima pojavljivali i u kablovskim i nadzemnim mrežama na konzumu EDB; naime, s obzirom na to da su kablovski vodovi 35 kV polagani po 2 ili čak i 4 voda u isti rov, a nadzemni vodovi 35 kV na mnogim pravicima izgrađivani kao dvosistemska – sa 2 voda na istim stubovima, to se dešavalo da se iz «eksternih» razloga izbace iz pogona 2 ili čak i više vodova, te time «dogodi» dvostruki ili i višestruki kvar. Na nekoliko primera će zato biti samo deskriptivno prodiskutovano njihovo pojavljivanje posebno u kablovskim a posebno u nadzemnim mrežama na konzumu EDB.

5.2.1. Pojavljivanje višestrukih ispada, kvarova i havarija u kablovskim mrežama

Kopačkim radovima raznih komunalnih i građevinskih preduzeća u dosadašnjim periodima eksploatacije mreža na konzumu EDB pojavljivali su se istovremeni kvarovi i na 2 ili i više kablova 0,42 kV, 10 kV i 35 kV te time i viščasovni prekidi u napajanju pripadajućih potrošača i prijemnih TS 10/0,42 kV i 35/10 kV; naročito su za autora ovog rada ostali u sećanju višestruki kvarovi na kablovskim vodovima 35 kV položenim u korito reke Save od TS 110/35 kV Toplana na levoj do TS 35/10 kV Savski Venac, Banovo brdo i Dobro Polje na desnoj obali, a koje su izazivali razni šleperi svojim sidrenjem. U korito reke Save su s toga više puta polagani novi kablovi 35 kV čija ukupna dužina prevazilazi i više od 80 km.

Takođe, treba napomenuti i višestruke kvarove na kablovskom vodu 110 kV u prvim mesecima pogona – kao posledica neadekvatne izrade kablovskih spojnika 110 kV.

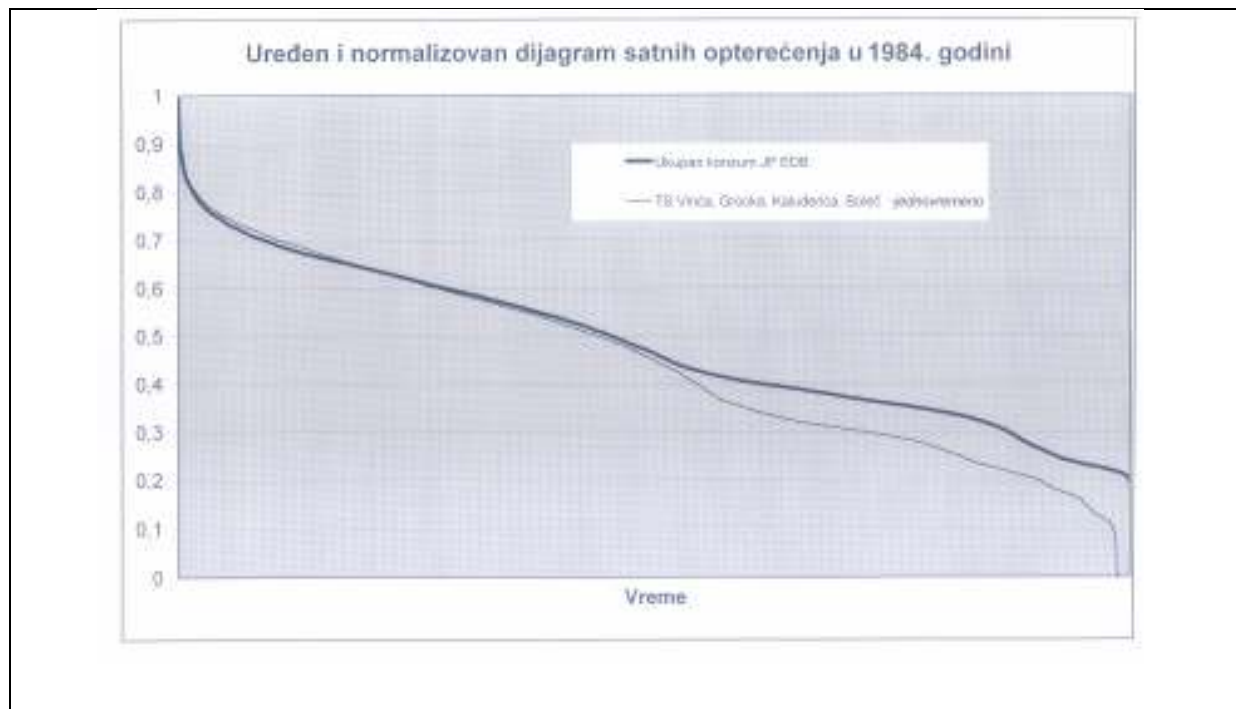
Prve godine pogona svih novih mreža «opterećene» su značajno češćim kvarovima kao posledica ili fabričkih grešaka ili grešaka pri polaganju, a pri tome se na jednom ili više vodova mogu pojaviti i višestruki kvarovi.

5.2. 2.Pojavljivanje višestrukih ispada, kvarova i havarija u nadzemnim mrežama

Nadzemne mreže takođe mogu biti «pogođene» višestrukim kvarovima kojima se može napajati jedna ili više prijemnih TS. Pri tome su se naročito pri olujnim nepogodama ili i pri enormnim snežnim padavinama dešavali kvarovi i na glavnim i na rezervnim vodovima te su višednevne prekide u napajanju električnom energijom imale i više TS 35/10 kV i 10/0,42 kV. U toku zimskih perioda 1984/85. i 1985/86. godine ukupna neisporučena energija zbog vremenskih nepogoda u toku nekoliko dana bila je i veća od ukune godišnje neisporučene električne energije zbog kvarova u svim nadzemnim mrežama na prigradskom i vangradskom delu konzuma EDB !!!

Sasvim neočekivano, aktivnostima programera u dispečerskom centru EDB, zabeleženo je u više navrata **ukupno jednovremeno «trajanje» merenja struje na nuli** na ukupno 4 dalekovoda 35 kV koji su u toku 1984. godine napajali opštinu Grocka na seoskom delu konzuma EDB (sa TS 35/10 kV Vinča: 4+8 MVA, Grocka: 2x8 MVA, Kaluđerica: 12.5 MVA i Boleč: 2x8 MVA). Na sl.1 prikazan je uređen normalizovan dijagram petnaestominutnih opterećenja u 1984. godini usled nekoliko olujnih nepogoda i enormnih snežnih padavina (mokar sneg) na kome se zapaža veoma očigledna ugroženost područja napajanih nadzemnim vodovima pojedinačne dužine oko 20 km. Kvarom su bile pogođene prve deonice vodova dužine do 10 km.

Sada je sasvim razumljiv stav autora ovog rada da se na konzumu EDB nastavi sa daljom izgradnjom TS 110/35 kV, **radi skraćanja ekstremno dugačkih vodova 35 kV**, a čija obustava izgradnje datira još od daleke 1975. godine, kao i TS 35/10 kV u naseljima sa 3000-5000 stanovnika, (kao što je to do sada realizovano u svim naseljima ove veličine u centralnoj Srbiji) **radi skraćanja izuzetno dugačkih vodova 10 kV**.



Sl.1-Ukupno trajanje jednovremenih prekida u napajanju potrošača električnom energijom na teritoriji opštine Grocka u 1984. godini zbog kvarova na sva četiri glavna napojna voda 35 kV (ukupne dužine preko 60 km)

Iznuđena rešenja u periodu od 1980. do 2000. godine sa tronaponskim TS 110/35/10 kV snaga 2x 31,5/21/21 MVA, su na današnjem nivou površinske gustine opterećenja, specifičnog opterećenja (opterećenja po stanovniku) i današnjem odnosu većih i manjih naselja-**prevaziđena rešenja** na vangradskom delu konzuma EDB; toliko prevaziđena da je već danas na opštini Grocka neophodna izgradnja TS 110/35 kV u naselju Zaklopača (u težištu potrošnje 35kV mreže) snage 2x63 MVA, naravno, ukoliko se danas i u bližoj ili daljoj perspektivi želi rezervisati jednostruki kvar na energetskim transformatorima 110/35 kV. No i pored toga, usled nedostajućih finansijskih sredstava, u EDB su diskutovane i mogućnosti da se u naselju Kaluđerica sa postojećom TS 110/10kV, sa energetskim transformatorima 2x31.5 MVA, proizvedenim u Istočnoj Nemačkoj oko 1980 godine, revitalizuju i “domotaju” energetski transformatori, kako bi ova TS postala tronaponska npr: snage 2x31,5/21/31.5 MVA. Glavnim i rezervnim vodovima 35kV dužine do 10 km bilo bi moguće napojiti TS 35/10 kV Vinča, Boleč, Grocka i Vrčin. Ovim rešenjem se odlaže neophodna investicija u TS 110/35 kV Zaklopača (do 2020.godine), sa kojom će svi vodovi 35 kV biti dužine do 5 km. Redukovanjem dužina 35 kV vodova putem ove TS 110/35 kV maksimalni padovi napona na svakom od njih će biti dovedeni do 2,5 %.

6. Umesto zaključka

Ovim radom su prodiskutovani dosadašnji i sadašnji (u periodu od 2001. do 2010. godine) nivoi pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom potrošača na gradskom, prigradskom i vangradskom delu konzuma EDB; naglašeno je da danas gotovo 42 % potrošača na gradskom delu konzuma nema u toku jedne godine prekide u napajanju električnom energijom a svi drugi oštru eksponencijalnu raspodelu učestalosti i ukupnog godišnjeg trajanja prekida sa u proseku oko 1,8 prekida u toku jedne kalendarske godine.

Takođe, naglašeno je da u nadzemnim mrežama postoje i visokopouzdan i reoni, prosečni, a i slabopouzdan i.

Na osnovu pokazatelja pouzdanosti elemenata TS i mreža prikazan je način dobijanja punog spektra pokazatelja pouzdanosti za nekoliko mrežnih sistema koji se ispoljavaju i u svakodnevnoj eksploataciji na takvim delovima mreža.

Prodiskutovana je pojava višestrukih ispada, kvarova i havarija sa uzrokom uglavnom «eksternog» karaktera; ovakvi događaji se na konzumu EDB dešavaju izuzetno retko od nekoliko događaja godišnje do nivoa nekoliko događaja u deceniji ili čak i više decenija.

Istaknuto je da su najvažnije aktivnosti na povećanju pouzdanosti pravovremena izgradnja mreža i «podmlađivanje» svih TS rekonstrukcijama. Prosečna starost TS X/10 kV na konzumu EDB je danas oko 37 godina te novim investicionim intervencijama treba delovati najpre na delovima konzuma sa najstarijim mrežama.

7. Korišćena literatura

A. Joksimović, A. Drenković, S. Belić, L. Radić – Izveštaji o događajima u mrežama EDB u periodu od 1980. do 2010. godine

T.Milanov – Odabrani stručni radovi objavljeni u raznim časopisima i zbornicima radova na savetovanjima, kopirano u 100 primeraka u 2008. godini, u biblioteci EDB se nalaze tri primerka