

## DISPEČERSKA POUZDANOST ELEKTRODISTRIBUTIVNIH SISTEMA

**Mr. Dušan Vukotić, dipl. El. Ing.  
Tomislav Milanov dipl.el.ing.  
PD"Elektrodistribucija Beograd"**

*Ovaj rad iznosi zaključke proračuna pokazatelja pouzdanosti elektrodistributivnih sistema sa naponskim nivoima 110 kV, 10 kV i 0,42 kV na gradskim područjima, kao i krajnje rezultate proračuna u mrežnim sistemima sa naponskim nivoima 110 kV, 35 kV, 10 kV i 0,42 kV na poručjima sa umerenim i izuzetno malim površinskim gustinama opterećenja.*

*Naglašava se da se jedino prateći logiku dispečerskog upravljanja u incidentnim situacijama u mrežama može doći do potpunog spektra pokazatelja o pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom.*

*Ovakvi i slični proračuni i logika su rezultirali u krajnje jednostavnim i ekonomičnim modelima elektrodistributivne mreže koji se sa porastom potrošnje električne energije i površinskih gustina opterećenja uvode u mrežu na principu pravovremene interpolacije.*

*Rad može da bude koristan ekspertima za predikciju nivoa pouzdanosti elektrodistributivnih sistema, a na osnovu velikih baza podataka o događajima iz eksploatacije mreže u višegodišnjem periodu.*

**Ključne reči:** pouzdanost transformatorskih stanica, pouzdanost mreža, pokazatelji pouzdanosti napajanja potrošača, ciljne vrednosti nivoa pouzdanosti.

## DISPATCH RELIABILITY OF THE POWER DISTRIBUTION SYSTEM

**Dušan Vukotić, M.Sc., B.E.E.  
Tomislav Milanov, B.E.E.  
"Elektrodistribucija Beograd" Company**

*This paper presents the conclusions of power distribution system reliability calculations pertaining to 110 kV, 10 kV and 0.42 kV voltage levels in urban areas, as well as the final results of calculations in the network systems at voltage levels of 110 kV, 35 kV, 10 kV and 0.42 kV in areas with moderate and extremely small surface load density.*

*It is emphasized here that only when following the dispatch control logics in case of emergency supply one can obtain a complete spectre of indicators on the reliability of consumer supply.*

*Such and similar calculations as well as the logics have resulted in very simple and economical models of power distribution networks which are introduced into the network in parallel with increased power demand and surface load density based on the principle of timely interpolation.*

*This paper might be beneficial to experts dealing with prediction of the power distribution system reliability level, based on a large data base of events from a perennial network operation.*

**Keywords:** substation reliability, network reliability, consumer supply reliability, consumer supply reliability indicators, reliability level target value.

### 1.Uvod

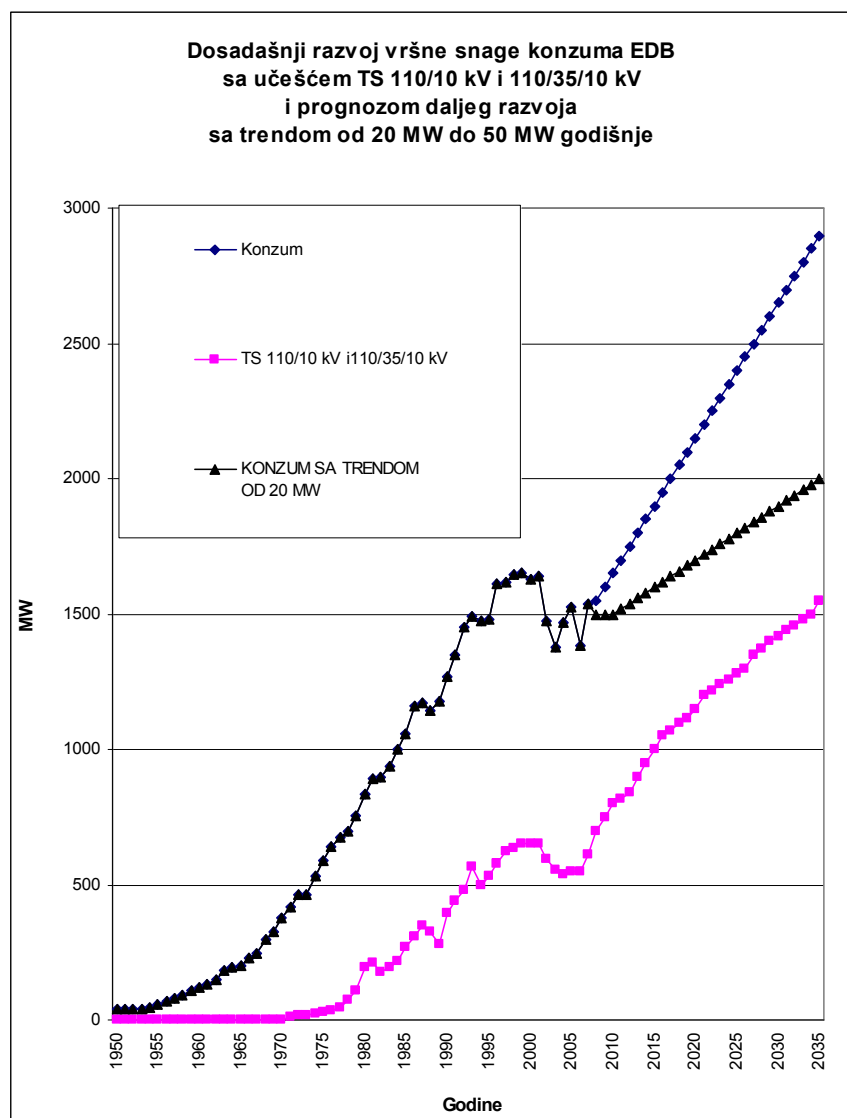
Proračunima pokazatelja pouzdanosti transformatorskih stanica i mreža, a u krajnjem slučaju i pokazatelja pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom, svuda u svetu se poklanja velika pažnja - kao posledica činjenice da se na osnovu ovih proračuna mogu optimizirati ukupni tehnoeekonomski efekti vezani za izgradnju i eksploataciju elektroenergetskih sistema. U dosadašnjem periodu ovi proračuni su implicirali izgradnju krajnje racionalnih mreža, sa itekako naglašenim principima da mrežni sistemi u modularnoj izgradnji objekata mreže budu i krajnje jednostavni; ponavljanje modula mreže u izgradnji je zato dovedeno do nivoa perfekcije, i konfekcijska izgradnje mreže predstavlja krajnji cilj. U toj situaciji **interpolacija** objekata **nove** mreže je osnovni princip za izgradnju mreže.

Međutim, proračuni pokazatelja pouzdanosti mogu biti veoma različiti, te se ovim radom iznosi jedan u PD "Elektrodistribuciji Beograd" ( u daljem tekstu EDB ) uobičajen način proračuna pokazatelja pouzdanosti - prateći logiku dispečerskog upravljanja u incidentnim situacijama u mrežama, a prema postojećim normativima za manipulacije rasklopnim uređajima i održavanje objekata mreže.

Treba odmah napomenuti da ovaj način proračuna pokazatelja pouzdanosti transformatorskih stanica i mreža direktno dovodi do potpunog spektra pokazatelja pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom koji se prikazuju u svetu uobičajenim pokazateljima SAIDI, SAIFI, CAIDI i ASAI.

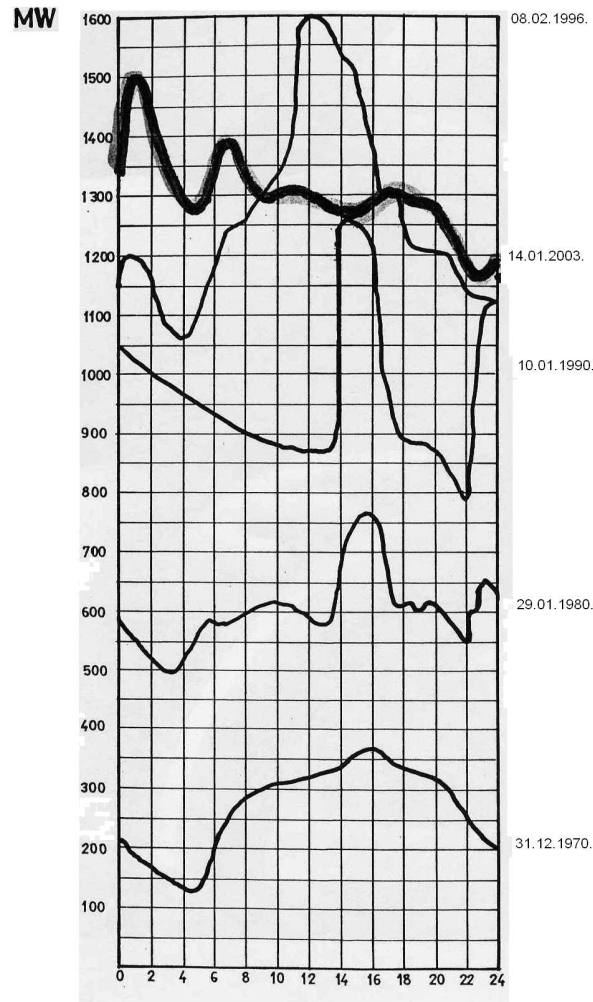
Ovde će biti prikazan proračun pokazatelja pouzdanosti za elektrodistributivni sistem EDB koji se sastoji iz transformacije 110/10 kV/kV i 10/0,42 kV/kV i mreža 110 kV, 10 kV i 0,42 kV , čiji je razvoj učešća vršne snage u ukupnoj vršnoj snazi konzuma prikazan na sl.1; takođe, biće prikazani i krajnji rezultati proračuna pokazatelja pouzdanosti i za mrežne sisteme sa transformacijom 110/35 kV/kV, 35/10 kV/kV i 10/0,42 kV/kV na područjima sa umerenim i izuzetno malim površinskim gustinama opterećenja napajanim na načina kao u EDB.

Očigledno je da transformacija 110/10 kV/kV na konzumu EDB preuzima oko 42 % vršne snage, dok stara mreža sa transformacijom 110/35 kV/kV i 35/10 kV/kV još uvek ima značajno učešće. Zapaža se i danas prisutan pad vršne snage svih TS, kao posledica nove tarifne politike i ukidanja poslepodnevne niže tarife u ceni električne energije, što se itekako reflektovalo na pouzdanost napajanja potrošača električnom energijom - jer su ispeglani dnevni dijagrami opterećenja svih TS te eliminisani česti ispadni elementi mreže usled preopterećenja. U prognozi razvoja vršne snage računa se na dalji rast vršne snage konzuma u određenom opsegu poverenja, sa trendom u granicama od 20 MW do 50 MW godišnje i nešto većim učešćem TS 110/10 kV/kV u vršnoj snazi konzuma - kao posledica nešto intenzivnije izgradnje nove mreže.



**Sl. 1 - Dosadašnji razvoj vršne snage konzuma EDB sa učešćem TS 110/10 kV i prognozom daljeg razvoja do 2035. godine**

Na pouzdanost napajanja potrošača električnom energijom u prethodnim periodima eksploatacije mreža itekako je uticala tarifna politika, jer su propisivanjem poslepodnevne niže tarife u ceni električne energije ostvarivani špicevi u dnevnom dijagramu opterećenja - te i pojavljivali česti ispadi elemenata mreža na konzumu EDB. Novim tarifnim sistemom, počev od 2001. godine, "ispeglani" su dnevni dijagrami opterećenja konzuma EDB i svih vodova i transformatora.



**Sl. 2 - Oblici dnevnog dijagrama opterećenja na dan vršnog opterećenja konzuma EDB u periodu od 1970. godine do danas**

## 2. Ulazni podaci za proračun pokazatelja pouzdanosti

Ulazni podaci za proračun pokazatelja pouzdanosti transformatorskih stanica i mreža, kao i potrošača, dobijeni su višegodišnjim praćenjem događaja u elektrodistributivnim mrežama EDB, kao i analizom trajanja prekida u napajanju potrošača električnom energijom zbog dispečerskih manipulacija rasklopnim uređajima u mrežama. Dispečerske službe su u stalnim aktivnostima na uspostavljanju vanrednih i optimalnih konfiguracija u napajanju manjih ili većih grupa potrošača usled raznih događaja u mrežama, i sa, usled brojnih kvarova, neizbežnim kraćim ili dužim prekidima u napajanju potrošača električnom energijom.

Pokazatelji pouzdanosti su ovde prikazani u tabeli 1.

**Tabela 1: Ulazni podaci za proračun pokazatelja pouzdanosti**

ELEMENT MREŽE	učestalost prekida L (1/god.)	do 0,1 h	0,1-0,5 h	0,5-2 h	duže od 2 h
kablovska mreža 110 kV (100 km)	2	100 %	0 %	0 %	0 %
naponski reduktor 110 kV	0,008	0 %	15 %	85 %	0 %
strujni reduktor 110 kV	0,009	0 %	15 %	85 %	0 %
rastavljač 110 kV	0,003	0 %	15 %	85 %	0 %
prekidač 110 kV	0,018	0 %	15 %	85 %	0 %
sabirnice 110 kV po polju	0,004	0 %	15 %	85 %	0 %
transformator 110/10 kV/kV	0,005	80 %	15 %	5 %	0 %
sabirnice 10 kV po čeliji	0,008	0 %	15 %	85 %	0 %
strujni transformator 10 kV	0,010	0 %	0 %	100 %	0 %
naponski transformator 10 kV	0,010	0 %	0 %	100 %	0 %
izvlačivi prekidač 10 kV	0,015	0 %	15 %	85 %	0 %
kabl 10 kV (100 km )	26,00	5 %	15 %	80 %	0 %
kablovska glava 10 kV	0,002	0 %	5 %	95 %	0 %
sklopka rastavljač 10 kV	0,005	0 %	15 %	80 %	5 %
sabirnice 10 kV	0,001	0 %	0 %	15 %	85 %
transformator 10/0,42 kV/kV	0,028	0 %	0 %	20 %	80 %
prekidač 0,42 kV	0,001	0 %	5 %	10 %	90 %
sabirnice 0,42 kV	0,001	0 %	0 %	10 %	90 %
kabl 0,42 kV (100 km )	9,30	0 %	0 %	85 %	15 %
kablovska glava 0,42 kV	0,005	0 %	0 %	85 %	15 %
priključna kutija 0,42 kV	0,001	0 %	0 %	15 %	85 %

Kod definisanja učešća kraćih i dužih prekida zbog incidenata na naponskom nivou 110 kV pretpostavljeno je da dežurni dispečer **odmah** po dobijanju prvih informacija sa Sistema daljinskog upravljanja angažuje najmanje dve dispečerske ekipe radi lokalizacije kvara i eventualnih lokalnih manipulacija u kvarom pogođenoj TS 110/10 kV/kV. Rasterećenje TS 110/10 kV do 60 % instalisane snage TS ( ukoliko je ova punoopterećena ) obavlja se preko međupoveznih vodova 10 kV sa susednim TS X/10 kV/kV u trajanju invarijantnom za pouzdanost kompletne TS 110/10 kV/kV ( preko tek nekoliko vodova 10 kV ).

Očigledno je da je u zamenskoj shemi adekvatnog blok dijagrama pouzdanosti korišćena u svim slučajevima redna veza elemenata mreže jer je pretpostavljeno da su sve transformatorske stanice sa jednostrukim sabirnicama ( eventualan proračun za transformatorske stanice sa dvostrukim ili i pomoćnim sabirnicama podrazumeva rad i sa paralelnom vezom elemenata u zamenskoj shemi blok dijagrama ).

Procentualna učešća kraćih i dužih prekida u napajanju potrošača električnom energijom uzevši u obzir ukupan broj elemenata u TS i mrežama na svim naponskim nivoima su prikazani u Tabeli 2, a adekvatni ispadi vodova i transformatora na svim naponskim nivoima su prikazani u Tabeli 3; takođe, u nastavku rada su prikazani i krajnji rezultati na identičan način sprovedenih proračuna pouzdanosti i za mrežne sisteme na područjima sa umerenim te malim i izuzetno malim površinskim gustinama opterećenja ( prigradska i ruralna područja napajana električnom energijom na načine kao u EDB ).

**Tabela 2 -Učestalosti kvarova na elementima mreža u funkciji od trajanja prekida u napajanju**

ELEMENT MREŽE	Ukupno	do 0,1 h	0,1-0,5 h	0,5-2 h	duže od 2 h
kablovska mreža 110 kV	(3km+3km)* *0,02	0,12	0	0	0
naponski reduktor 110 kV	2*0,008	0	0,0024	0,0136	0
strujni reduktor 110 kV	4*0,009	0	0,054	0,0306	0
rastavljač 110 kV	7*0,003	0	0,00315	0,01785	0
prekidač 110 kV	4*0,018	0	0,0108	0,0612	0
sabirnice 110 kV po polju	5*0,004	0	0,003	0,017	0
transformator 110/10 kV/kV	0,005	0,004	0,0006	0,00025	0
sabirnice 10 kV po ćeliji	13*0,008	0	0,018	0,102	0
strujni transformator 10 kV	2*0,01	0	0	0,02	0
naponski transformator 10 kV	1*0,01	0	0	0,01	0
izvlačivi prekidač 10 kV	2*0,015	0	0,0045	0,0255	0
kvar na prekidaču koji izaziva ispad transformatora 110/10 kV	12*0,1*0,015	0	0,018	0,0144	0,0009
kabl 10 kV	2 km*0,26	0,026	0,078	0,416	0
kablovska glava 10 kV	10*0,002	0	0,0001	0,019	0
sklopka rastavljač 10 kV	15*0,005	0	0,00075	0,06	0,00375
sabirnice 10 kV po ćeliji	5*3*0,001	0	0	0,00045	0,01275
transformator 10/0,42 kV/kV	0,028	0	0	0,0056	0,0224
kvar u TS 10/0,42 kV/kV koji izaziva ispad izvoda 10 kV	5*0,1*0,005	0	0,0005	0,002	0
prekidač 0,42 kV	1*0,001	0	0,00005	0,0001	0,0009
sabirnice 0,42 kV po ćeliji	8*0,001	0	0	0,0008	0,0072
kabl 0,42 kV	0,2 km*0,093	0	0	0,01581	0,00279
kablovska glava 0,42 kV	6*0,005	0	0	0,0255	0,0045
priključna kutija 0,42 kV	3*0,001	0	0	0,00045	0,00255
UKUPNO (prema prosečnom potrošaču):		0,15	0,19385	0,85811	0,05774

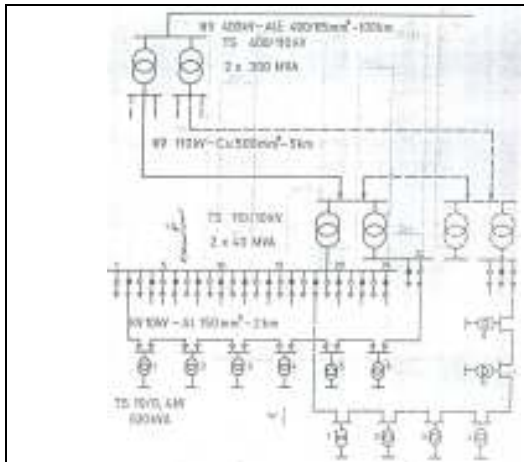
**Tabela 3 - Sistem napajanja na područjima sa površinskim gustinama opterećenja reda 70 MW/km<sup>2</sup> - model mreže 1**

element koji ispada iz pogona usled kvara	prosečno L	prosečno T	do 0,1 h	0,1- 0,5 h	0,5-2 h	duže od 2 h
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
<b>UKUPNO</b>	1,14	2,57	0,03	0,19385	0,85811	0,05774

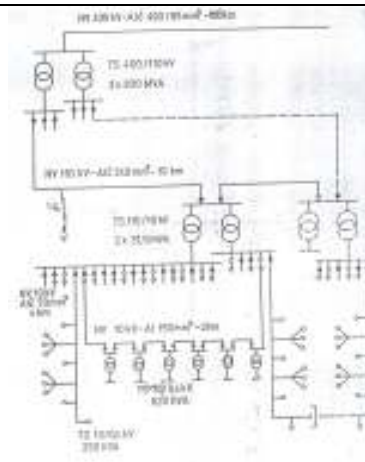
U nastavku rada će biti prikazani krajnji rezultati proračuna pokazatelja pouzdanosti na način kao u Tabeli 3 ali za područja sa umerenim, malim i izuzetno malim površinskim gustinama opterećenja (prigradska i ruralna područja), napajana električnom energijom kao na konzumu EDB. Jednopolne sheme visokonaponskih, srednjenaponskih i niskonaponskih mreža u ovim modelima prenosnog i elektrodistributivnog sistema su prikazane na Slici.3 do Slike.10.

**Tabela 4 - Sistem napajanja na područjima sa površinskim gustinama opterećenja reda 5 MW/km<sup>2</sup>- model mreže 2**

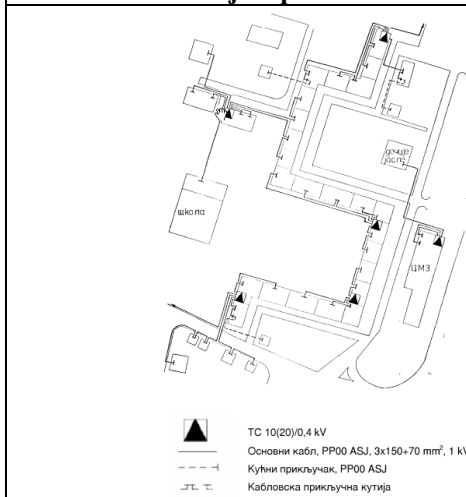
element koji ispada iz pogona usled kvara	prosečno		do 0,1 h	0,1 do 0,5 h	0,5 do 2 h	duže od 2 h
	L	T				
nadzemni vod 400 kV ili 220 kV	0,01	0,1	0,01	0	0	0
transformator X/110 kV/kV	0,005	0,1	0,005	0	0	0
nadzemni vod 110 kV	0,372	0,25	0,06	0,21	0,102	0
transformator 110/10 kV/kV	0,213	0,24	0,005	0,0972	0,1088	0,002
nadzemni vod 10 kV	1,56	2,74	0,03	0,12	1,21	0,2
transformator 10/0,42 kV/kV	0,039	0,16	0	0,00003	0,0072	0,032
nadzemni vod 0,42 kV	0,21	2,02	0	0	0,017	0,193
<b>UKUPNO</b>	<b>2,41</b>	<b>5,61</b>	<b>0,11</b>	<b>0,42723</b>	<b>1,445</b>	<b>0,427</b>



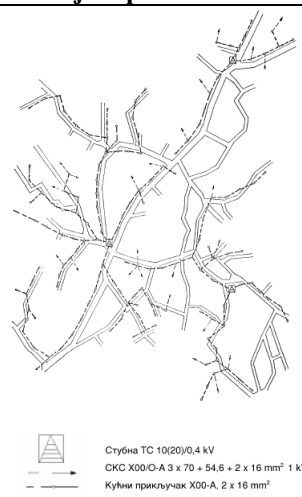
**Slika3 - Model visokonaponske i srednjenaponske mreže 1**



**Slika4 - Model visokonaponske i srednjenaponske mreže 2**



**Slika5 - Model niskonaponske mreže 1**



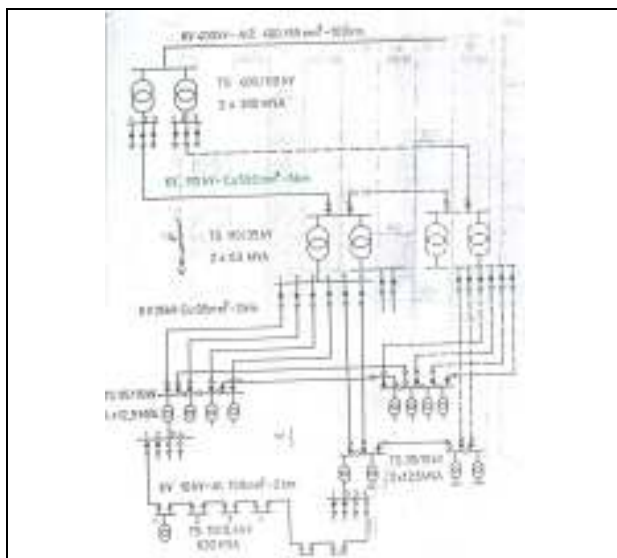
**Slika6 - Model niskonaponske mreže 2**

**Tabela 5 - Sistem napajanja na područjima sa površinskim gustinama opterećenja reda 20 MW/km<sup>2</sup> - model mreže 3**

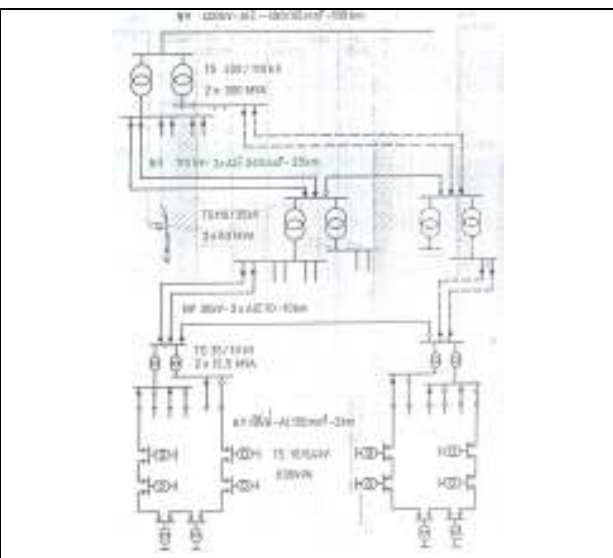
element koji ispada iz pogona usled kvara	prosečno		do 0,1 h	0,1 do 0,5 h	0,5 do 2 h	duže od 2 h
	L	T				
nadzemni vod 400 kV ili 220 kV	0,01	0,1	0,01	0	0	0
transformator X/110 kV/kV	0,005	0,1	0,005	0	0	0
nadzemni vod 110 kV	0,372	0,25	0,06	0,21	0,102	0
transformator 110/35 kV/kV	0,155	0,19	0,003	0,0355	0,1157	0,0008
kablovski vod 35 kV	0,512	0,51	0,015	0,297	0,18	0,02
transformator 35/10 kV/kV	0,177	0,22	0,005	0,0421	0,1275	0,002
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
<b>UKUPNO</b>	<b>2,11</b>	<b>2,95</b>	<b>0,129</b>	<b>0,682</b>	<b>1,0964</b>	<b>0,19439</b>

**Tabela 6 - Sistem napajanja na područjima sa površinskim gustinama opterećenja reda 3 MW/km<sup>2</sup> - model mreže 4**

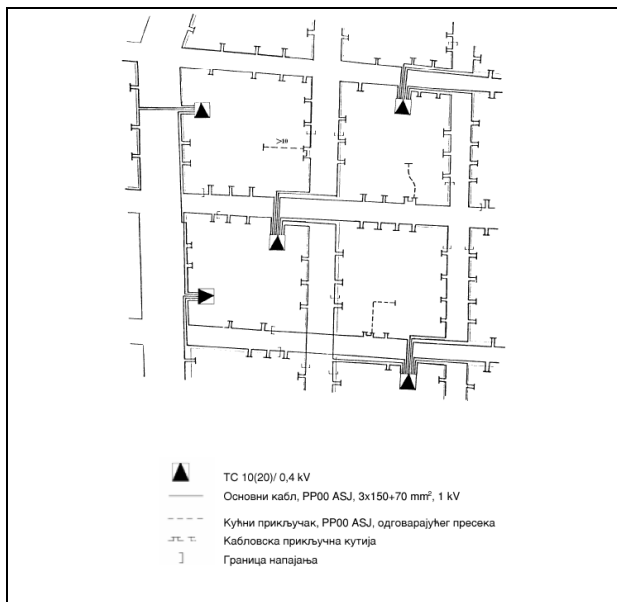
element koji ispada iz pogona usled kvara	prosečno		do 0,1 h	0,1 do 0,5 h	0,5 do 2 h	duže od 2 h
	L	T				
nadzemni vod 400 kV ili 220 kV	0,01	0,1	0,01	0	0	0
transformator X/110 kV/kV	0,005	0,1	0,005	0	0	0
nadzemni vod 110 kV	0,372	0,25	0,06	0,21	0,102	0
transformator 110/35 kV/kV	0,163	0,28	0,003	0,0395	0,1197	0,0008
nadzemni vod 35 kV	0,851	0,45	0,05	0,522	0,253	0,026
transformator 35/10 kV/kV	0,235	0,19	0,006	0,189	0,03	0,01
nadzemni vod 10 kV	1,56	2,84	0,03	0,12	1,21	0,3
transformator 10/0,42 kV/kV	0,039	0,16	0	0,00003	0,0072	0,032
nadzemni vod 0,42 kV	0,21	1,5	0	0	0,017	0,193
<b>UKUPNO</b>	<b>3,45</b>	<b>5,87</b>	<b>0,164</b>	<b>1,081</b>	<b>1,7389</b>	<b>0,5618</b>



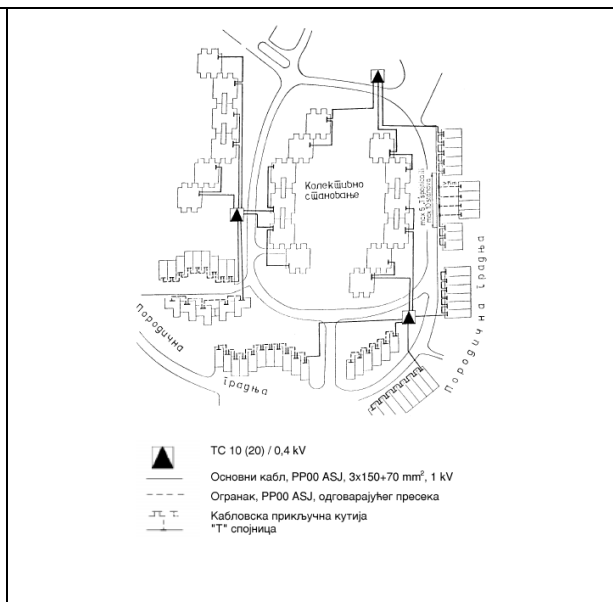
**Slika 7 - Model visokonaponske i sredjenaponske mreže 3**



**Slika 8 - Model visokonaponske i sredjenaponske mreže 4**



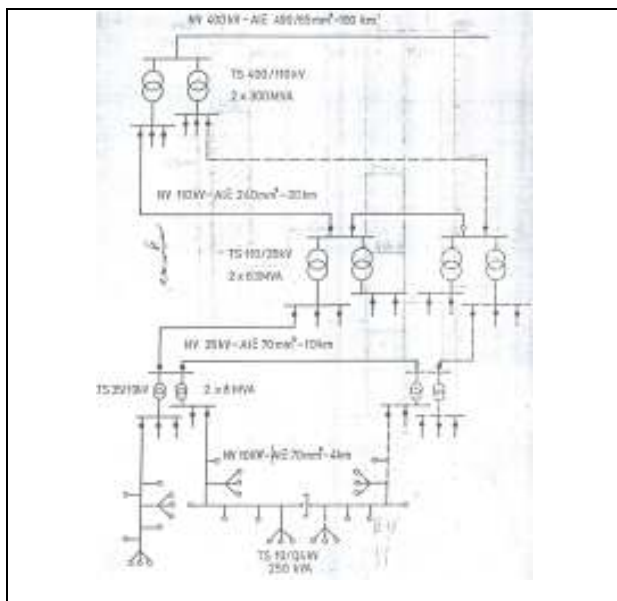
Slika 9- Model niskonaponske mreže 3



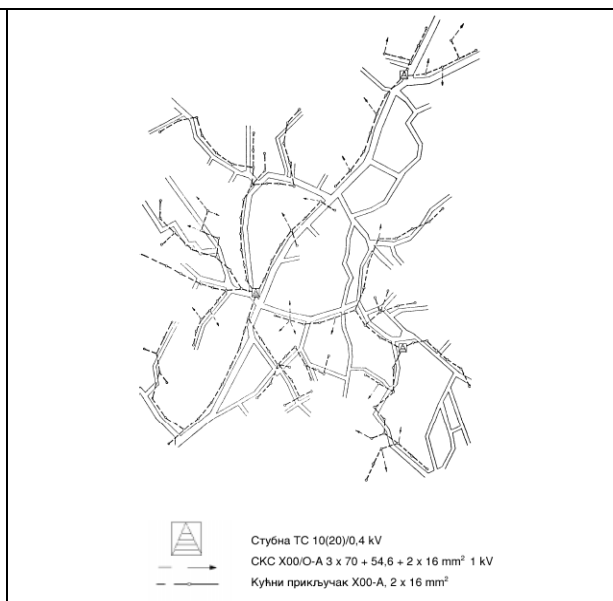
Slika 10 - Model niskonaponske mreže 4

Tabela 7 - Sistem napajanja na područjima sa površinskim gustinama opterećenja reda 0,5 MW/km<sup>2</sup> - model mreže 5

element koji ispada iz pogona usled kvara	prosečno		do 0,1 h	0,1 do 0,5 h	0,5 do 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
nadzemni vod 110 kV	0,372	0,25	0,06	0,21	0,102	0
transformator 110/35 kV/kV	0,163	0,28	0,003	0,0395	0,1197	0,0008
dug nadzemni vod 35 kV	2,5	2,8	0,06	1,4	0,94	0,1
transformator 35/10 kV/kV	0,235	0,21	0,006	0,189	0,03	0,01
dug nadzemni vod 10 kV	3,52	6,8	0,05	0,42	1,73	1,32
transformator 10/0,42 kV/kV	0,041	0,18	0	0,00002	0,0075	0,033
dug nadzemni vod 0,42 kV	0,54	2,7	0	0	0,1	0,44
<b>UKUPNO</b>	<b>7,38</b>	<b>13,4</b>	<b>0,194</b>	<b>2,25852</b>	<b>3,0292</b>	<b>1,9038</b>



Slika 11 - Model visokonaponske i srednjenaponske mreže 5



Slika 12 - Model niskonaponske mreže 5



U svim proračunima pokazatelja pouzdanosti u objektima prenosnog dela elektroenergetskog sistema (mreža 220 kV i transformacija 220/110 kV) pretpostavljena je izuzetno visoka pouzdanost, kao, uostalom, i u dosadašnjem dugogodišnjem periodu njihove eksploatacije na konzumu EDB. To je posledica izuzetno velike pažnje koja se još u fazi projektovanja ove mreže poklanja svakom elementu i objektu posebno, a naročito činjenici da su ove mreže izuzetno jednostavne i izgrađene ne samo da rezerviraju jednostruki već i dvostruki kvar u mreži; ove TS 220/110 kV/kV su i pored uvedenog Sistema daljinskog upravljanja elementima TS iz pripadajućih dispečerskih centara posednute i dežurnim uklopničarima, koji su, prošavši kroz najozbiljniju obuku, u dosadašnjem periodu umnogome podigli na ovako visok nivo ove prosečne nivoje pokazatelja pouzdanosti na ovim naponskim nivoima proizvodno - prenosne mreže u beogradskom elektroenergetskom čvoru.

U elektrodistributivnim mrežama je pretpostavljeno da je u sve TS 110/10 kV/kV, 110/35 kV/kV i 35/10 kV/kV uveden sistem daljinskog upravljanja elementima TS, i stopostotno sigurno rezerviranje "događaja" u pripadajućim mrežama 35 kV i 10 kV; sve nadzemne mreže su pri tome "opremljene" potrebnim i dovoljnim brojem savremenih rasklopnih uređaja kojima je moguća daljinska manipulacija (u beznaponskom stanju) u procesu dispečerske lokalizacije kvara i uspostavljanja vanrednih konfiguracija napajanja. Ovi nivoi pokazatelja pouzdanosti su ispoljeni na pojedinim mikrorejonima elektrodistributivne mreže na konzumu EDB, i uskoro će biti reprezentivi prosečnog napajanja potrošača električnom energijom na područjima sa velikim, umerenim, malim i izuzetno malim površinskim gustinama opterećenja na kompletnom konzumu EDB.

U narednoj Tabeli 8 su prikazani prosečni pokazatelji pouzdanosti za ova 5 modela mreže - preko uobičajenih pokazatelja SAIDI, SAIFI, CAIDI i ASAI.

**Tabela 8 - Pokazatelji pouzdanosti za modele mreža 1 do 5**

	<b>SAIDI (prekida/potr.god.)</b>	<b>SAIFI (h/potr.god.)</b>	<b>CAIDI (h/prekidu)</b>	<b>ASAI (1)</b>
<b>model mreže 1</b>	1,14	2,57	2,25	0,99971
<b>model mreže 2</b>	2,41	5,61	2,33	0,99936
<b>model mreže 3</b>	2,11	2,95	1,4	0,99966
<b>model mreže 4</b>	3,45	5,87	1,7	0,99933
<b>model mreže 5</b>	7,38	13,4	1,8	0,99847

### **3. Provera proračunskih vrednosti pokazatelja pouzdanosti za konzum EDB**

Ovde su u priloženoj Tabeli 9 prikazane provere proračunskih vrednosti pokazatelja pouzdanosti za ceo konzum EDB - preko sortiranja učestalosti i trajanja svih merenja na nuli sa Sistema daljinskog upravljanja, signalizacije i merenja u dispečerskom centru EDB. Merenja su sistematizovana na nivou srednjenaponske mreže 10 kV preko jako jednostavnog računarskog programa. Za potrebe remonta mreže bez napona su bili potrošači samo pojedinačnih TS 10/0,42 kV/kV - što nije uticalo na sortirane pokazatelje o svim iznenadnim prekidima na nivou mreže 10 kV; događaji u mreži 0,42 kV su sistematizovani ručno.

**Tabela 9 - Približne raspodele učestalosti ( L ) iznenadnih prekida u napajanju električnom energijom potrošača na konzumu EDB u periodu od 2001. do 2008. godine**

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
0 prekida	37 %	28 %	20 %	12 %	0 %
1 prekid	25 %	5 %	7 %	5 %	0 %
2 prekida	32 %	12 %	21 %	8 %	0 %
3 prekida	5 %	15 %	46 %	14 %	0 %
4 prekida	1 %	17 %	5 %	15 %	5%
5 prekida	-	12 %	1 %	17 %	12 %
6 prekida	-	1,5 %	-	14 %	21 %
7 prekida	-	0,5 %	-	10 %	25 %
8 prekida	-	-	-	4 %	12 %
9 prekida	-	-	-	1 %	10 %
10 prekida	-	-	-	-	5 %
više od 10 prekida	zanemarljivo	0,001	zanemarljivo	0,001	10 %
L - prosek ( SAIDI )	1,08 (1,14)	2,47 (2,41)	2,12 (2,11)	3,31 (3,45)	7,35 (7,38)
Učešće modela u vršnoj snazi konzuma EDB	42%	8 %	25 %	20 %	5 %

U priloženoj Tabeli 10 prikazane su i približne raspodele ukupnog trajanja ( T ) svih iznenadnih prekida u napajanju električnom energijom potrošača na konzumu EDB u toku jedne godine u pripadajućim modelima mreža 1 do 5 u periodu od 2001. do 2008. godine.

**Tabela 10 - Približne raspodele ukupnog trajanja ( T ) svih iznenadnih prekida u napajanju električnom energijom potrošača na konzumu EDB u periodu od 2001. do 2008. godine**

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
0 prekida	37 %	28 %	20 %	12 %	0 %
do 0,1 h	5 %	6 %	6 %	5 %	10%
do 0,5 h	6 %	3 %	8 %	0 %	0 %
do 1 h	10 %	4 %	12 %	0 %	0 %
do 1,5 h	15 %	5 %	15 %	0 %	0 %
do 2 h	12 %	6%	18 %	0%	0 %
do 3 h	8 %	7 %	10 %	15 %	0 %
do 4 h	5 %	6 %	5 %	12 %	0 %
do 5 h	2 %	6 %	3 %	10 %	5 %
do 6 h	0,5 %	5 %	0,5 %	8 %	6 %
do 7 h	0,5%	5 %	0,5 %	7 %	7 %
do 8 h	0,5 %	4 %	0,5 %	6 %	8 %
do 9 h	0,5 %	3 %	0,5 %	5%	10 %
do 10 h	0,5 %	2 %	0,5 %	5 %	12 %
više od 10 h	0,5 %	10 %	0,5 %	15 %	42 %
T - prosek ( SAIFI )	2,8 (2,57)	5,5 (5,61)	2,85(2,95)	5,8 (5,87)	13,8 (13,4)
Učešće modela u vršnoj snazi konzuma EDB	42%	8 %	25 %	20 %	5 %

Očigledne su sličnosti modela mreža jer u toku jedne godine prekide u napajanju električnom energijom na ovim tipičnim mikrorejonima gradskog dela konzuma EDB nema izvestan broj potrošača (do čak 37 %). Slična je situacija i sa ukupnim godišnjim trajanjem iznenadnih prekida u napajanju električnom energijom, jer ukupno godišnje trajanje prekida u napajanju u gradskim mrežama ima maksimum u trajanju od 2 do 4 sata, kao posledica dominantnog učešća ispada zbog kvarova u kablovskim ili nadzemnim mrežama 10 kV; u ruralnim mrežama, međutim, maksimum ukupnog trajanja svih prekida u napajanju nema tako izražen maksimum, ali u modelima 2 i 4 ima približne vrednosti od 2 do 6 časova,

a u modelu 5 sa izuzetno dugačkim vodovima 35 kV i 10 kV u rasponu od 6 do 10 časova. Zanemarljivi su kratki i izuzetno kratki prekidi zbog događaja u visokopouzdanim prenosnim i elektrodistributivnim mrežama.

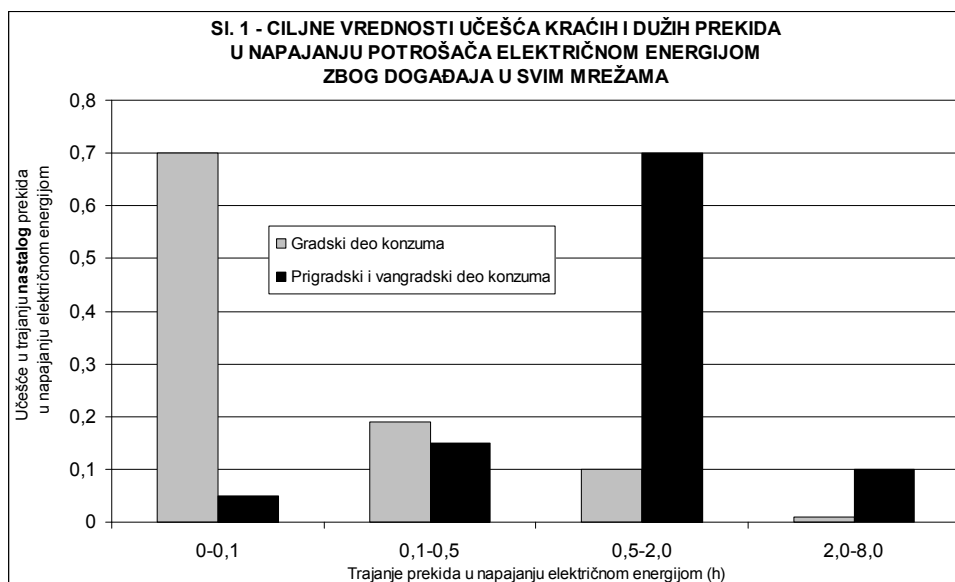
#### 4. Planirani prekidi u napajanju električnom energijom na konzumu EDB

U ovom radu nisu do sada razmatrani planirani prekidi u napajanju potrošača električnom energijom, jer su oni u EDB vezani uglavnom za potrebe održavanja TS 10/0,42 kV/kV. Svake godine interveniše se na oko 20 % do 30 % ovih objekata, u trajanju od nekoliko sati po objektu.

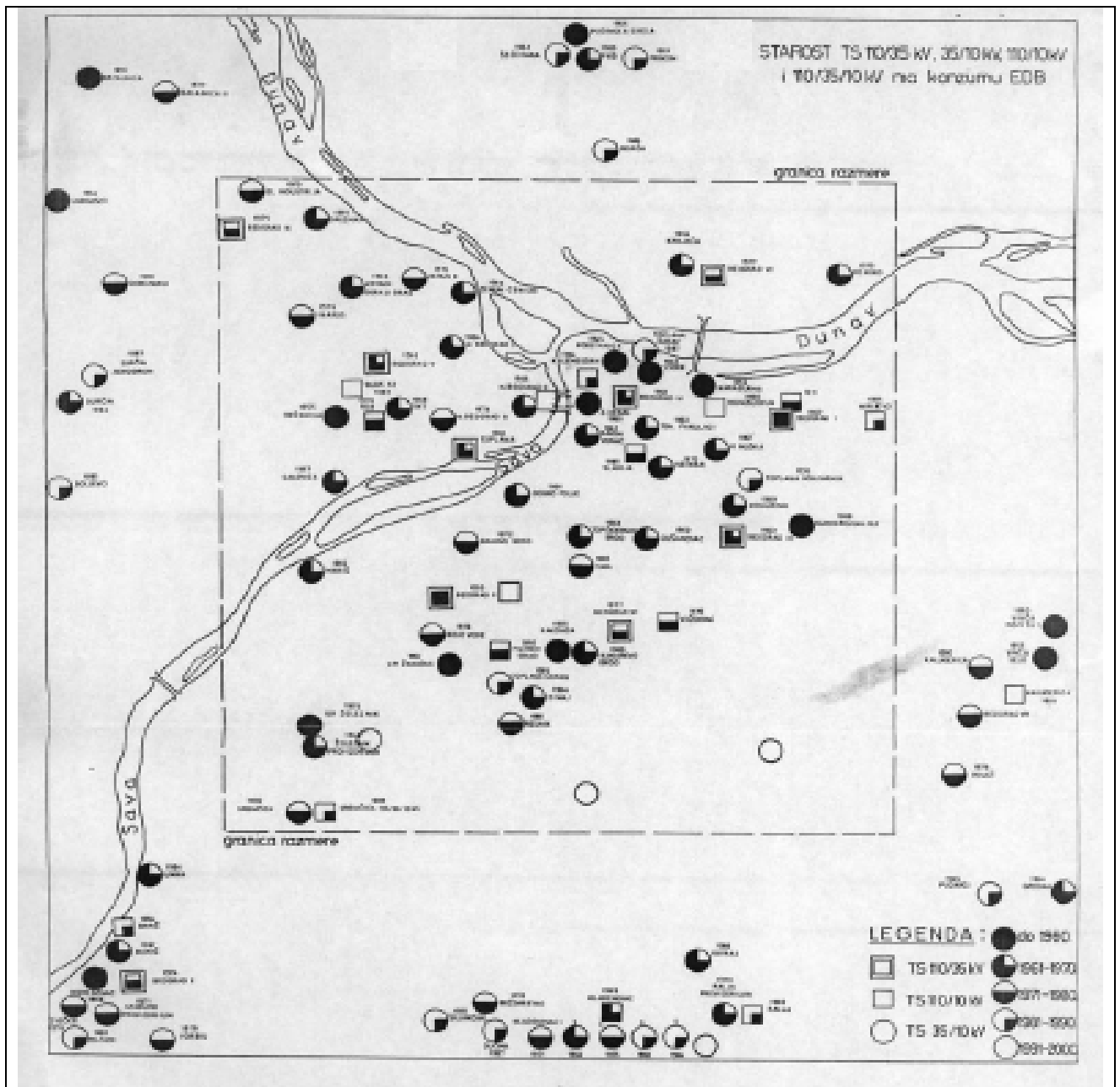
#### 5. Ciljne vrednosti za trajanje svih prekida u napajanju potrošača električnom energijom

Ciljne vrednosti za trajanje nastalog prekida u napajanju potrošača električnom energijom na konzumu EDB u narednim periodima eksploatacije elektrodistributivnih mreža na gradskim, prigradskim i vangradskim delovima su prikazane na priloženoj Slici 13. U EDB se preduzimaju neophodne mere i na podizanju sigurnosti u napajanju potrošača izgradnjom pre svega najsavremenijih oklopljenih TS svih napona (u SF<sub>6</sub> tehnici), kako TS 110/10 kV/kV tako i TS 10/0,42 kV/kV (tzv. postrojenja **ring main units**); na taj način će za elektrodistributivno preduzeće planirani prekidi u napajanju potrošača električnom energijom biti vezani samo za kratkotrajna isključenja svih transformatora zbog povremenog ispitivanja izolacionog kvaliteta ulja u transformatorima (u trajanju do 0,1 h). Neminovni iznenadni prekidi u napajanju zbog kvarova u visokonaponskim mrežama do nivoa mreže 10 kV bi trebalo da budu eliminisani putem Sistema daljinskog upravljanja iz dispečerskih centara za prenosnu i visokonaponsku elektrodistributivnu mrežu uglavnom u trajanju do 0,1 h. Duži prekidi u napajanju potrošača električnom energijom bili bi sa uzrokom samo u mrežama 10 kV i 0,42 kV.

Svakako da sve zaposlene u EDB najviše opterećuje izuzetno visok prosečan nivo starosti svih visokonaponskih TS u elektrodistributivnoj mreži - jer ispoljavani nivoi pouzdanosti pogona mreža itekako zavise od starosti svakog objekta pojedinačno. Na centralnim gradskim područjima mnogi objekti su stariji i od 50 godina, te se početak novog investicionog ciklusa za izgradnju svih mreža nestrpljivo očekuje - posle gotovo dvadesetogodišnje obustave izgradnje nove mreže (kao posledica nastabilne političke situacije i rata na južnoslovenskim prostorima i izuzetno dugotrajne depresirane cene električne energije).



**Slika 13 - Ciljne vrednosti procentualnog učešća kraćih i dužih prekida u napajanju potrošača električnom energijom na gradskom i ruralnom delu konzuma EDB**



Slika 14 - Prostorni prikaz starosti TS 110/35 kV/kV, 35/10 kV/kV i 110/10 kV/kV na konzumu EDB



**Slika 15 - Prostorni prikaz TS 110/10 kV/kV i mreže 10 kV izgrađene na gradskom delu konzuma EDB u periodu posle 1971. godine**

## **6. Uporedni pregled pokazatelja pouzdanosti iz dosadašnjih perioda**

Pokazatelji pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom se prate i sistematizuju na konzumu EDB još od osamdesetih godina prošlog veka, te u tom smislu možemo da se u ovom radu osvrnemo i na njihov razvoj.

Naime, u 1985. godini prosečan potrošač u gradskoj mreži sa TS 110/10 kV/kV imao je oko 2,7 iznenadna prekida, a prosečan potrošač u mreži sa TS 35/10 kV/kV čak oko 3,9 iznenadna prekida u napajanju; oko 4,8 % potrošača nije imalo prekide u napajanju. U ruralnim mrežama prosečan potrošač je imao oko 10,7 iznenadna prekida na konzumu TS 110/10 kV/kV, odnosno oko 12,9 iznenadna prekida na konzumu TS 35/10 kV/kV.

U toku 1998. godine na gradskom području čak oko 20 % potrošača nema iznenadne prekide u napajanju električnom energijom a svi drugi oko 2,5 prekida u ukupnom trajanju oko 3,5 sati (prekidi u napajanju električnom energijom u trajanju do 15 minuta su bili dominantni i imali su učešće u ukupnom broju prekida veće od 40 % kod oko 25 % potrošača, naravno, sa značajnim učešćem uzroka prekida u

preopterećenju vodova 10 kV i, naročito, transformatora 35/10 kV/kV, 110/10 kV/kV i čak i 110/35 kV/kV - kad kratkotrajne prekide u napajanju električnom energijom ima i nekoliko desetina vodova 10 kV) ; na prigradskim područjima prosečan potrošač je imao oko 5,8 iznenadna prekida u napajanju u ukupnom trajanju oko 24 sata, a u ruralnim mrežama oko 12 iznenadna prekida u napajanju u ukupnom trajanju oko 36 sati.

Najzad, u periodu od 2001. do 2008. godine, prosečan potrošač u gradskoj mreži ima oko 1,08 prekida na delovima konzuma sa TS 110/10 kV/kV u ukupnom prosečnom godišnjem trajanju oko 2,8 sati (pri tome oko 37% potrošača nema prekide u napajanju), odnosno 2,12 prekida u ukupnom trajanju oko 2,85 sati na konzumu TS 35/10 kV (pri tome oko 20 % potrošača nema prekide u napajanju); prosečan potrošač na prigradskom delu konzuma ima oko 2,36 prekida u ukupnom godišnjem trajanju oko 5,5 sati na konzumu TS 110/10 kV/kV (pri čemu oko 28 % potrošača nema prekide u napajanju) , odnosno oko 3,6 prekida u ukupnom trajanju oko 5,8 sati na konzumu TS 35/10 kV/kV (pri čemu oko 12 % potrošača nema prekide u napajanju); na ruralnim područjima, međutim, prosečan potrošač ima oko 7,35 prekida u ukupnom godišnjem trajanju oko 13,8 sati, naravno na konzumu TS 35/10 kV/kV.

Potrebno je napomenuti da su značajno pouzdanija napajanja električnom energijom na konzumu EDB u periodu posle 2001. godine posledica, pre svega, promene tarifnog sistema za prodaju električne energije, jer je ukinuta poslepodnevna niža tarifa u ceni električne energije - čime su značajno redukovani ispadi transformatora i vodova u elektrodistributivnim mrežama usled preopterećenja; ispeglan je dnevni dijagram konzuma i svih pripadajućih TS i vodova, te, što je naročito značajno, redukovani i enormni kratkotrajni padovi napona u mrežama u vreme špiceva u potrošnji električne energije ( vidi Sliku 2 ) - što nisu bili u mogućnosti da kompenzuju regulaciona automatika i regulacione preklapke na regulacionim transformatorima u mrežama na konzumu EDB!!!

## 7. Zaključci

*Elektrodistributivna mreža na konzumu EDB ispoljavala je u svim fazama veoma dinamičnog razvoja potrošnje električne energije izuzetno visoke nivoa pouzdanosti, u za naše uslove naročito brzog razvoja svih specifičnih parametara u potrošnji, kao, i, naročito značajnog povećanja i površinskih gustina opterećenja na svim delovima i mikroneonima konzuma. U tim uslovima izgrađeni su veoma ravnomerno raspodeljeni, kvalitetni, mrežni sistemi - koji i danas, iako enormno stari u globali i na mnogim mikroneonima konzuma, ispoljavaju još uvek veoma visoke nivoa pouzdanosti.*

*Ovim stručnim radom su detaljno prikazani pokazatelji pouzdanosti elemenata mreža i potrošača na tipičnim modelima mreža u periodu od 2001. do 2008. godine, te upoređeni sa pokazateljima iz dosadašnjih faza razvoja mreže; Zaključuje se da isti stil izgradnje mreža treba nastaviti i u bližoj i daljoj perspektivi, kao, uostalom, i isti stil, način i obim održavanja mreža u punoj pogonskoj spremnosti.*

*Sigurno je da u mrežu treba uvoditi uvek, za naše uslove, kvalitetna i u svetu proverenanajsavremenija rešenja i u kablovskim i u nadzemnim vodovima te u transformatorskim stanicama; U dosadašnjem periodu proizvođači su bili sa domaćeg prostora kod preko 95 % elemenata, te nema razloga za bilo kakve promene u tom smislu. Svakako da pre svega treba u većoj meri uvoditi oklopljena postrojenja u TS 10/0,42/kV kV u SF<sub>6</sub> tehničari - jer su prekidi u napajanju potrošača električnom energijom uglavnom vezani za preventivno održavanje TS 10/0,42 kV/kV; naravno, ova se i kod nas, u kooperaciji sa inostranim preduzećima, proizvode, a u finansijskom pogledu su dovedena na isti nivo kao i klasična postrojenja.*

*Na konzumu EDB je počela izgradnja i prve TS 400/110 kV/kV, posle čijeg stavljanja u pogon treba u mrežu uvesti nekoliko TS 110/10 kV/kV na gradskom delu konzuma, a pre svega u najstrožem centru grada - gde su već dostignute površinske gustine opterećenja veće od 50 MW/km<sup>2</sup>, pa čak i veće od 70 MW/km<sup>2</sup>; po prirodi stvari, naročito sa aspekta pouzdanosti, treba ozbiljno razmotriti mogućnost da se ove TS izgrađuju sa tri transformatora 110/10 kV/kV snage 40 MVA, što može da podigne na značajno viši nivo projektovan nivo sigurnosti i pouzdanosti u mrežama. Na taj način bi garantovanu snagu TS 110/10 kV podigli do 66 % instalisane snage TS (sa računanjem i na mogućnosti kratkotrajnog preopterećivanja transformatora u vanrednom pogonu može da bude i preko 80 % instalisane snage TS).*

*Takođe, treba u potpunosti završiti i još osamdesetih godina prošlog veka započete aktivnosti na premeštanju kablova 10 kV u kablovskim prostorima značajnog broja TS X/10 kV/kV- kako bi ispalu snagu jednog transformatora prihvatilo što više transformatora 35/10 kV/kV i 110/10 kV/kV. Na taj način bi se sa zanemarljivim finansijskim sredstvima postiglo veoma mnogo sa aspekta pouzdanosti!!!*

*Sigurno je da sa daljom obradom pokazatelja pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom treba nastaviti i u bližoj i daljoj perspektivi, a naročito sa praćenjem pouzdanosti elemenata mreža, radi izbora zaista najkvalitetnijih elemenata mreža te i njihovih proizvođača - što zahteva najozbiljniji rad sa punom primenom računara, naravno radi uređivanja velikih baza podataka i*

*prikazivanja, ne samo internog karaktera, najraznovrsnijih raspodela slučajnih veličina iz ugla pouzdanosti mreža i njenih elemenata.*

*Ukoliko ovaj rad doprinese da se stekne prava slika o do sada preduzimanim sistematskim aktivnostima u EDB, kako u fazi izgradnje mreža, tako i u fazi eksploatacije, a naročito sa aspekta svakodnevnog dispečerskog delovanja - uloženi trud autora ovog rada će dobiti puni smisao.*

## **8. Korišćena literatura**

( 1 ) - T. Milanov - Nekoliko pokazatelja pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom na gradskom i prigradskom konzumu EDB u toku 1985. godine, časopis "Elektrodistribucija", 1986.,br. 2, str. 87 -103

( 2 ) - T. Milanov - Nekoliko pokazatelja pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom na gradskom delu konzuma JP EDB, JUKO CIRED, 2000., I - 4.10

( 3 ) - T.Milanov - Proračun i provera pokazatelja pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom na prigradskom i vangradskom delu konzuma JP EDB, JUKO CIRED, 2000., R. - 6.12

( 4 ) - L.Radić, S.Belić, A. Drenković - Analiza događaja na elektroenergetskom sistemu EDB sa posebnim osvrtom na 2002. godinu i pregled pokazatelja pouzdanosti osnovnih elemenata ovog sistema u periodu 1980. - 2002. godine, časopis "Elektrodistribucija", 2003., br. 1