

PREMEŠTANJE KABLOVA 10 kV U KABLOVSKOM PROSTRU 10 kV U TS X/10 kV U GRADSKIM MREŽAMA

**Tomislav Milanov, dipl. el. ing.¹
PD „Elektrodistribucija Beograd“**

Kratak sadržaj:

Radom se iznose aktivnosti sprovedene osamdesetih godina prošlog veka u dispečerskom centru „Elektrodistribucije Beograd“ (u daljem tekstu EDB) na premeštanju kablova 10 kV u kablovskom prostoru u svim TS X/10 kV na gradskom području Beograda. Posle napuštanja ideje i prakse da se niskonaponske i sredjenaponske mreže 0,4 kV i 10 kV izgrađuju kao složenopetljaste, odmah se pristupilo premeštanju kablova 10 kV u TS X/10 kV kako bi ispalu snagu jednog transformatora X/10 kV prihvatile sve kontaktne TS X/10 kV (najmanje 4). Mreža 10 kV je posle toga učinjena isključivo poveznom između svih TS X/10 kV (samo neznatan broj poluprstenova 10 kV na gradskom konzumu EDB je oformljen radi balansa opterećenja između transformatora u nekoliko TS 110/10 kV na obodu gradske mreže).

Na taj način je radikalno izvršeno povećanje sigurnosti napajanja TS X/10 kV na gradskom konzumu EDB, što je kasnijim aktivnostima u planskoj energetici dovedeno do savršenstva. Pouzdanost napajanja TS X/10 kV se pri tome značajno podigla na viši nivo kod svih ispada transformatora X/10 kV (u periodu od 1980. godine do danas).

Rad može da bude koristan ekspertima za pouzdanost elektrodistributivnih mreža na područjima sa homogenim površinskim gustinama opterećenja - gradske mreže, kao i mladim planerima i energetičarima koji svakodnevno oblikuju mreže srednjih napona; takođe, rad može biti koristan i dispečerskim službama i službama eksploatacije postojeće mreže uopšte, koji bi trebalo u svim gradovima Srbije da sprovedu iste aktivnosti, naravno, ako to nije realizovano do sada.

Ključne reči: sigurnost, pouzdanost, mreža 10 (20) kV, kablovski prostor TS X/10 (20) kV

DISLOCATION OF 10 kV CABLES FROM CELL TO CELL IN THE 10 kV CABLE SPACE AT X/10 kV SUBSTATION IN URBAN NETWORKS

Abstract:

The paper presents the activities carried out in the 80's of the past century at the Dispatch Centre of "Elektrodistribucija Beograd" (hereinafter: EDB) in dislocating 10 kV cables from cell to cell in the cable space at all X/10 kV substations in the urban area of Belgrade. After abandoning the idea and practice of constructing low-voltage and high-voltage networks 0.4 kV and 10 kV as meshed grids, the dislocation of 10 kV cables from cell to cell at X/10 kV substation was immediately undertaken, in order to ensure the

¹ Masarikova 1-3 11000 Beograd, tel. 011/328-11-10 lok. 2357; faks: 34-05-017; tmilanov@edb.eps.co.yu

acceptance of power outage of one X/10 kV transformer by all X/10 kV contact substations (at least 4). After that, the 10 kV network was exclusively connected between all X/10 kV substations (only an insignificant number of 10 kV semi-loops in the urban consumption of EDB was formed for the purpose of load balance between transformers in several 110/10 kV substations on the border of the urban network).

In that manner, the security of supplying X/10 kV substation in the urban consumption of EDB was radically increased, which was through later activities in the planning of energy brought to perfection. The reliability of supplying X/10 kV substation was significantly upgraded in cases of all outages of the X/10 kV transformer (in the period from 1980 to-date).

The paper might be useful to experts dealing with the reliability of the power distribution networks in areas with homogeneous surface load density – urban networks, as well as to young planners and power engineers dealing with daily setting up of the medium-voltage networks; it might also be useful for dispatch departments and operation departments dealing with the existing network in general, who ought to carry out the same activities in all the Serbian towns and cities, naturally, if this has not already been implemented.

Key words: security, reliability, 10 (20) kV network, cable space at X/10 (20) kV substation

1. UVOD

Beogradski elektroenergetski čvor se veoma intenzivno razvijao u svim prethodnim karakterističnim periodima do danas. Stalnom rastu potrošnje električne energije i snage (sl. 1, sl. 2) odgovarano je izgradnjom veoma racionalnih mreža, najpre putem TS 110/35 kV i 35/10 kV, a počev od 1971. godine i savremenim TS 110/10 kV.

Pouzdanost napajanja potrošača je stalno podizana na viši nivo, tako da smo danas veoma blizu ciljnih vrednosti (lit. 2) za trajanje nastalog prekida u napajanju električnom energijom (sl. 3). Na učestalost prekida u gradskim mrežama se itekako pažljivo deluje i danas gotovo 60% potrošača nema prekide u napajanju električnom energijom, oko 25% potrošača samo jedan prekid u napajanju, a samo 15% potrošača 2 ili više prekida tokom jedne kalendarske godine. Danas je učešće kraćih i dužih prekida u napajanju bezmalo identično, s tim što prekidi u napajanju do 0,1 h imaju učešće od 40 %, a prekidi u trajanju do 0,5 h učešće od 45 % u ukupnom broju prekida. Međutim, ukoliko se sve manipulacije u mreži sprovode prema Pravilniku o manipulacijama u mrežama, ne vidi se razlog da u „sigurnoj mreži“ sa uvedenim daljinskim upravljanjem nad svim TS X/10 kV učešće prekida u trajanju do 0,1 h ne bude oko 70 %.

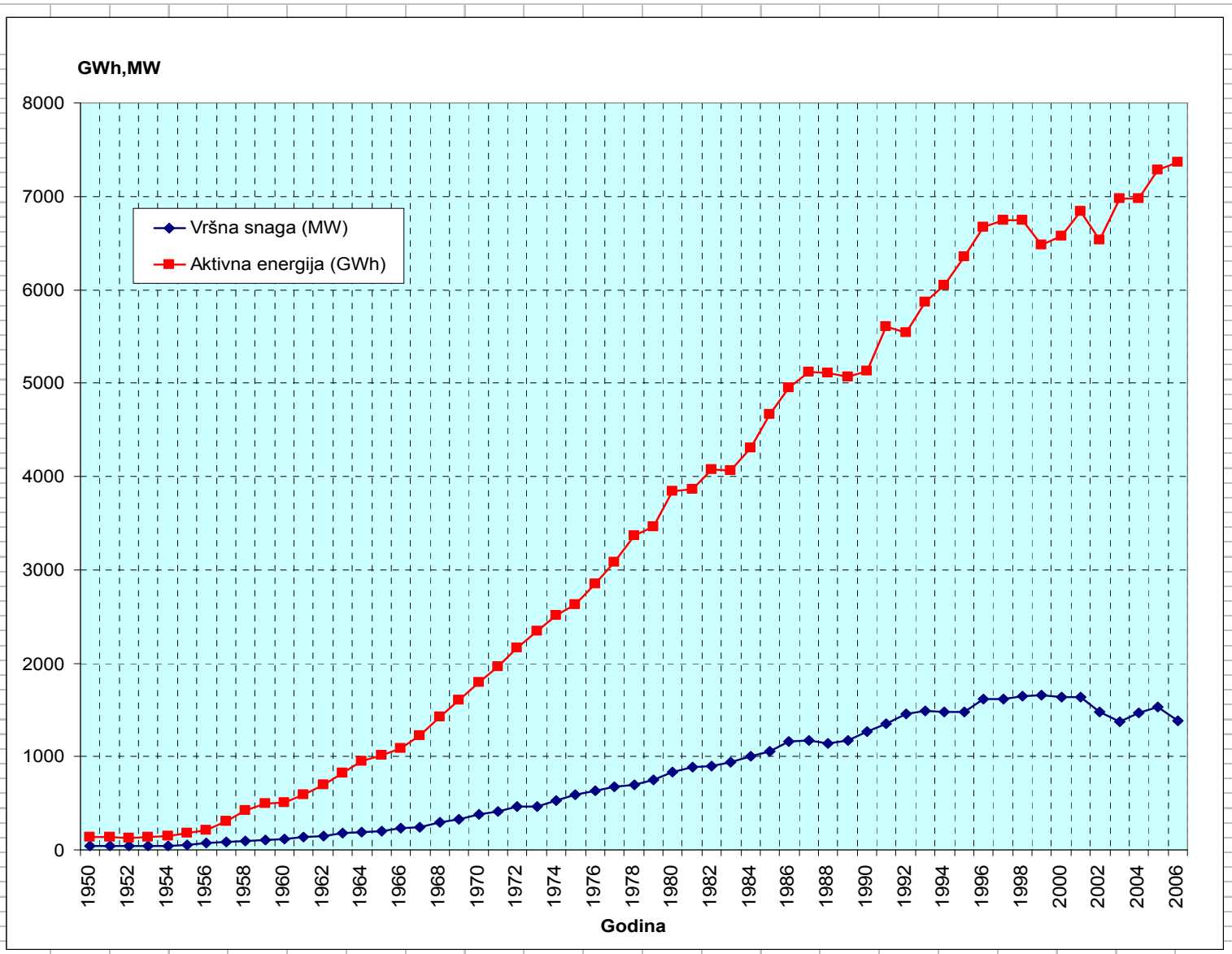
Veoma čest uzrok prekida u napajanju su „planirani prekidi“ zbog remonta TS 10/0,4 kV kada se iste isključuju u trajanju od nekoliko minuta, eventualno do 0,5 h, a samo izuzetno retko do 2 h ili 3 h. U EDB postoje i značajna iskustva sa radom pod naponom pri remontu TS 10/0,4 kV što će se u perspektivi reflektovati na dominantnom učešću izuzetno kratkih prekida zbog provere prekidača 0,4 kV za transformator i proveru izolacione čvrstoće ulja u transformatoru.

Prekidi duži od 8 h su vezani za teže kvarove u TS 10/0,4 kV i mreži 0,4 kV; struje trolnog simetričnog zemljospoja u mreži 0,4 kV na gradskom konzumu EDB su reda od 5 kA do 23 kA, i veće su nego u mreži 400 kV koja izlazi iz hidroelektrane Đerdap, te svaki kvar na ovom naponskom nivou zahteva pažljiv dugotrajan rad na otklanjanju uzroka kvara i dovođenje trajanja prekida napajanja na prihvatljive relacije i za EDB a i za potrošače.

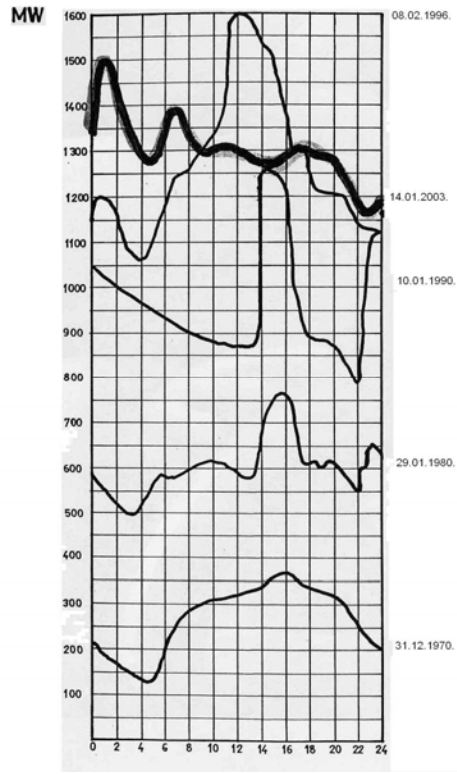
Nov tarifni sistem za prodaju električne energije, kojim je ukinuta niža tarifa u ceni električne energije u poslepodnevnim časovima, je značajno redukovao učestalost veoma neugodnih prekida usled „preopterećenja“ elemenata mreže (pre svega vodova 0,4 kV i 10 kV i pripadajućih transformatora 10/0,4 kV i X/10 kV).

Kompletna mreža ispoljava i danas visok nivo pouzdanosti s obzirom na značajan nivo starosti (i globalno a i na mikroneonima). Zato svi zaposleni u EDB nestrpljivo očekuju početak novog investicionog ciklusa za izgradnju mreže (željno očekivanog još od daleke 1991. godine).

Godina	Vršna snaga (MW)	Aktivna energija (GWh)
1950	39	132
1951	38	132
1952	38	129
1953	42	137
1954	47	151
1955	57	180
1956	70	209
1957	81	301
1958	92	425
1959	108	498
1960	118	508
1961	134	589
1962	151	700
1963	183	828
1964	193	952
1965	202	1017
1966	230	1087
1967	247	1224
1968	296	1425
1969	328	1600
1970	379	1795
1971	416	1960
1972	461	2159
1973	463	2343
1974	531	2517
1975	586	2629
1976	638	2850
1977	676	3086
1978	699	3364
1979	754	3464
1980	836	3837
1981	891	3858
1982	897	4069
1983	940	4062
1984	999	4308
1985	1059	4666
1986	1158	4948
1987	1172	5114
1988	1144	5112
1989	1175	5069
1990	1269	5129
1991	1348	5600
1992	1453	5543
1993	1489	5868
1994	1475	6051
1995	1479	6357
1996	1614	6665
1997	1618	6739
1998	1645	6749
1999	1653	6480
2000	1631	6572
2001	1640	6838
2002	1473	6536
2003	1376	6972
2004	1470	6973
2005	1528	7278
2006	1385	7372
2007		
2008		
2009		
2010		

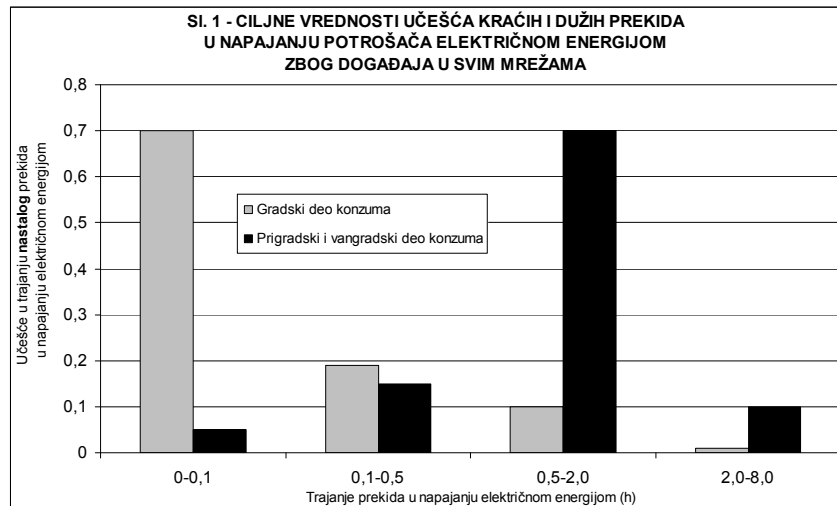


SI.1 – Kupljena električna energija i vršna snaga konzuma EDB u periodu od 1950. do 2006. godine



vreme (h – sati)

Sl. 2 – Oblik dnevnog dijagrama opterećenja konzuma EDB u periodu od 1970-2003. godine (na dan vršnog opterećenja konzuma)



Sl. 3 – Ciljne vrednosti učešća kraćih i dužih prekida u napajanju potrošača električnom energijom zbog događaja u svim mrežama

2. RASPORED KABLOVA 10 kV U SLOŽENOPETLJASTOJ MREŽI 0,4 kV

Ovde je na sl. 4 prikazan način napajanja složenopetljaste mreže 0,4 kV putem mreže 10 kV i TS 10/0,4 kV. Svi kablovi 10 kV polaze sa bloka transformatora 1 i završavaju na bloku transformatora 1 u susednoj TS X/10 kV. Na taj način se omogućava da mreža 0,4 kV bude u „paralelnom radu“ sa uključenim svim osiguračima 0,4 kV ,napajanim putem mreže 10 kV sa jednog transformatora X/10 kV. Sve TS 10/0,4kV su sa prekidačima sa „povratnom snagom“ koji omogućavaju da mreža 0 4 kV bude u pogonu i u slučaju da „ispadne“ iz pogona jedan kabl 10 kV (bez prekida u napajanju potrošača na nivou mreže 0,4 kV u slučaju ispada iz pogona jednog kabla 10 kV).

Međutim, u slučaju ispada na višim naponskim nivoima (npr. transformatora 110/35 kV) manipulacijama u mreži (35 kV)se obezbeđuje vanredno napajanje (TS 35/10 kV), ali se pri tome svi kablovi 10 kV uključuju zajedno (uključenjem prekidača 10 kV za transformator 35/10 kV). Na taj način se izbegava ponovan ispad usled preopterećenja pojedinih kablova 10 kV, što se neminovno dešava pri pojedinačnom uključanju kablova 10 kV.

Prema tome, zahtevi složenopetljaste mreže su veoma komplikovani i zahtevaju poseban režim manipulacija u mreži - kako prelazni režimi u učvorenju mreži 0,4 kV ne bi implicirali neravnomernost u opterećenju grupe kablova 10 kV (reda 5-6) .

Potrebno je napomenuti da su u složenopetljastoj mreži minimalni padovi napona i Joule-ovi gubici ne samo u mreži 0,4 kV, već i mreži 10 kV.

Međutim, zbog problema pri manipulacijama, danas se složenopetljasta mreža 0,4 kV u svetu oformljuje na nivou jednog izvoda 10(20)kV, sa daljinskom signalizacijom ispada transformatora 10(20)/0,4 kV i daljinskim upravljanjem na nivou mreže 10(20) kV (sa postrojenjima 10(20) kV u TS 10(20)/0,4 kV u tehnici „ring main units“). Međutim kvarovi na deonicama mreže 0,4 kV su ipak bez signalizacije ispada osigurača 0,4 kV ,što zahteva stalan rad na kontroli pogona svih osigurača 0,4 kV u mreži 0,4 kV.

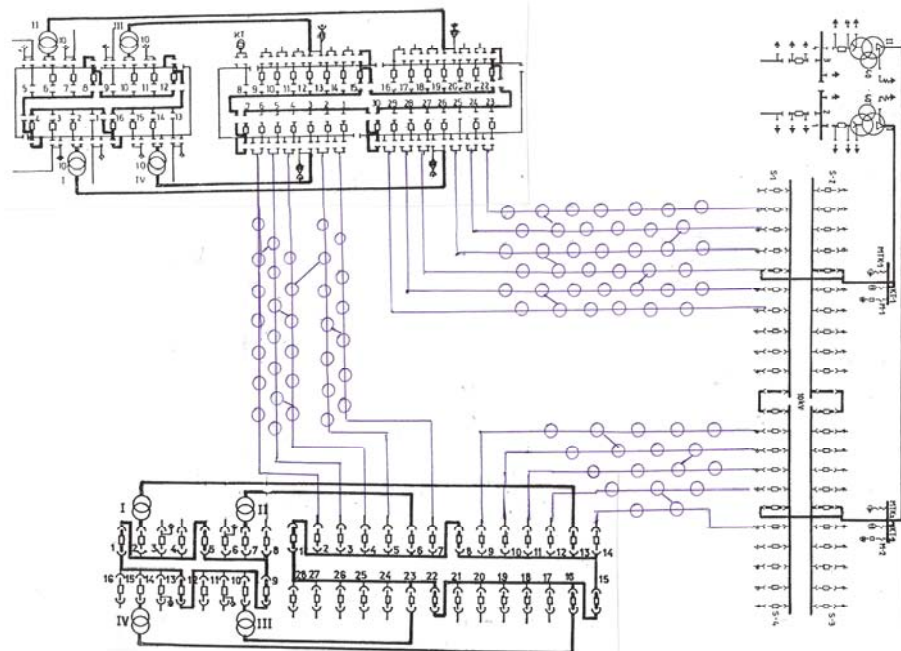
Potrebno je napomenuti i to da je složenopetljasta mreža 0,4 kV pogodna za napajanje stambenih naselja sa zgradama sa najviše 4-5 sprata (površinske gustine opterećenja do 5-6 MW/km²), jer u naseljima tipa solitera mreža 0,4 kV predstavlja unutrašnje instalacije objekta - nije pogodna za realizaciju kao složenopetljasta. U ovakvim naseljima EDB izgrađuje mrežu 10 kV na način da jedan kabl 10 kV prolazi jednom stranom ulice a drugi drugom stranom ulice-pri čemu se mreža 0,4 kV izgrađuje sa radijalnim vodovima 0,4 kV.

Sa napuštanjem ideje i prakse na izgradnji složenopetljastih mreža na ovim principima, pristupilo se optimizaciji mreže na dovođenju na najsavremenije principe za dalju izgradnju i oblikovanje – naravno, odmah samo premeštanjem kablova 10 kV u kablovskom prostoru 10 kV u svim TS X/10 kV.

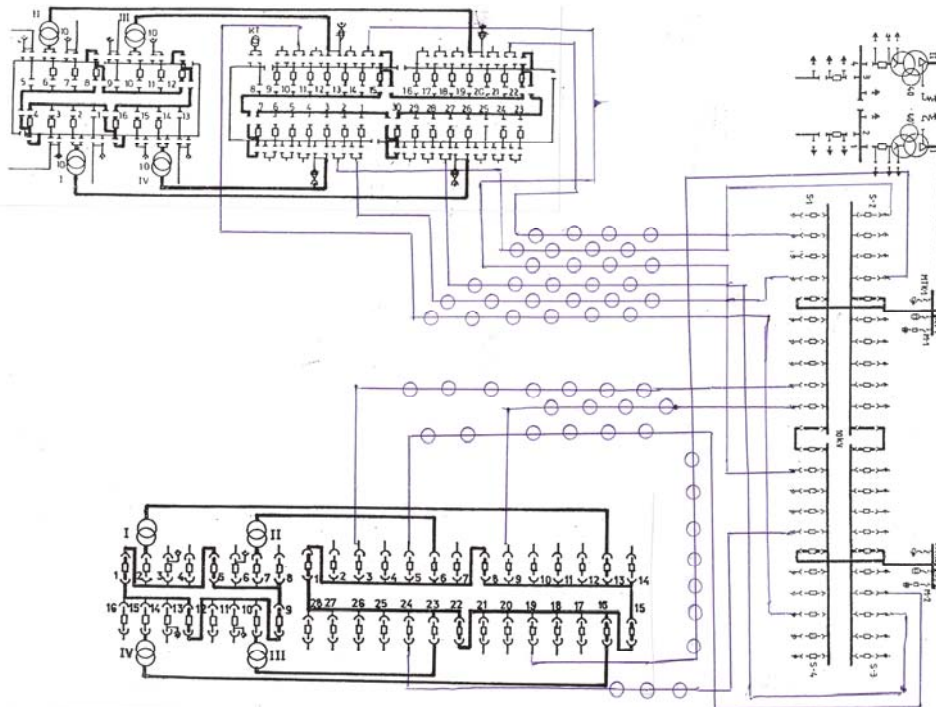
3. PRINCIPI OBLIKOVANJA MREŽE 10 kV KOJA IZLAZI IZ TS X/10 kV

Sa napuštanjem blokovske mreže 0,4 kV i 10 kV pristupilo se osamdesetih godina prošlog veka premeštanju kablova 10 kV u kablovskom prostoru 10 kV kod izvesnog broja TS X/10 kV - sl. 5. Na taj način je eliminisan geografski kompaktan prekid u napajanju zbog svih ispada transformatora X/10 kV (homogen „mrak“ u večernjim i noćnim časovima na širokom prostoru). Pri tome su najveći efekti postignuti na konzumu novih TS 110/10 kV snaga 2x40 MVA koje kontaktiraju preko mreže 10 kV sa najmanje 4 TS 35/10 kV sa četiri energetska transformatora 35/10 kV snage 12,5 MVA (i pripadajuća 4 napojna kabla 35 kV).

Ukupni finansijski troškovi vezani za realizaciju ove ideje su zanemarljivi (vezani su samo za zagrevanje kablova 10 kV radi lakšeg „savijanja i premeštanja“ u kablovskom prostoru 10 kV TS X/10 kV).

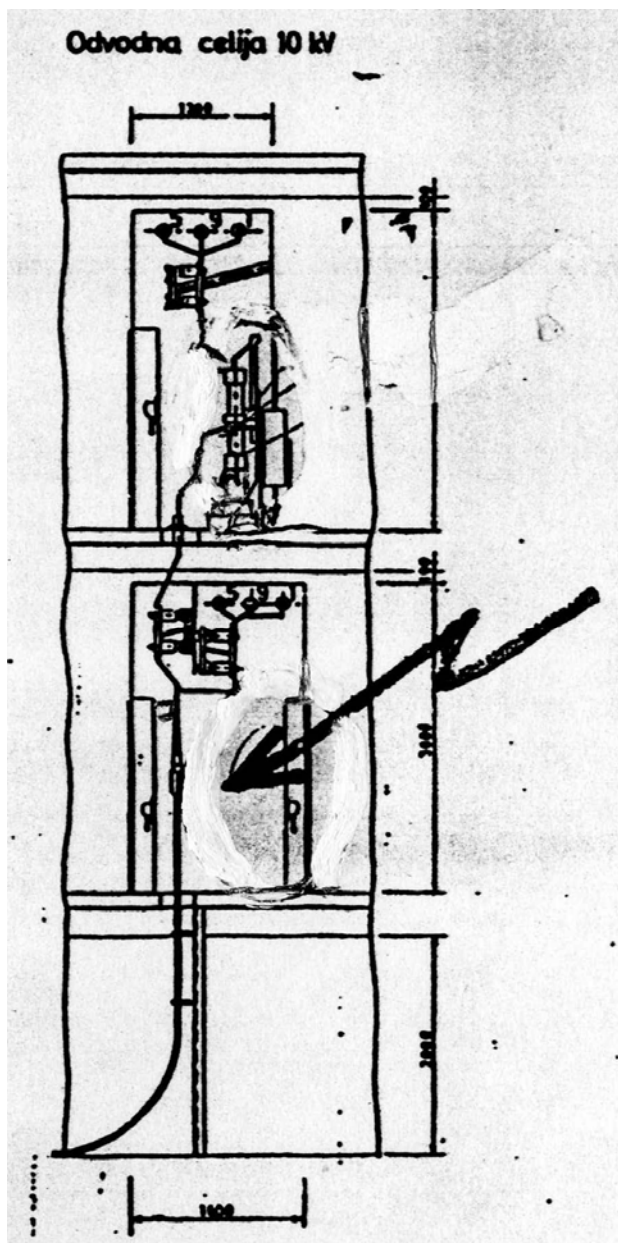


Sl. 4 – Jednopolna shema mreže 10 kV za napajanje složenopetljaste mreže 0,4 kV



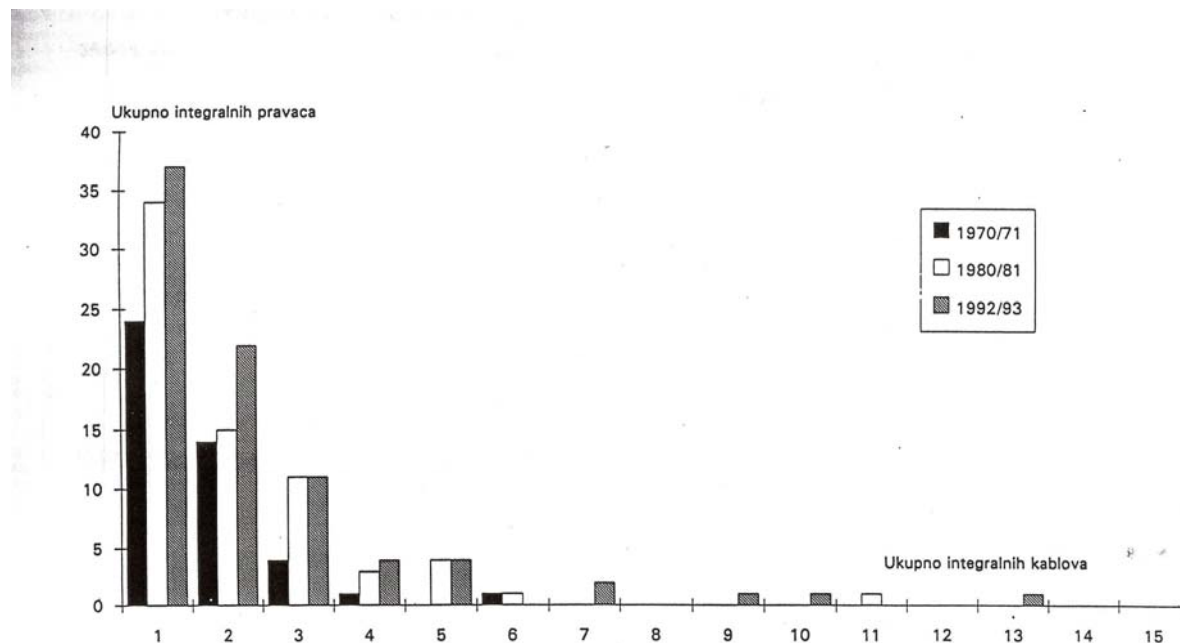
Sl. 5 – Jednopolna shema mreže 10 kV posle premeštanja kablova 10 kV u kablovskom prostoru TS X/kV na konzumu EDB

Na sl. 6 je prikazan poprečni presek kroz odvodnu ćeliju 10 kV u TS 35/10 kV sa klasičnim postrojenjem 10 kV sa glavnim i pomoćnim sabirnicama. Kako to kazuje strelica, premeštanje kablova 10 kV podrazumeva izvlačenje kablovske završnice 10 kV u nivou pomoćnih sabirnica 10 kV, spuštanje u kablovski prostor, i zamena kablova 10 kV u ćeliji 10 kV sa susednog bloka transformatora X/10 kV. Prema tome, kablovski prostor 10 kV omogućava „lako premeštanje“ kablova 10 kV iz ćelije sa jednog u ćeliju 10 kV sa drugog transformatora X/10 kV. Potrebno je napomenuti da sve TS 35/10 kV i 110/10 kV na gradskom konzumu EDB imaju ovu mogućnost jer su sa kablovskim prostorom.



Sl. 6 – poprečni presek kroz odvodnu ćeliju 10 kV u TS 35/10 kV sa glavnim i pomoćnim sabirnicama 10 kV

Ukupno kablova 10 kV na povezanim pravcima između TS X/10 kV na gradskom konzumu EDB devedesetih godina je dat na sl. 7.



Sl. 7 – Ukupno povezanih (integralnih) pravaca u funkciji od ukupnog broja kablova 10 kV u pravcu na potpunom gradskom konzumu EDB oko 1990. godine

4. ZAKLJUČAK

Ovim radom su iznešene pred najširi auditorijum poznavalaca elektrodistributivne delatnosti aktivnosti sprovedene u EDB na radikalnom poboljšanju svih performansi pouzdanosti napajanja potrošača u gradskoj mreži Beograda.

Za realizaciju ideje da se izvrši premeštanje kablova 10 kV u kablovskom prostoru TS X/10 kV sa „bloka na blok“ transformatora u TS 35/10 kV 4x12,5 MVA, odnosno sa „sekcije na sekciju“ sabirnica 10 kV TS 110/10 kV 2x40 MVA (koje imaju 4 sekcije), potrebna su zanemarljiva finansijska sredstva.

Ukoliko srednjenaponske mreže 10 kV i 20 kV u drugim gradovima Srbije nisu oblikovane na ovim principima – trebalo bi sprovesti u realizaciju ovu ideju, jer su iskustva EDB veoma povoljna.

5. KORIŠĆENA LITERATURA

- Grupa autora: „Snabijevanje gradova električnom energijom“, okruglo stolo u Sarajevu 1987. godine u organizaciji JUKO CIGRE
- Tomislav Milanov, dipl. ing. – Odabrani stručni radovi objavljeni u časopisima „Elektrodistribucija“ i „Elektroprivreda“, kao i na savetovanjima JUKO CIGRE I JUKO CIRED, kopirano u 100 primeraka, 2008. godine, u biblioteci EDB se nalaze 3 primerka.