

KOMENTAR
POUZDANOSTI NAPAJANJA POTROŠAČA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM
NAPAJANIH NADZEMNIM VODOVIMA 35 KV DUŽINA OKO 20 km

T. Milanov
PD „Elektrodistribucija Beograd“
Srbija

Kratak sadržaj :

Ovaj rad komentariše pokazatelje pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom na prigradskom i vangradskom delu konzuma PD „Elektrodistribucije Beograd“ (u daljem tekstu EDB) počev od 1985. godine, sa ciljem da se uporede ovi pokazatelji na nivou najkritičnijih TS X/10 kV napajanih izuzetno dugačkim vodovima 35 kV. Dolazi se do zaključka da se pouzdanost napajanja i ovih objekata iz godine u godinu povećava – kao posledica sve sigurnijeg napajanja mrežama i sve veće efikasnosti dispečerskih službi EDB.

Rad može da bude koristan ekspertima koji se bave upoređenjem pokazatelja pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom u našim i inostranim elektrodistributivnim preduzećima, kao i širokom krugu planera elektrodistributivnih mreža koji troškove pouzdanosti valorizuju u tehno – ekonomskim studijskim analizama.

COMMENTARY ON
RELIABILITY OF POWER SUPPLY TO THE CONSUMERS
SUPPLIED BY 35 kV OVERHEAD LINES OF APROXIMATE LENGTH 20 km

T. Milanov
Power Distribution „Elektrodistribucija Beograd“
Srbija

Summary :

This paper comments on indexes for reliability of supply of customers in rural areas of the consumer area PD „Elektrodistribucija Beograd“ (hereinafter EDB) starting from 1985, aimed to compare these indexes on the level of the most critical TS X/10 kV supplied by extremely long 35 kV lines. We come to the conclusion that the reliability of supply of these substations is increasing within the years - as a consequence of more reliable supply of the networks and increasing efficiency of EDB dispatching services.

This paper can be of use for the experts dealing with comparison of reliability indexes for the power supply of consumers in our and foreign power distribution companies as well as for the wider circle of planning engineers for valorization of reliability expenses in technical-economic analysis.

Key words : Rural networks, reliability of supply, undelivered electrical energy

KOMENTAR
POUZDANOSTI NAPAJANJA POTROŠAČA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM
NAPAJANIH NADZEMNIM VODOVIMA 35 KV DUŽINA OKO 20 km

T. Milanov
PD „Elektrodistribucija Beograd“
Srbija

UVOD

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 ovo pokazatelji su se ispoljavali u daleko širem opsegu, te u tom smislu možemo da govorimo o područjima sa visokopouzdanim, prosečnim i slabopouzdanim nadzemnim mrežama za koje su ovi pokazatelji prikazani raspodelama «slučajnih veličina» datim na dijagramima na Sl. 5 i Sl. 6. U ovom periodu su slabopouzdanije 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 visokopouzdanije mreže prelazile u «tipične» prosečne ili čak i slabopouzdanije mreže. Negde oko 1997. godine učešće visokopouzdanijih, prosečnih i slabopouzdanijih 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.

NEISPORUČENA ELEKTRIČNA ENERGIJA U PRIGRADSKOJ I VANGRADSKOJ MREŽI EDB

U priloženim tabelama dati su uobičajeni globalni pokazatelji pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom na prigradskom i vangradskom delu konzuma EDB (koji se prostire na površini od oko 2 500 km²) u 1985., 1991., 2000. i 2005. godini; očigledno je da se povećava pouzdanost napajanja i kroz učestalost, i kroz prosečno trajanje prekida u napajanju, i, naravno i kroz veličinu ukupne neisporučene električne energije potrošačima.

Tabela I - Struktura prekida i neisporučene električne energije na konzumu EDB u 1985. godini

PRIGRADSKI KONZUM EDB 1985. GODINA	Učestalost ispada	Neisporučena električna energija (MWh)	Prosečno trajanje prekida u napajanju (h)	Prosečna snaga ispada (MW)
1. Uzrok u proizvodnom sistemu	2	42	5,3	4
2. Ispad vodova 400 kV	0 (8)	0	0	0
3. Ispad transformatora 400/220 kV	0	0	0	0
4. Ispad vodova 220 kV	0 (3)	0	0	0
5. Ispad transformatora 220/110 kV	2	6	0,13	23

6.Ispad vodova 110 kV	8	93	0,63	23,7
7.Ispad transformatora 110/35 kV	2	18	0,25	27,5
8.Ispad transformatora 110/10 kV	10	30	1	3,2
9.Ispad vodova 35 kV	220	1679	1,3 (0,8)	6,6
10.Ispad transformatora 35/10 kV	121	398	1	3,1
11.Ispad vodova 10 kV	724	3228	4,2 (1,6)	1,3

5494 MWh

Naime, u toku 1985. i 1991. godine ukupna neisporučena električna energija u prigradskoj i vangradskoj mreži EDB iznosi 5434 MWh i 5593 MWh, da bi sa promenom tarifne politike kao i novim objektima u mrežama ona dobila vrednost od 3521 MWh u 2000. godini i čak 2562 MWh u 2005. godini; očigledno je da se pouzdanost napajanja potrošača podigla na više nego dvostruku vrednost.

Računajući sa prosečnom cenom neisporučenog kWh od samo 100 evrocenta/kWh (u poslednjim godinama prosečna godišnja cena isporučene električne energije kretala se oko 4,1 eurocenta/kWh , a prema nekim inostranim izvorima cena neisporučenog kWh na gradskom području Beograda je reda 500 eurocenta/kWh a na ruralnom delu consuma oko 100 eurocenta/kWh – naravno, računajući samo sa troškovima potrošača a ne i distributivnog preduzeća) troškovi pouzdanostii su redukovani za:

$$2\ 500\ 000\ \text{kWh} * 1\ 00\ \text{evrocenta/kWh} = 250\ 000\ \text{evra.}$$

To su značajna finansijska sredstva u jednoj godini – a za poslednjih 10 godina čak 2 takva objekata.

Tabela II - Struktura prekida i neisporučene električne energije na konzumu EDB u 1991. godini

PRIGRADSKI KONZUM EDB 1991. GODINA	Učestalost ispada	Neisporučena električna energija (MWh)	Prosečno trajanje prekida u napajanju (h)	Prosečna snaga ispada (MW)
1. Uzrok u proizvodnom sistemu				
2.Ispad vodova 400 kV				
3.Ispad transformatora 400/220 kV				
4.Ispad vodova 220 kV				
5.Ispad transformatora 220/110 kV				
6.Ispad vodova 110 kV	0	0	0	0
7.Ispad transformatora 110/35 kV	1	20	0,5	40
8.Ispad transformatora 110/10 kV	9	121	1,2	11,2
9.Ispad vodova 35 kV	139	1947	2,5	5,6
10.Ispad transformatora 35/10 kV	134	286	1	2,1
11.Ispad vodova 10 kV	734	3319	3,5	1,3

5593 MWh

Tabela III - Struktura prekida i neisporučene električne energije na konzumu EDB u 2001. godini

PRIGRADSKI KONZUM EDB 2001. GODINA	Učestalost ispada	Neisporučena električna energija (MWh)	Prosečno trajanje prekida u napajanju (h)	Prosečna snaga ispada (MW)
1. Uzrok u proizvodnom sistemu				
2.Ispad vodova 400 kV				
3.Ispad transformatora 400/220 kV				
4.Ispad vodova 220 kV				
5.Ispad transformatora 220/110 kV				
6.Ispad vodova 110 kV	15	159	0,5	21,3
7.Ispad transformatora 110/35 kV	0	0	0	0
8.Ispad transformatora 110/10 kV	10	90	1,3	6,9
9.Ispad vodova 35 kV	129	1689	3	4,3
10.Ispad transformatora 35/10 kV	134	292	0,9	2,4
11.Ispad vodova 10 kV	381	1291	2,8	1,2

3521 MWh

Tabela IV - Struktura prekida i neisporučene električne energije na konzumu EDB u 2005. godini

PRIGRADSKI KONZUM EDB 2005. GODINA	Učestalost ispada	Neisporučena električna energija (MWh)	Prosečno trajanje prekida u napajanju (h)	Prosečna snaga ispada (MW)
1. Uzrok u proizvodnom sistemu				
2. Ispad vodova 400 kV				
3. Ispad transformatora 400/220 kV				
4. Ispad vodova 220 kV				
5. Ispad transformatora 220/110 kV				
6. Ispad vodova 110 kV	5	43	0,4	21,5
7. Ispad transformatora 110/35 kV	4	47	0,6	19,6
8. Ispad transformatora 110/10 kV	5	40	0,5	16
9. Ispad vodova 35 kV	121	797	1,3	5,1
10. Ispad transformatora 35/10 kV	92	335	1,2	3,1
11. Ispad vodova 10 kV	386	1300	2,1	1,6

2562 MWh

NEISPORUČENA ELEKTRIČNA ENERGIJA NA NIVOU TS X/10 KV

Priloženim tabelama V i VI prikazane su granice u kojima se kreće nivo neisporučene električne energije kod gradskih i prigradskih i vangradskih TS X/10 kV na konzumu EDB u ovom periodu koje kazuju da su izgrađenim novim objektima koji su rasteretili puno opterećene objekte u postojećim mrežama iz 1985. godine, pri čemu su svi postojeći i novi objekti prihvatili i nove potrošače a i rast specifičnog opterećenja po potrošaču kod svih potrošača - postignuti zaista puni efekti. Treba napomenuti da se ukupno vršno opterećenje konzuma EDB povećalo sa 1000 MW na 1650 MW.

Tabela V : Veličina neisporučene električne energije u gradskoj mreži EDB

Neisporučena Električna energija Na nivou gradskih TS X/10 kV	1985	1991.	2000.	2005.
Do 50 MWh	9 TS	16 TS	22 TS	27 TS
50 – 100 MWh	13 TS	12 TS	9 TS	6 TS
100 – 150 MWh	6 TS	5 TS	3 TS	1 TS
150 – 200 MWh	3 TS	2 TS	1 TS	1 TS
Više od 200 MWh	1 TS	1 TS	1 TS	1 TS

Tabela VI : Veličina neisporučene električne energije u prigradskoj i vangradskoj mreži EDB

Neisporučena Električna energija Na nivou vangradskih TS X/10 kV	1985.	1991.	2000.	2005.
Do 50 MWh	4 TS	5 TS	10 TS	13 TS
50 – 100 MWh	4 TS	3 TS	18 TS	15 TS
100 – 150 MWh	4 TS	8 TS	4 TS	4 TS
150 – 200 MWh	3 TS	5 TS	2 TS	2 TS
Više od 200 MWh	13 TS	12 TS	2 TS	2 TS

POTPUN SPEKTAR POKAZATELJA POUZDANOSTI ZA TS 35/10 KV NAPAJANIH VODOVIMA 35 KV DUŽINE OKO 20 KM

U priloženim tabelama su prikazani pokazatelji pouzdanosti za TS 35/10 kV Padinska Skela, Grocka i Boljevci na konzumu EDB napajanih glavnim napojnim i rezervnim vodovima 35 kV dužina oko 20 km; očigledan je sistematski rast pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom na njihovim konzumima, a naročito na konzumu TS 35/10 kV Grocka. To je posledica velike pažnje koja se poklanja u dispečerskoj službi EDB i ruralnim mrežama, kao i sve kvalitetnijem održavanju mreže iz domena službi za eksploataciju.

TS 35/10 KV PADINSKA SKELA

Uobičajeni klasični pokazatelji pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom	1985.	1991.	2001	2005.
Ukupno vodova 110 kV	2	2	2	2
Ukupno ispada vodova 110 kV	0	0	0	0
Prosečno trajanje prekida	0 h	0 h	0 h	0 h
Ukupno TS 110/35 kV	1	1	1	1
S _{inst.} TS 110/35 kV- MVA	2x31,5	2x31,5	2x63	2x63
S _{max} TS 110/35 kV- MVA				
Ukupno ispada transformatora 110/35kV	0	0	0	1
Prosečno trajanje prekida	0 h	0 h	0 h	0,5 h
Ukupno vodova 35 kV	2	2	2	2
Ukupno ispada izvoda 35 kV	11	1	2	1
Prosečno trajanje prekida	1 h	1 h	1,2 h	1,3 h
Ukupno TS 35/10 kV	1	1	1	1
S _{inst.} TS 35/10 kV- MVA	8	16	16	16
S _{max} TS 35/10 kV- MVA				
Ukupno ispada transformatora 35/ 10 kV	14	0	0	1
Prosečno trajanje prekida	1 h	0 h	0 h	195 min.
Ukupno izvoda 10 kV	4	4	4	4
Ukupno ispada izvoda 10 kV	44	45	?	31
Prosečno trajanje prekida	2,8 h	3,7h	? h	3,5 h
SAIFI (prekida/potr. god.)	36	12,2	?	9,2
SAIDI (h/potr. god.)	64	40,4	?	28,7
CAIDI (h/prekidu)	1,8	3,3	?	3,1
Veličina ukupne neisporučene električne energije	240 MWh	397 MWh	?	115 MWh
% potrošača bez prekida	0 %	0 %	0 %	0 %
Ukupno TS 10/0,42 kV-kom.				
Ukupno TS 10/0,42 kV-MVA				

TS 35/10 KV GROCKA

Uobičajeni klasični pokazatelji pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom	1985.	1991.	2001.	2005.
	Ukupno vodova 110 kV	2	2	2
Ukupno ispada vodova 110 kV	5	0	0	1
Prosečno trajanje prekida	0,1 h	0 h	0 h	0,2 h
Ukupno TS 110/35 kV	1	1	1	1
S _{inst.} TS 110/35 kV- MVA	61,5	61,5	61,5	63
S _{max} TS 110/35 kV- MVA				
Ukupno ispada transformatora 110/35kV	0	0	0	3
Prosečno trajanje prekida	0 h	0 h	0 h	0,7 h
Ukupno vodova 35 kV	2	2	2	2
Ukupno ispada izvoda 35 kV	36	15	3	5
Prosečno trajanje prekida	0,94 h	2 h	1 h	0,8 h
Ukupno TS 35/10 kV	1	1	1	1
S _{inst.} TS 35/10 kV- MVA	16	16	16	16
S _{max} TS 35/10 kV- MVA	11	9,8	11,4	9,5
Ukupno ispada transformatora 35/ 10 kV	18	0	0	0
Prosečno trajanje prekida	0,86 h	0 h	0 h	0 h
Ukupno izvoda 10 kV	6	6	6	6
Ukupno ispada izvoda 10 kV	40	14	2	4
Prosečno trajanje prekida	3,1 h	2,7 h	1,8 h	1,5 h
SAIFI (prekida/potr. god.)	51,7	17,4	3,3	8,7
SAIDI (h/potr. god.)	72,3	37	4,1	4,6
CAIDI (h/prekidu)	1,4	2,1	1,2	0,53
Veličina ukupne neisporučene električne energije	255 MWh	257 MWh	25 MWh	34 MWh
% potrošača bez prekida	0 %	0 %	0 %	0 %
Ukupno TS 10/0,42 kV-kom.		49	53	53
Ukupno TS 10/0,42 kV-MVA		17,56	19,01	21,83

TS 35/10 KV BOLJEVCI

Uobičajeni klasični pokazatelji pouzdanosti napajanja potrošača električnom energijom	1985.	1991.	2001.	2005.
	Ukupno vodova 110 kV	2	2	2
Ukupno ispada vodova 110 kV	0	0	0	0
Prosečno trajanje prekida	0 h	0 h	0 h	0 h
Ukupno TS 110/35 kV	1	1	1	1
S _{inst.} TS 110/35 kV- MVA	126	126	126	126
S _{max} TS 110/35 kV- MVA				

Ukupno ispada transformatora 110/35kV	0	0	0	0
Prosečno trajanje prekida	0 h	0 h	0 h	0 h
Ukupno vodova 35 kV	1	1	1	1
Ukupno ispada izvoda 35 kV	16	25	33	26
Prosečno trajanje prekida	2,3 h	3,2 h	? h	? h
Ukupno TS 35/10 kV	1	1	1	1
S _{inst.} TS 35/10 kV- MVA	16	16	16	16
S _{max} TS 35/10 kV- MVA	4	5,5	8,9	9,3
Ukupno ispada transformatora 35/ 10 kV	6	35	35	13
Prosečno trajanje prekida	1,2 h	0,7 h	40,42 min.	119,92 min.
Ukupno izvoda 10 kV	8	8	8	8
Ukupno ispada izvoda 10 kV	26	10	13	23
Prosečno trajanje prekida	3 h	2,8 h	2,5 h	3,2 h
SAIFI (prekida/potr. god.)	12,2	61	69	31,8
SAIDI (h/potr. god.)	34	183	276	98,6
CAIDI (h/prekidu)	2,8	3,2	4	3,1
Veličina ukupne neisporučene električne energije	301 MWh	410 MWh	830 MWh	270 MWh
% potrošača bez prekida	0 %	0 %	0 %	0 %
Ukupno TS 10/0,42 kV-kom.	57	58	94	83
Ukupno TS 10/0,42 kV-MVA	17,01	22,27	38,08	32,92

ZAKLJUČAK

U EDB se počev od sredine osamdesetih godina prošlog veka prate ne samo učestalost i trajanje prekida u napajanju potrošača električnom energijom – već i nivoi neisporučene električne energije; ovi pokazatelji su otrgnuti od zaborava između ostalog i ovim stručnim radom. Svi pokazatelji se upoređuju iz godine u godinu kroz Godišnje izveštaje o događajima u mrežama EDB. Očigledan je stalni rast pouzdanosti – čak i na delovima mreže sa izuzetno dugačkim vodovima 35 kV. Radi redukcije ukupne neisporučene električne energije predviđa se izgradnja optimalnih objekata mreže koji su uvek bili definisani kroz čitav niz srednjoročnih i dugoročnih planskih programa. Iznešeni pokazatelji govore i o velikoj pažnji koja se poklanja eksploataciji svih mreža u EDB, a naročito u dispečerskoj službi. Pokazatelji upućuju na preduzimanje mera za optimalnu pravovremenu investicionu izgradnju novih objekata u svim mrežama u EDB.

KORIŠĆENA LITERATURA

Mr. Aleksandar Joksimović, Luka Radić, Aleksandar Drenković, Sava Belić – Godišnji izveštaji o događajima u mrežama EDB počev od 1980. godine do danas

