

## ПРОРАЧУН ГУБИТАКА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ДИСТРИБУТИВНИХ ТРАНСФОРМАТОРА ПРЕНОСНОГ ОДНОСА 110/x kV НА КОНЗУМНОМ ПОДРУЧЈУ ДП НОВИ САД

Мирослав Радосављевић, Сектор за управљање ДЕЕС Нови Сад, ОДС ЕПС Дистрибуција, Булевар ослобођења 100, 21000 Нови Сад Србија  
Јелена Милосављевић, Сектор за оперативну енергетику Београд, ОДС ЕПС Дистрибуција, Проте Матеје 10-16, 11000 Београд Србија  
Никола Ђорђевић, Сектор за подршку тржишту и смањење губитака Краљево, ОДС ЕПС Дистрибуција Димитрија Туцовића 5, 36000 Краљево Србија

### КРАТАК САДРЖАЈ:

У раду су предложене нове релативне вредности укупних губитака електричне енергије за дистрибутивне трансформаторе преносног односа 110/x kV на конзумном подручју ДП Нови Сад.

Поред укупних губитака електричне енергије приказане су и вредности губитака електричне енергије у баку и гвожђу за све дистрибутивне трансформаторе преносног односа 110/x kV за период од 2008. до 2017. године.

За потребе прорачуна губитака електричне енергије дистрибутивних трансформатора преносног односа 110/x kV потребно је познавати податке трансформатора из испитних листова као и временску расподелу оптерећења у току посматраног периода односно време трајања вршних губитака ( $\square$ ).

Подаци трансформатора из испитних листова потребни за прорачун губитака су губици снаге у баку ( $P_{Cu}$ ) и губици снаге у гвожђу ( $P_{Fe}$ ).

Времена трајања вршних губитака одређена су статистичком обрадом података о активним и реактивним петнаестоминутним снагама за посматрани период од 2008. до 2017. године. Подаци о петнаестоминутним вредностима снага забележени су на мерним уређајима АРЕС.

**КЉУЧНЕ РЕЧИ:** губици енергије, губици у баку, губици у гвожђу, време трајања вршних губитака, дистрибутивни трансформатори 110/x kV

## CALCULATION OF ENERGY LOSSES IN DISTRIBUTION TRANSFORMERS OF 110/x kV TRANSMISSION RATIO ON THE CONSUMER AREA OF DP NOVI SAD

### SUMMARY:

In the paper, new relative values of total energy losses for distribution transformers 110/x kV in the consumption area of the DP Novi Sad are proposed.

In addition to the total energy losses, the values of energy losses in copper and iron for all distribution transformers 110/x kV for the period from 2008 to 2017 are also shown.

For the purposes of calculating the energy losses of 110/x kV distribution transformers, it is necessary to know the data of the transformer from test report as well as the time distribution of the load during the observed period, i.e. the duration of the peak losses ( $\square$ ).

The transformer test report values needed to calculate energy losses are power losses in copper ( $P_{Cu}$ ) and power losses in iron ( $P_{Fe}$ ).

The duration of peak losses was determined by statistical processing of data of active and reactive fifteen-minute power for the observed period from 2008 to 2017. Data of fifteen-minute power values were recorded on measuring devices ARES.

**KEY WORDS:** energy losses, copper losses, iron losses, peak losses, distribution transformers 110/x kV

## УВОД

До сада се приликом прорачуна (процене) релативне вредности губитака дистрибутивних трансформатора (у даљем тексту ДТ) преносног односа 110/x kV узимала вредност 0,6%.

Уградњом модерних мерних уређаја високе тачности омогућено је тачније израчунавање ове вредности. На основу извршених прорачуна предложене су нове релативне вредности губитка електричне енергије за ДТ на конзумном подручју ДП Нови Сад.

## ПРОРАЧУН ГУБИТАКА

Проблематика прорачуна техничких (технолошких) губитака у дистрибутивним мрежама је веома комплексна, али и важна за рад дистрибутивног система.

До сада су се при прорачуну губитака у ДТ користили искуствени подаци или претпостављене вредности.

У овом раду ћемо се усредсредити на одређивање вредности губитака електричне енергије ДТ на конзумном подручју ДП Нови Сад.

Према начину појаве технички губици се деле на:

- сталне губитке
- променљиве губитке

Сталним губицима се за опште прорачуне сматрају губици у гвожђу иако се и они мењају зависно од промене напона. Основна карактеристика губитака у гвожђу је да су они блиски губицима празног хода трансформатора. Ако претпоставимо да се напони у мрежи одржавају у релативно уским границама, можемо сматрати да су губици снаге који зависе од напона приближно константни, што омогућава једноставно одређивање сталних губитака енергије за било који период трајања оптерећења ( $T_0$ ).

За израчунавање губитака енергије у гвожђу ДТ према [1] користи се релација:

$$W_{gub Fe} [kWh] = P_{Fe} [kW] * T_0 [h] \quad (1)$$

Променљиви губици електричне енергије јављају се као последица протицања струје. Ови губици су пропорционални квадрату струје и најизраженији су код водова и ДТ.

За израчунавање губитака енергије у бакру ДТ према [1] користи се релација:

$$W_{gub Cu} [kWh] = P_{Cu} [kW] * \left( \frac{P_{max} [MW]}{S_n [MVA] * \cos \varphi} \right)^2 * \tau [h] \quad (2)$$

где су:

$P_{max}$  – максимална вредност снаге ДТ

$S_n$  – номинална снага ДТ

$\cos \varphi$  – фактор снаге ДТ

Укупни губици електричне енергије ДТ добијају се као збир енергије губитака у гвожђу и енергије губитака у бакру.

$$W_{gub} [kWh] = W_{gub Fe} [kWh] + W_{gub Cu} [kWh] \quad (3)$$

Из приложеног се може видети да је за одређивање губитака електричне енергије пре свега потребно познавати податке из испитних листова трансформатора као и временску расподелу оптерећења у току посматраног периода односно време трајања вршних губитака.

Захваљујући уградњи АРЕС, континуално се може пратити снага како активна тако и реактивна у свим посматраним тачкама односно на свим ДТ на конзумном подручју ДП Нови Сад.

Статистичком обрадом података о активним и реактивним петнаестоминутним снагама за период од 01.01.2008. године до 31.12.2017. године ( $4 \times 24 \times 365 = 35040$  за просту или  $4 \times 24 \times 366 = 35136$  података за преступну годину) забележеним на мерним уређајима, израчунате су вредности времена трајања вршних губитака за све ДТ на конзумном подручју ДП „Нови Сад“ (табела 1).

ДП „Нови Сад“ електричну енергију преузима од оператора преносног система са далековода 110 kV преко 106 ДТ, односно 61 трансформаторске станице (у даљем тексту ТС), а снабдева 939.688 корисника дистрибутивног система (табела 1).

ТАБЕЛА 1 – Преглед укупног број ДТ и корисника дистрибутивног система на конзумном подручју ДП „НОВИ САД“ закључно са 31.12.2017. године.

Огранак	преносни однос [kV/kV/kV]		инсталисана снага [MVA]			Укупан број корисника дистрибутивног система
	110/36,75/10,5	110/21/10,5	63	31,5	20	
ЕД Нови Сад	8	20	2	23	3	291.294
ЕД Суботица	2	14	0	13	3	141.043
ЕД Панчево	2	13	0	13	2	136.708
ЕД Зрењанин	4	10	0	12	2	115.179
ЕД Сомбор	0	14	0	12	2	115.125
ЕД Рума	0	12	0	12	0	94.992
ЕД Сремска Митровица	1	6	0	6	1	45.347
<b>УКУПНО ДП Нови Сад</b>	<b>17</b>	<b>89</b>	<b>2</b>	<b>91</b>	<b>13</b>	<b>939.688</b>

Једначина за одређивање времена трајања вршних губитака на основу петнаестоминутних вредности струја је:

$$\tau = \int_0^{T_0} \frac{I^2(t)}{4 * I_{max}^2} dt \quad (4)$$

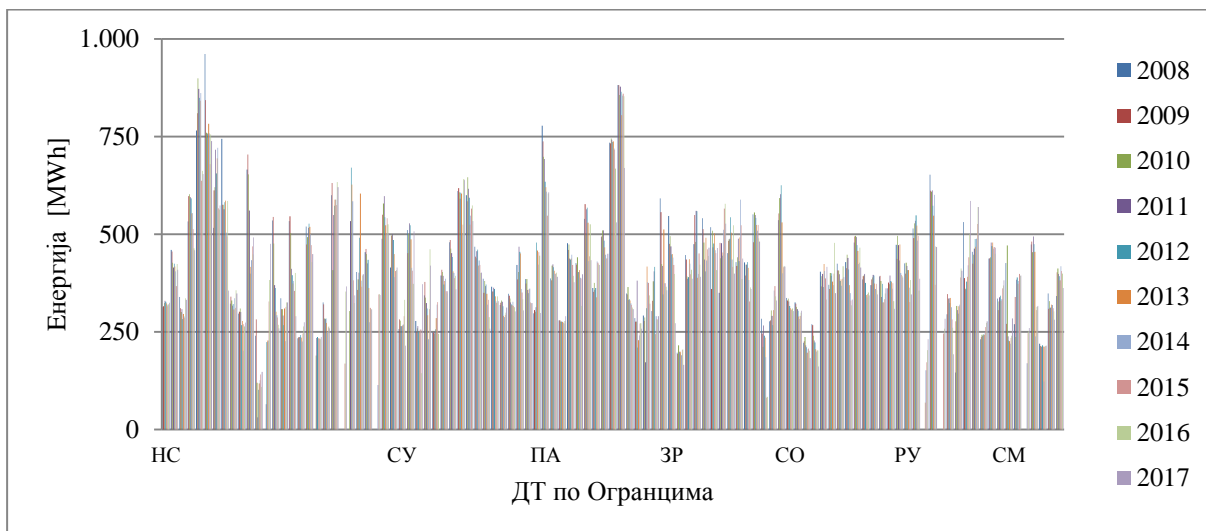
Ако за сваки ЕТ постоје подаци о  $P_{иQ}$  онда имамо и податак о привидној снази  $S$ , па у формули за фактор губитака уместо струја  $I$  можемо уврстити  $S$

$$\tau = \int_0^{T_0} \frac{S^2(t)}{4 * S_{max}^2} dt \quad (5)$$

На основу расположивих података из испитних листова трансформатора и израчунатих вредности времена трајања вршних губитака, одређене су релативне вредности губитака електричне енергије за све ДТ преносног односа 110/x kV на ДП „Нови Сад“ за период од 2008. године до 2017. године.

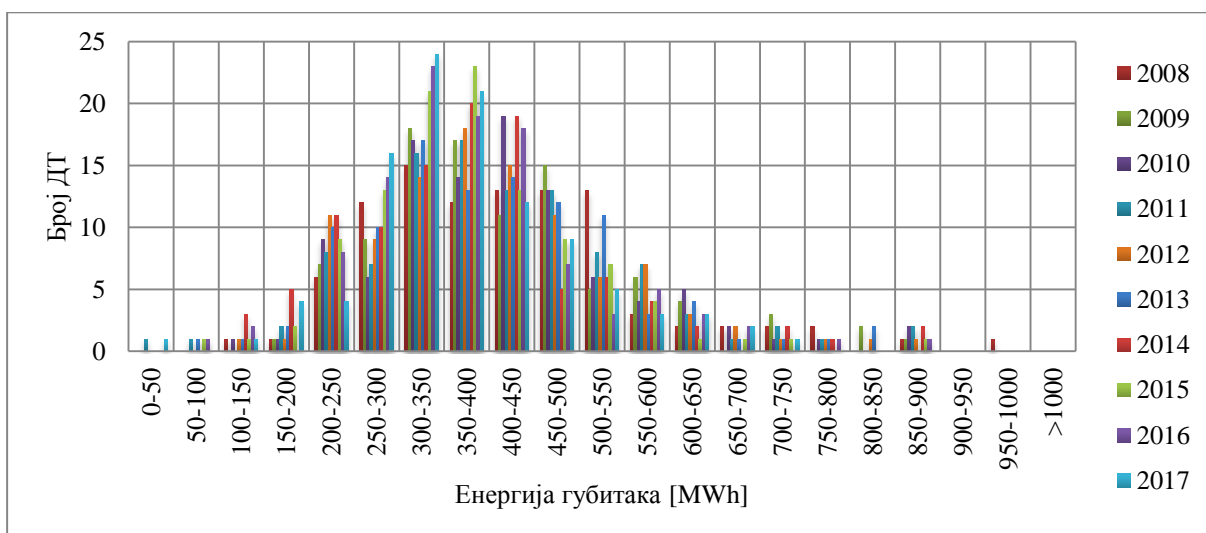
## УКУПНИ ГУБИЦИ ЕНЕРГИЈЕ

На графикону 1 су приказане вредности енергија укупних губитака свих ДТ, док су на апсциси приказани сви ДТ према припадности Огранку. Вредности енергија укупних губитака ДТ за посматрани период крећу се у распону од 961,61 MWh за ЕТ 110/20 kV број 2 у ТС „Нови Сад 4“ (Огранак Нови Сад-НС) из 2008 године до 2,19 MWh за ЕТ број 1 у ТС „Кијинда 2“ (Огранак Зрењанин-ЗР) из 2017 године.



ГРАФИКОН 1 – Вредности енергија укупних губитака ДТ[MWh] за период од 2008. године до 2017. године

Груписањем претходно добијених вредности енергија губитака ДТ по одговарајућим интервалима добијен је графикон 2.



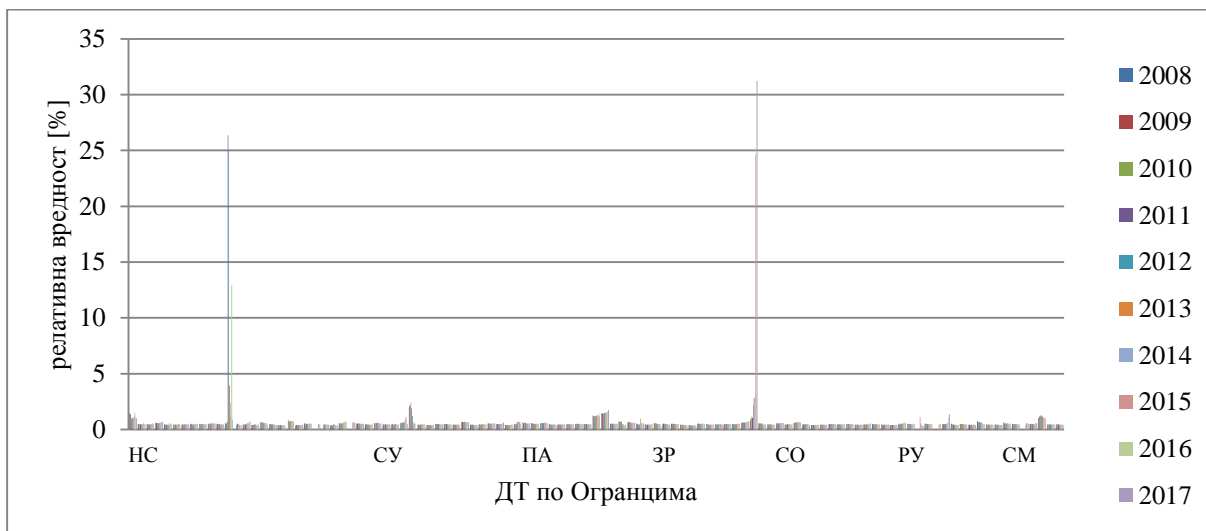
ГРАФИКОН 2 - Расподела броја ДТ, у зависности од вредности енергија укупних губитака [MWh] за период од 2008. године до 2017. године

Као што се из графикона 2 може закључити подједнако има оних ДТ чија се вредност енергија укупних губитака креће у границама од 300-350MWh, односно 350-400MWh. У ова два интервала се за посматрани период може сврстати 34,34% од укупног броја дистрибутивних трансформатора.

На нивоу ДП вредности енергија укупних губитака ДТ се крећу у границама од 39,42GWh из 2017. године до 42,26GWh из 2008. године.

У већини случајева се приликом прорачуна губитака користе релативне вредности. Релативне вредности губитака за неки елемент се израчунавају као количник прорачунатих (процењених) вредности губитака и протекле енергије кроз тај елемент или групу елемената.

Релативна вредност енергије губитака ДТ је количник израчунате вредности енергије губитака и регистроване протекле енергије кроз ДТ. Релативне вредности енергије губитака ДТ за посматрани период су приказане на графикону 3.

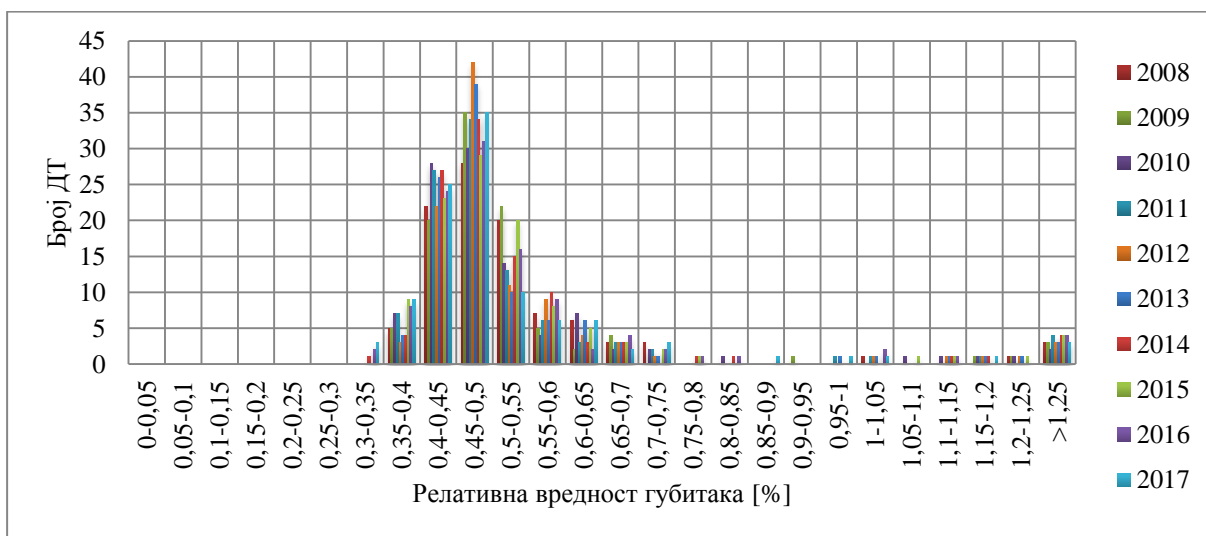


ГРАФИКОН 3 – Релативне вредности енергија укупних губитака ДТ [MWh] за период од 2008. године до 2017. године

На основу графикана 3 може се видети да се јасно издвајају они ДТ који раде у режиму празног хода и они који имају повећане вредности губитака у гвожђу.

Релативне вредности енергија укупних губитака ДТ се крећу у опсегу, од 0,31% за ЕТ 110/20 kV број 1 у ТС „Инђија 2“ из 2017. године до 31,23% за ЕТ број 1 у ТС „Киkinда 2“ (Огранак Зрењанин-ЗР) из 2017 године (графикон 3).

Груписањем ДТ по одговарајућим релативним вредностима енергија укупних губитака добијен је графикон 4.



ГРАФИКОН 4 - Распoдела броја ДТ, у зависности од релативних вредности укупних енергија губитака [%] за период од 2008. године до 2017. године

Из графикана 4 се може видети да највише има оних ДТ чија се релативна вредност енергија укупних губитака креће у границама од 0,45% до 0,50%. У ову групу се може сврстати 32,7% ДТ.

На нивоу Огранака релативне вредности енергија укупних губита се крећу од 0,45% из 2017. године за Огранак Зрењанин до 0,61% из 2008 године за Огранак Панчево, а на нивоу ДП се крећу у границама од 0,49% из 2017 године до 0,51% из 2008 године. (табела 2).

ТАБЕЛА 2 - Преглед релативних вредности енергија укупних губитака ДТ[%] по огранцима и за ДП „Нови Сад“ за период посматрања од 2008. године до 2017. године

	НС	СУ	ПА	ЗР	СО	РУ	СМ	ДП НС
2008	0,49	0,50	<b>0,61</b>	0,50	0,46	0,49	0,53	<b>0,51</b>
2009	0,48	0,50	0,60	0,49	0,46	0,48	0,51	0,50
2010	0,47	0,49	0,58	0,49	0,45	0,47	0,52	0,49
2011	0,48	0,48	0,59	0,49	0,46	0,48	0,51	0,49
2012	0,49	0,50	0,58	0,50	0,46	0,47	0,51	0,50
2013	0,49	0,49	0,59	0,48	0,46	0,47	0,50	0,50
2014	0,48	0,49	0,59	0,48	0,46	0,47	0,48	0,49
2015	0,51	0,49	0,59	0,48	0,45	0,46	0,52	0,50
2016	0,49	0,49	0,59	0,47	0,47	0,46	0,51	0,50
2017	0,48	0,47	0,57	<b>0,45</b>	0,46	0,45	0,51	<b>0,48</b>

## ЗАКЉУЧАК

Уважавајући све наведено долази се до закључка да су укупни губици енергија ДТ преносног односа 110/х kV на нивоу ДП „Нови Сад“ (Електровојводина) приближно константни, а да се на нивоу Огранака крећу у веома уским границама.

На основу десетогодишњег периода посматрања произилази да би се приликом прорачуна укупних губитака електричне енергије за ДТ преносног односа 110/х kV на ДП „Нови Сад“ требало усвојити вредност од **0,5%**.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Спирић В. Јосиф и други: Процена губитака снаге и енергије у трансформаторима 35/10 и 10/0,4 kV на подручју југоисточне Србије ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА, ГОДИНА I\_XIII, BROJ 2, 2010, 117-129

[2] ЕНЕРГЕТСКИ ПОДАЦИ ДП НОВИ САД 2008-2017