



УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУНУМ

ДЕПАРТМАН ЗА ПОСТДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ

ФАКУЛТЕТ ЗА ЕЛЕКТРОТЕХНИКУ И РАЧУНАРСТВО

МАСТЕР РАД

АНАЛИЗА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ КОД ДИСТРИБУТИВНИХ ТРАНСФОРМАТОРА

Ментор:

Проф. Др Мирослав Дукић

Студент:

Милош Томовић

Бр.индекса: 412065/15

Београд, 2017.



Садржај

Глава 1. Увод	4
Глава 2. Губици електричне енергије и трансформатори	6
2.1. Модел електроенергетског система	6
2.2. Губици електричне енергије.....	8
2.2.1. Дефиниција губитака.....	9
2.2.2. Методе прорачуна губитака.....	13
2.2.3. Ниво губитака	15
2.2.4. Набавка енергије за покривање губитака.....	17
2.2.5. Губици и тарифни системи	17
2.3. Трансформатори.....	19
2.3.1. Основни елементи конструкције трансформатора	20
2.3.2. Принцип рада, основне једначине	22
2.3.3. Губици и степен искоришћења трансформатора.....	23
2.3.4. Трофазни трансформатори	24
2.3.5. Паралелни рад трансформатора	28
2.3.6. Специјални трансформатори	29
Глава 3. Преглед Литературе	32
3.1. Закон о Енергетици	34
Глава 4. Техно економска анализа губитака електричне енергије који се јављају у трансформатору	36
4.1. Извод 1 из ТС Лугавчина 35/10kV напаја МБТС „Лугавчина 2“, СТС „Лугавчина 7“, СТС „Лугавчина 8“ и СТС(решетка) „Лугавчина 4“	37
4.1.1. Техно економска анализа губитака електричне енергије у трансформатору МБТС „Лугавчина 2“	37
4.1.2. Техно економска анализа губитака електричне енергије у трансформатору СТС „Лугавчина 7“	50
4.1.3. Техно економска анализа губитака електричне енергије у трансформатору СТС „Лугавчина 8“	58
4.1.4. Техно економска анализа губитака електричне енергије у трансформатору СТС (решетка) „Лугавчина 4“.....	68
4.2. Извод 2 из ТС 35/10kV „Лугавчина“ напаја ТС (кула) „Лугавчина 1“, ТС (кула) „Лугавчина 3“, МБТС „Лугавчина 6“.....	79
4.2.1. ТС (кула) „Лугавчина 1“	79
4.2.2. ТС (кула) „Лугавчина 3“	81



4.2.3. МБТС „Лугавчина 6“	83
4.3. Извод 3 из ТС 35/10kV „Лугавчина“ напаја МБТС „Лугавчина 5“, ТС (кула) „Сараорци 1“, СТС (решетка) „Сараорци 2“, СТС (решетка) „Сараорци 3“, СТС (решетка) „Сараорци 4“, МБТС „Сараорци 5“, МБТС „Сараорци 6“ и МБТС „Сараорци 7“	85
4.3.1. МБТС „Лугавчина 5“	86
4.3.2. ТС (кула) „Сараорци 1“	87
4.3.3. СТС (решетка) „Сараорци 2“	90
4.3.4. СТС (решетка) „Сараорци 3“	92
4.3.5. СТС (решетка) „Сараорци 4“	94
4.3.6. МБТС „Сараорци 5“	96
4.3.7. МБТС „Сараорци 6“	98
4.3.8. МБТС „Сараорци 7“	100
4.4. Трансформаторска станица Смедерево 12 „Лугавчина 35/10kV“	102
Глава 5. Закључци прорачуна техно-економске анализе дистрибутивних трансформатора.....	111
Глава 6: Закључак	113



Глава 1. Увод

Губици електричне енергије у нашим дистрибутивним мрежама су често тема разних расправа, како стручних и пословних тако и медијских, а њихова анализа је сложено питање оптерећено проблемом поделе на техничке и комерцијалне губитке. Губици електричне енергије у преносним и дистрибутивним мрежама представљају знатан део у укупним губицима у ЕЕС (електроенергетском систему). Губитке у преносу и дистрибуцији у већини случајева није могуће измерити, већ их је потребно израчунати. Мерење губитака било би могуће само код континуалног мерења укупне потрошње и производње електричне енергије, што у дистрибутивним мрежама није случај. Такође је важно установити до којих напонских нивоа је могуће измерити губитке. У многим државама у тарифама за коришћење мреже, компонента губитака посебно се исказује. У појединим државама губици су укључени у заједничке тарифе за коришћење мреже. У Свету енергетска ефикасност постаје све важнија тема. Због тога је препорука да се оператори мрежа баве смањењем губитака.

Ова тема је јако значајна пре свега због очувања ЕЕС (електроенергетског система) и максималног искоришћења електричне енергије. Губици електричне енергије могу бити технички и комерцијални. Овај рад је посвећен је техничким губицима који се јављају у дистрибутивним мрежама при самом преносу електричне енергије, и при самој трансформацији. Пре свега мисли се на губитке који се јављају у трансформаторима 10/0,4 kV због преоптерећења или недовољног оптерећења самих трансформатора, губитке у нисконапонским мрежама и далеководима 10kV и 35kV. Смањење губитака електричне енергије представља део општег задатака повећања економичности рада ЕЕС (електроенергетског система).

Улога трансформатора у ЕЕС (електроенергетском систему) је веома значајна јер он омогућује економичну, поуздану и безбедну производњу, пренос и дистрибуцију електричне енергије при најприкладнијим напонским нивоима. Дакле, његовом применом се, уз веома мале губитке енергије, решавају проблеми разних напонских нивоа и међусобне изолованости кола које се налазе на различитим напонским нивоима.

У раду је извршена техно-економска анализа за прорачун техничких губитака електричне енергије који се јављају трансформатору упоређивајући дистрибутивни трансформатор без снижених губитака, односно трансформатор који се тренутно налази у (ТС) трансформаторској станици и трансформатора конструсан са сниженим губицима, где је утврђена исплативост уградње енергетски ефикасних трансформатора, односно замене постојећих трансформатора. Такође је утврђено се да ли се један од два трансформатора 4000kVA који се налазе у ТС Лугавчина 35/10kV анализираног конзумног подручје Електродистрибуције Смедерево може ставити ван погон, а



други трансформатор да преузме напајање свих трансформатора 10/04kV овог конзума. Даљом анализом утврђени су губици електричне енергије који се јављају у самом трансформатору 10/0,4kV.

Добијени резултати у овом раду су реални, а не имагинарни јер су мерене вредности реалне, преузете са бројила укупне потрошње по анализираним трансформаторским станицама, што свакако даје додатно на тежини овог истраживачког рада, јер практично се може одмах кренути са реализацијом смањења техничких губитака електричне енергије у трансформаторима.

Садржај рада је следећи:

У Глави 2 описани су губицима електричне енергије, дефиницији и подели губитака, методама прорачуна губитака, нивоима губитака, набавци енергије за покривање губитака и тарифним системима губитака. Даље у глави 2 описани су трансформатори, односно основни елементи трансформатора, принцип рада и основне једначине, губици и степен искоришћења трансформатора, трофазни трансформатори, паралелни рад трансформатора и специјални трансформатори.

У Глави 3 описана је коришћена литература при изради овог рада, као и мотив за писање овог рада.

Глава 4 садржи техно-економску анализу губитака електричне енергије који се јављају у трансформатору на конзумном подручју ТС Лугавчина 35/10kV обухватајући све трансформаторе 10/04kV који су прикључени на ТС Лугавчина 35/10kV

Глава 5 садржи закључке добијених на основу прорачуна техно-економске анализе.

Глава 6 садржи закључна разматрања добијених на основу прорачуна губитака електричне енергије који се јављају у трансформатору.

Глава 2. Губици електричне енергије и трансформатори

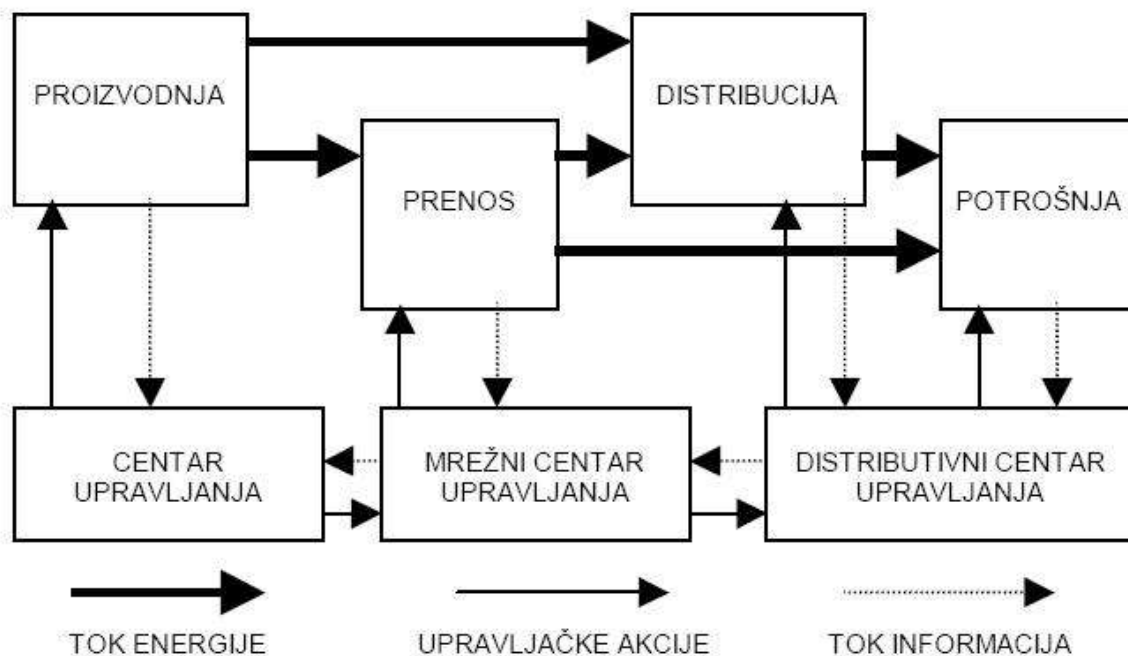
2.1. Модел електроенергетског система

Електроенергетски систем (ЕЕС) је технички систем чији је основни задатак да осигура квалитетну испоруку електричне енергије уз минималне трошкове у ЕЕС.

Технолошки процес у ЕЕС састоји се од следећих фаза [1]:

- обезбеђивање довољних количина примарних облика енергије,
- *производња* електричне енергије,
- *пренос и дистрибуција* (расподела) електричне енергије до коначних потрошача,
- *потрошња* електричне енергије.

Електроенергетски системи обухватају подручја једне или више држава па се и управљање ЕЕС врши из више центара. Основне технолошке целине, центре управљања и токове енергија, информација и управљачких акција у ЕЕС приказују шема 1.



Шема 1: Osnovni delovi elektroenergetskog sistema [2]

[1] www.viser.edu.rs/download.php?id=15499, приступљено дана 12.02.2017. године

[2] www.viser.edu.rs/download.php?id=15499, приступљено дана 12.02.2017. године



Производња електричне енергије се врши у електранама, које често називамо и изворима електричне енергије.

Највеће количине електричне енергије се производе у термоелектранама (ТЕ) и хидроелектранама (ХЕ). Посебни вид термоелектрана представљају нуклеарне електране (НЕ). Уз електричну енергију, у електранама се могу производити И други видови енергије, најчешће топлотна енергија за технолошке процесе (индустријске енерганае) и грејање (термоелектране-топлане).

Пренос обухвата преносну мрежу, која се састоји од надземних водова (далеководи), кабловских водова И интерконективних трансформатора који повезују мреже различитих напонских нивоа.

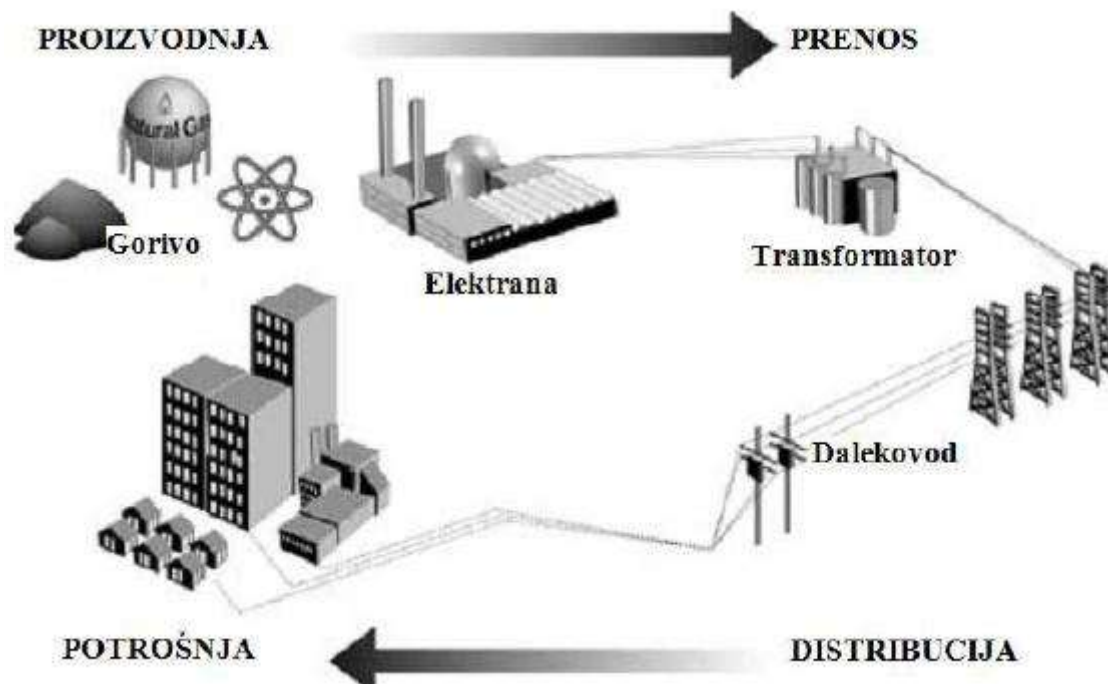
Дистрибуција обухвата дистрибутивне мреже и дистрибутивне трансформаторе.

Електрична снага се по једном воду може преносити са већим напонам и мањом струјом, или, обрнуто, са мањим напонам а већом струјом. Губици транспорта електричне енергије водом сразмерни су квадрату струје ($R I^2 t$). Зато су и напонски нивои који се користе у преносу веома високи и виши су од напонских нивоа који се користе у дистрибуцији електричне енергије. Тако се у нашем ЕЕС у преносу користе напонски нивои 400kV, 220kV и 110kV, а у дистрибуцији 110kV, 35kV, 20kV и 10kV (у великим индустријским погонима и напонски нивои од 6kV и 3kV).

За сваки ЕЕС постоји главни центар управљања одакле се управља производњом електричне енергије.

У мрежним центрима управљања управља се преносном мрежом, а у дистрибутивним центрима управљања дистрибутивном мрежом и евентуално потрошњом електричне енергије.

Центри управљања називају се диспечерски центри.



Шема 2: Приказ тока енергије у електроенергетском систему [3]

2.2. Губици електричне енергије

Губици производе знатне трошкове. У многим државама губици у преносној и дистрибутивној мрежи имају износе између 10% - 15% укупно произведене електричне енергије. Настале трошкове сноси купци електричне енергије. Губици имају директан утицај на околину, јер за њихово покриће треба ангажовати додатне производне објекте који по правилу доприносе загађењу атмосфере, а трошкове сноси читаво друштво. Према томе, регулаторни третман губитака треба имати у виду оба аспекта - са једне стране заштиту интереса купаца електричне енергије, а са друге стране, промоцију укупне енергетске ефикасности електроенергетског система, укључујући и дистрибутивну мрежу.

Регулаторни приступ у многим државама подразумева подстицаје операторе мрежа за одржавање губитака на унапред дефинисаном (прихватљивом) нивоу. Приступ се може заснивати и на казнама за превелике губитке, што се на крају своди на исто. Такав приступ се заснива на чињеници да оператори мрежа могу, барем у једном делу, утицати на ниво губитака (квалитетна концепција мреже, добре инвестиционе одлуке, спречавање неовлашћене потрошње).

[3] www.viser.edu.rs/download.php?id=15499, приступљено дана 12.02.2017. године



Са друге стране, постоје одређени спољни фактори на које оператори немају утицаја. Као пример може се навести густина конзума односно оптерећење мреже које директно утиче на функције мреже, па самим тим и на припадајуће (техничке) губитке.

Губици се могу окарактерисати на више начина, у зависности од њиховог узрока. Најчешће се деле на техничке (физикалне) и нетехничке (комерцијалне) губитке.

Нетехнички губици су резултат преузете (потрошене) електричне енергије која због одређених разлога није обрачуната (неовлашћена потрошња, нерегистрована потрошња, проблеми који произлазе из начина обрачуна електричне енергије).

Посебан проблем код губитака је могућност њиховог одређивања мерењима. Док је у преносним мрежама у правилу могуће спроводити континуирана мерења по појединим деловима мреже, у дистрибутивним мрежама то обично није случај. Расположиви мерни подаци обично садрже у себи одређену несигурност.

2.2.1. Дефиниција губитака

Под појмом губитака се подразумева разлика између износа електричне енергије која је ушла у електроенергетски систем и измереног износа електричне енергије предате купцима.

Са становишта оператора мреже, губици су неизбежан трошак преноса електричне енергије кроз преносну и дистрибутивну мрежу који узрокује додатно оптерећење електроенергетског система.

Како би се олакшала анализа и исправно размотрили различити узроци феномена губитака могуће их је поделити на техничке и нетехничке губитке, табела 1.

Технички губици у компонентама електроенергетског система могу се поделити на губитке зависне од напона и губитке зависне од струје [4].

Технички губици се могу поделити на:

1. Независни од оптерећења (тзв. губици празног хода):
 - a. губици у гвожђу трансформатора
 - b. диелектрични губици у изолационим материјалима (каблови, кондензаторске батерије, трансформаторско уље, изолатори и сл.)
 - c. одводне струје на изолаторима СН надземних водова

[4] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 8-9



- d. губици короне на ваздушним ВН водовима
 - e. сопствена потрошња бројила
 - f. сопствена потрошња осталих уређаја директно прикључених на мрежу
2. Зависни од оптерећења:
- a. омски губици у водовима при оптерећењу
 - i. због малог пресека проводника
 - ii. због велике дужине НН мреже
 - iii. услед велике вредности струје оптерећења
 - iv. услед нижег напона на секундару трансформатора
 - v. губици у нултом проводнику због несиметричног карактера оптерећења
 - vi. услед лошег фактора снаге (цосфи)
 - vii. због већег специфичног отпора материјала проводника
 - b. омски губици у намотајима трансформатора
 - c. губици на контактима фиксних и покретних спојева
 - d. губици услед виших хармоника
3. Губици услед кварова (кратких спојева)

Са друге стране, нетехнички губици садрже електричну енергију која је испоручена купцима али није наплаћена. Углавном су узроковани сопственом потрошњом оператора, крађом, неизмереном потрошњом (јавна расвета) као и грешкама у мерењу, наплати и обради података о читавањима.

Комерцијални губици настају услед следећих узрока:

1. Крађа електричне енергије
- a. На прикључку
 - i. прикључењем директно на мрежу без мерног уређаја
 - ii. повлачењем 3 или 4-жилног унутрашњег прикључка код монофазних потрошача
 - iii. одвајањем острвске гране на унутрашњем прикључку пре мерења
 - b. На мерном месту
 - i. премошћење бројила кратком везом (тзв. “брикна”) са “панцер” топлјивих осигурача који нису пломбирани на главне топлјиве инсталационе осигураче у истом орману
 - ii. крађа на бројилу
 - 1. замена редоследа фаза на прикључку код електромеханичких бројила
 - 2. лош спој проводника нуле на бројилу
 - 3. успоравање или кочење окретања механичког бројчаника на бројилу



4. скидање државне пломбе са интервенцијом унутар бројила
 5. скидање напонских мостића на прикључку испод поклопца бројила
 - iii. крађа испод темељне плоче у мерном орману
 - iv. одвајање острвске гране пре струјних мерних трансформатора (СМТ) за обрачунско мерење
 - v. промена натписне плочице на СМТ и напонским мерним трансформаторима (НМТ) за обрачунско мерење
 - vi. намерно вађење или прегоривање осигурача у секундарним гранама НМТ за обрачунско мерење
2. Потрошња непријављених потрошача који су се самостално прикључили на мрежу
 3. Грешке код обрачуна
 - a. грешке у читавању
 - b. недоследност у редоследу читавања
 - c. компјутерске процене код неочитаних потрошача
 - d. нефактурисани пријављени потрошачи
 4. Грешка бројила, одн. мерног склопа
 - a. грешке услед несавршености мерног склопа бројила - класа тачности бројила, струјних мерних трансформатора (СМТ) и напонских мерних трансформатора (НМТ)
 - b. нерегистрована енергија код јако мале потрошње услед прага реаговања бројила
 5. Неисправност мерног места
 6. Нетачна (погрешно унета) обрачунска константа СМТ / или НМТ код обрачуна
 7. Неодговарајући преносни однос СМТ за обрачунско мерење (код полуиндиректног или индиректног мерења) у односу на стварно оптерећење
 8. Обрачун потрошача из тарифне групе на средњем напону који имају полуиндиректно мерење (на ниском напону) без урачунавања губитака у трансформацији

На укупну вредност губитака утиче сваки од поменутих случајева по свом апсолутном износу, док на релативну (процентуалну) вредност губитака утичу и неки други фактори.

Сопствена потрошња оператора мреже обично је повезана са потрошњом у пословним зградама али, такође и са енергијом за хлађење трансформатора и погон управљачких система.

Неовлашћена потрошња електричне енергије односи се на неовлашћене интервенције на бројилима и илегалне прикључке. Врло је тешко установити



тачан износ таквих губитака будући да вероватно њихов највећи део пролази неоткривено.

Неизмерена потрошња најчешће је повезана са јавном расветом. Из практичних разлога, таква врста потрошње често се рачуна из инсталиране снаге расветних тела и процењеног или познатог трајања оптерећења. Такав поступак прорачуна може често бити нетачан.

Грешке у мерењу, наплати и обради података о очитавањима односе се на остатак нетехничких губитака.

Губици	Технички губици	Губици у преносу	Губици у преносу и дистрибуцији	Физички губици
	Нетехнички губици	Губици у дистрибуцији	Комерцијални губици	Сопствена потрошња оператера мреже
				Неовлашћена потрошња
				Неизмерена потрошња (јавна расвета)
				Остало (грешке при мерењу, обрачуну и наплати)

Таб.1: Подела губитака [5]

Различити узроци губитака доводе до различитих дефиниција компоненти губитака у земљама што значајно отежава међусобно поређење нивоа губитака, табела 2.

Због упоредивости резултата компоненте губитака подељене су у пет категорија:

- a) Технички губици;
- b) Сопствена потрошња оператера мреже;
- c) Неовлашћена потрошња;
- d) Неизмерена потрошња;
- e) Остало (грешке при мерењу, обрачуну и наплати).

[5] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 10



Све разматране земље у обзир узимају техничке губитке, али у погледу нетехничких губитака показује се приметна хетерогеност у дефиницијама компоненти губитака, табела 2.

Држава	Технички губици	Сопствена потрошња	Неовлашћена потрошња	Неизмерена потрошња	Остало	Напомена
Аустрија	+	+	+			
Чешка	+	+	+	+	+	
Финска	+				+	Грешке мерења*
Француска	+	+	+		+	Јавна расвета делимично учествује
Грчка	+		+			Истражиће се скривени губици
Мађарска	+		+		+	Укључени комерцијални губици
Италија	+		+		+	Грешке мерења*
Норвешка	+				+	Грешке мерења*
Пољска	+		+		+	Грешке мерења*
Португал	+		+		+	Грешке мерења*
Румунија	+		+		+	Јавна расвета делимично учествује
Словачка	+		+		+	Грешке мерења*
Шпанија	+	+	+		+	
Шведска	+		+		+	Грешке мерења*
Велика Британија	+		+			

Таб.2: Компоненте губитака [6]

*у неким државама се посебно узимају у обзир губици због грешака у мерењима

2.2.2. Методе прорачуна губитака

У већини држава технички губици се рачунају ех-пост, по напонским нивоима. Метода прорачуна зависи од доступности мерних података. На напонским

[6] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 11

нивоима где свако мерно место има континуирано мерење, губици се рачунају сатно, темељем читавања набављене и предате електричне енергије. На жалост, то је обично могуће само у високонапонским мрежама.

У средњонапонским, а поготово нисконапонским мрежама већина мерних места је опремљена класичним мерним уређајима који се периодично читавају. У таквим случајевима технички губици у водовима и трансформаторима могу се рачунати помоћу различитих математичких метода. [7]

Држава	Начин одређивања губитака			Обавезе везане за уградњу мерних уређаја	
	Ех-анте прорачуни	Ех-пост прорачуни	Мерења	Обавезе купца	Напомене
Аустрија	Да			Не	
Чешка		Да	Да	Не	
Данска		Да	Да		Сатна мерења за ВН и СН купце
Финска		Да	Да	Да	Надомесне криве оптерећења Прорачун по напонским нивоима
Француска		Да		Да	Осим за купце снаге од 35 кВА
Грчка		Да		Не	Сатна мерења за ВН и СН купце. 95% купаца са интелигентним бројилима
Мађарска		Да		Да	
Италија	Да	Да		Да	
Норвешка		Да			
Пољска	Да			Не	
Португал	Да	Да	Да	Да	Надомесне криве оптерећења
Румунија	Да	Да			
Словачка		Да	Да		Мерења по свим напонским нивоима
Шпанија	Да	Да		Не	
Шведска		Да		Не	Сатна мерења за случај оптерећења изнад 63 А. Надомесне криве оптерећења за мале купце
Велика Британија	да	Да		Да	Купци са 30 мин. мерењем и без 30 мин. мерења

Таб.3: Методе одређивања губитака [8]

За одређивање губитака зависних од струје потребно је знати дијаграм оптерећења сваке компоненте мреже. У стварности је то немогуће стога су развијене методе приближног прорачуна губитака енергије у компонентама

[7] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 37.

[8] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 38



мреже које се деле на детерминистичке и стохастичке. Детерминистичке методе могу се поделити на методе које користе еквивалентно трајање максималних губитака снаге (Т-методе), методе засноване на средњој вредности квадрата струје, метода еквивалентног отпора итд [9].

Улазни параметри се прилагођавају за сваку регулациону годину. Као што је речено такав приступ условљава одређену несигурност у тачност резултата. Готово све разматране државе накнадно прорачунавају губитке (ex-post прорачуни), табела 3. Тиме се омогућава барем рачунско раздвајање техничких од не-техничких губитака. Такође је занимљиво да у појединим државама постоје обавезе купаца везане за мерне уређаје. Што се тиче мерења губитака у дистрибутивној мрежи (по елементима мреже), она су релативно ретко заступљена.

2.2.3. Ниво губитака

У посматраним земљама присутне су значајне разлике у просечном нивоу губитака, табела 4. Разлози за такво стање су вишеструки:

- a) Уколико је ОДС надлежан и за високонапонску мрежу, просечни удео губитака (%) биће нижи у односу на ситуацију када је ОДС надлежан само за средњи и ниски напон;
- b) Начин одређивања губитака није исти у свим државама;
- c) Уколико се релативни губици односе на предату енергију (продаја), биће нешто већи него ако се односе на набављену енергију;
- d) Ниво неовлашћене потрошње може значајно варирати између појединих држава.

[9] N. Rajaković, D. Tasić, „Distributivne i industrijske mreže“, Drugo izdanje, Akademska misao, Beograd, 2008.

Држава	Просечни губици (%)	Основица	Напомена
Аустрија	4.5	продаја	5.5 – 8.5 %, зависно од подручја
Чешка	7.0	продаја	
Финска	4.7	набавка	Просечна вредност, зависи од подручја
Француска	5.0	продаја	
Грчка	6.8	набавка	СН – 3.2%
Мађарска	9.2	набавка	
Норвешка	5.0	набавка	Просечна вредност, зависи од подручја
Пољска	11.8	набавка	
Португал	6.4	набавка	
Румуња	13.5	продаја	
Словачка	8.3	продаја	7.5 – 9.0 %, зависи од подручја
Шпанија	7.1	набавка	
Шведска	2.3	набавка	
Велика Британија	< 6.0	набавка	

Таб.4. Просечни ниво губитака (зависно од земље, подаци се односе на 2006. или на 2005. годину) [10]

Ради поређења, у табели 5 су дати подаци о губицима електричне енергије у неким државама чије су регулаторне агенције чланице удружења ЕРРА. Наведене државе пружају не припадају ЕУ.

Држава	Просечни губици (%)	
	2007.	2008.
Албанија	35.4	32.7
Арменија	14.3	13.9
Босна И Херцеговина	14.2	14.3
Естонија	8.3	7.8
Литванија	9.0	7.7
Молдавија	15.0	14.5
Монголија	14.8	13.9
Србија	14.2	14.5

Таб.5. Просечни ниво губитака у чланицама удружења ЕРРА

Ниво губитака у наведеним државама је значајно већа него у већини држава ЕУ, са тиме што је у две државе екстремно висока, наравно због нетехничких губитака.

[10] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 13



2.2.4. Набавка енергије за покривање губитака

Директива 2003/54 / ЕЦ обавезује оператере мрежа, уколико им је законски додељена та улога, да набављају енергију за покривање губитака, на јасан, недискриминативан и тржишно оријентисан начин. Уместо оператора мреже, енергију за покривање губитака могу набављати и снабдевачи. У том случају нема потребе за посебним системом набавке енергије за покривање губитака.

Постоје две главне могућности набавке енергије за покривање губитака, табела 6:

а) Уколико је оператер мреже одговоран за набавку енергије за покривање губитака, енергија се може набављати путем:

- берзе електричне енергије - ПЕХ (енгл. Power ЕХцханге) (дан унапред или дугорочнијим уговорима);
- билатералних уговора - ОТС (енгл. Овер тхе Цоунтер);
- аукција / тендера (произвођачи и трговци подносе понуде).

б) Уколико је снабдевач мреже одговоран за набавку енергије за покривање губитака, потребну енергију у систем физички испоручује сам снабдевач.

Земља	Ко је одговоран	Како се набавља	Тарифе
Финска	Оператер мреже	ПЕХ или билатерални уговори	Наплаћује се кроз тарифе за коришћење мреже
Француска			
Норвешка		Годишњи тендери	Наплаћује се кроз посебне тарифе
Шведска			
Чешка		Посебне билансне групе	Нема тарифа за губитке
Аустрија			
Португал	Испоручује снабдевач		

Таб.6: Начини набаве енергије за покривање губитака у неким земљама чланицама ЕУ [11]

2.2.5. Губици и тарифни системи

У многим државама попут Француске, Шведске, Норвешке, Финске и Чешке где су оператери одговорни за покриће губитака, не постоје посебне тарифе за губитке, што значи да су трошкови покрића губитака укључени у тарифе за коришћење мреже, табела 7.

[11] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 15

Са друге стране, у Аустрији, где су оператери такође надлежни за покриће губитака, постоје посебне тарифе за вредновање губитака. Купци применом тих тарифа сnose трошкове губитака, одвојено од трошкова коришћења мреже. Те тарифе одређује аустријска регулаторна агенција, на основу рачунског поступка који узима у обзир темељну и вршну компоненту у покрићу губитака. Тарифе се разликују зависно од напонских нивоа и мрежних подручја.

У Португалу се користи модел покрића губитака битно различит од других европских држава. Добављачи су дужни осигурати енергију за покриће губитака, и то у физичком смислу. Зато не постоје посебне тарифе за губитке. Добављачи обезбеђују потребну енергију за покриће губитака зависно од потрошње својих купаца, уз примену посебних “профила губитака” које предлаже оператер, а одобрава португалска регулаторна агенција.

Држава	Трошкови губитака укључени у тарифни систем за дистрибуцију	Посебна компонента у тарифном систему за покриће губитака
Аурија	да	да
Чешка	да	не
Финска	да	не
Француска	да	не
Грчка	не	не
Мађарска	да	да
Италија	не	не
Норвешка	да	да
Пољска	да	да
Португал	не	не
Румунија	да	не
Словачка	да	да
Шпанија	не	не
Шведска	да	не
Велика Британија	не	не

Таб.7. Губици и тарифни системи [12]

Постоје различити приступи регулаторних подстицајних механизма за смањење губитака:

- без посебних подстицајних механизма,
- подстицајна регулација, где су подстицаји за смањивање губитака исти као и подстицаји за смањивање осталих трошкова,
- ограничавање износа губитака ($y\%$) на одређени износ,
- примена подстицајне регулације која омогућава финансијску стимулацију (или пенализацију) за случај да се губици смање испод одређене вредности (или повећају изнад ње)

[12] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 41

2.3. Трансформатори

Трансформатор је статички електротехнички апарат који уз помоћ електромагнетне индукције претвара један систем наизменичних струја у један или више система наизменичних струја исте учестаности и обично различитих вредности струја и напона.

Трансформатор има веома значајну улогу у електроенергетском систему јер је њиме омогућена економична, поуздана и безбедна производња, пренос и дистрибуција електричне енергије при најприкладнијим напонским нивоима.



Сл.1: Трофазни дистрибутивни трансформатор [13]

Трансформатор би требао да буде пројектован и израђен тако да може да издржи могућа напрезања којима је изложен током свог животног века.

Напрезања у трансформатору се у основи могу сврстати у три главне групе:

[13] М. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013., preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine



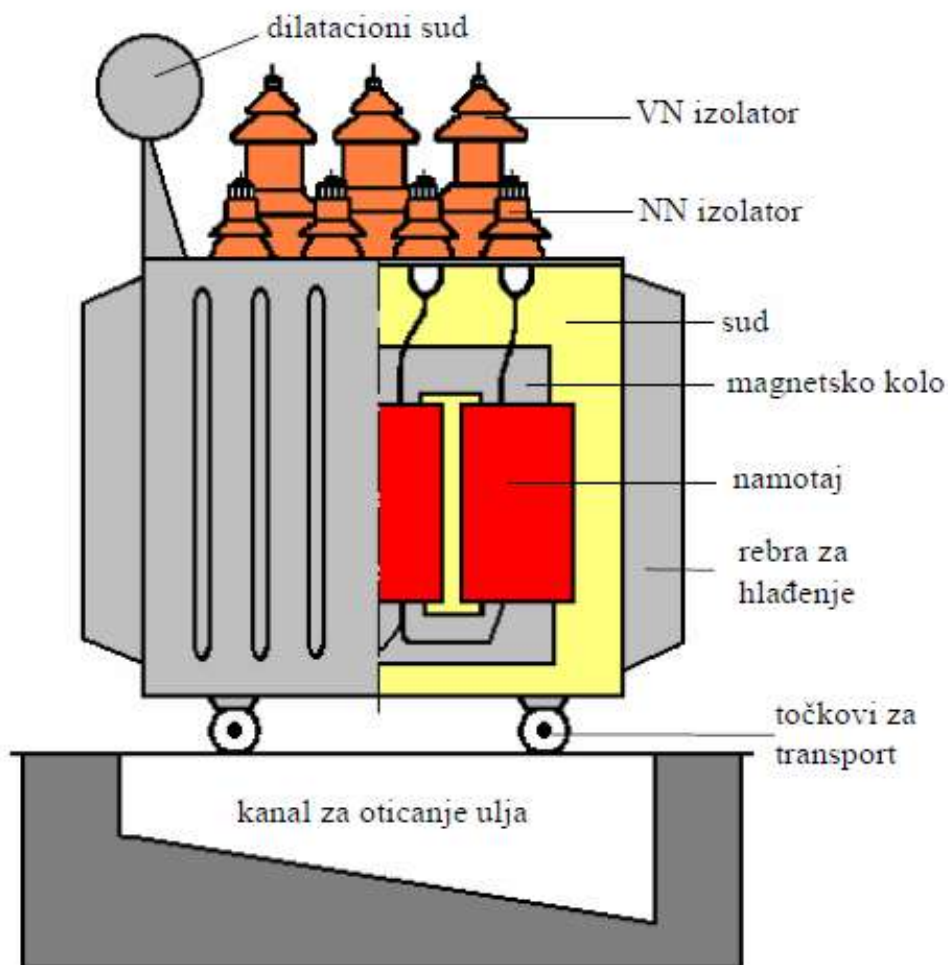
1. електрична напрезања – оно на шта се треба обратити пажња код ове врсте напрезања су пренапони који се јављају као последица прекидања у колу, кратких спојева, лукова према земљи, атмосферских пражњења, као и испитних напона.
2. Механичка напрезања – оне представљају појаве праћене великим струјама у односу на назначене односно номиналне и ова напрезања су пропорционална квадратом струје.
3. Топлотна напрезања – ова напрезања представљају појаве које су праћене великим струјама у односу на назначене, односно номиналне и ова напрезања су пропорционална са квадратом струје, до повећаних топлотних напрезања такође долази и код преоптерећења трансформатора.

Такође треба обратити пажњу и на буку трансформатора.

2.3.1. Основни елементи конструкције трансформатора

Трансформатор се састоји из следећих основних делова:

- магнетског кола,
- намотаја,
- изолације,
- трансформаторског суда,
- помоћних делова и прибора.



Сл.2: Основни делови трансформатора [14]

Магнетно коло је конструисано од високо-квалитетних хладно ваљаних оријентисаних електричних лимова. Основне физичке компоненте магнетног кола су стубови (језгра), око којих су постављени намотаја и јарамови (горњи и доњи). Магнетно коло се стеже одговарајући системом за стезање како би добили најбољу могућу механичку компактност.

Намотаји су од округлог, профилисаног или тракастог бакра или алуминијума, материјала који има ниску електричну отпорност. Калем, који се повезује на напајање се назива примарни, док се калем прикључен на пријемник зове секундарни.

Изолација је комбинација целулозе (папир) и изолационог уља у случају уљних трафоа или чврсте изолације (стаклене тканине натопљене епоксидом, силиконом или другом синтетичком смолом) у комбинацији са ваздухом код сувих трансформатора (до 36kV). Изолационо уље поседује боље изолационе

[14] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013., preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine

способности, такође обезбеђује и боље хлађење јер много боље одводи топлоту из магнетног поља и намотаја.

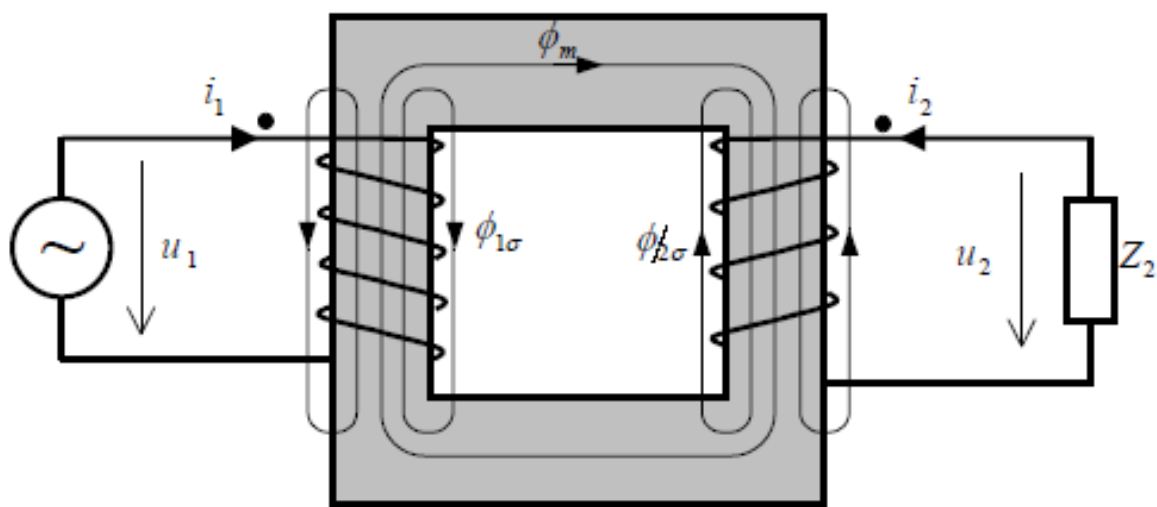
Међутим, мана уља је то да је запаљиво и да лако гори. Изолација проводника је најчешће лак или папир.

Трансформаторски суд постоји код уљних трансформатора и израђује се од квалитетног челика са ојачањима.

Додатни делови и прибор: плочица, проводни изолатори за повезивање на мрежу, суд за проширење (конзерватор), регулатор напона, уземљење, показивач нивоа уља, вентил за испуштање уља, итд.

2.3.2. Принцип рада, основне једначине

На примарном намотају трансформатора се испоручује електрична енергија у облику наизменичног напона, који у магнету секундарног намотаја изазива одговарајућу наизменичну електромоторну силу, електричну енергију, која се користи за напајање пријемника, приказане импедансе Z_2 . Према томе, примарни калем понаша се као пријемник, док се секундарни калем понаша као извор електричне енергије.



Сл.3: Принцип рада трансформатора [15]

Флуксни обухвати примарног и секундарног намотаја, ψ_1 и ψ_2 , су:

$$\psi_1 = N_1 \phi_1 = N_1 \phi_{1\sigma} + N_1 \phi_m = L_{1\sigma} i_1 + N_1 \phi_m, \quad (2.3.2.1)$$

[15] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013., preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine



$$\psi_2 = N_2 \phi_2 = N_{2\sigma} + N_2 \phi_m = L_{2\sigma} i_2 + N_2 \phi_m, \quad (2.3.2.2)$$

Где је:

- N_1 и N_2 број навојака примарног и секундарног намотаја, респективно,
- ϕ_1 и ϕ_2 укупни магнетни флуks по навојку примарног и секундарног намотаја, респективно,
- ϕ_{1s} и ϕ_{2s} расути магнетни флуks по навојку примарног и секундарног намотаја, респективно.
- ϕ_m заједнички магнетни флуks по навојку,
- L_{1s} и L_{2s} расуте индуктивности примарног и секундарног намотаја, респективно.

Основне једначине напонске равнотеже:

$$u_1 = R_1 i_1 + \frac{d\psi_1}{dt} = R_1 i_1 + L_{1\sigma} \frac{di_1}{dt} + N_1 \frac{d\phi_m}{dt}, \quad (2.3.2.3)$$

$$u_2 = R_2 i_2 + \frac{d\psi_2}{dt} = R_2 i_2 + L_{2\sigma} \frac{di_2}{dt} + N_2 \frac{d\phi_m}{dt}, \quad (2.3.2.4)$$

Где је:

- u_1 напон на који је прикључен примарни намотај,
- u_2 напон на прикључцима секундарног намотаја,
- R_1 и R_2 активне отпорности примарног и секундарног намотаја, респективно.

2.3.3. Губици и степен искоришћења трансформатора

У процесу трансформације електричне енергије у трансформатору, део енергије се претвара у топлоту што представља губитке. У односу на губитке због магнетизације, губици услед оптерећења су значајни у величини и последицама, јер је изолација проводника намотаја најосетљивији део трансформатора због термалног стреса. Топлота произведена губицима греје деловр трансформатора (магнетно кола, намотаје, изолацију, суд) и изазива пораст њихове температуре у односу на околину. Пораст температуре, уопште, зависи од величине и временске функције оптерећења (непрестани рад, циклични рад и рад у ванредним ситуацијама) и начина и ефикасности хлађења.

У циљу одређивања губитака и других параметара трансформатора, спроводе се *оглед празног хода* и *оглед кратког споја*.



Оглед празног хода се првенствено спроводи у циљу одређивања губитака у празном ходу, P_0 , што приближно одговара *губицима у "гвожђу"*, и *струје празног хода*. Релативна вредност струје празног хода је око 1-3% у односу на назначену струју (код трансформатора великих снага и мање од 1%).

Оглед кратког споја се првенствено спроводи у циљу одређивања губитака услед оптерећења, P_k , што приближно одговара *губицима у "бакру"*, и *напона кратког споја*.

Напон кратког споја служи за одређивање *пада (промене) напона* у трансформатору услед оптерећења (помоћу тзв. *Каповог троугла*), *величине стварне струје кратког споја*, као и за испитивање могућности *паралелног рада* два или више трансформатора.

На основу познавања губитака празног хода и губитака услед оптерећења одређује се степен искоришћења трансформатора:

$$\eta_n = \frac{\text{izlazna snaga}}{\text{ulazna snaga}} = \frac{P_{2n}}{P_{1n}} = \frac{P_{2n}}{P_{2n} + P_{gn}} = \frac{S_n \cos \varphi}{S_n \cos \varphi + P_{0n} + P_{Tn}}, \quad (2.3.3.1)$$

где је S привидна снага секундара трансформатора, индекс n означава назначену вредност.

Код произвољног оптерећења, израженог помоћу сачиниоца β , где је $\beta = I_2/I_{2n}$, степен искоришћења износи:

$$\eta(\beta) = \frac{\beta S_n \cos \varphi}{\beta S_n \cos \varphi + P_{0n} + \beta^2 P_{Tn}}. \quad (2.3.3.2)$$

2.3.4. Трофазни трансформатори

Код трофазних трансформатора могућа су два техничка решења – група од три једнофазна трансформатора са засебним магнетским колима или један трофазни трансформатор са заједничким магнетским колом.



Сл.4: Трофазни суви трансформатор [16]

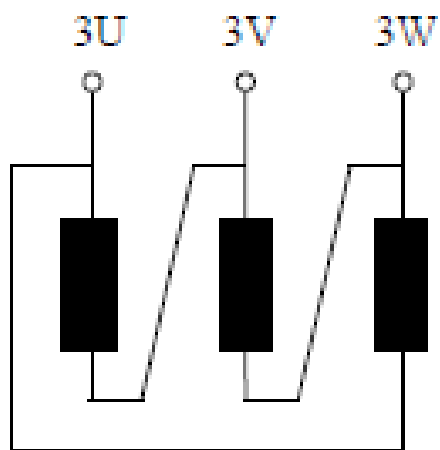
Намотаји трофазних трансформатора спрежу се у:

- троугао,
- звезду,
- сломљену звезду (цик-цак спрега).

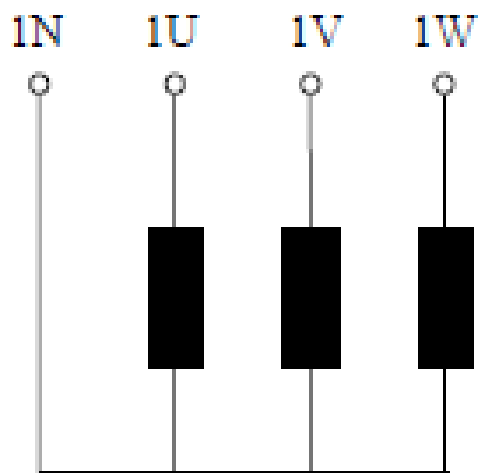
Према важећим стандардима проводни изолатори означавају се са словним ознакама U, V, W, N (раније A, B, C, N).

Испред словне ознаке за поједину фазу се стављају бројчане ознаке за означавање висине напона намотаја: број "1" за високонапонски намотај (VN), "2" за нисконапонски намотај (NN) код двонамотајних трансформатора, односно средњенапонски намотај (SN) код тронамотајних трансформатора и "3" за NN намотај код тронамотајних трансформатора.

[16] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013., preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine

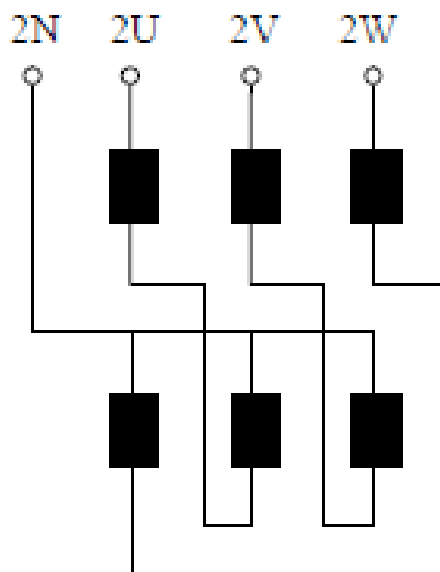


Сл.5: NN намотај спојен у троугао [17]



Сл.6: VN намотај спојен у звезду

[17] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013., preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine



Сл.7: VN намотај спојен у сломљену звезду

Крајеви намотаја означавају се бројним ознакама "1" за почетак и "2" за крај (свршетак), и то после словне ознаке, нпр. 1U2 за свршетак VN намотаја прве фазе. Уз крајеве, потребно је дефинисати и смер мотања намотаја око стуба ("десни" или "леви").

Главне карактеристике појединих спрега трофазних трансформатора су [18]:

- *троугао* (ознака D за VN, односно d за NN) – како су међуфазни и фазни напони једнаки, ова спрега, у односу на спрегу звезда, захтева већи број навојака мањег пресека (ради $\sqrt{3}$ пута мање струје), уз веће учешће изолације. Ово има за последицу већу количину бакра код високонапонских трансформатора.
- *звезда* (ознака Y за VN, односно y за NN) – фазни напон је $\sqrt{3}$ пута мањи од међуфазног (прикљученог) напона. Ако је намотај секундарни, постоји могућност примене два напона, међуфазног, између крајева прикључака и фазног напона између једне фазе и неутралне тачке.
- *сломљена звезда* (ознака z) – ова спрега се искључиво примењује за NN намотаје. Намотај поједине фазе сачињавају два редно повезана полунамотаја који нису на истом стубу. У односу на спрегу звезда, овај намотај захтева 15,5% више бакра, међутим лако подноси несиметрично оптерећење, па се, иако је скупљи, примењује код дистрибутивних трансформатора мањих снага.

[18] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013. стр. 40, preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine



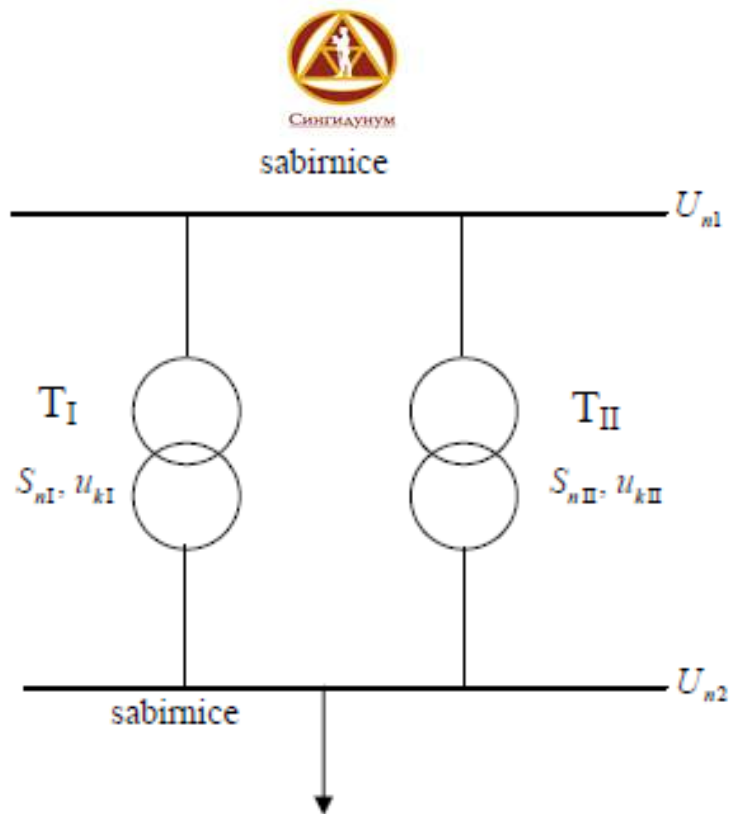
Када је изведен и прикључак на звездиште или неутралну тачку, ознаци спреге додаје се и слово N, односно n.

2.3.5. Паралелни рад трансформатора

Паралелни рад два или више трансформатора се остварује спајањем истоимених прикључака високонапонске стране свих трансформатора на одговарајуће фазе високонапонске мреже и спајањем истоимених прикључака нисконапонске стране свих трансформатора на одговарајуће фазе нисконапонске мреже. Паралелни рад се може вршити преко сабирница или преко мреже. Иако је у основи ово решење скупље него избор једног трансформатора веће снаге, њему се прибегава у случајевима подмиривања потребе додатних пријемника који раније нису били предвиђени, подмирења повремених додатних оптерећења, етапне изградње трафостанице или потребе за већом погонском сигурношћу која се огледа у држању резервног трансформатора за случај квара једног од трансформатора.

Услови које трансформатори морају испунити да би радили у паралелном раду су:

- *примарни намотаји морају да буду предвиђени за исти напон и односи трансформације морају бити једнаки, да би секундарни напони у празном ходу били једнаки.*
- *Да би секундарни напони били у фази, трансформатори морају припадати истој групи спреге.*
- *Да би избегли струје изједначења (уравнотежења), које изазивају преоптерећење једног, односно подоптерећење другог трансформатора, релативни напони кратког споја морају бити једнаки – дозвољава се толеранција $\pm 10\%$ у односу на аритметичку средњу вредност релативних напона кратког споја свих трансформатора.*



Сл.8: Паралелни рад два трансформатора [19]

2.3.6. Специјални трансформатори

Под *стандардним* трансформатором до сада се подразумевао енергетски, уљни, по броју фаза трофазни или једнофазни, по броју фазних намотаја двонамотајни (и то раздвојени), по врсти напона синусног облика учестаности 50Хз. Постоји велики скуп других *специјалних* (нестандардних) трансформатора, који се, барем по некој особини, разликују од стандардних.

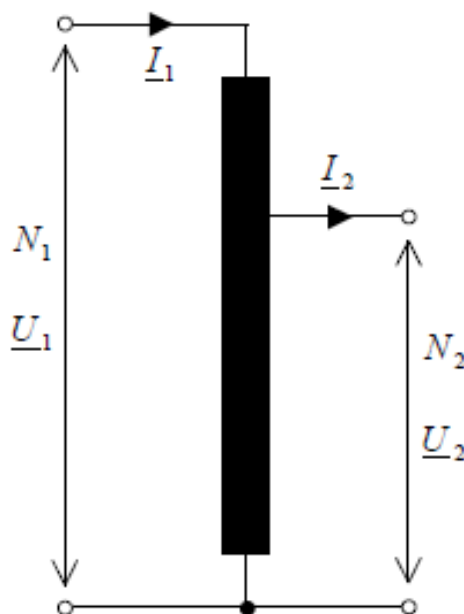
Овде су набројани и укратко описани само најзначајнији [20]:

- тронамотајни трансформатори. Ови трансформатори имају, осим примара и секундара, још један намотај за пренос снаге. Могуће комбинације су са једним примаром и два секундара, односно два примара и једним секундром. Употребљавају се у разводним постројењима са три различита напонска нивоа.
- аутотрансформатори. Они имају само један намотај – примар и секундар су физички (галвански) сједињени, али постоји високонапонска и

[19] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013. стр. 52-54, preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine

[20] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013. стр. 53, preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine

нисконапонска страна. Трофазни аутотрансформатори се често праве за велике снаге.



Сл.9: Аутотрансформатор [21]

- трансформатори са изводима (регулациони трансформатори) се користе тамо где је потребно да се однос преображаја мења: у електролучним пећима ради прилагођења напона производном циклусу, односно у електроенергетским системима ради одржавања напона у прописаним границама јер се падови напона знатно мењају са оптерећењем. То се технички спроводи променом "активног" броја навојака једног намотаја. Бирање извода се врши у безнапонском стању или под оптерећењем, што је сложеније јер се струја не сме прекидати, нити се два суседна навојка или групе навојака смеју директно спојити, јер би у том случају њима текла струја кратког споја.
- мерни трансформатори су уређаји чије су основне функције свођење великих струја (*струјни*) и напона (*напонски*) на оне струје и напоне који се могу мерити стандардном мерном опремом и повећање сигурности рада путем галванског одвајања од кола са великим струјама и напонима. Они морају верно да преносе, са што мањом грешком, амплитуду и фазни померај примарних струја, односно напона.
- претварачи за претварање броја фаза (3 у 2, 6, 12),

[21] М. Миланковић, Д. Перич, И. Влајић-Наумовска, "Основи електроенергетике", Висока школа електротехнике и рачунарства струковних студија, Београд, 2013. стр. 53, преузето са: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, дана 09.07.2016. године



- трансформатори за енергетске претвараче – са несинусоидалним напонима и струјама,
- суви трансформатори – пораст потрошње електричне енергије и ограничавање грађевинског простора за смештај трафо станице, наметнули су захтев да се трансформатор уместо у посебним и удаљеним трафо станицама уграђује у самим центрима потрошње, као што су: велики стамбени, пословни, спортски, индустријски и други објекти. У оваквим објектима постављају се веома строги захтеви за незапаљивост трансформатора, смањење смештајног простора, нижу буку, једноставну и јефтину монтажу и одржавање и заштиту природне средине. Радикалан развој изолационих материјала у високим термичким класама (номех, делмат, витропласт, тефлон), као и изолационих лакова за импрегнацију намотаја, омогућио је постизање виших температуре намотаја него код уљних (виша класа изолације).
- Као посебну врсту споменуће се трансформатори који се употребљавају у уређајима за заваривање. Његова основна улога је да смањи напон мреже (380V, 220V), на напон од 50V, који је довољан за паљење лука, а безопасан за руковаоца. Због непрестаних кратких спојева које стварају капљице истопљеног метала електроде, апарати за заваривање могу да имају посебан извор струје, обртну машину или специјални трансформатор. Додатно, како не би дошло до тренутног топљења електроде, струја кратког споја апарата за заваривање мора бити ограничена на највише два пута већу вредност од назначене. Да би се то постигло, трансформатор мора имати велико расипање (релативни напон кратког споја око 80%), или се трансформатор израђује са нормалним расипањем, а на ред са њим се ставља навој велике индуктивности или, понекад, отпорност великог омског отпора.



Глава 3. Преглед Литературе

Стандард SRPS EN ISO 50001:2012 - Овај међународни стандард специфицира захтеве за успостављање, примену, одржавање и побољшавање система менаџмента енергијом, а чија је сврха да омогући организацији да следи системски приступ у постизању сталног побољшавања енергетске перформансе, укључујући енергетску ефикасност, коришћење и потрошњу енергије. Овај међународни стандард специфицира захтеве који могу да се примене на коришћење и потрошњу енергије, укључујући и мерење, документовање и извештавање, пројектовање и методе за набавку опреме, системе, процесе и особље које доприноси енергетској перформанси. Овај међународни стандард се примењује на све променљиве компоненте које утичу на енергетску перформансу и које могу да се прате, а на које организација може да утиче. Овај међународни стандард не прописује специфичне критеријуме перформансе у вези са енергијом. Овај међународни стандард је пројектован да се користи независно, али може да буде повезан или интегрисан са другим системима менаџмента. Овај међународни стандард може да се примени на сваку организацију с циљем да осигура њену усаглашеност са наведеном енергетском политиком и са намером да другима прикаже, при чему је таква усаглашеност потврђена било методама самовредновања и самодекларисања било сертификацијом система менаџмента енергијом од стране екстерне организације. Овај међународни стандард, такође, обезбеђује, у Прилогу А, информативна упутства о условима његовог коришћења.

Техничке препоруке: Карактеристике слободно стојећих кабловских трансформаторских станица. Слободно стојеће кабловске ТС се изводе као компактни објекти, *Slobodnostojeće kablovske TS se izvode kao компактни објекти*, фабрички изграђени, типски испитани, у складу са стандардом BAS EN 62271-202. Компактна ТС треба да буде функционално подељена на три дела за смештај главних компоненти ТС. Димензије објекта треба да омогућавају уградњу енергетских трансформатора, СН блока и НН блока у складу са класификацијом слободно стојећих кабловских ТС. Слободно стојећа кабловска ТС се у принципу изводи као неуправљива, са могућношћу накнаде једноставне уградње опреме за даљински надзор и управљање, односно као управљива ТС у посебним случајевима које одобрава одређени пословодни или технички орган који је надлежан за издавање претходне или електроенергетске сагласности.



ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008 - ЕРГЕГ анализа губитака на мрежи даје преглед националне праксе у погледу дефинисања, набавке, финансијског опоравка мрежних губитака и подстицаја за њихово смањење. Осим тога, она показује стварне праксе у погледу губитака у мрежи у Европи путем репрезентативних студија случаја из неких држава чланица и компаративне анализе. Поред тога, у овом материјалу су разматране релевантне карактеристике које треба да се реше у циљу промовисања једнаких правила у теритирању губитака на Европском нивоу.

Н. Рајаковић, Д. Тасић, „Дистрибутивне и индустријске мреже“, Друго издање, Академска мисао, Београд, 2008. - У овој књизи садржана је проблематика дистрибуиране производње електричне енергије унутар дистрибутивних мрежа, али и остали актуелни проблеми планирања и експлоатације дистрибутивних и индустријских мрежа. Она покрива материју која се изучава планом и програмом истоименог предмета на електротехничким факултетима, а својим садржајем обухвата: општа разматрања о дистрибутивним системима, карактеристике потрошње електричне енергије, принцип решења мрежа напонских нивоа, прогноза потрошње електричне енергије и снаге, падови напона и губици снаге у водовима мреже, прорачун токова снага и напонских прилика у дистрибутивним мрежама, реконфигурација дистрибутивних мрежа, губици електричне енергије, кратки спојеви, поузданост и сигурност мреже, техничко економски аспекти електроенергетских мрежа, термички аспекти оптерећивања елемената мреже, квалитет електричне енергије, компензација реактивне снаге, регулација напона у дистрибутивним мрежама, релејна заштита и локална аутоматика, дистрибуирана производња електричне енергије.

ЕДИС – Електродистрибутивни информациони систем је програм намењен за праћење стања о потрошњи електричне енергије, како купаца тако и трансформаторских станица. У овом програму постоји анализа трансформаторских станица, ту се прати енергија трансформатора, енергија купаца и губици електричне енергије.

Технички приручник „Раде Кончар“ друго издање, творница електротехничких стројева, Загреб, 1956. Овај приручник је првенствено намењен практичарима, а предпоставља се познавање техничких основа. Ово издање обрадили су инжењери и техничари ове фабрике, а главни инжењер је Виктор Плавец.



Књига сновних средстава „Електродистрибуције Смедерево“, Књига основних средстава је хронолошка евиденција о основним средствима у употреби. Она пружа веома велики број различитих података, од општих техничких, до економских, што, по правилу, није случај с осталим хронолошким евиденцијама. Ова се евиденција не закључује крајем године већ престанком рада предузећа. Књига основних средстава прати све промене на основном средству током његовог века трајања.

Бранко Митрашиновић „Трансформатори“ научна књига Београд, 1987 – У овој књизи садржана је проблематика дистрибутивних трансформатора свих напонских нивоа, као и прорачуни губитака код трансформатора.

3.1. Закон о Енергетици

Овим акonom уређују се циљеви енергетске политике и начин њеног остваривања, улов за поуздану, сигурну и квалитетну испоруку енергије и енергената и услови за сигурно снабдевање купаца, заштита купаца енергије и енергената, услови и начин обављања енергетских делатности, услови за изградњу нових енергетских објеката, статус и далокруг рада Агенције за енергетику РС, коришћење обновљених извора енергије, подстицајне мере и гаранција порекла, начин организовања и функционисања тржишта електричне енергије, природног гаса и нафте и деривата нафте, права и обавезе учесника на тржишту, успостављање својине на мрежама оператора система, као и надзор над спровођењем овог закона. Доноси Правила о раду дистрибутивног система којима се утврђују: технички услови за прикључење и повезивање на дистрибутивни систем, технички и други услови за безбедан погон дистрибутивног система и за обезбеђивање поуздане и континуиране испоруке електричне енергије купцима, поступци у кризним ситуацијама, правила о приступу треће стране дистрибутивном систему, планирање развоја дистрибутивног система, садржина уговора о експлоатацији објекта закљученог са купцем, произвођачем, оператором другог дистрибутивног система и оператором затвореног дистрибутивног система, коришћење и одржавање објеката, параметри и начин контроле квалитета електричне енергије, планирање рада дистрибутивног система, приступ дистрибутивном систему, инструмент обезбеђења плаћања и критеријуми за утврђивање износа и периода за који се тражи, учестаност и начин контроле исправности прикључног вода, мерног ормана и мерних и других уређаја у функцији мерења, садржај записника о контроли, садржај записника о неовлашћеној потрошњи, начин утврђивања неовлашћене потрошње, функционални захтеви и класа тачности мерних уређаја, начин мерења електричне енергије, начин утврђивања профила потрошње и коефицијента свођења измерене величине на обрачунску вредност, обавезе корисника и оператора дистрибутивног система у функционалном испитивању и пуштању у погон дела дистрибутивног

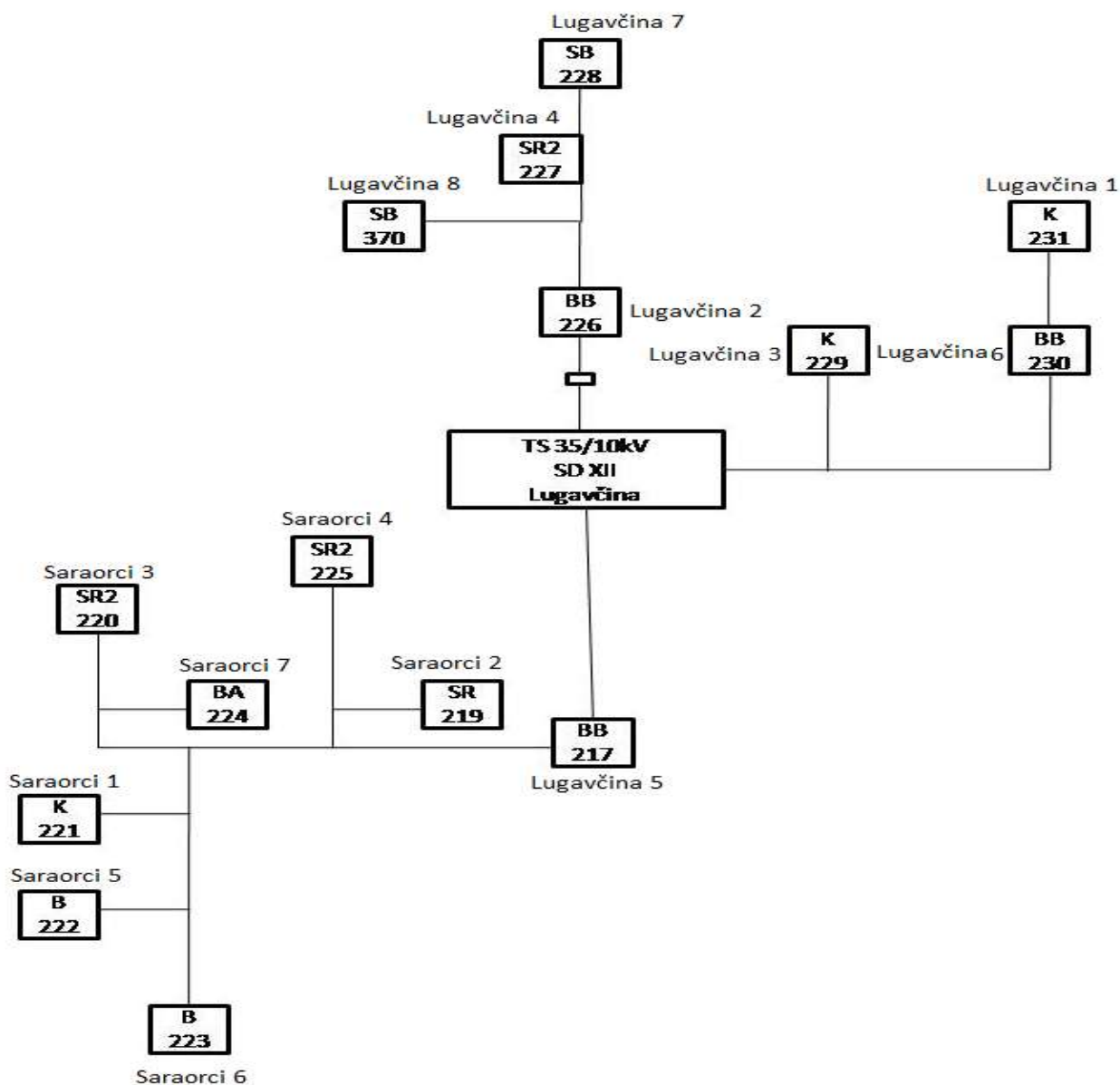


система у објектима произвођача и купаца који утичу на сигуран и поуздан рад дистрибутивног система, као и у испитивању рада заштитних и управљачких уређаја након значајних погонских догађаја или поремећаја у раду дистрибутивног система, обука особља оператора и корисника дистрибутивног система на пољу оперативних поступака, у циљу сигурног и поузданог рада дистрибутивног система и друга питања неопходна за рад дистрибутивног система и функционисање тржишта.

Глава 4. Техно економска анализа губитака електричне енергије који се јављају у трансформатору

У овој глави је извршена техно-економска анализа губитака електричне енергије који се јавља у трансформатору. Прорачуни су урађени за трансформаторе без снижених губитака који се тренутно налазе у трансформаторским станицама и трансформаторе са сниженим губицима, односно енергетски ефикасне трансформаторе. Анализира се трансформаторске станице које се налазе на изводу 1, 2 и 3 из ТС „Лугавчина 35/10kV“ као и трансформаторе који се налазе у самој ТС „Лугавчина 35/10kV“. На слици 10 приказано је укупно стање и распоред трансформатора конзума који су анализирани.

Укупно стање трансформаторских станица у Лугавчини и Сараорцима



Сл.10. Приказ распореда трансформаторских станица 10/0,4kV у области ТС „Лугавчина 35/10kV“



4.1. Извод 1 из ТС Лугавчина 35/10kV напаја МБТС „Лугавчина 2“, СТС „Лугавчина 7“, СТС „Лугавчина 8“ и СТС(решетка) „Лугавчина 4“

Техно-економски прорачуни анализирани су за сваки постојећи трансформатор који се тренутно налази у трансформаторској станици, односно они трансформатори који су конструисани без „снижених губитка“. Извршени су прорачуни сталних губитака електричне енергије у празном ходу односно у гвожђу, и губици електричне енергије у бакру односно губици услед оптерећења, и на тај начин је извршен прорачун техничких губитка електричне енергије код трансформатора. Добијени резултати упоређени су техничким губицима електричне енергије код трансформатора исте снаге, али који је конструисан са сниженим губицима електричне енергије у гвожђу и бакру односно енергетски ефикасне трансформаторе, а даљом анализом је утврђена исплативост уградње и замена постојећих трансформатора.

4.1.1. Техно економска анализа губитака електричне енергије у трансформатору МБТС „Лугавчина 2“

Трансформатор у овој ТС је снаге од 400kVA, произвођач је Минел. Подаци који се користе у овој анализи су подаци добијени мерењем утрошене електричне енергије која је прошла кроз трансформатор, електричне енергије која је евидентирана као утрошена тј. наплата на основу електричних карактеристика трансформатора које је произвођач трансформатора прописао, а у овом раду су дати у прилогу број 1 и 2 и израчунати техничке губитке услед трансформације. Техно-економска анализа је урађена са циљем упоређивања постојећег трансформатора са енергетски ефикасним трансформатором.

Губици у гвожђу, односно у празном ходу рада трансформатора су стални и не мењају се. Прво је урађена техно-економска анализа губитака електричне енергије која се јавља у гвожђу трансформатора.

Из табеле електричних карактеристика трансформатора које нуди произвођач, у „Минел Трафо“ прорачунати су губици који се јављају у гвожђу и бакру услед номиналног оптерећења, максимална енергија која може протећи кроз трансформатор, а добијене вредности су упоређене добијеним вредностима енергетски ефикасног трансформатора.

Из табеле електричних карактеристика губици у гвожђу за трансформатор који анализирамо (400kVA) су 930W. [22] У табели 8 приказани су добијени резултати константних губитака електричне енергије који се јављају у гвожђу трансформатора.

[22] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године



	Дневни губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Годишњи губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Просечни месечни губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Губици у гвожђу за просечан радни век трансформатора (40 год.) $P_{fe}(kWh)$
Номинални губици у гвожђу трансформатора $P_{fe} = 930W$	22,32	678,9	8146,8	325875

Таб.8 Резултати прорачуна губитика електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираног трансформатора

Због губитака у мрежи купцима се налаже да свој $\cos\varphi$ држе на 0,95⁰. На основу овог податка може се израчунати максимална активна енергија која може протећи кроз трансформатор за услов $I = I_{nom}$ (A).

$$S_{ts} = 400kVA$$

$$\cos\varphi = 0,95^0$$

На основу ових података може се израшунати номинално оптерећење посматраног трансформатора.

$$P_{tn} = S_{ts} * \cos\varphi = 400kVA * 0,95 = 380kW$$

$$P_{tn(mes)} = 380kW * 24h * 365dana / 12meseci = 277400kW$$

Где је:

P_{tn} — номинално оптерећење трансформатора

$P_{tn(mes)}$ — номинално оптерећење трансформатора на месечном нивоу

S_{ts} — снага трансформатора

$\cos\varphi$ — степен корисног дејства

У табели 9 приказани су резултати мерења електричне енергије у МБТС „Лугавчина 2“

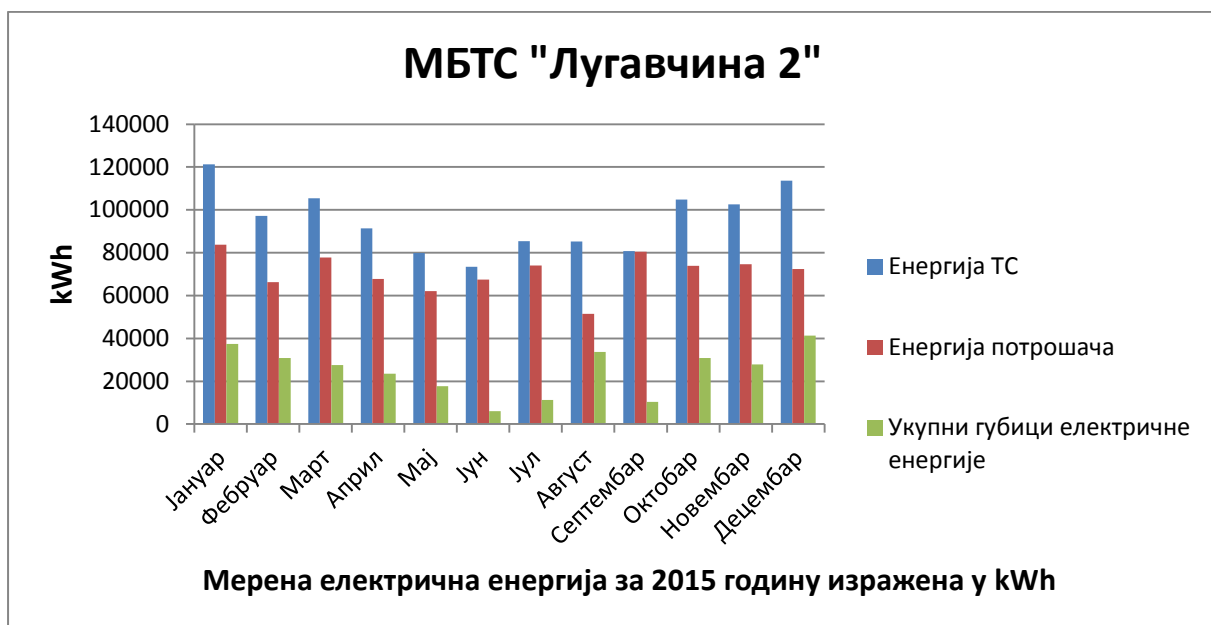


Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec (2015 godina)
460226	Lugavčina 2	400	170	121,200.00	83,711.00	37,489.00	30.93	Januar
460226	Lugavčina 2	400	170	97,200.00	66,273.00	30,927.00	31.82	Februar
460226	Lugavčina 2	400	170	105,400.00	77,833.00	27,567.00	26.15	Mart
460226	Lugavčina 2	400	170	91,400.00	67,829.00	23,571.00	25.79	April
460226	Lugavčina 2	400	170	79,800.00	62,097.00	17,703.00	22.18	Maj
460226	Lugavčina 2	400	170	73,400.00	67,396.00	6,004.00	8.18	Jun
460226	Lugavčina 2	400	170	85,400.00	74,069.00	11,331.00	13.27	Jul
460226	Lugavčina 2	400	171	85,200.00	51,534.00	33,666.00	39.51	Avгуст
460226	Lugavčina 2	400	171	80,800.00	70,476.00	10,324.00	12.78	Septembar
460226	Lugavčina 2	400	171	104,800.00	73,968.00	30,832.00	29.42	Oktobar
460226	Lugavčina 2	400	171	102,600.00	74,698.00	27,902.00	27.19	Novembar
460226	Lugavčina 2	400	171	113,600.00	72,352.00	41,248.00	36.31	Decembar

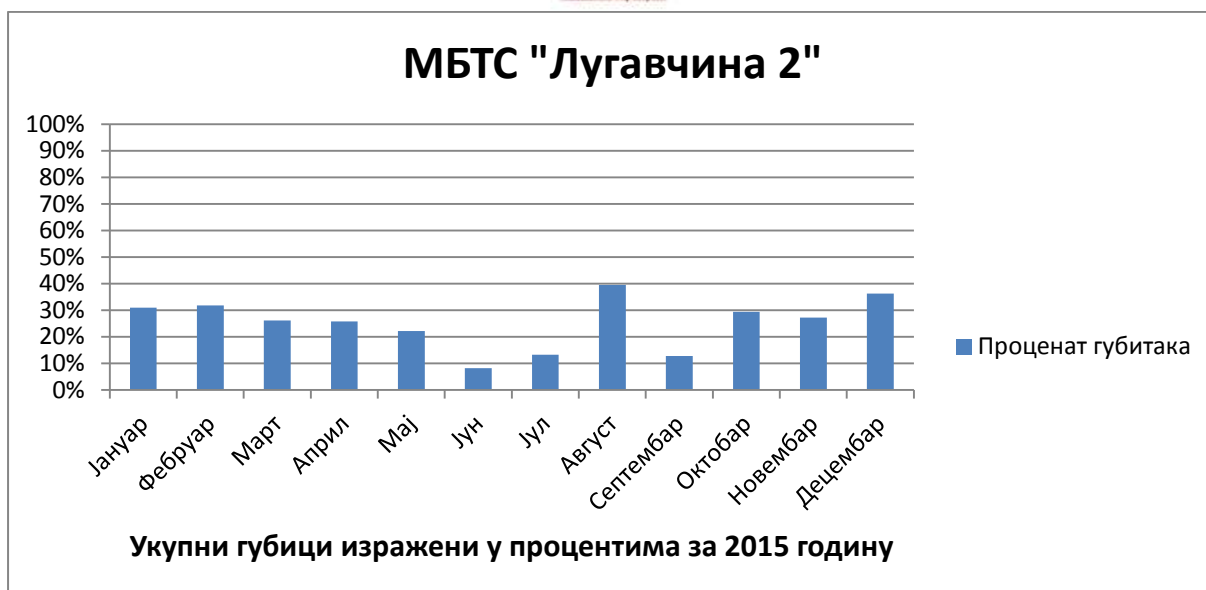
Збирни подаци 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kWh)	Gubici(%)	Godina
460226	Lugavčina 2	400	171	1,140,800.00	852,236.00	288,564.00	25.29	2015

Таб.9 Резултати мерења електричне енергије у МБТС „Лугавчина 2“



Сл.11 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Лугавчина 2“ изражене у kWh



Сл.12 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за
МБТС „Лугавчина 2“

Даљом анализом дошло се до месечних губитака електричне енергије код трансформатора који се јављају у бакру. Коришћени подаци су добијени мерењем протока електричне енергије кроз трансформатор и подаци из табеле електричних карактеристика „Минил Трафо“. [23]

$$P_{Cun} = 6000W$$

$$P_{t(Jan)} = 121200kWh; \quad P_{t(Feb)} = 97200kWh; \quad P_{t(Mar)} = 105400kWh;$$

$$P_{t(April)} = 91400kWh; \quad P_{t(Maj)} = 79800kWh; \quad P_{t(Jun)} = 73400kWh;$$

$$P_{t(Jul)} = 85400kWh; \quad P_{t(Avg)} = 85200kWh; \quad P_{t(Sep)} = 80800kWh;$$

$$P_{t(Okt)} = 104800kWh; \quad P_{t(Nov)} = 102600kWh; \quad P_{t(Dec)} = 113600kWh;$$

$$P_{tn} = 380kW$$

Образац за израчунавање губитака у бакру трансформатора односно услед оптерећења трансформатора гласи: [24]

$$P_{Cu} = \left(\frac{P_t}{P_{tn}} \right)^2 * P_{Cun} \quad (4.1.1.1)$$

Где је:

[23] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године

[24] Бранко Митрашиновић „Трансформатори“ научна књига Београд, 1987



P_{Cu} – губици у бакру у зависности од струје оптерећења

P_t – оптерећење трансформатора

P_{tn} – номинално оптерећење трансформатора

P_{Cun} – номинални губици у бакру трансформатора

У табели 9 приказани су резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају услед оптерећења трансформатора, односно приказани су губици у бакру трансформатора.



Месец	Енергија трансформатора (P_t)kWh	Номинално оптерећење трансформатора (P_{tn})kW	Номинални губици у бакру трансформатора (P_{cun})W	Дневни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})W	Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Просечни Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Годишњи губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Губици у бакру у зависности од струје оптерећења за просечан радни век тр. (40 год.) (P_{cu})kWh
Јануар	121200	380	6000	1102,66	820,38	528,86	6346,33	253853,2
Фебруар	97200	380	6000	869,32	584,18			
Март	105400	380	6000	833,91	620,43			
Април	91400	380	6000	669,59	482,10			
Мај	79800	380	6000	478,02	355,65			
Јун	73400	380	6000	431,83	310,92			
Јул	85400	380	6000	547,46	407,31			
Август	85200	380	6000	544,90	405,41			
Септембар	80800	380	6000	523,29	376,77			
Октобар	104800	380	6000	880,32	654,96			
Новембар	102600	380	6000	843,75	607,5			
Децембар	113600	380	6000	968,71	720,72			

Таб.10 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру



Ако ове податке упоредимо са трансформатором исте снаге који је конструисан са „сниженим губицима“, односно енергетски ефикасним трансформатором користећи податке који су преузети из табеле електричних карактеристика, а које је прописала фабрика „Минел Трафо“ [25]. У табели 10 приказани су резултати губитака електричне енергије енергетски ефикасног трансформатора.

$$S_{ts} = 400kVA$$

$$P_{FenS} = 610W$$

	Дневни губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Годишњи губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Просечни месечни губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Губици у гвожђу за просечан радни век трансформатора (40 год.) $P_{feS}(kWh)$
Номинални губици у гвожђу трансформатора $P_{fenS} = 610W$	14,64	445,3	5343,6	213744

Таб.11 Добијени резултати губитака електричне енергије енергетско ефикасног трансформатора који се јављају у гвожђу

Где је:

P_{FenS} – Губици електричне енергије који се јављају у гвожђу

Због губитака у мрежи купцима се налаже да свој $\cos\varphi$ држе на $0,95^0$. На основу овог податка може се израчунати максимална активна енергију која може протећи кроз трансформатор за услов $I = I_{nom} (A)$.

$$P_{tn} = S_{ts} * \cos\varphi = 400kVA * 0,95 = 380kW \quad (4.1.1.2)$$

$$P_{tn(mes)} = 380kW * 24h * 365dan/12mes = 277400kW \quad (4.1.1.3)$$

За прорачун губитака у бакру, односно услед оптерећења коришћени су подаци добијени прорачуном за просечно оптерећење постојећег трансформатора у МБТС „Лугавчина 2“ и подаци из табеле електричних карактеристика „Минел Трафо“. [26]

$$S_{ts} = 400kVA$$

$$P_{CunS} = 3850W$$

$$P_{t(Jan)} = 121200kWh; \quad P_{t(Feb)} = 97200kWh; \quad P_{t(Mart)} = 105400kWh;$$

$$P_{t(April)} = 91400kWh; \quad P_{t(Maj)} = 79800kWh; \quad P_{t(Jun)} = 73400kWh;$$

[25] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године

[26] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године



$$P_{t(Jul)} = 85400kWh; \quad P_{t(Avg)} = 85200kWh; \quad P_{t(Sep)} = 80800kWh;$$

$$P_{t(Oct)} = 104800kWh; \quad P_{t(Nov)} = 102600kWh; \quad P_{t(Dec)} = 113600kWh;$$

Образац за израчунавање губитака електричне енергије услед отерећења енергетско ефикасног трансформатор односно губитака у бакру губицима гласи: [27]

$$P_{CuS} = \left(\frac{P_t}{P_{tn}} \right)^2 * P_{CunS} \quad (4.1.1.4)$$

Где је:

P_{CuS} – губици у бакру у зависности од струје оптерећења

P_{CunS} – номинални губици у бакру трансформатора

У табели 11 приказани су резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају услед оптерећења енергетски ефикасног трансформатора, односно приказани су губици у бакру трансформатора.

[27] Бранко Митрашиновић „Трансформатори“ научна књига Београд, 1987

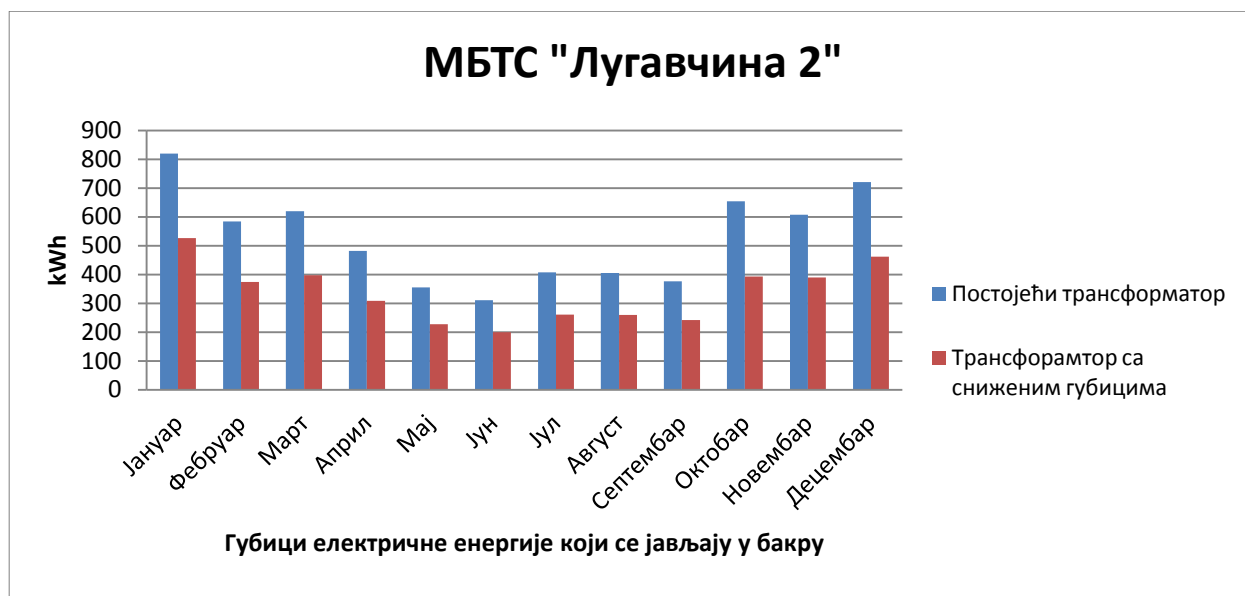


Месец	Енергија трансформатора (P_t)kWh	Номинално оптерећење трансформатора (P_{tn})kW	Номинални губици у бакру трансформатора (P_{cun})W	Дневни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})W	Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Просечни Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Годишњи губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Губици у бакру у зависности од струје оптерећења за просечан радни век тр. (40 год.) (P_{cu})kWh
Јануар	121200	380	3850	707,54	526,41	337,13	4045,54	161821,6
Фебруар	97200	380	3850	557,81	374,85			
Март	105400	380	3850	535,09	398,11			
Април	91400	380	3850	429,66	309,35			
Мај	79800	380	3850	306,73	228,21			
Јун	73400	380	3850	277,09	199,50			
Јул	85400	380	3850	351,29	261,36			
Август	85200	380	3850	349,64	260,13			
Септембар	80800	380	3850	335,78	241,76			
Октобар	104800	380	3850	529,02	393,59			
Новембар	102600	380	3850	541,41	389,81			
Децембар	113600	380	3850	621,59	462,46			

Таб.12 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру



На слици 13 приказана је разлика губитака електричне енергије у бакру између постојећег трансформатора и енергетски ефикасног трансформатора, односно трансформатора са сниженим губицима.



Сл.13 Разлика губитака електричне енергије која се јавља у бакру трансформатора

Након добијених података који се налазе у предходним табелама може се израчунати разлика губитака електричне енергије у киловатима између енергетски ефикасног трансформатора „сниженим губицима“ и постојећег трансформатора у празном ходу, односно у гвожђу и услед оптерећења, односно у бакру. Резултати су приказани у табели 12.

Разлика губитака е.е. трансформатору	Разлика губитака е.е. у гвожђу трансформатора $P_{fe}-P_{feS}(kWh)$	Разлика губитака е.е. у бакру трансформатора $P_{cu}-P_{cuS}(kWh)$	Укупна разлика губитака е.е. у бакру и гвожђу трансформатора $P_{cu}+P_{fe}(kWh)$
Месечна разлика $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	233,6	191,73	425,33
Годишња разлика $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	2803,2	2300,79	5103,99
Разлика за просечан радни век трансформатора $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	112131	92031,6	204162,6

Таб.13 Разлика губитака електричне енергије у бакру и гвожђу трансформатора



На основу одлуке о трансферним ценама за обрачун трансакција учинака између Јавног предузећа „Електропривреда Србије“ као матичног и зависних привредних друштава, као и зависних привредних друштава међусобно бр. 08.01.-1.0.0.0.-32353/1 од 17.07.2015. године утврђена је цена губитака коју је дистрибуција у обавези да плати ЈП ЕПС. Утврђена цена је 4,971 din/kWh. [28]

На основу ове цене може се израчунати новчана разлика у губицима електричне енергије која се јавља при трансформацији у самом трансформатору између постојећег трансформатора и трансформатора са „сниженим губицима“. Новчани губици у динарима су приказани у табели 13

Новчани губитака прозроковани губицима е.е. Који се јављају у трансформатору	Укупна разлика губитака е.е. у бакру и гвожђу трансформатора пута цена струје
Месечни новчани губици (динар)	2114,32
Годишњи новчани губици (динар)	25371,93
Новчани губици за просечан радни век трансформатора (40 год) (динар)	1014892,28

Таб.14 Новчана разлика губитака е.е. који се јављају код трансформатора

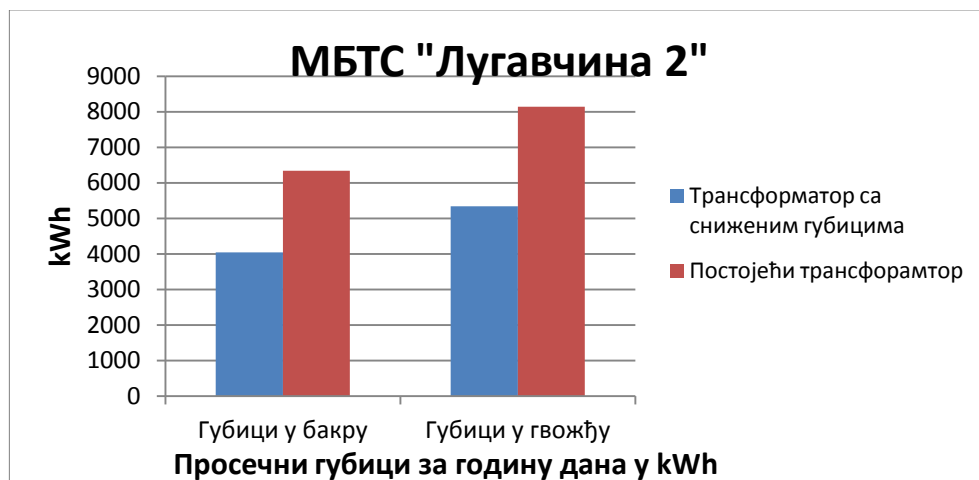
На следећим сликама 14 и 15 приказане су разлике губитака електричне енергије који се јављају услед трансформације електричне енергије у самом трансформатору услед оптерећења, односно губици у бакру и константни губици који се јављају у гвожђу трансформатора.



[28] Одлука о трансферним ценама за обрачун трансакција учинка између Јавног предузећа „Електропривреда Србије“ као матичног и зависних привредних друштава, као и зависних привредних друштава међусобно, донета 16.07.2015. године



Сл.14. Укупна разлика губитака ел. енергије у бакру и гвожђу трансформатора који се јављају за просечан радни век трансформатора



Сл.15. Посечни губици е.е. који се јављају у трансформатору за годину дана

Овај трансформатор је уграђен 2001 године, а његова тренутна цена из књиге основних средстава „Електродистрибуције Смедерево“ износи 419485,03 динара. [29] Пођимо од тога да је просечан радни век трансформатора 40 година, значи да овај трансформатор може ради још око 25 година. Ови подаци су неопходни да би се испитала испалтивост замене постојећег трансформатора са енергетски ефикасним трансформатором. Од лица задуженог за комерцијалну продају трансформатора из фабрике „Минел Трафо“ добијене су усмене цене трансформатора, јер немају званичне цене уз образложење да се цена бакра на тржишту често мења. Цена трансформатора ове снаге (400kVA) конструисаног без снижених губирака износи 5400€, а цена енергетски ефикасног трансформатора са „сниженим губицима“ износи 6050€, што у динарској противредности по средњем курсу Народне банке Србије од 08.07.2016 године износи $1\text{€}=123,5127$.

Цена трансформатора **без снижених губитака** износи: $5400\text{€} \cdot 123,5127\text{дин.} = 666968,58\text{дин.}$

Цена трансформатора **са сниженим губицима** износи: $6050\text{€} \cdot 123,5127\text{дин.} = 747251,83\text{дин.}$

Разлика у цени између трансформатора **са сниженим губицима**, и трансформатора **без снижених губитака** износи: $747251,83 - 666968,58 = 80283,25$ динара

Ако овај трансформатор заменимо за енергетски ефикасан трансформатор исте снаге, губици електричне енергије на годишњем нивоу се смањују за 25371,93 динара. На основу ових резултата може се изачунати испалтивост инвестиције.

[29] Књига сновних средстава „Електродистрибуције Смедерево“, стр. 421.



Цена енергетски ефикасног трансформатора износи 747251,83 дин., а транутна цена постојећег трансформатора износи 419485,03 дин. Следи да је:

$747251,83 - 419485,03 = 327766,8$ динара.

Годишњи разлика у губицима електричне енергије износи 25371,93 динара. Инвестиција би се вратила кроз период од:

$327766,8 / 25371,93 = 12$ година 11 месеци и 4 дана.

Из приложеног јасно се види да приликом куповине новог трансформатора треба изабрати трансформатор са сниженим губицима јер је разлика у цени само 80283,25 динара, а разлика у новчаним губицима електричне енергије би износила око 1014829,28 динара за радни век трансформатора. Ако се садашњи трансформатор у овом тренутку заменили, инвестиција би нам се вратила кроз око 13 година, што је испалтивно, с обзиром да је овај трансформатор стар 15 година а до краја свог радног века има још 25 година.



Сл.16 Изглед МБТС „Лугавчина 2“



4.1.2. Техно економска анализа губитака електричне енергије у трансформатору СТС „Лугавчина 7“

Трансформатор је снаге од 400kVA, произвођач је Минел. С обзиром да је већ анализиран трансформатор исте снаге истих карактеристика (МБТС „Лугавчина 2“), а губици у празном ходу односно у гвожђу су константни могу се користити већ добијени подаци, који су приказани у табели 14.

	Дневни губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Годишњи губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Просечни месечни губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Губици у гвожђу за просечан радни век трансформатора (40 год.) $P_{fe}(kWh)$
Номинални губици у гвожђу трансформатора $P_{fe} = 930W$	22,32	678,9	8146,8	325875

Таб.15 Добијени резултати губитака електричне енергије енергетско ефикасног трансформатора који се јављају у гвожђу

$$P_{\max(dan)} = 380kW$$

$$P_{\max(mes)} = 277400kW$$

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga(kVA)	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec (2015 godina)
460228	Lugavčina 7	400	165	128,760.00	83,489.00	45,271.00	35.16	Januar
460228	Lugavčina 7	400	165	110,520.00	71,536.00	38,984.00	35.27	Februar
460228	Lugavčina 7	400	165	107,040.00	76,752.00	30,288.00	28.30	Mart
460228	Lugavčina 7	400	165	92,520.00	68,660.00	23,860.00	25.79	April
460228	Lugavčina 7	400	165	76,680.00	59,254.00	17,426.00	22.73	Maj
460228	Lugavčina 7	400	165	72,480.00	63,934.00	8,546.00	11.79	Jun
460228	Lugavčina 7	400	165	79,680.00	67,257.00	12,423.00	15.59	Jul
460228	Lugavčina 7	400	165	78,840.00	59,872.00	18,968.00	24.06	Avgust
460228	Lugavčina 7	400	165	77,160.00	67,331.00	9,829.00	12.74	Septembar
460228	Lugavčina 7	400	165	100,440.00	70,424.00	30,016.00	29.88	Oktobar
460228	Lugavčina 7	400	165	101,280.00	72,187.00	29,093.00	28.73	Novembar
460228	Lugavčina 7	400	165	119,280.00	77,209.00	42,071.00	35.27	Decembar

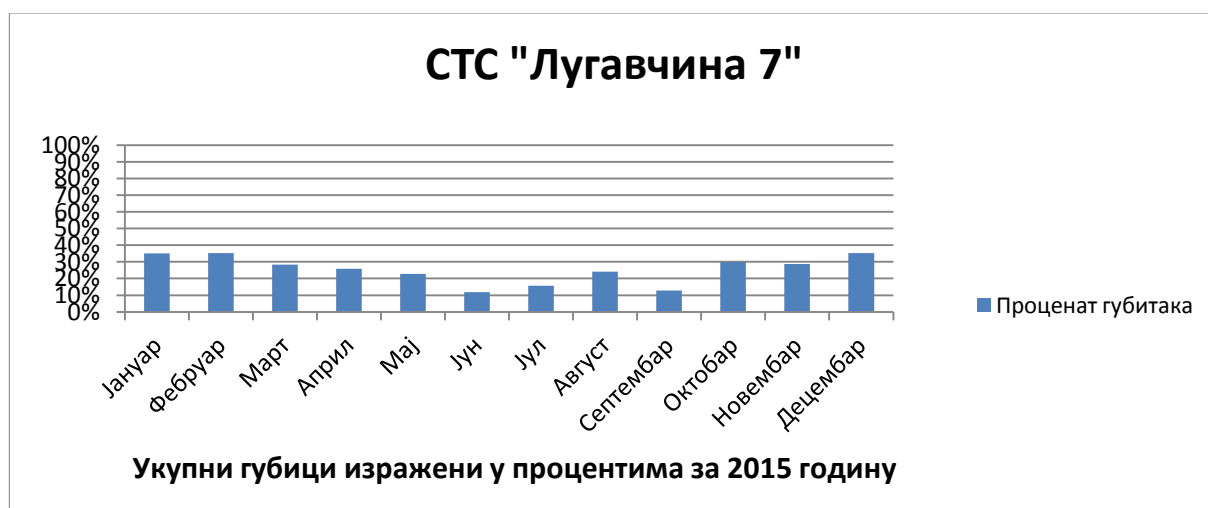
Збирни подаци 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Godina
460228	Lugavčina 7	400	167	1,144,680.00	837,910.00	306,770.00	26.80	2015

Таб.16 Резултати мерење на СТС „Лугавчина 7“



Сл.17. Приказ мерене електричне енергије за СТС „Лугавчина 7“ изражени у kWh



Сл.18 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС „Лугавчина 7“

Губици услед оптерећења односно губици у бакру за СТС „Лугавчина 7“ износе: [30]

$$P_{Cun} = 6000W, P_{tn} = 380kW$$

$$P_{t(Jan)} = 128760kWh; \quad P_{t(Feb)} = 110520kWh; \quad P_{t(Mar)} = 107040kWh;$$

$$P_{t(April)} = 92520kWh; \quad P_{t(Maj)} = 76680kWh; \quad P_{t(Jun)} = 72480kWh;$$

$$P_{t(Jul)} = 79680kWh; \quad P_{t(Avg)} = 78840kWh; \quad P_{t(Sep)} = 77160kWh;$$

$$P_{t(Oct)} = 100440kWh; \quad P_{t(Nov)} = 101280kWh; \quad P_{t(Dec)} = 119280kWh;$$

[30] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године



У табели 16 приказани су резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају услед оптерећења постојећег

Месец	Енергија трансформатора (P_t)kWh	Номинално оптерећење трансформатора (P_{tn})kW	Номинални губици у бакру трансформатора (P_{cu_n})W	Дневни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})W	Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Просечни Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Годишњи губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Губици у бакру у зависности од струје оптерећења за просечан радни век тр. (40 год.) (P_{cu})kWh
Јануар	128760	380	6000	1244,51	925,91	539,94	6443,26	257730,4
Фебруар	110520	380	6000	1123,90	755,26			
Март	107040	380	6000	860,06	639,88			
Април	92520	380	6000	686,10	493,99			
Мај	76680	380	6000	441,37	328,38			
Јун	72480	380	6000	421,07	303,17			
Јул	79680	380	6000	476,58	356,06			
Август	78840	380	6000	466,58	347,13			
Септембар	77160	380	6000	477,20	343,58			
Октобар	100440	380	6000	757,27	563,41			
Новембар	101280	380	6000	822,18	591,96			
Децембар	119280	380	6000	1068	794,59			

трансформатора, односно приказани су губици у бакру трансформатора.

Таб.17 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру



Ови подаци се могу упоредити са трансформатором исте снаге који је конструисан са „сниженим губицима“, где се добијају следеће вредности:

Што се тиче губитака е.е. у гвожђу они су константни и подаци се могу преписати од предходно анализираног трансформатора за МБТС „Лугавчина 2“. Резултати губитака е.е. који се јављају у гвожђу трансформатора приказани су у табели 17.

$$P_{FenS} = 610W$$

	Дневни губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Годишњи губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Просечни месечни губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Губици у гвожђу за просечан радни век трансформатора (40 год.) $P_{feS}(kWh)$
Номинални губици у гвожђу трансформатора $P_{fenS} = 610W$	14,64	445,3	5343,6	213744

Таб.18 Резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираног трансформатора

Због губитака у мрежи купцима се налаже да свој $\cos\varphi$ држе на 0,95⁰. Такође, су преписани добијени подаци предходно анализираног трансформатора.

$$P_{tn} = 380kW$$

$$P_{tn(mes)} = 277400kW$$

За прорачун губитака у бакру, односно услед оптерећења користе се подаци добијени прорачуном за просечно оптерећење постојећег трансформатора у СТС „Лугавчина 7“ и подаци из табеле електричних карактеристика „Минел Трафо“ [31]

$$S_{ts} = 400kVA, P_{CunS} = 3850W$$

$$P_{t(Jan)} = 128760kWh; \quad P_{t(Feb)} = 110520kWh; \quad P_{t(Mart)} = 107040kWh;$$

$$P_{t(April)} = 92520kWh; \quad P_{t(Maj)} = 76680kWh; \quad P_{t(Jun)} = 72480kWh;$$

$$P_{t(Jul)} = 79680kWh; \quad P_{t(Avg)} = 78840kWh; \quad P_{t(Sep)} = 77160kWh;$$

$$P_{t(Oct)} = 100440kWh; \quad P_{t(Nov)} = 101280kWh; \quad P_{t(Dec)} = 119280kWh;$$

У табели 18 приказани су резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају услед оптерећења енергетски ефикасног трансформатора, односно приказани су губици у бакру трансформатора.

[31] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године.



Месец	Енергија трансформатора (P_t)kWh	Номинално оптерећење трансформатора (P_{tn})kW	Номинални губици у бакру трансформатора (P_{cun})W	Дневни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})W	Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Просечни Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Годишњи губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Губици у бакру у зависности од струје оптерећења за просечан радни век тр. (40 год.) (P_{cu})kWh
Јануар	128760	380	3850	798,56	594,13	378,68	4544,15	181766
Фебруар	110520	380	3850	721,17	484,63			
Март	107040	380	3850	551,87	410,59			
Април	92520	380	3850	440,25	316,98			
Мај	76680	380	3850	283,21	210,71			
Јун	72480	380	3850	270,18	194,53			
Јул	79680	380	3850	305,81	227,52			
Август	78840	380	3850	299,39	222,75			
Септембар	77160	380	3850	306,20	220,46			
Октобар	100440	380	3850	485,91	361,52			
Новембар	101280	380	3850	527,56	379,84			
Децембар	119280	380	3850	685,30	509,86			

Таб.19 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру



На слици 19 приказана је разлика губитака електричне енергије у бакру између постојећег трансформатора и трансформатора са сниженим губицима.



Сл.19 Разлика губитака електричне енергије која се јавља у бакру трансформатора

Након добијених података који се налазе у предходним табелама може се израчунати разлика губитака електричне енергије у киловатима између енергетски ефикасног трансформатора „сниженим губицима“ и постојећег трансформатора у празном ходу, односно у гвожђу и услед оптерећења, односно у бакру. Резултати су приказани у табели 19.

Разлика губитака е.е. трансформатору	Разлика губитака е.е. у гвожђу трансформатора $P_{fe}-P_{feS}(kWh)$	Разлика губитака е.е. у бакру трансформатора $P_{cu}-P_{cuS}(kWh)$	Укупна разлика губитака е.е. у бакру и гвожђу трансформатора $P_{cu}+P_{fe}(kWh)$
Месечна разлика $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	233,6	161,26	394,86
Годишња разлика $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	2803,2	1899,11	4702,31
Разлика за просечан радни век трансформатора $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	112131	75064,4	188095,4

Таб.20 Разлика губитака електричне енергије у бакру и гвожђу трансформатора

Подсетимо се да је утврђена цена од 4,971 din/kWh, цена који дистрибуција надокнађује са сваки киловат губитка електричне енергије.

На основу ове цене може се израчунати новчана разлика у губицима електричне енергије која се јавља при трансформацији у самом трансформатору између



постојећег трансформатора и енергетски ефикасног трансформатора. Новчани губици електричне енергије у динарима су приказани у табели 20.

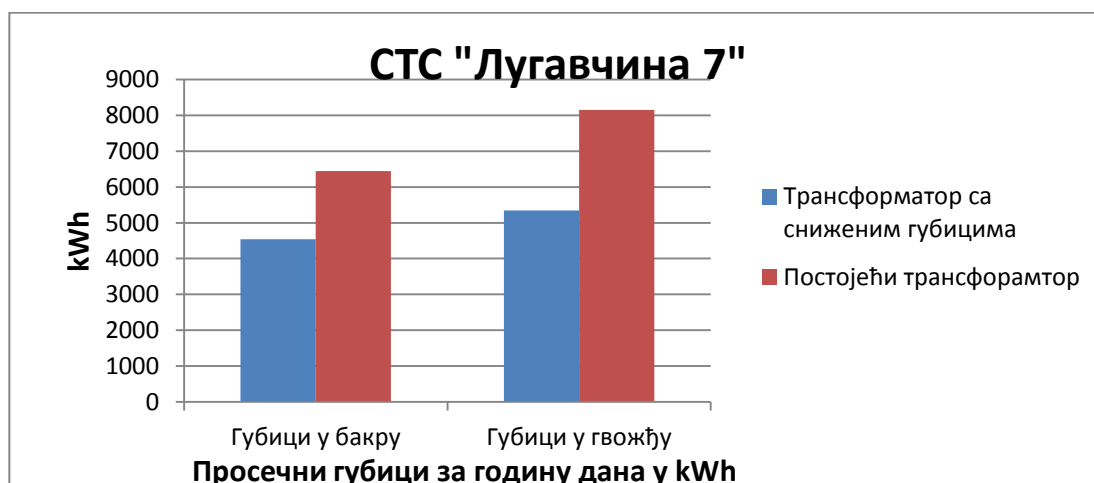
Новчани губитака прозроковани губицима е.е. Који се јављају у трансформатору	Укупна разлика губитака е.е. у бакру и гвожђу трансформатора пута цена струје
Месечни новчани губици (динар)	2114,32
Годишњи новчани губици (динар)	25371,93
Новчани губици за просечан радни век трансформатора (40 год) (динар)	1014892,28

Таб.21 Новчана разлика губитака е.е. који се јављају код трансформатора

На сликама 20 и 21 приказане су разлике губитака електричне енергије који се јављају услед трансформације електричне енергије у самом трансформатору услед оптерећења, односно губици у бакру и константни губици који се јављају у гвожђу трансформатора.



Сл.20 Укупна разлика губитака ел. енергије у бакру и гвожђу трансформатора за просечан радни век трансформатора





Сл.21 Посечни губици ел. енергије који се јављају у трансформатору за период од годину дана

Овај трансформатор је уграђен 1987 године, а његова тренутна цена из књиге основних средстава „Електродистрибуције Смедерево“ износи 184228,52 динара. [32] Просечан радни век трансформатора је око 40 година што значи да ће овај трансформатор ради још око 11 година. Ови подаци су потребни да би се испитала исплативост замене постојећег трансформатора са трансформатором са сниженим губицима. Цена трансформатора ове снаге (400kVA) конструисаног без снижених губирака износи 5400€, а цена трансформатора са сниженим губицима износи 6050€. Цене трансформатора приказујемо у динарима, а рачуна се по средњем курсу Народне банке Србије од 08.07.2016 године $1\text{€}=123,5127$.

Цена трансформатора **без снижених губитака** износи: $5400\text{€} \cdot 123,5127 \text{дин.} = 666968,58 \text{дин.}$

Цена трансформатора **са сниженим губицима** износи: $6050\text{€} \cdot 123,5127 \text{дин.} = 747251,83 \text{дин.}$

Разлика у цени између трансформатора **са сниженим губицима**, и трансформатора **без снижених губитака** износи: $747251,83 - 666968,58 = 80283,25$ динара

Ако овај трансформатор заменимо за трансформатор исте снаге, али са „сниженим губицима“, губици електричне енергије на годишњем нивоу би се смањили за 23375,18 динара. Техно-економска анализа исплативост инвестиције може се израчунати.

Цена трансформатора са сниженим губицима износи 747251,83 дин., а тренутна цена постојећег трансформатора износи 184228,52 дин. Следи да је:

$747251,83 - 184228,52 = 563023,31$ динара.

Годишњи разлика у губицима електричне енергије износи 23375,18 динара, што значи да би се инвестиција исплатила кроз период од:

$563023,31 / 25371,93 = 22$ година 2 месеци и 10 дана.

Приликом куповине новог трансформатора треба изабрати трансформатор са сниженим губицима јер је разлика у цени само 80283,25 динара, а разлика у новчаним губицима електричне енергије за радни век трансформатора износи 1014829,28 динара. Ако садашњи трансформатор у овом тренутку заменимо, инвестиција би се исплатила кроз 22 године, што у овом случају и није тако исплативо, с обзиром да је овај трансформатор стар 29 година а до краја свог радног века има још 11 година.

[32] Књига основних средстава „Електродистрибуције Смедерево“, стр. 128.



Сл.22 Изглед СТС „Лугавчина 7“

4.1.3. Техно економска анализа губитака електричне енергије у трансформатору СТС „Лугавчина 8“

Трансформатор је снаге од 250kVA, произвођач је Минел. Подаци који се користе у овој анализи су подаци добијени мерењем утрошене електричне енергије која је прошла кроз трансформатор, електричне енергије која је евидентирана као утрошена тј. наплата на основу карактеристика трансформатора које је произвођач прописао, и на тај начин се врши прорачун техничких губитке електричне енергије код трансформатора. Анализа се ради са циљем упоређивања постојећег трансформатора са енергетски ефикасним трансформатором који је конструисан за



„снижене губитке“. Као у предходним случајевима, прво се анализирају губици е.е. који се јављају у гвожђу трансформатора.

Из табеле електричних карактеристика трансформатора које је произвођач прописао, у овом случају то је „Минел Трафо“ [33] могу се израчунати губици е.е. који се јављају у гвожђу и бакру услед номиналног оптерећења, максимална енергија која може протећи кроз трансформатор и добијене вредности упоредити са карактеристикама енергетски ефикасног трансформатора. Из табеле електричних карактеристика стоји податак да су губици у гвожђу за трансформатор који анализирамо (250kVA) 650W. У табели 21 приказани су резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у гвожђу.

$$P_{Fe} = 650W$$

	Дневни губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Годишњи губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Просечни месечни губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Губици у гвожђу за просечан радни век трансформатора (40 год.) $P_{fe}(kWh)$
Номинални губици у гвожђу трансформатора $P_{fe} = 650W$	15,60	474,5	5694	227760

Таб.22 Резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираног трансформатора

Због губитака у мрежи купцима се налаже да свој $\cos\varphi$ држе на 0,95⁰. На основу овог податка може се израчунати максимална активна енергија која може протећи кроз трансформатор за услов $I = I_{nom}$ (A).

$$S_{ts} = 250kVA$$

$$\cos\varphi = 0,95^0$$

$$P_{tn} = S_{ts} * \cos\varphi = 250kVA * 0,95\% = 237,5kW \quad (4.1.3.1)$$

$$P_{tn(mes)} = 237,5kW * 24h * 365dana / 12meseci = 173375kW \quad (4.1.3.2)$$

[33] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године.



Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga (kVA)	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec (2015 godina)
460370	Lugavčina 8	250	83	90,000.00	51,174.00	38,826.00	43.14	Januar
460370	Lugavčina 8	250	83	75,680.00	40,245.00	35,435.00	46.82	Februar
460370	Lugavčina 8	250	83	73,280.00	47,193.00	26,087.00	35.60	Mart
460370	Lugavčina 8	250	83	56,160.00	36,386.00	19,774.00	35.21	April
460370	Lugavčina 8	250	83	44,720.00	33,446.00	11,274.00	25.21	Maj
460370	Lugavčina 8	250	83	39,040.00	25,076.00	13,964.00	35.77	Jun
460370	Lugavčina 8	250	83	57,440.00	48,122.00	9,318.00	16.22	Jul
460370	Lugavčina 8	250	83	42,240.00	31,059.00	11,181.00	26.47	Avgust
460370	Lugavčina 8	250	84	45,520.00	38,841.00	6,679.00	14.67	Septembar
460370	Lugavčina 8	250	84	54,240.00	41,440.00	12,800.00	23.60	Oktobar
460370	Lugavčina 8	250	84	56,160.00	40,715.00	15,445.00	27.50	Novembar
460370	Lugavčina 8	250	84	67,600.00	48,616.00	18,984.00	28.08	Decembar

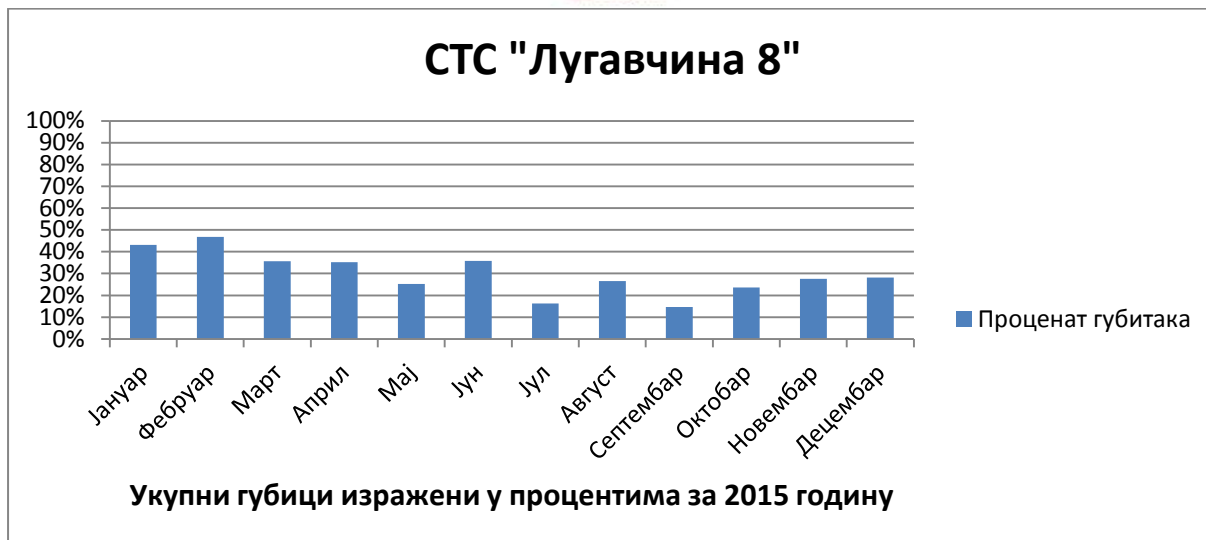
Збирни подаци 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga (kVA)	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec (2015 godina)
460370	Lugavčina 8	250	84	702,080.00	483,513.00	218,567.00	31.13	2015

Таб.23 Резултати мерење на СТС „Лугавчина 8“



Сл.23 Приказ мерење електричне енергије за СТС „Лугавчина 8“ изражени у kWh



Сл.24 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС „Лугавчина 8“

У наредном кораку су прорачунате вредности губитке електричне енергије код трансформатора који се јављају у бакру. Подаци који су коришћени у овој анализи су добијени мерењем протока електричне енергије кроз трансформатор и подаци из табеле електричних карактеристика „Минил-Трафо“ [34]

$$P_{Cun} = 4200W$$

$$P_{tn} = 237,5kW$$

$$P_{t(Jan)} = 90000kWh; \quad P_{t(Feb)} = 75680kWh; \quad P_{t(Mar)} = 73280kWh;$$

$$P_{t(April)} = 56160kWh; \quad P_{t(Maj)} = 44720kWh; \quad P_{t(Jun)} = 39040kWh;$$

$$P_{t(Jul)} = 57440kWh; \quad P_{t(Avg)} = 42240kWh; \quad P_{t(Sep)} = 45520kWh;$$

$$P_{t(Oct)} = 54240kWh; \quad P_{t(Nov)} = 56160kWh; \quad P_{t(Dec)} = 67600kWh;$$

У табели 23 приказани су резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају услед оптерећења постојећег трансформатора, односно приказани су губици у бакру трансформатора.

[34] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године.



Месец	Енергија трансформатора (P_t)kWh	Номинално оптерећење трансформатора (P_{tn})kW	Номинални губици у бакру трансформатора (P_{cun})W	Дневни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})W	Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Просечни Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Годишњи губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Губици у бакру у зависности од струје оптерећења за просечан радни век тр. (40 год.) (P_{cu})kWh
Јануар	90000	237,5	4200	1089,58	810,65	372,30	4467,63	178705,20
Фебруар	75680	237,5	4200	944,38	634,62			
Март	73280	237,5	4200	722,35	537,43			
Април	56160	237,5	4200	453,01	326,17			
Мај	44720	237,5	4200	269,02	200,15			
Јун	39040	237,5	4200	218,91	157,62			
Јул	57440	237,5	4200	443,82	330,20			
Август	42240	237,5	4200	240	178,56			
Септембар	45520	237,5	4200	297,62	214,29			
Октобар	54240	237,5	4200	395,74	294,43			
Новембар	56160	237,5	4200	453,01	326,17			
Децембар	67600	237,5	4200	614,71	457,34			

Таб.24 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру



Добијени резултати могу се упоредити са енергетски ефикасним трансформатором исте снаге који је конструисан са „сниженим губицима“ . Прво, могу се израчунати губици е.е. у гвожђу, односно губици у празном ходу трансформатора. Подаци су коришћени из табеле електричних карактеристика које је прописала фабрика „Минел Трафо“ [35]. У табели 24 приказани су резултати губитака електричне енергије енергетски ефикасног трансформатора који се јављају у гвожђу.

$$S_{ts} = 250kVA$$

$$P_{FenS} = 425W$$

	Дневни губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Годишњи губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Просечни месечни губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Губици у гвожђу за просечан радни век трансформатора (40 год.) $P_{feS}(kWh)$
Номинални губици у гвожђу трансформатора $P_{feS} = 650W$	10,20	310,25	3723	148920

Таб.25 Резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираног енергетски ефикасног трансформатора

За прорачун губитака у бакру, односно услед оптерећења трансформатора коришћени су подаци добијени прорачуном за просечно оптерећење постојећег трансформатора у СТС „Лугавчина 8“ и подаци из табеле електричних карактеристика „Минел Трафо“ [36].

$$S_{ts} = 250kVA, P_{CunS} = 2750W, P_{tn} = 237,5kW$$

$$P_{t(Jan)} = 90000kWh; \quad P_{t(Feb)} = 75680kWh; \quad P_{t(Mar)} = 73280kWh;$$

$$P_{t(April)} = 56160kWh; \quad P_{t(Maj)} = 44720kWh; \quad P_{t(Jun)} = 39040kWh;$$

$$P_{t(Jul)} = 57440kWh; \quad P_{t(Avg)} = 42240kWh; \quad P_{t(Sep)} = 45520kWh;$$

$$P_{t(Okt)} = 54240kWh; \quad P_{t(Nov)} = 56160kWh; \quad P_{t(Dec)} = 67600kWh;$$

У табели 25 приказани су резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају услед оптерећења енергетски ефикасног трансформатора, односно приказани су губици у бакру енергетски ефикасног трансформатора.

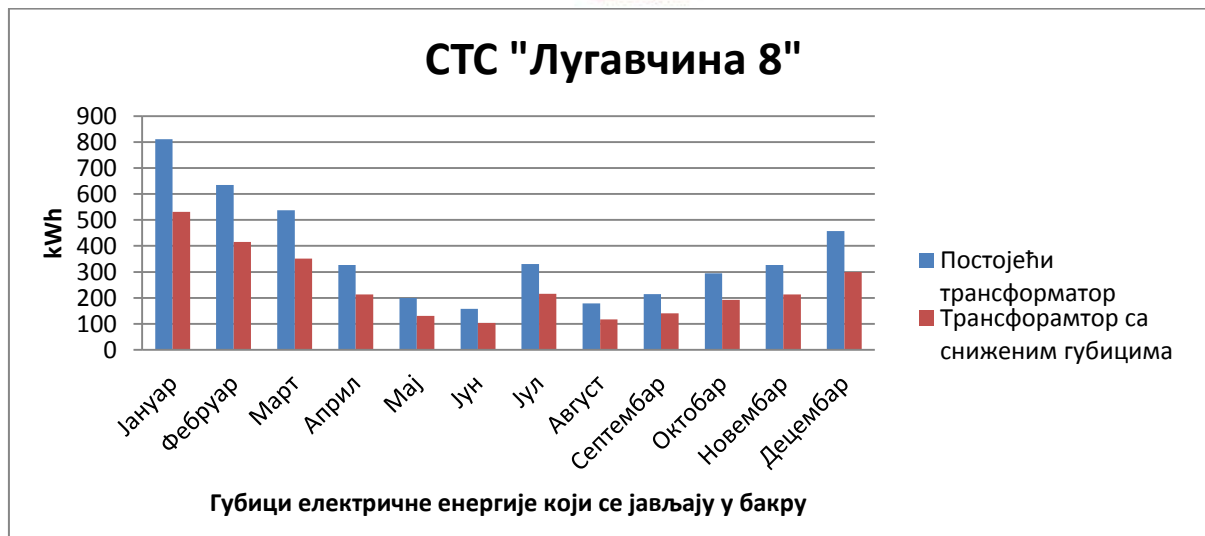
[35] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године

[36] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године



Месец	Енергија трансформатора (P_t)kWh	Номинално оптерећење трансформатора (P_{tn})kW	Номинални губици у бакру трансформатора (P_{cun})W	Дневни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})W	Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Просечни Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Годишњи губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Губици у бакру у зависности од струје оптерећења за просечан радни век тр. (40 год.) (P_{cu})kWh
Јануар	90000	237,5	2750	713,42	530,78	243,77	2925,24	117009,6
Фебруар	75680	237,5	2750	618,34	415,52			
Март	73280	237,5	2750	472,97	351,89			
Април	56160	237,5	2750	296,62	213,57			
Мај	44720	237,5	2750	176,14	131,05			
Јун	39040	237,5	2750	143,34	103,20			
Јул	57440	237,5	2750	290,59	216,20			
Август	42240	237,5	2750	157,15	116,92			
Септембар	45520	237,5	2750	194,87	140,31			
Октобар	54240	237,5	2750	259,12	192,78			
Новембар	56160	237,5	2750	296,62	213,57			
Децембар	67600	237,5	2750	402,49	299,45			

Таб.26 Добијени резултати губитака електричне енергије енергетски ефикасног трансформатора који се јављају у бакру



Сл.25 Разлика губитака електричне енергије која се јавља у бакру трансформатора

Након добијених података који се налазе у предходним табелама може се израчунати разлика губитака електричне енергије у киловатима између енергетски ефикасног трансформатора са „сниженим губицима“ и постојећег трансформатора у празном ходу, односно у гвожђу и услед оптерећења, односно у бакру. Резултати су приказани у табели 26.

Разлика губитака е.е. трансформатору	Разлика губитака е.е. у гвожђу трансформатора $P_{fe}-P_{feS}(kWh)$	Разлика губитака е.е. у бакру трансформатора $P_{cu}-P_{cuS}(kWh)$	Укупна разлика губитака е.е. у бакру и гвожђу трансформатора $P_{cu}+P_{fe}(kWh)$
Месечна разлика $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	164,25	128,53	292,78
Годишња разлика $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	1971	1542,39	3513,39
Разлика за просечан радни век трансформатора $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	78840	117009,6	140535,6

Таб.27 Разлика губитака електричне енергије у бакру и гвожђу трансформатора

На основу одлуке о трансферним ценама за обрачун трансакција учинака између Јавног предузећа „Електропривреда Србије“ као матичног и зависних привредних друштава, као и зависних привредних друштава међусобно бр. 08.01.-1.0.0.0.-32353/1



од 17.07.2015. године утврђена је цена губитака коју је дистрибуција у обавези да плати ЈП ЕПС. Утврђена цена је 4,971 din/kWh.[37]

На основу ове цене може се израчунати новчана разлика у губицима електричне енергије која се јавља при трансформацији у самом трансформатору између постојећег трансформатора и трансформатора са сниженим губицима. Новчани губици електричне енергије у динарима су приказани у табели 27.

Новчани губитака прозроковани губицима е.е. Који се јављају у трансформатору	Укупна разлика губитака е.е. у бакру и гвожђу трансформатора пута цена струје
Месечни новчани губици (динар)	2114,32
Годишњи новчани губици (динар)	25371,93
Новчани губици за просечан радни век трансформатора (40 год) (динар)	1014892,28

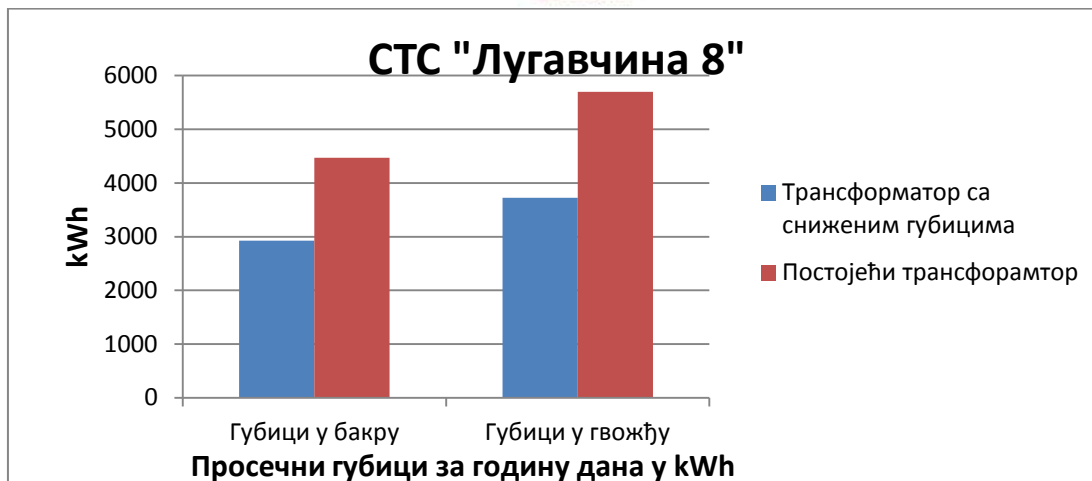
Таб.28 Новчана разлика губитака е.е. који се јављају код трансформатора

На сликама 26 и 27 приказане су разлике губитака електричне енергије који се јављају услед трансформације електричне енергије у самом трансформатору услед оптерећења, односно губици у бакру и константни губици који се јављају у гвожђу трансформатора.



Сл.26 Укупна разлика губитака ел. енергије у бакру и гвожђу трансформатора за просечан радни век трансформатора

[37] Одлука о трансферним ценама за обрачун трансакција учинка између Јавног предузећа „Електропривреда Србије“ као матичног и зависних привредних друштава, као и зависних привредних друштава међусобно, донета 16.07.2015. године



Сл.27 Посечни губици ел. енергије који се јављају у трансформатору за период од годину дана

Овај трансформатор је купљен и уграђен 2005 године, а његова тренутна цена из књиге основних средстава „Електродистрибуције Смедерево“ износи 372887,11 динара. [38] Просечан радни век трансформатора је око 40 година што значи да ће овај трансформатор ради још око 29 година. Ови подаци су потребни ради испитивања испалтивности замене постојећег трансформатора са енергетски ефикасним трансформатором. Цена трансформатора ове снаге (250kVA) конструисаног без снижених губитака износи 4000€, а цена трансформатора са „сниженим губицима“ износи 4620€. Цене трансформатора су конвертоване у динаре, а рачунато је по средњем курсу Народне банке Србије од 08.07.2016 године $1\text{€}=123,5127$.

Цена трансформатора **без снижених губитака** износи: $4000\text{€} \cdot 123,5127 \text{дин.} = 494050,80 \text{дин.}$

Цена трансформатора **са сниженим губицима** износи: $4620\text{€} \cdot 123,5127 \text{дин.} = 570628,67 \text{дин.}$

Разлика у цени између трансформатора **са сниженим губицима**, и трансформатора **без снижених губитака** износи: $570628,67 - 494050,80 = 76577,87$ динара

Ако овај трансформатор заменимо за трансформатор исте снаге, али са сниженим губицима, губици електричне енергије на годишњем нивоу би се смањили за 17465,06 динара. На основу ових података извршен је прорачун испалтивности инвестиције.

Цена трансформатора са сниженим губицима износи 570628,67 дин., а тренутна цена постојећег трансформатора износи 372887,11 дин. Следи да је:

$570628,67 - 372887,11 = 197741,56$ динара.

[38] Књига основних средстава „Електродистрибуције Смедерево“, стр. 518.



Годишњи разлика у губицима електричне енергије износи 17465,06 динара. Инвестиција би се исплатила кроз период од:

$197741,56/17465,06 = 11$ година 3 месеци и 27 дана.

Приликом куповине новог трансформатора треба изабрати трансформатор са сниженим губицима јер је разлика у цени само 76577,87 динара, а разлика у новчаним губицима електричне енергије за радни век трансформатора би износила 698599,48 динара. Ако садашњи трансформатор у овом тренутку заменимо, инвестиција би се исплатила кроз 11 година и 4 месеца, што је јако исплативо, с обзиром да је овај трансформатор стар 11 година а до краја свог радног века има још 29 година.



Сл.28 Изглед СТС „Лугавчина 8“

4.1.4. Техно економска анализа губитака електричне енергије у трансформатору СТС (решетка) „Лугавчина 4“

Трансформатор је снаге од 250kVA, произвођач је Минел. С обзиром да је већ анализиран трансформатор исте снаге истих карактеристика (СТС „Лугавчина 8“), а губици у празном ходу односно у гвожђу су константни добијени резултати се могу преписати. У табели 28 приказани су резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у гвожђу.



$$P_{Fe} = 650W$$

	Дневни губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Годишњи губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Просечни месечни губици у гвожђу трансформатора $P_{fe}(kWh)$	Губици у гвожђу за просечан радни век трансформатора (40 год.) $P_{fe}(kWh)$
Номинални губици у гвожђу трансформатора $P_{fe} = 650W$	15,60	474,5	5694	227760

Таб.29 Резултати прорачуна губитика електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираног трансформатора

Због губитака у мрежи купцима се налаже да свој $\cos\varphi$ држе на $0,95^0$. На основу овог податка може се израчунати максимална активна енергија која може протећи кроз трансформатор за услов $I = I_{nom} (A)$. Такође, и ови резултати се могу преписати, јер је већ анализиран трансформатор истих снага за (СТС „Лугавчина 8“).

$$S_{ts} = 250kVA$$

$$\cos\varphi = 0,95^0$$

$$P_{tn} = 237,5kW$$

$$P_{tn(mes)} = 173375kW$$

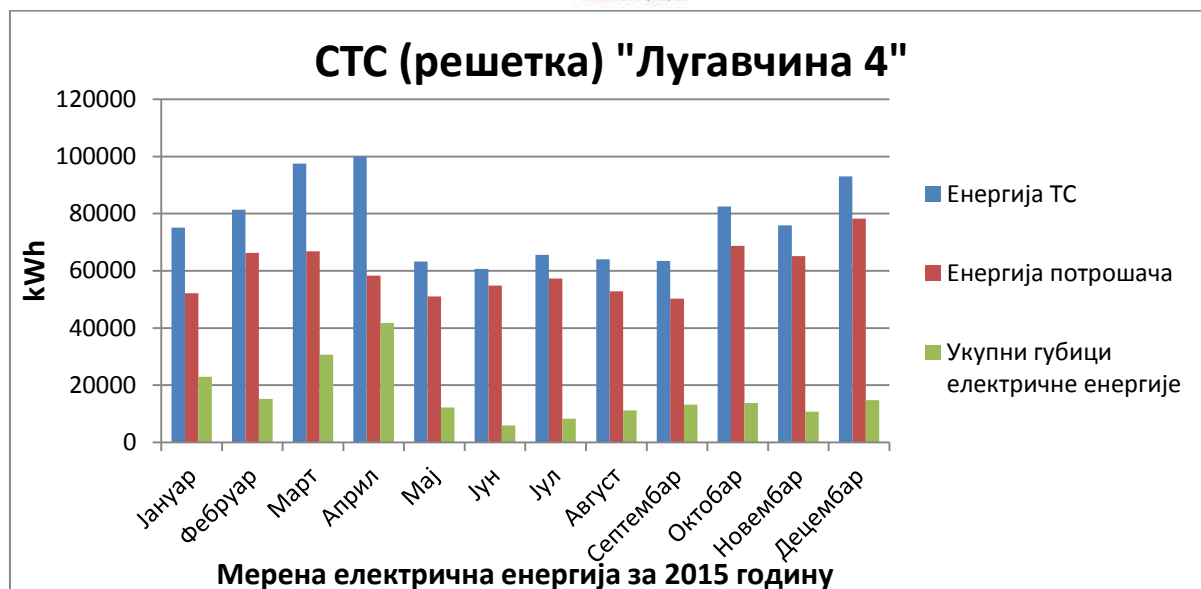
Максимална енергија која може протећи кроз трансформатор (250kVA) за месец дана је 173375kW.

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga (kVA)	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kwh)	Gubici(%)	Mesec (2015 godina)
460227	Lugavčina 4	250	153	75,121.00	52,195.00	22,926.00	30.52	Januar
460227	Lugavčina 4	250	153	81,425.00	66,230.00	15,195.00	18.66	Februar
460227	Lugavčina 4	250	153	97,530.00	66,881.00	30,649.00	31.42	Mart
460227	Lugavčina 4	250	153	99,990.00	58,280.00	41,710.00	41.71	April
460227	Lugavčina 4	250	154	63,254.00	51,063.00	12,191.00	19.27	Maj
460227	Lugavčina 4	250	154	60,720.00	54,795.00	5,925.00	9.76	Jun
460227	Lugavčina 4	250	154	65,600.00	57,290.00	8,310.00	12.67	Jul
460227	Lugavčina 4	250	154	64,080.00	52,888.00	11,192.00	17.47	Avгust
460227	Lugavčina 4	250	154	63,440.00	50,218.00	13,222.00	20.84	Septembar
460227	Lugavčina 4	250	154	82,480.00	68,691.00	13,789.00	16.72	Oktobar
460227	Lugavčina 4	250	155	75,920.00	65,170.00	10,750.00	14.16	Novembar
460227	Lugavčina 4	250	155	93,040.00	78,233.00	14,807.00	15.91	Decembar

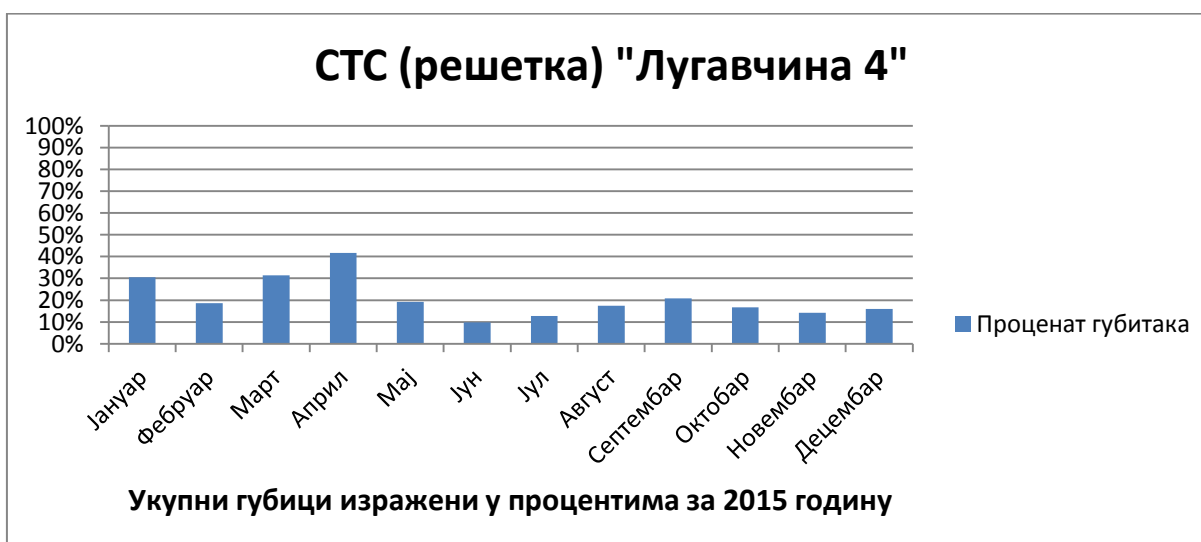
Збирни губици 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snagak VA	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kwh)	Gubici(%)	Godina
460227	Lugavčina 4	250	157	922,600.00	721,934.00	200,666.00	21.75	2015

Таб.30 Резултати мерење на СТС (решетка) „Лугавчина 4“



Сл.29 Приказ мерене електричне енергије за СТС(Решетка) „Лугавчина4“ изражени у kWh



Сл.30 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС (решетка) „Лугавчина 4“

У наредном кораку су прорачунате вредности губитке електричне енергије код трансформатора који се јављају у бакру. Подаци који су коришћени у овој анализи су добијени мерењем протока електричне енергије кроз трансформатор и подаци из табеле електричних карактеристика „Минил-Тrafo“ [39].

[39] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године.



$$P_{Cun} = 4200W$$

$$P_{t(Jan)} = 75121kWh; \quad P_{t(Feb)} = 81425kWh; \quad P_{t(Mar)} = 97530kWh;$$

$$P_{t(April)} = 99990kWh; \quad P_{t(Maj)} = 63254kWh; \quad P_{t(Jun)} = 60720kWh;$$

$$P_{t(Jul)} = 65600kWh; \quad P_{t(Avg)} = 64080kWh; \quad P_{t(Sep)} = 63440kWh;$$

$$P_{t(Oct)} = 82480kWh; \quad P_{t(Nov)} = 75920kWh; \quad P_{t(Dec)} = 93040kWh;$$

$$P_{tn} = 237,5kW$$

У табели 30 приказани су резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају услед оптерећења постојећег трансформатора, односно приказани су губици у бакру трансформатора.



Месец	Енергија трансформатора (P_t)kWh	Номинално оптерећење трансформатора (P_{tn})kW	Номинални губици у бакру трансформатора (P_{cun})W	Дневни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})W	Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Просечни Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Годишњи губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Губици у бакру у зависности од струје оптерећења за просечан радни век тр. (40 год.) (P_{cu})kWh
Јануар	75121	237,5	4200	759,10	564,77	616,99	7403,91	296156,4
Фебруар	81425	237,5	4200	1093,20	734,63			
Март	97530	237,5	4200	1279,54	951,98			
Април	99990	237,5	4200	1436,05	1033,96			
Мај	63254	237,5	4200	538,21	400,43			
Јун	60720	237,5	4200	529,57	381,29			
Јул	65600	237,5	4200	578,87	430,68			
Август	64080	237,5	4200	552,36	410,96			
Септембар	63440	237,5	4200	541,38	389,79			
Октобар	82480	237,5	4200	915,11	680,84			
Новембар	75920	237,5	4200	775,33	558,24			
Децембар	93040	237,5	4200	1164,44	866,34			

Таб.31 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру



Добијени резултати могу се упоредити са енергетски ефикасним трансформатором исте снаге који је конструисан са „сниженим губицима“ . Прво, могу се израчунати губици е.е. у гвожђу, односно губици у празном ходу трансформатора. Подаци су коришћени из табеле електричних карактеристика које је прописала фабрика „Минел Трафо“ [40]. С обзиром да се ради о трансформатору исте снаге који је анализиран на СТС „Лугавчина 8“ резултати губитака е.е. у гвожђу трансформатора могу се преписати. У табели 31 приказани су резултати губитака електричне енергије енергетски ефикасног трансформатора који се јављају у гвожђу.

$$S_{ts} = 250kVA$$

$$P_{FenS} = 425W$$

	Дневни губици у гвожђу трансформатора $P_{FeS}(kWh)$	Годишњи губици у гвожђу трансформатора $P_{FeS}(kWh)$	Просечни месечни губици у гвожђу трансформатора $P_{FeS}(kWh)$	Губици у гвожђу за просечан радни век трансформатора (40 год.) $P_{FeS}(kWh)$
Номинални губици у гвожђу трансформатора $P_{FeS} = 650W$	10,20	310,25	3723	148920

Таб.32 Резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираног енергетски ефикасног трансформатора

За прорачун губитака у бакру, односно услед оптерећења трансформатора користишћени су подаци добијени прорачуном за просечно оптерећење постојећег трансформатора у СТС (решетка) „Лугавчина 4“ и подаци из табеле електричних карактеристика „Минел Трафо“. [41]

$$S_{ts} = 250kVA, P_{CunS} = 2750W, P_{tn} = 237,5kW$$

$$P_{t(Jan)} = 75121kWh; \quad P_{t(Feb)} = 81425kWh; \quad P_{t(Mart)} = 97530kWh;$$

$$P_{t(April)} = 99990kWh; \quad P_{t(Maj)} = 63254kWh; \quad P_{t(Jun)} = 60720kWh;$$

$$P_{t(Jul)} = 65600kWh; \quad P_{t(Avg)} = 64080kWh; \quad P_{t(Sep)} = 63440kWh;$$

$$P_{t(Oct)} = 82480kWh; \quad P_{t(Nov)} = 75920kWh; \quad P_{t(Dec)} = 93040kWh;$$

У табели 32 приказани су резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају услед оптерећења енергетски ефикасног трансформатора, односно приказани су губици у бакру енергетски ефикасног трансформатора.

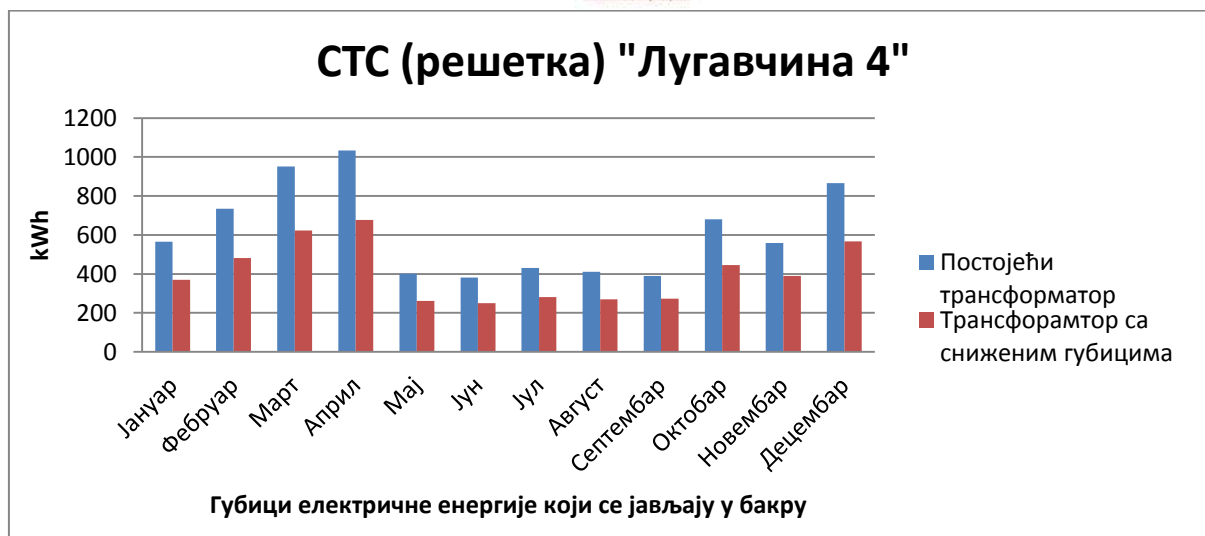
[40] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године

[41] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године.



Месец	Енергија трансформатора (P_t)kWh	Номинално оптерећење трансформатора (P_{tn})kW	Номинални губици у бакру трансформатора (P_{cun})W	Дневни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})W	Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Просечни Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Годишњи губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Губици у бакру у зависности од струје оптерећења за просечан радни век тр. (40 год.) (P_{cu})kWh
Јануар	75121	237,5	4200	497,03	369,79	407,49	4889,85	195594
Фебруар	81425	237,5	4200	715,78	481			
Март	97530	237,5	4200	837,79	623,32			
Април	99990	237,5	4200	940,27	676,99			
Мај	63254	237,5	4200	352,40	262,19			
Јун	60720	237,5	4200	346,74	249,65			
Јул	65600	237,5	4200	379,02	281,99			
Август	64080	237,5	4200	361,66	269,07			
Септембар	63440	237,5	4200	378,50	272,52			
Октобар	82480	237,5	4200	599,18	445,79			
Новембар	75920	237,5	4200	542,07	390,29			
Децембар	93040	237,5	4200	762,43	567,25			

Таб.33 Добијени резултати губитака електричне енергије енергетски ефикасног трансформатора који се јављају у бакру



Сл.31 Разлика губитака електричне енергије која се јавља у бакру трансформатора

Након добијених података који се налазе у предходним табелама извршена је анализа разлике губитака електричне енергије у киловатима између енергетски ефикасног трансформатора са „сниженим губицима“ и постојећег трансформатора у празном ходу, односно у гвожђу и услед оптерећења, односно у бакру. Резултати су приказани у табели 33.

Разлика губитака е.е. трансформатору	Разлика губитака е.е. у гвожђу трансформатора $P_{fe}-P_{feS}(kWh)$	Разлика губитака е.е. у бакру трансформатора $P_{cu}-P_{cuS}(kWh)$	Укупна разлика губитака е.е. у бакру и гвожђу трансформатора $P_{cu}+P_{fe}(kWh)$
Месечна разлика $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	164,25	209,5	373,75
Годишња разлика $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	1971	2514,06	4485,06
Разлика за просечан радни век трансформатора $P_{fer}, P_{cur}(kWh)$	78840	100562,4	179402,4

Таб.34 Разлика губитака електричне енергије у бакру и гвожђу трансформатора

На основу одлуке о трансферним ценама за обрачун трансакција учинака између Јавног предузећа „Електропривреда Србије“ као матичног и зависних привредних друштава, као и зависних привредних друштава међусобно бр. 08.01.-1.0.0.0.-32353/1



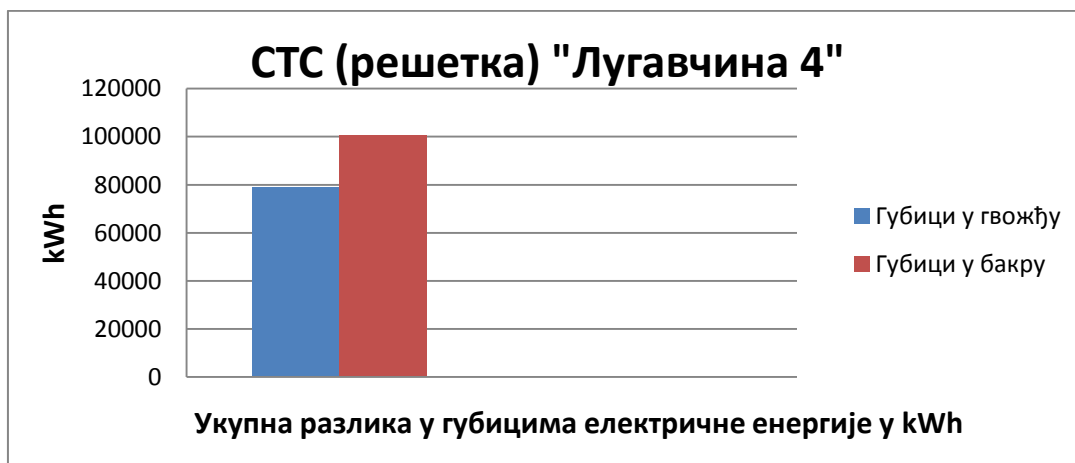
од 17.07.2015. године утврђена је цена губитака коју је дистрибуција у обавези да плати ЈП ЕПС. Утврђена цена је 4,971 din/kWh. [42]

На основу ове цене може се израчунати новчана разлика у губицима електричне енергије која се јавља при трансформацији у самом трансформатору између постојећег трансформатора и трансформатора са сниженим губицима. Новчани губици електричне енергије у динарима су приказани у табели 34..

Новчани губитака прозроковани губицима е.е. Који се јављају у трансформатору	Укупна разлика губитака е.е. у бакру и гвожђу трансформатора пута цена струје
Месечни новчани губици (динар)	1857,91
Годишњи новчани губици (динар)	22295,23
Новчани губици за просечан радни век трансформатора (40 год) (динар)	891809,33

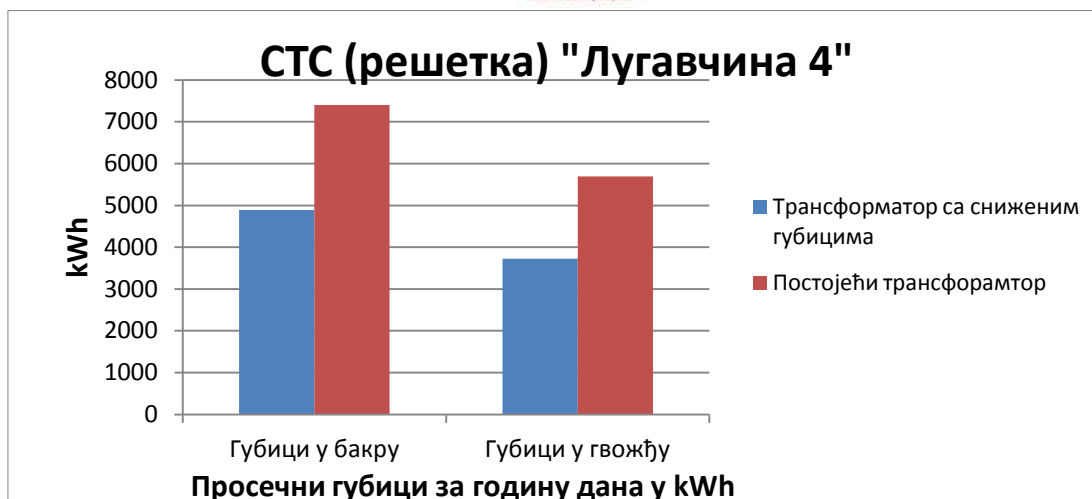
Таб.35 Новчана разлика губитака е.е. који се јављају код трансформатора

На сликама 33 и 34 приказане су разлике губитака електричне енергије који се јављају услед трансформације електричне енергије у самом трансформатору услед оптерећења, односно губици у бакру и константни губици који се јављају у гвожђу трансформатора.



Сл.32 Укупна разлика губитака ел. енергије у бакру и гвожђу трансформатора за просечан радни век трансформатора

[42] Одлука о трансферним ценама за обрачун трансакција учинка између Јавног предузећа „Електропривреда Србије“ као матичног и зависних привредних друштава, као и зависних привредних друштава међусобно, донета 16.07.2015. године



Сл.33 Посечни губици е.е. који се јављају у трансформатору за период од годину дана

Овај трансформатор је купљен и уграђен давне 1978 године, а његова тренутна цена из књиге основних средстава „Електродистрибуције Смедерево“ износи 100030,86 динара. [43] Просечан радни век трансформатора је око 40 година што значи да ће овај трансформатор ради још око 2 године. Ови подаци неопходни да би се испитала испалтивост замене постојећег трансформатора са трансформатором са сниженим губицима. Цена трансформатора ове снаге (250kVA) конструисаног без снижених губирака износи 4000€, а цена трансформатора са „сниженим губицима“ износи 4620€. Цене трансформатора су конвертоване у динарима, а рачуначунато је по средњем курсу Народне банке Србије од 08.07.2016 године $1\text{€}=123,5127$.

Цена трансформатора **без снижених губитака** износи: $4000\text{€} \cdot 123,5127 \text{дин.} = 494050,80 \text{дин.}$

Цена трансформатора **са сниженим губицима** износи: $4620\text{€} \cdot 123,5127 \text{дин.} = 570628,67 \text{дин.}$

Разлика у цени између трансформатора **са сниженим губицима**, и трансформатора **без снижених губитака** износи: $570628,67 - 494050,80 = 76577,87$ динара

Ако овај трансформатор заменимо за трансформатор исте снаге, али са сниженим губицима, губици електричне енергије на годишњем нивоу смањили би се за 22295,23 динара. На основу ових података извршена је анализа испалтивности инвестиције.

Цена трансформатора са сниженим губицима износи 570628,67 дин., а транутна цена постојећег трансформатора износи 372887,11 дин. Следи да је:

$570628,67 - 100030,86 = 470597,81$ динара.

[43] Књига основних средстава „Електродистрибуције Смедерево, стр. 25.



Годишњи разлика у губицима електричне енергије износи 22295,23 динара. Инвестиција би се исплатила кроз период од:

$470597,81/22295,23 = 21$ годину 1 месец и 10 дана.

Приликом куповине новог трансформатора треба изабрати трансформатор са сниженим губицима јер је разлика у цени само 76577,87 динара, а разлика у новчаним губицима електричне енергије за радни век трансформатора би износила 891809,33 динара. Ако садашњи трансформатор у овом тренутку заменимо, инвестиција би се исплатила кроз 21 годину и 1 месец, што није исплативо, с обзиром да је овај трансформатор стар 38 година а до краја свог радног века има још 2 године. Свакако да електродистрибуција планира да га замени у року од 2 године, па се не треба без планова бацати на трошак, али приликом куповине новог трансформатора треба одабрати трансформатор са сниженим губицима.



Сл.34 Изглед СТС (решетка) „Лугавчина 4“



4.2. Извод 2 из ТС 35/10kV „Лугавчина“ напаја ТС (кула) „Лугавчина 1“, ТС (кула) „Лугавчина 3“, МБТС „Лугавчина 6“

Други извод из трансформаторске станице „Лугавчина 35/10kV“ напаја три трансформатора 10/0,4kV. То су ТС (кула) „Лугавчина 1“, ТС (кула) „Лугавчина 3“ и МБТС „Лугавчина 6“. Овде се не бавмо прорачунима губитика електричне енергије јер су трансформатори које смо анализирали истих снага и приближних губитака. Свакако податке добијене мерењем електричне енергије за сва три трансформатора табеларно и графички су приказани, а то ће користити на крају да утврдимо да ли постоји могућност да се у летњим месецима кад је протрошња електричне енергије мања (то смо закључили на основу добијених мерених података) може искључити један трансформатор од 4000kVA из трансформаторске станице ТС „Лугавчина 35/10kV“ а да други трансформатор пеузме све трансформаторске станице тог конзума, пошто у ТС „Лугавчина 35/10kV“ постоје два трансформатора истих снага 4000kVA.

4.2.1. ТС (кула) „Лугавчина 1“

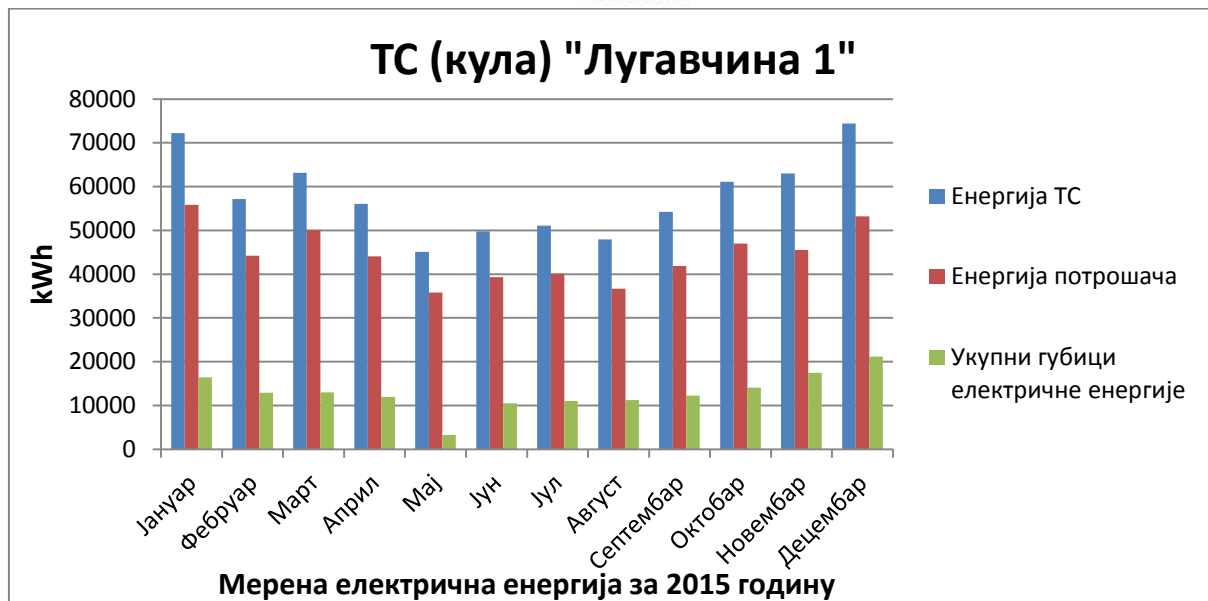
Трансформатор у ТС (кула) „Лугавчина 1“ је снаге од 250kVA. Електричне карактеристике овог трансформатора су исте као и код предходног од 250kVA за који су вршени прорачуни губитака електричне енергије (СТС (решетка) „Лугавчина 4“, СТС „Лугавчина 8“), јер се ради о истом произвођачу (Минел). У табели 12 приказане су мерење електричне величине за 2015 годину.

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec 2015 godina
460231	Lugavčina 1	250	104	72,250.00	55,846.00	16,404.00	22.70	Januar
460231	Lugavčina 1	250	104	57,130.00	44,220.00	12,910.00	22.60	Februar
460231	Lugavčina 1	250	104	63,120.00	50,093.00	13,027.00	20.64	Mart
460231	Lugavčina 1	250	104	56,090.00	44,089.00	12,001.00	21.40	April
460231	Lugavčina 1	250	104	45,100.00	35,826.00	9,274.00	20.56	Maj
460231	Lugavčina 1	250	104	49,800.00	39,308.00	10,492.00	21.07	Jun
460231	Lugavčina 1	250	104	51,100.00	40,088.00	11,012.00	21.55	Jul
460231	Lugavčina 1	250	104	47,950.00	36,673.00	11,227.00	23.41	Avgust
460231	Lugavčina 1	250	104	54,200.00	41,905.00	12,295.00	22.68	Septembar
460231	Lugavčina 1	250	104	61,080.00	47,023.00	14,057.00	23.01	Oktobar
460231	Lugavčina 1	250	104	63,000.00	45,530.00	17,470.00	27.73	Novembar
460231	Lugavčina 1	250	104	74,400.00	53,181.00	21,219.00	28.52	Decembar

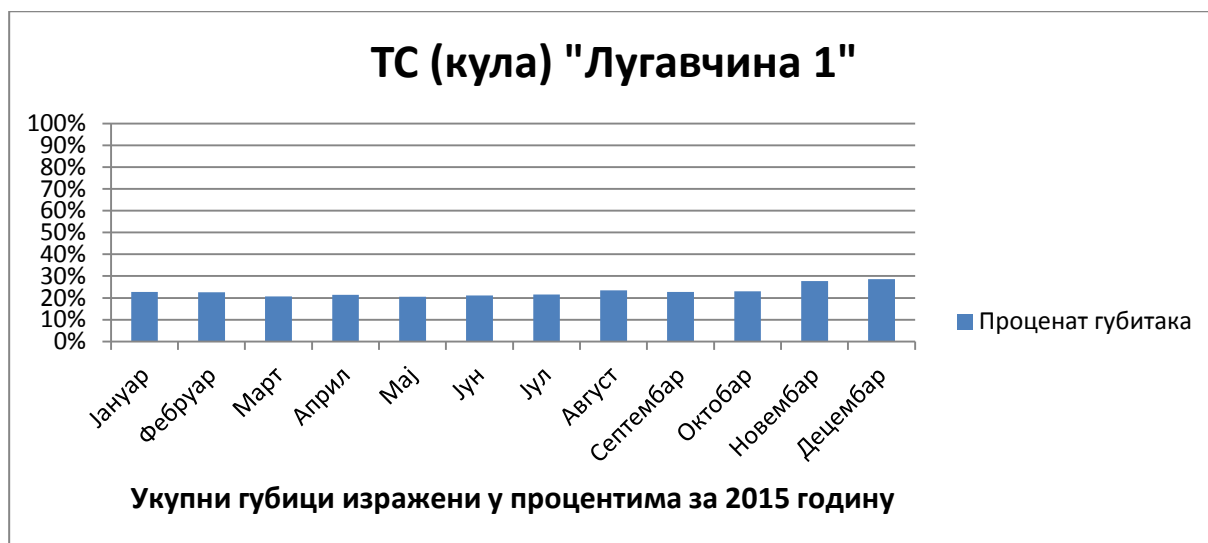
Збирни губици 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kWh)	Gubici(%)	Godina
460231	Lugavčina 1	250	104	695,220.00	533,782.00	161,438.00	23.22	2015

Таб.36 Резултати мерење на ТС (кула) „Лугавчина 1“



Сл.35 Приказ мерене електричне енергије за ТС(кула) „Лугавчина1“ изражени у kWh



Сл.36 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за ТС (кула) „Лугавчина1“



Сл.37 Изглед ТС (кула) „Лугавчина 1“

4.2.2. ТС (кула) „Лугавчина 3“

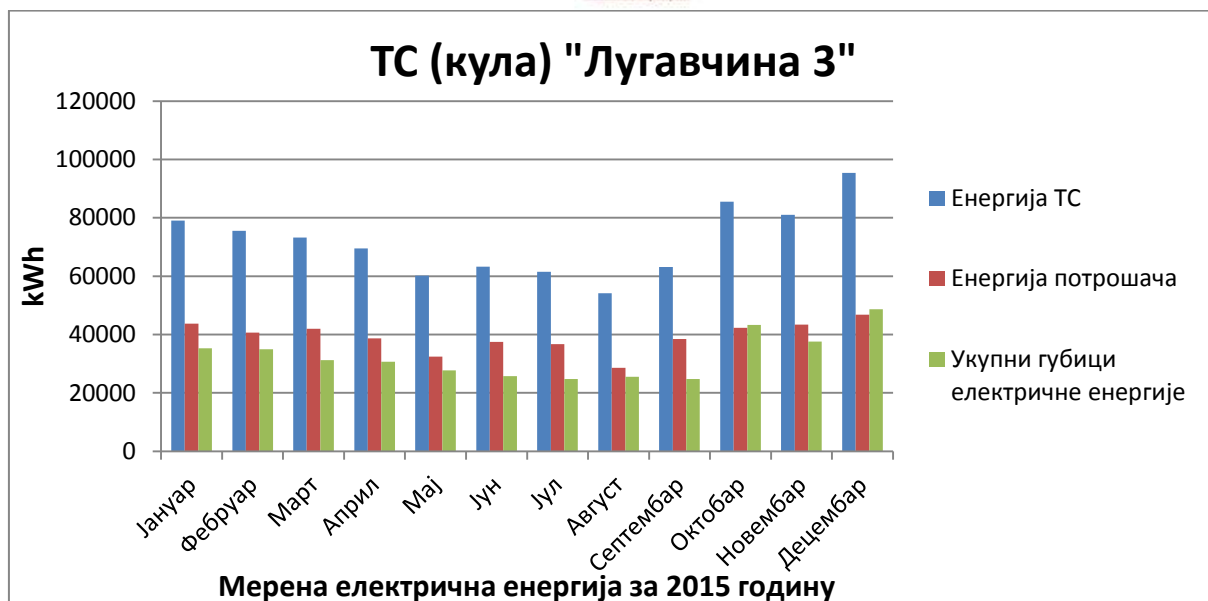
Трансформатор у ТС (кула) „Лугавчина 3“ је снаге од 160kVA. Електричне карактеристике овог трансформатора су дате у табели електричних карактеристика које је прописала фабрика трансформатора Минел. У табели 36 приказане су мерене електричне величине за 2015 годину.

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec 2015 godina
460229	Lugavčina 3	160	86	79,080.00	43,782.00	35,298.00	44.64	Januar
460229	Lugavčina 3	160	86	75,540.00	40,613.00	34,927.00	45.40	Februar
460229	Lugavčina 3	160	87	73,225.00	41,951.00	31,274.00	42.71	Mart
460229	Lugavčina 3	160	87	69,450.00	38,738.00	30,712.00	44.22	April
460229	Lugavčina 3	160	87	60,200.00	32,474.00	27,726.00	46.06	Maj
460229	Lugavčina 3	160	87	63,250.00	37,457.00	25,793.00	40.78	Jun
460229	Lugavčina 3	160	87	61,524.00	36,754.00	24,770.00	40.26	Jul
460229	Lugavčina 3	160	87	54,125.00	28,633.00	25,492.00	47.10	Avgust
460229	Lugavčina 3	160	87	63,145.00	38,441.00	24,704.00	39.12	Septembar
460229	Lugavčina 3	160	87	85,560.00	42,253.00	43,307.00	50.62	Oktobar
460229	Lugavčina 3	160	87	81,000.00	43,422.00	37,578.00	46.39	Novembar
460229	Lugavčina 3	160	87	95,400.00	46,762.00	48,638.00	50.98	Decembar

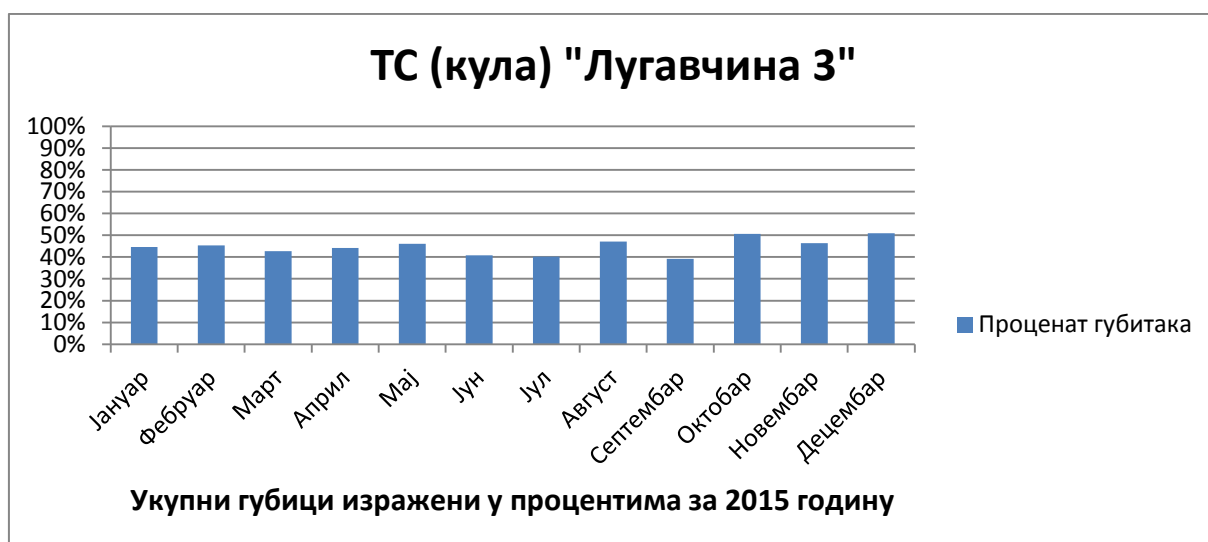
Збирни губици 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kWh)	Gubici(%)	Godina
460229	Lugavčina 3	160	87	804,599.00	471,280.00	333,319.00	41.43	2015

Таб.37 Резултати мерење на ТС (кула) „Лугавчина 3“



Сл.38 Приказ мерене електричне енергије за ТС(кула) „Лугавчина3“ изражени у kWh



Сл.39 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за ТС (кула) „Лугавчина3“



Сл.40 Изглед ТС (кула) „Лугавчина

4.2.3. МБТС „Лугавчина 6“

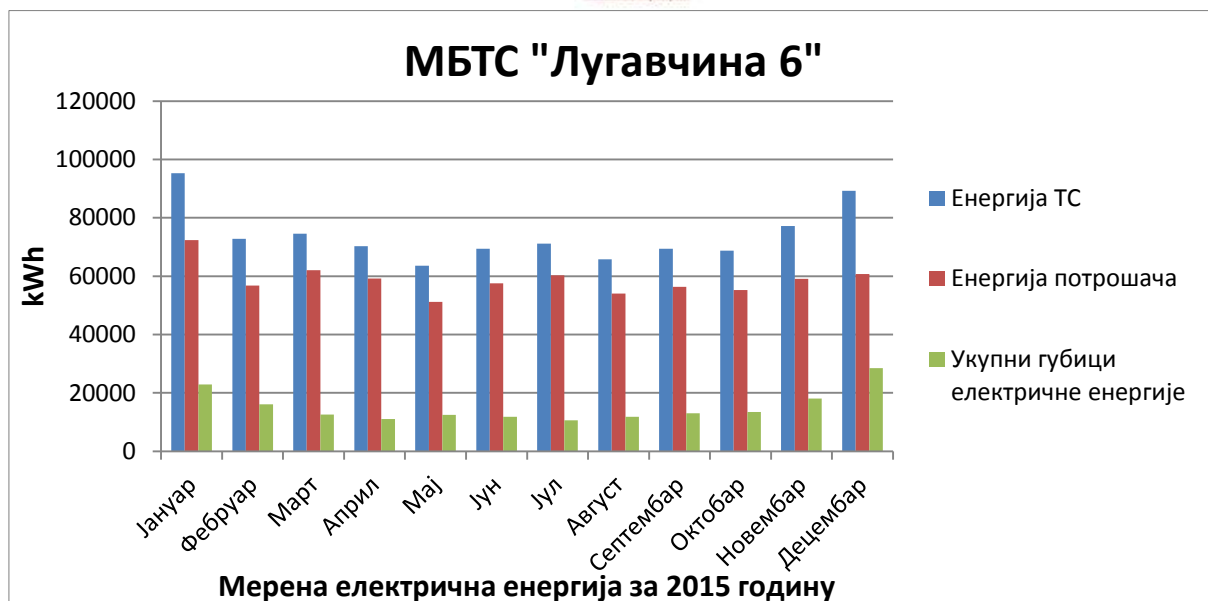
Трансформатор у МБТС „Лугавчина 6“ је снаге од 400kVA. Електричне карактеристике овог трансформатора су исте као и код предходног од 400kVA за који су вршени прорачуни губитака електричне енергије (МБТС „Лугавчина 2“, СТС „Лугавчина 7“), јер се ради о истом произвођачу Минел. У табели 37 приказане су мерене електричне величине за 2015 годину

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec 2015 godina
460230	Lugavčina 6	400	124	95,250.00	72,329.00	22,921.00	24.06	Januar
460230	Lugavčina 6	400	124	72,800.00	56,733.00	16,067.00	22.07	Februar
460230	Lugavčina 6	400	124	74,600.00	62,043.00	12,557.00	16.83	Mart
460230	Lugavčina 6	400	124	70,254.00	59,164.00	11,090.00	15.79	April
460230	Lugavčina 6	400	124	63,600.00	51,140.00	12,460.00	19.59	Maj
460230	Lugavčina 6	400	124	69,370.00	57,519.00	11,851.00	17.08	Jun
460230	Lugavčina 6	400	124	71,150.00	60,524.00	10,626.00	14.93	Jul
460230	Lugavčina 6	400	124	65,825.00	54,034.00	11,791.00	17.91	Avgust
460230	Lugavčina 6	400	125	69,410.00	56,352.00	13,058.00	18.81	Septembar
460230	Lugavčina 6	400	125	68,740.00	55,270.00	13,470.00	19.59	Oktobar
460230	Lugavčina 6	400	125	77,200.00	59,109.00	18,091.00	23.43	Novembar
460230	Lugavčina 6	400	125	89,200.00	60,733.00	28,467.00	31.91	Decembar

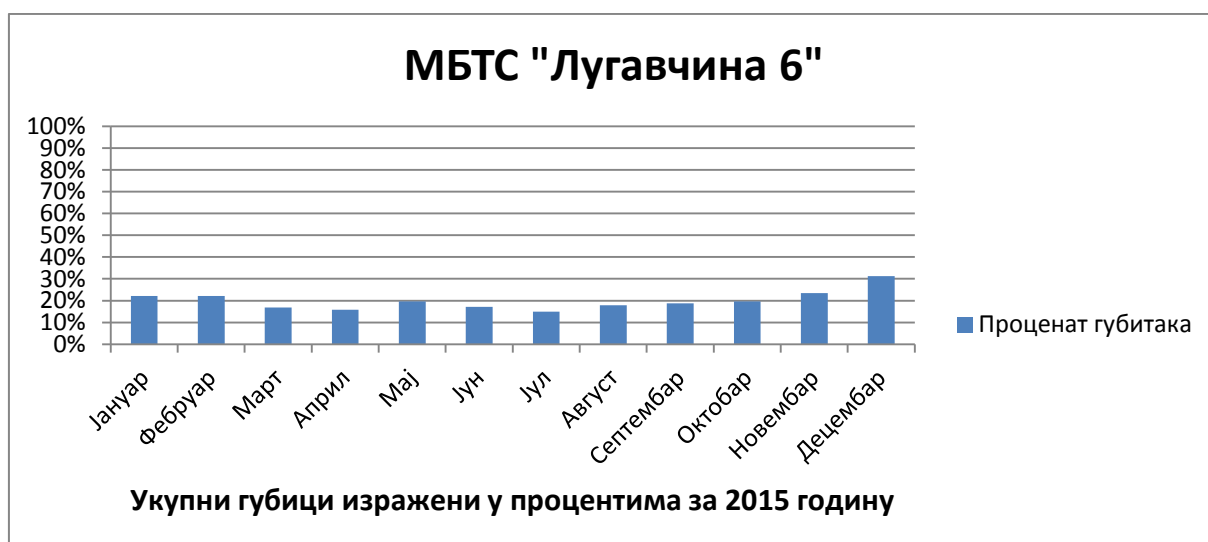
Збирни губици 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kWh)	Gubici(%)	Godina
460230	Lugavčina 6	400	125	887,399.00	704,950.00	182,449.00	20.56	2015

Таб.38 Резултати мерење на МБТС „Лугавчина 6“



Сл.41 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Лугавчина6“ изражени у kWh



Сл.42 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за МБТС „Лугавчина6“



Сл.43 Изглед МБТС „Лугавчина 6“

4.3. Извод 3 из ТС 35/10kV „Лугавчина“ напаја МБТС „Лугавчина 5“, ТС (кула) „Сараорци 1“, СТС (решетка) „Сараорци 2“, СТС (решетка) „Сараорци 3“, СТС (решетка) „Сараорци 4“, МБТС „Сараорци 5“, МБТС „Сараорци 6“ и МБТС „Сараорци 7“

Трећи извод из трансформаторске станице ТС „Лугавчина 35/10kV“ напаја осам трансформатора 10/0,4kV. То су МБТС „Лугавчина 5“, ТС (кула) „Сараорци 1“, СТС (решетка) „Сараорци 2“, СТС (решетка) „Сараорци 3“, СТС (решетка) „Сараорци 4“, МБТС „Сараорци 5“, МБТС „Сараорци 6“ и МБТС „Сараорци 7“. Такође и овде нису анализирани прорачунима губитика електричне енергије јер су трансформатори које смо анализирали истих снага, истих електричних карактеристика и приближних губитака. Свакако, податке добијене мерењем електричне енергије за сва три трансформатора табеларно и графички су приказани, јер ће користити на крају при анализи којом се утврђује да ли постоји могућност да се у летњим месецима кад је протрошња електричне енергије мања (то је закључено на основу добијених мерених података) може искључити један трансформатор од 4000kVA из трансформаторске станице ТС „Лугавчина 35/10kV“ а да други трансформатор пеузме све трансформаторске станице тог конзума, пошто у ТС „Лугавчина 35/10kV“ постоје два трансформатора истих снага 4000kVA. Искључењем једног од два трансформатора уштедеће се на губицима електричне енергије који се јављају у бакру и гвожђу трансформатора.



4.3.1. МБТС „Лугавчина 5“

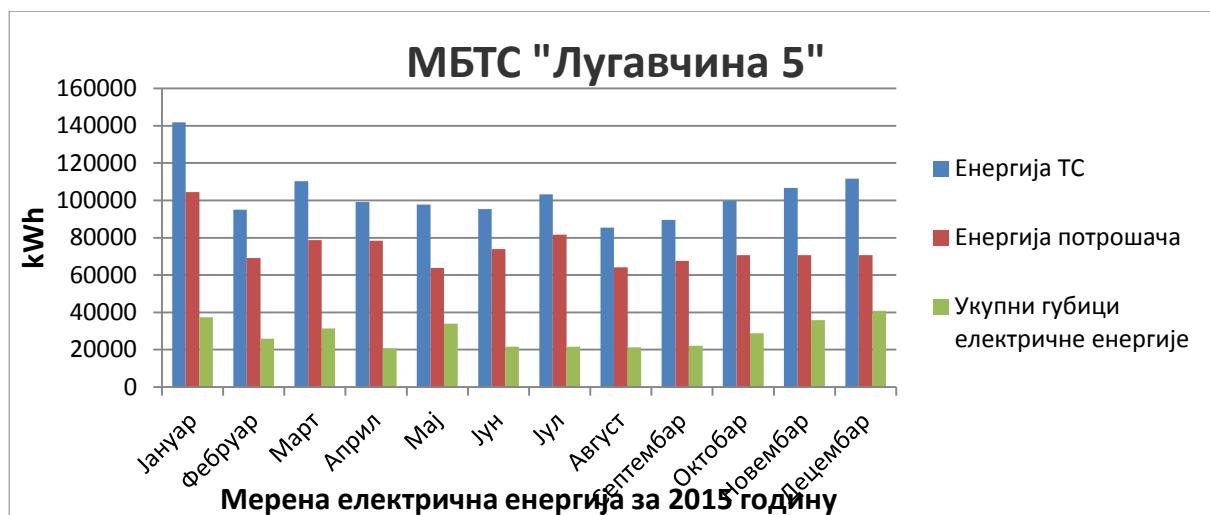
Трансформатор у МБТС „Лугавчина 5“ је снаге од 400kVA. Електричне карактеристике овог трансформатора су исте као и код предходног од 400kVA за који је вршен прорачун губитака електричне енергије (МБТС „Лугавчина 2“, СТС „Лугавчина 7“), јер се ради о истом произвођачу (Минел). У табели 38 приказане су мерене електричне величине за 2015 годину.

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec 2015 godina
460217	Lugavčina 5	400	220	141,800.00	104,380.00	37,420.00	26.39	Januar
460217	Lugavčina 5	400	220	95,000.00	69,058.00	25,942.00	27.31	Februar
460217	Lugavčina 5	400	220	110,200.00	78,765.00	31,435.00	28.52	Mart
460217	Lugavčina 5	400	221	99,200.00	78,419.00	20,781.00	20.95	April
460217	Lugavčina 5	400	221	97,800.00	63,752.00	34,048.00	34.81	Maj
460217	Lugavčina 5	400	221	95,420.00	73,857.00	21,563.00	22.60	Jun
460217	Lugavčina 5	400	223	103,250.00	81,581.00	21,669.00	20.97	Jul
460217	Lugavčina 5	400	223	85,400.00	64,092.00	21,308.00	24.95	Avgust
460217	Lugavčina 5	400	224	89,600.00	67,494.00	22,106.00	24.67	Septembar
460217	Lugavčina 5	400	225	99,600.00	70,696.00	28,904.00	29.02	Oktobar
460217	Lugavčina 5	400	225	106,600.00	70,687.00	35,913.00	33.69	Novembar
460217	Lugavčina 5	400	227	111,600.00	70,702.00	40,898.00	36.65	Decembar

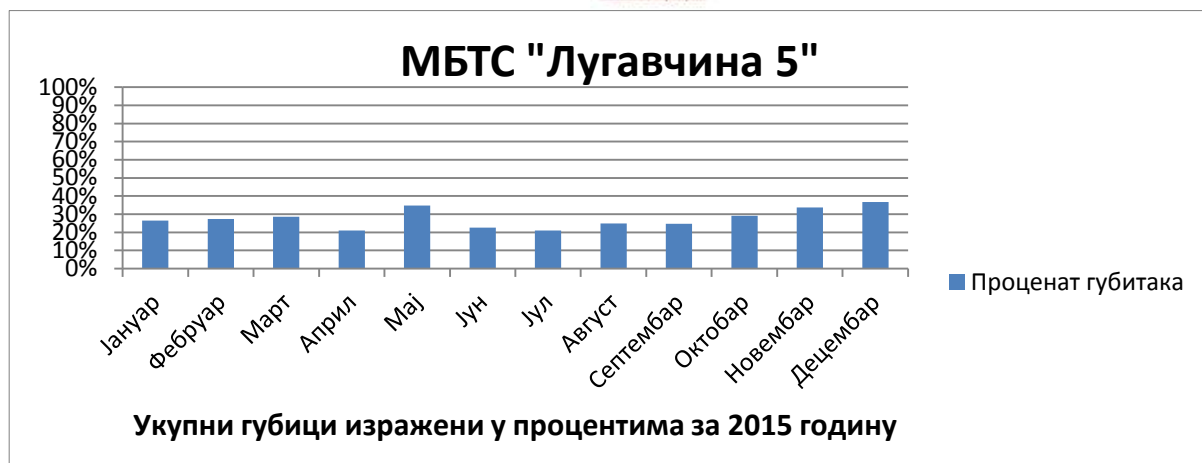
Збирни губици 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kWh)	Gubici(%)	Godina
460217	Lugavčina 5	400	227	1,235,470.00	893,483.00	341,987.00	27.68	2015

Таб.39 Резултати мерење на МБТС „Лугавчина 5“



Сл.44 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Лугавчина 5“ изражени у kWh



Сл.45 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за МБТС „Лугавчина5“



Сл.46 Изглед МБТС „Лугавчине 5“

4.3.2. ТС (кула) „Сараорци 1“

Трансформатор у ТС (кула) „Сараорци 1“ је снаге од 400kVA. Електричне карактеристике овог трансформатора су исте као и код предходног од 400kVA за који је вршен прорачун губитака електричне енергије (МБТС „Лугавчина 2“, СТС „Лугавчина 7“), јер се ради о истом произвођачу (Минел). У табели 39 приказане су мерене електричне величине за 2015 годину.

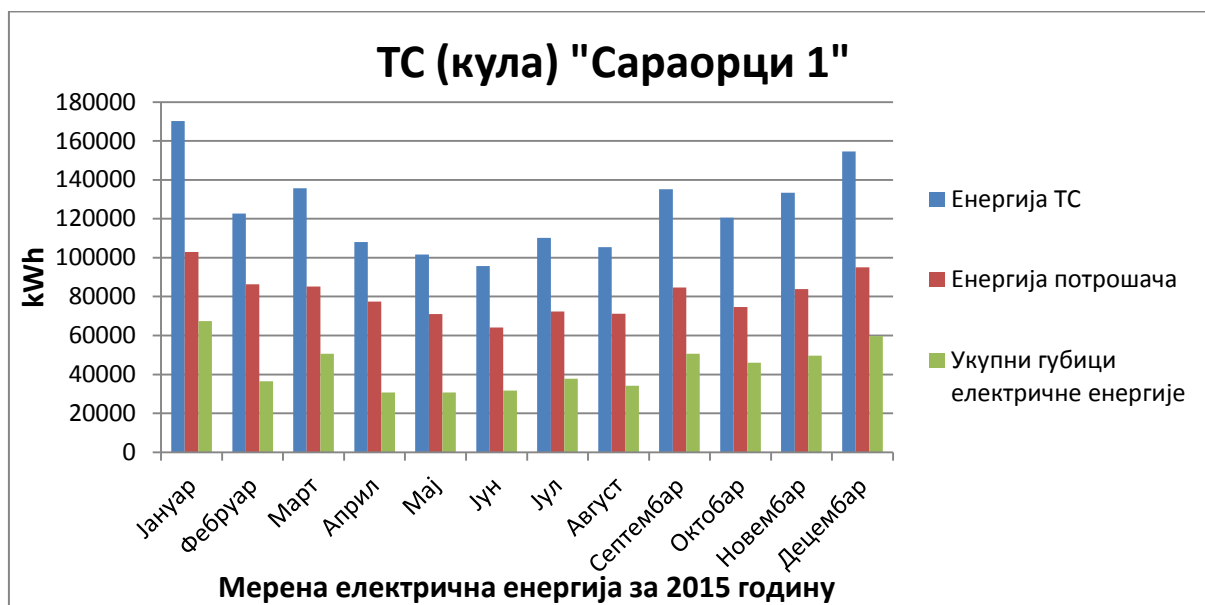


Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec 2015 godina
460221	Saraorci 1	400	207	170,278.00	102,855.00	67,423.00	39.60	Januar
460221	Saraorci 1	400	205	122,720.00	86,279.00	36,441.00	29.69	Februar
460221	Saraorci 1	400	203	135,741.00	85,103.00	50,638.00	37.30	Mart
460221	Saraorci 1	400	202	108,099.00	77,400.00	30,699.00	28.40	April
460221	Saraorci 1	400	202	101,600.00	70,954.00	30,646.00	30.16	Maj
460221	Saraorci 1	400	202	95,730.00	64,100.00	31,630.00	33.04	Jun
460221	Saraorci 1	400	202	110,220.00	72,359.00	37,861.00	34.35	Jul
460221	Saraorci 1	400	202	105,375.00	71,163.00	34,212.00	32.47	Avgust
460221	Saraorci 1	400	202	135,142.00	84,660.00	50,542.00	37.40	Septembar
460221	Saraorci 1	400	201	120,550.00	74,612.00	45,938.00	38.11	Oktobar
460221	Saraorci 1	400	200	133,440.00	83,885.00	49,555.00	37.14	Novembar
460221	Saraorci 1	400	200	154,640.00	94,959.00	59,681.00	38.59	Decembar

Збирни губици 2015 године

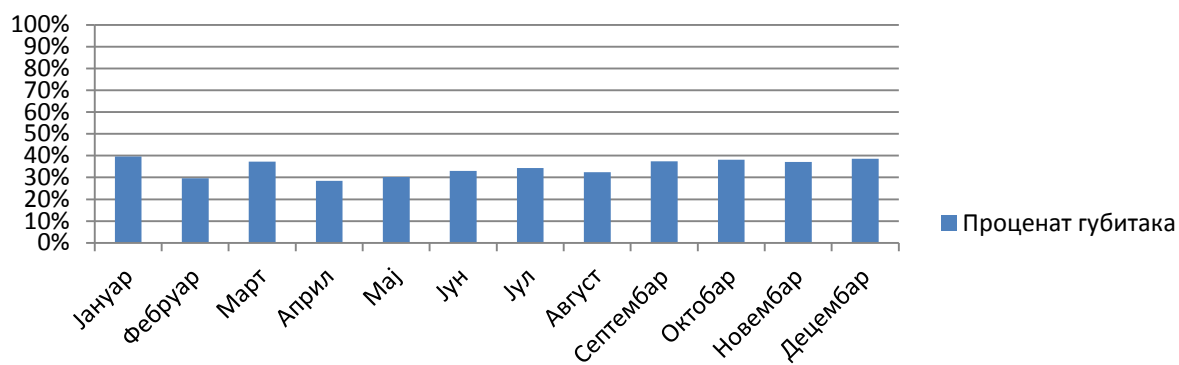
Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kwh)	Gubici(%)	Godina
460221	Saraorci 1	400	200	1,493,535.00	968,329.00	525,206.00	35.16	2015

Таб.40 Резултати мерење на ТС (кула) „Сараорци 1“



Сл.47 Приказ мерење електричне енергије за ТС (кула) „Сараорци 1“ изражени у kWh

ТС (кула) "Сараорци 1"



Укупни губици изражени у процентима за 2015 годину

Сл.48 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за ТС (кула) „Сараорци 1“



Сл.49 Изглед ТС (кула) „Сараорци 1“



4.3.3. CTC (решетка) „Сараорци 2“

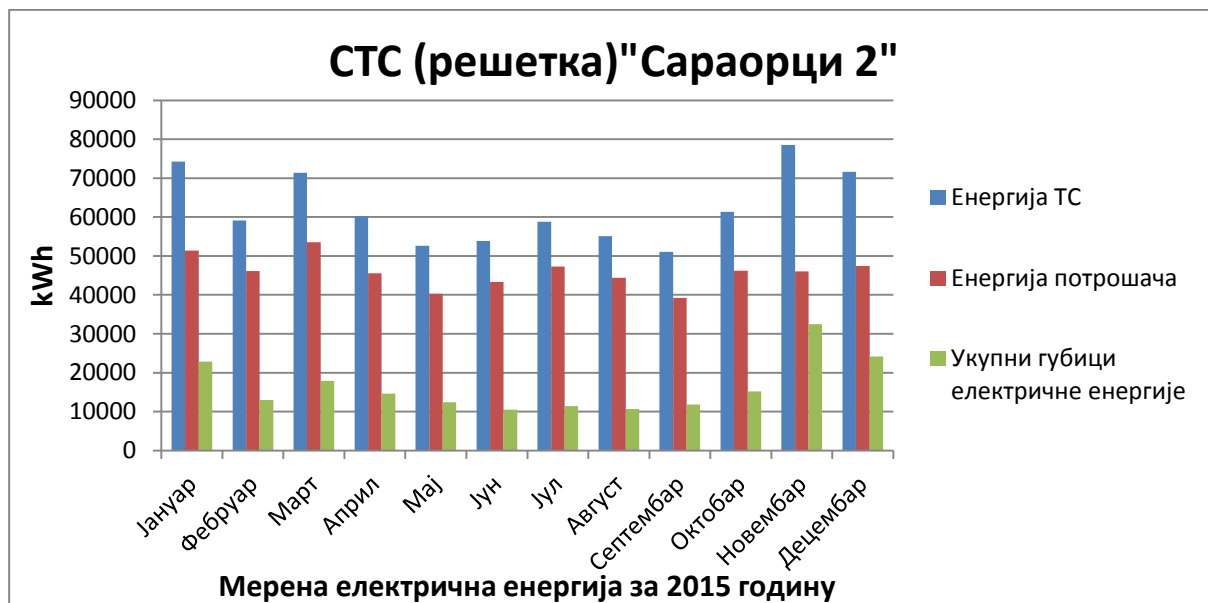
Трансформатор у ТС „Сараорци2“ је снаге од 160kVA. Електричне карактеристике овог трансформатора су такође дате у табели електричних карактеристика које је прописала фабрика трансформатора Минел. У табели 40 приказане су мерене електричне величине за 2015 годину.

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec 2015 godina
460219	Saraorci 2	160	108	74.280,00	51.413,00	22.867,00	30,78	Januar
460219	Saraorci 2	160	109	59.080,00	46.082,00	12.998,00	22	Februar
460219	Saraorci 2	160	109	71.395,00	53.492,00	17.903,00	25,08	Mart
460219	Saraorci 2	160	109	60.150,00	45.532,00	14.618,00	24,3	April
460219	Saraorci 2	160	109	52.635,00	40.275,00	12.360,00	23,48	Maj
460219	Saraorci 2	160	110	53.850,00	43.333,00	10.517,00	19,9	Jun
460219	Saraorci 2	160	110	58.760,00	47.294,00	11.446,00	19,51	Jul
460219	Saraorci 2	160	110	55.100,00	44.402,00	10.698,00	19,42	Avgust
460219	Saraorci 2	160	110	51.050,00	39.232,00	11.818,00	23,15	Septembar
460219	Saraorci 2	160	110	61.360,00	46.179,00	15.181,00	24,74	Oktobar
460219	Saraorci 2	160	110	78.560,00	46.063,00	32.497,00	41,37	Novembar
460219	Saraorci 2	160	110	71.600,00	47.445,00	24.155,00	33,74	Decembar

Збирни губици 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kWh)	Gubici(%)	Godina
460219	Saraorci 2	160	110	747.820,00	550.742,00	197.078,00	26,35	2015

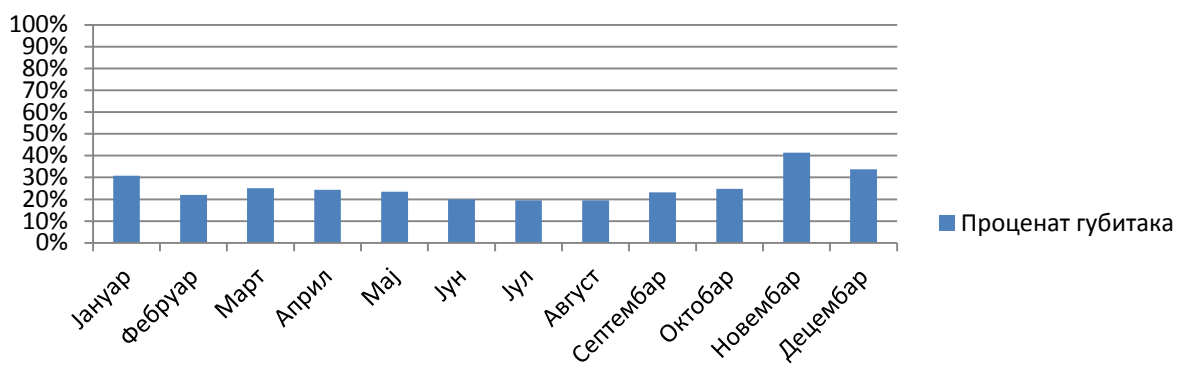
Таб.41 Резултати мерење на CTC (решетка) „Сараорци 2“



Сл.50 Приказ мерене електричне енергије за CTC (решетка) „Сараорци 2“ изражени у kWh



СТС (решетка) "Сараорци 2"



Укупни губици изражени у процентима за 2015 годину

Сл.51 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС (решетка) „Сараорци 2“



Сл.52 Изглед СТС (решетка) „Сараорци 2“



4.3.4. CTC (решетка) „Сараорци 3“

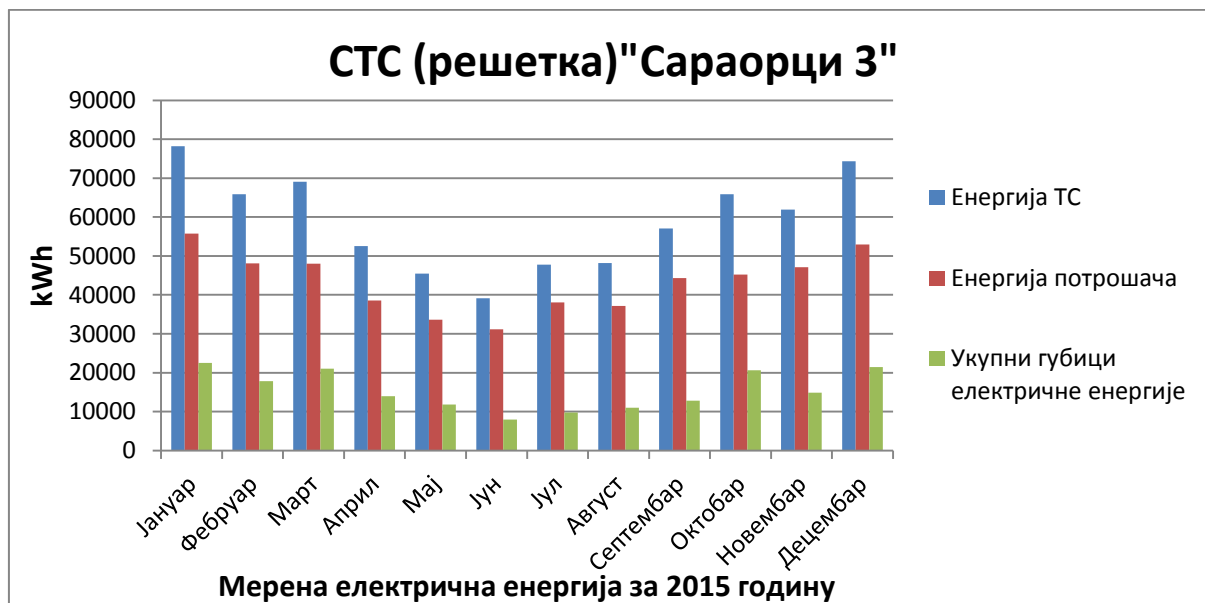
Трансформатор у CTC (решетка) „Сараорци 3“ је снаге од 160kVA. Електричне карактеристике овог трансформатора су такође дате у табели електричних карактеристика које је прописала фабрика трансформатора Минел. У табели 41 приказане су мерење електричне величине за 2015 годину.

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec 2015 godina
460220	Saraorci 3	160	94	78.200,00	55.722,00	22.478,00	28,74	Januar
460220	Saraorci 3	160	94	65.890,00	48.099,00	17.791,00	27	Februar
460220	Saraorci 3	160	94	69.100,00	48.049,00	21.051,00	30,46	Mart
460220	Saraorci 3	160	94	52.500,00	38.568,00	13.932,00	26,54	April
460220	Saraorci 3	160	94	45.450,00	33.626,00	11.824,00	26,01	Maj
460220	Saraorci 3	160	94	39.130,00	31.189,00	7.941,00	20,29	Jun
460220	Saraorci 3	160	94	47.800,00	38.028,00	9.772,00	20,44	Jul
460220	Saraorci 3	160	94	48.200,00	37.178,00	11.022,00	22,87	Avgust
460220	Saraorci 3	160	94	57.080,00	44.304,00	12.776,00	22,38	Septembar
460220	Saraorci 3	160	94	65.840,00	45.197,00	20.643,00	31,35	Oktobar
460220	Saraorci 3	160	94	61.920,00	47.096,00	14.824,00	23,94	Novembar
460220	Saraorci 3	160	94	74.320,00	52.909,00	21.411,00	28,81	Decembar

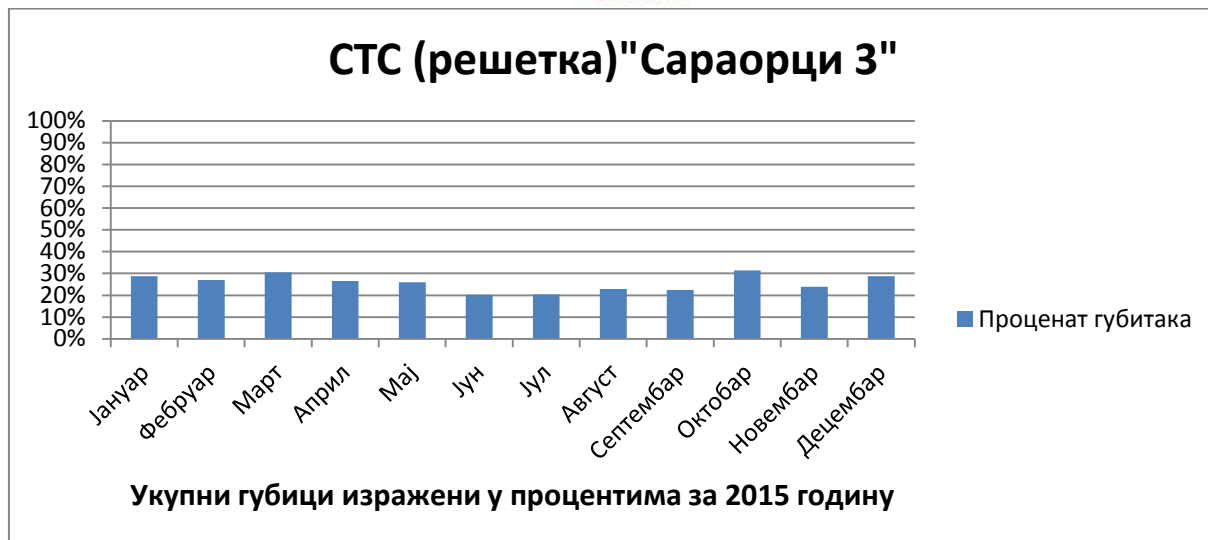
Збирни губици 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kWh)	Gubici(%)	Godina
460220	Saraorci 3	160	94	705.430,00	519.965,00	185.465,00	26,29	2015

Таб.42 Резултати мерење на CTC (решетка) „Сараорци 3“



Сл.53 Приказ мерење електричне енергије за CTC (решетка) „Сараорци 3“ изражени у kWh



Сл.54 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС (решетка) „Сараорци 3“



Сл.55 Изглед СТС (решетка) „Сараорци 3“



4.3.5. CTC (решетка) „Сараорци 4“

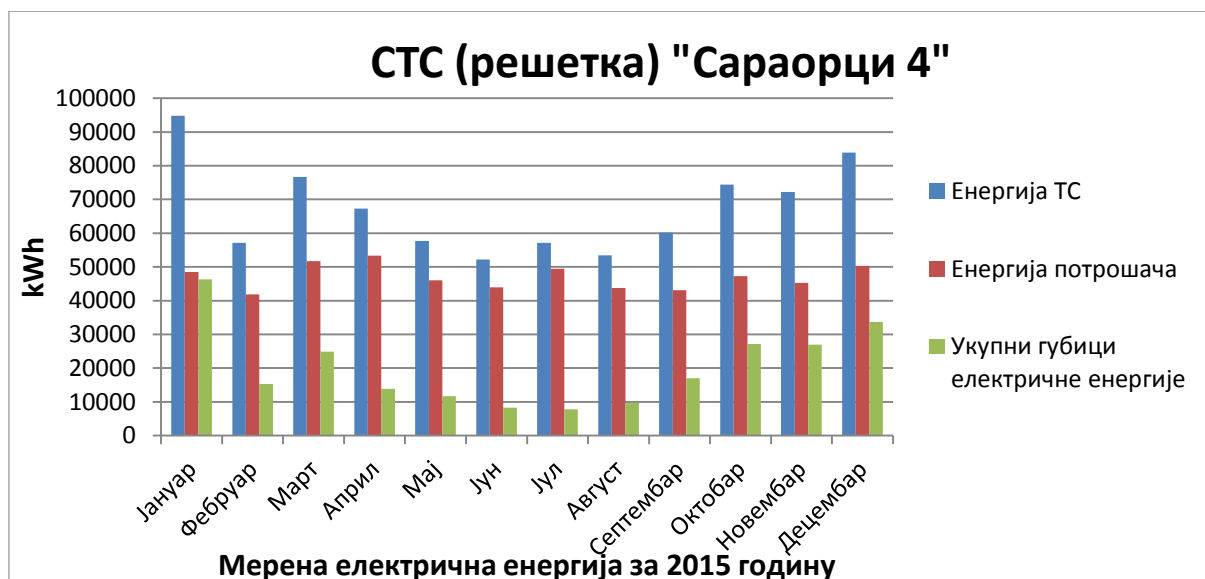
Трансформатор у CTC (решетка) „Сараорци 4“ је снаге од 250kVA. Електричне карактеристике овог трансформатора су исте као и код предходног од 250kVA за који је вршен прорачун губитака електричне енергије (CTC (решетка) „Лугавчина 4“, CTC „Лугавчина 8“), јер се ради о истом произвођачу Минел. У табели 42 приказане су мерене електричне величине за 2015 годину.

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec 2015 godina
460225	Saraorci 4	250	115	94,800.00	48,496.00	46,304.00	48.84	Januar
460225	Saraorci 4	250	115	57.100,00	41,817.00	15.283,00	26,76	Februar
460225	Saraorci 4	250	115	76.640,00	51,745.00	24.895,00	32,48	Mart
460225	Saraorci 4	250	115	67.280,00	53,376.00	13.904,00	20,67	April
460225	Saraorci 4	250	115	57.680,00	46,002.00	11,678.00	20.25	Maj
460225	Saraorci 4	250	115	52.220,00	43,914.00	8.306,00	15,91	Jun
460225	Saraorci 4	250	115	57.170,00	49,398.00	7.772,00	13,59	Jul
460225	Saraorci 4	250	115	53.430,00	43,711.00	9.719,00	18,19	Avгуст
460225	Saraorci 4	250	115	60.120,00	43,113.00	17.007,00	28,29	Septembar
460225	Saraorci 4	250	115	74,400.00	47,224.00	27,176.00	36.53	Oktobar
460225	Saraorci 4	250	115	72,240.00	45,286.00	26,954.00	37.31	Novembar
460225	Saraorci 4	250	115	83,920.00	50,249.00	33,671.00	40.12	Decembar

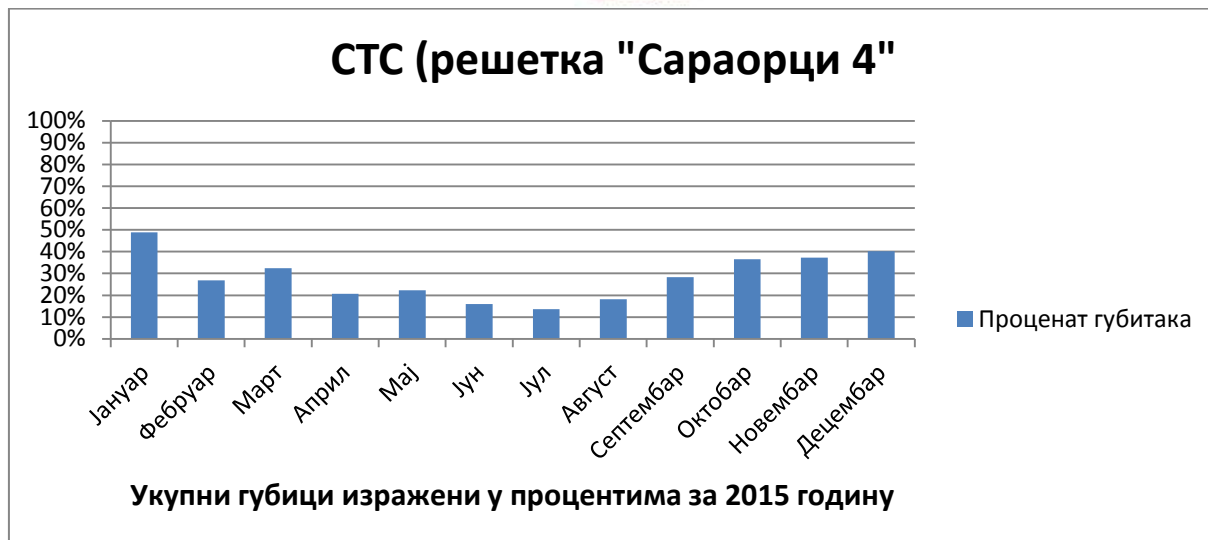
Збирни губици 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kWh)	Gubici(%)	Godina
460225	Saraorci 4	250	115	807.000,00	564.331,00	242.669,00	30,07	2015

Таб.43 Резултати мерење на CTC (решетка) „Сараорци 4“



Сл.56 Приказ мерене електричне енергије за CTC (решетка) „Сараорци 4“ изражени у kWh



Сл.57 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС (решетка) „Сараорци 4“



Сл.58 Изглед СТС (решетка) „Сараорци 4“



4.3.6. МБТС „Сараорци 5“

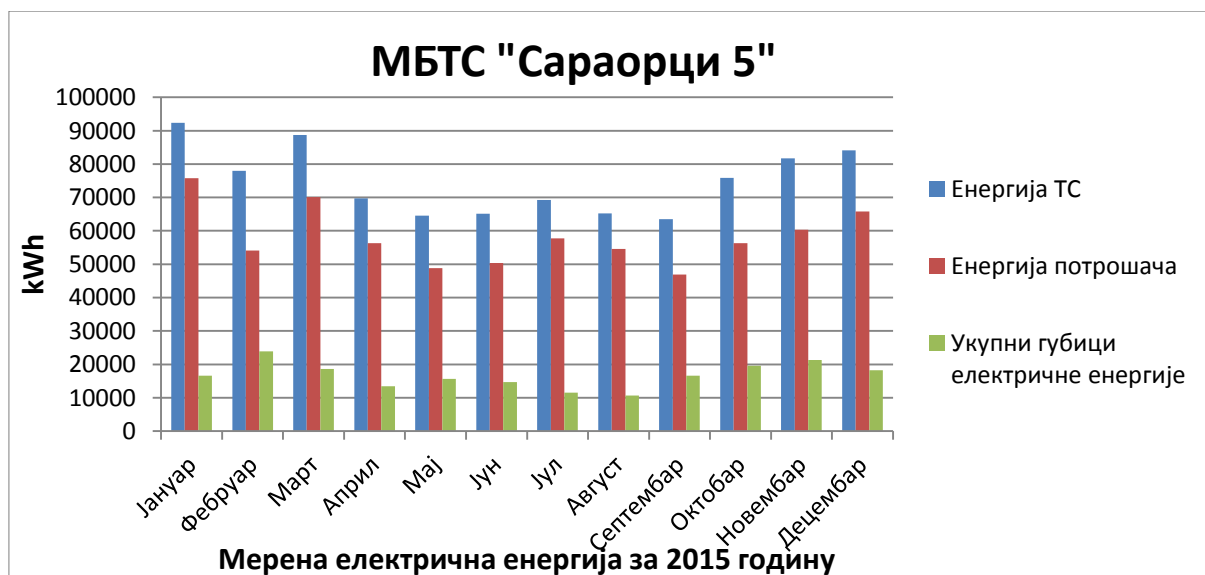
Трансформатор у МБТС „Сараорци 5“ је снаге од 250kVA. Електричне карактеристике овог трансформатора су исте као и код предходног од 250kVA за који је вршен прорачун губитака електричне енергије (СТС (решетка) „Лугавчина 4“, СТС „Лугавчина 8“), јер се ради о истом произвођачу Минел. У табели 43 приказане су мерене електричне величине за 2015 годину.

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec 2015 godina
460222	Saraorci 5	250	120	92.400,00	75.753,00	16.647,00	18,02	Januar
460222	Saraorci 5	250	120	78.000,00	54.121,00	23.879,00	30,61	Februar
460222	Saraorci 5	250	120	88.725,00	70.134,00	18.591,00	20,95	Mart
460222	Saraorci 5	250	120	69.755,00	56.300,00	13.475,00	19,31	April
460222	Saraorci 5	250	120	64.560,00	48.869,00	15.691,00	24,3	Maj
460222	Saraorci 5	250	120	65.100,00	50.398,00	14.702,00	22,58	Jun
460222	Saraorci 5	250	120	69.255,00	57.752,00	11.503,00	16,61	Jul
460222	Saraorci 5	250	120	65.220,00	54.576,00	10.644,00	16,32	Avгуст
460222	Saraorci 5	250	120	63.480,00	46.838,00	16.642,00	26,22	Septembar
460222	Saraorci 5	250	120	75.880,00	56.276,00	19.604,00	25,83	Oktobar
460222	Saraorci 5	250	120	81.720,00	60.365,00	21.355,00	26,13	Novembar
460222	Saraorci 5	250	120	84.080,00	65.802,00	18.278,00	21,74	Decembar

Збирни губици 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kWh)	Gubici(%)	Godina
460222	Saraorci 5	250	120	898.175,00	697.184,00	200.991,00	22,38	2015

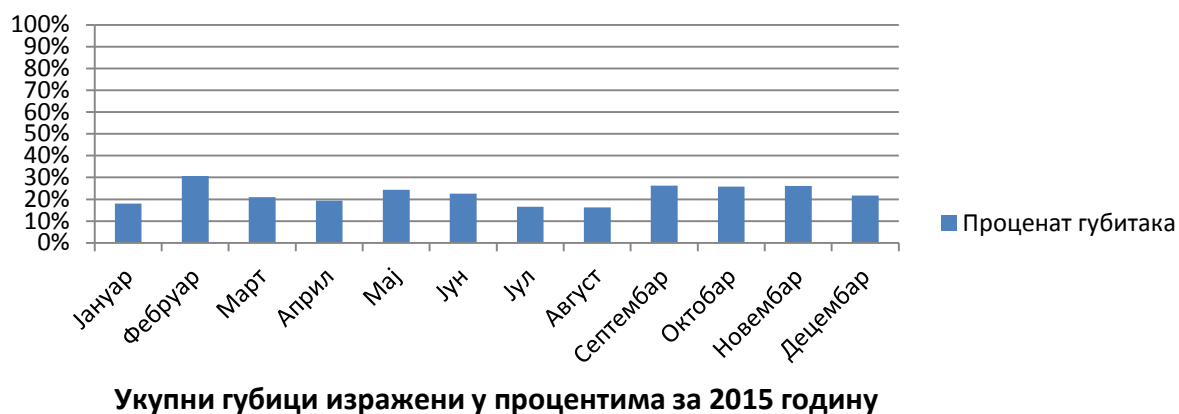
Таб.44 Резултати мерење на МБТС „Сараорци 5“



Сл.59 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Сараорци 5“ изражени у kWh



МБТС "Сараорци 5"



Сл.60 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за МБТС „Сараорци5“



Сл.61 Изглед МБТС „Сараорци 5“



4.3.7. МБТС „Сараорци 6“

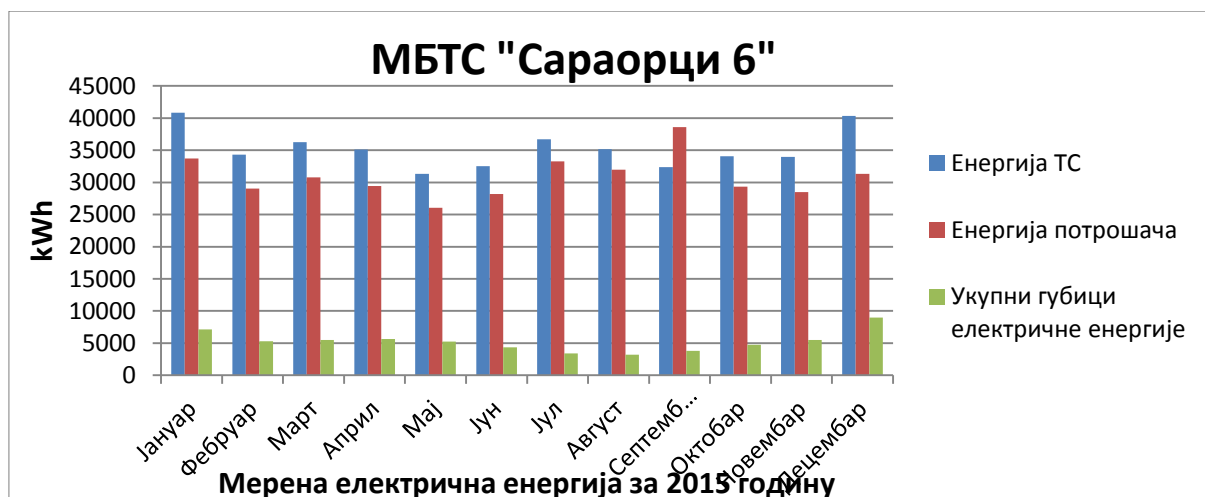
Трансформатор у МБТС „Сараорци 6“ је снаге од 250kVA. Електричне карактеристике овог трансформатора су исте као и код предходног од 250kVA за који је вршен прорачун губитака електричне енергије (СТС (решетка) „Лугавчина 4“, СТС „Лугавчина 8“), јер се ради о истом произвођачу Минел. У табели 44 приказане су мерене електричне величине за 2015 годину.

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec 2015 godina
460223	Saraorci 6	250	66	40.840,00	33.721,00	7.119,00	17,43	Januar
460223	Saraorci 6	250	66	34.320,00	29.019,00	5.301,00	15,45	Februar
460223	Saraorci 6	250	66	36.275,00	30.796,00	5.479,00	15,1	Mart
460223	Saraorci 6	250	66	35.100,00	29.461,00	5.639,00	16,06	April
460223	Saraorci 6	250	66	31.320,00	26.061,00	5.259,00	16,79	Maj
460223	Saraorci 6	250	66	32.540,00	28.218,00	4.322,00	13,28	Jun
460223	Saraorci 6	250	66	36.690,00	33.294,00	3.396,00	9,26	Jul
460223	Saraorci 6	250	66	35.155,00	31.960,00	3.195,00	9,09	Avgust
460223	Saraorci 6	250	66	32.400,00	28.615,00	3.785,00	11,68	Septembar
460223	Saraorci 6	250	66	34.080,00	29.330,00	4.750,00	13,94	Oktobar
460223	Saraorci 6	250	66	33.960,00	28.481,00	5.479,00	16,13	Novembar
460223	Saraorci 6	250	66	40.320,00	31.325,00	8.995,00	22,31	Decembar

Збирни губици 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kWh)	Gubici(%)	Godina
460223	Saraorci 6	250	66	423.000,00	360.281,00	62.719,00	14,83	2015

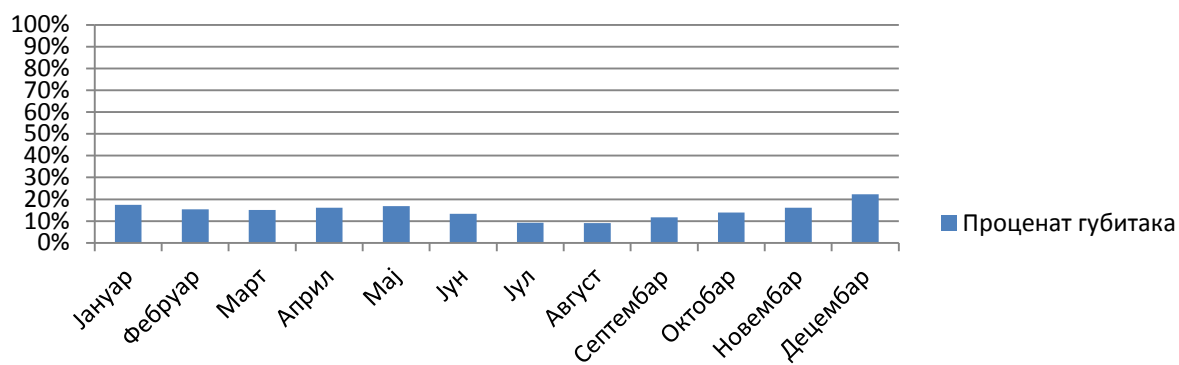
Таб.45 Резултати мерење на МБТС „Сараорци 6“



Сл.62 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Сараорци 6“ изражени у kWh



МБТС "Сараорци 6"



Укупни губици изражени у процентима за 2015 годину

Сл.63 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за МБТС „Сараорци6“



Сл.64 Изглед МБТС „Сараорци 6“



4.3.8. МБТС „Сараорци 7“

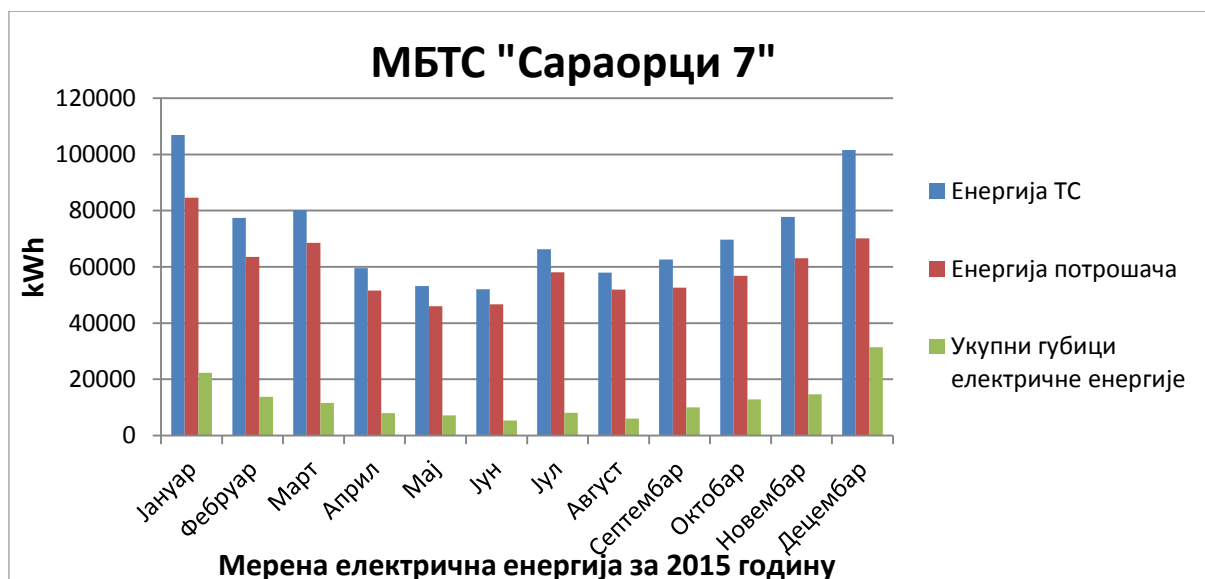
Трансформатор у МБТС „Сараорци 7“ је снаге од 250kVA. Електричне карактеристике овог трансформатора су исте као и код предходног од 250kVA за који је вршен прорачун губитака електричне енергије (СТС (решетка) „Лугавчина 4“, СТС „Лугавчина 8“), јер се ради о истом произвођачу Минел. У табели 45 приказане су мерене електричне величине за 2015 годину.

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici (kWh)	Gubici(%)	Mesec 2015 godina
460224	Saraorci 7	250	101	106.900,00	84.615,00	22.285,00	20,85	Januar
460224	Saraorci 7	250	101	77.400,00	63.563,00	13.837,00	17,88	Februar
460224	Saraorci 7	250	101	80.200,00	68.562,00	11.639,00	14,51	Mart
460224	Saraorci 7	250	101	59.550,00	51.618,00	7.932,00	13,32	April
460224	Saraorci 7	250	101	53.200,00	46.016,00	7.184,00	13,50	Maj
460224	Saraorci 7	250	101	52.050,00	46.720,00	5.330,00	10,24	Jun
460224	Saraorci 7	250	101	66.250,00	58.113,00	8.137,00	12,28	Jul
460224	Saraorci 7	250	101	57.950,00	51.930,00	6.020,00	10,39	Avгуст
460224	Saraorci 7	250	101	62.600,00	52.650,00	10.050,00	16,05	Septembar
460224	Saraorci 7	250	101	69.700,00	56.775,00	12.925,00	18,54	Oktobar
460224	Saraorci 7	250	101	77.800,00	63.139,00	14.661,00	18,84	Novembar
460224	Saraorci 7	250	101	101.600,00	70.134,00	31.466,00	30,97	Decembar

Збирни губици 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Br. potrosaca	Energija trafostanice (kWh)	Energija potrosaca (kWh)	Gubici(kWh)	Gubici(%)	Godina
460224	Saraorci 7	250	101	865.200,00	713.835,00	151.365,00	17,49	2015

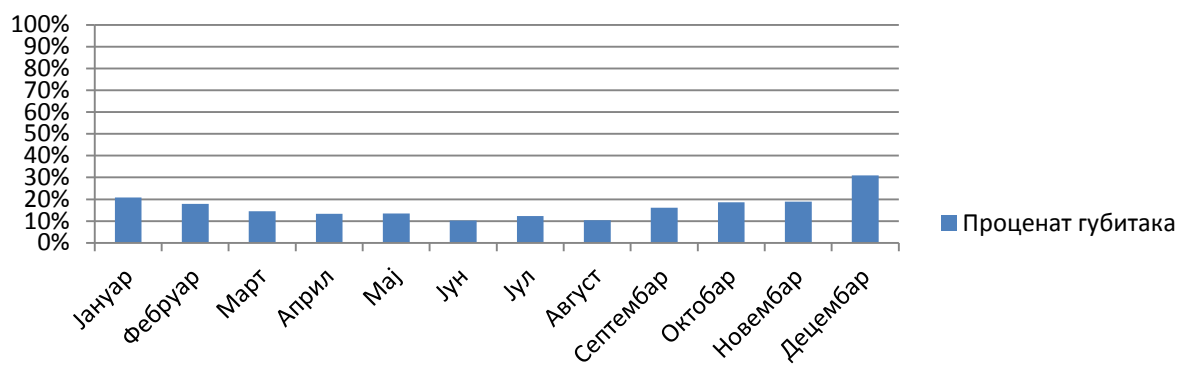
Таб.46 Резултати мерење на МБТС „Сараорци 7“



Сл.65 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Сараорци 7“ изражени у kWh



МБТС "Сараорци 7"



Укупни губици изражени у процентима за 2015 годину

Сл.66 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за МБТС „Сараорци7“



Сл.67 Изглед МБТС „Сараорци 7“



4.4. Трансформаторска станица Смедерево 12 „Лугавчина 35/10kV“

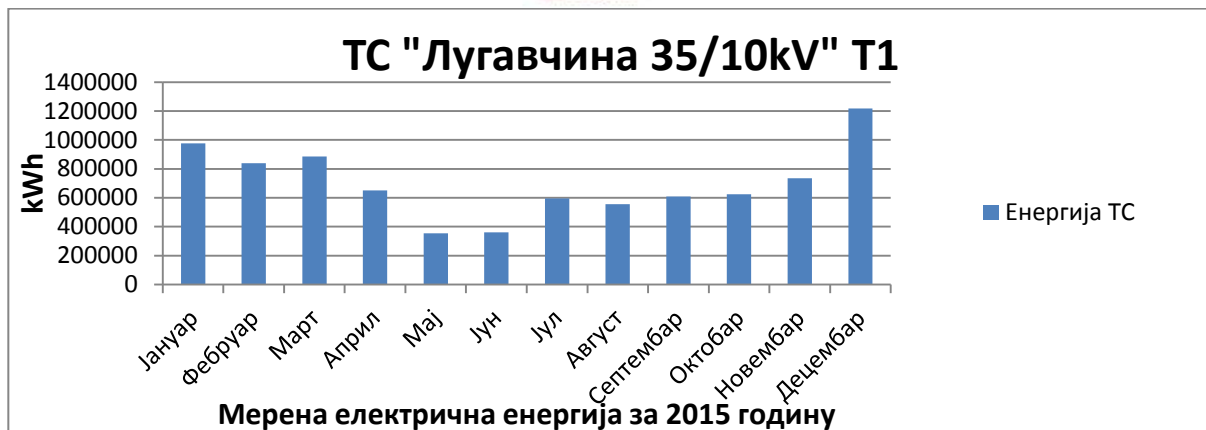
Ова трансформаторска станица 35/10kV напаја све горе наведене трансформаторске станице 10/0,4kV. У овој трансформаторској станици се налазе два идентична трансформатора јачине 4000kVA који су више него довољни за тренутни број и активну снагу свих трансформатора овог конзумног подручја. Циљ је извршити анализу и утврдити да ли постоји могућност да се у петомесечном периоду (Мај, Јун, Јул, Август, Септембар) када је потрошња електричне енергије најмања да један трансформатор буде ван погона, а други трансформатор да преузме напајање читавог конзума. Техно-економском анализом је утврђено да се може доста уштедети, јер су ови трансформатори типа S9 што значи да производе највеће губитке електричне енергије. У табели 46 приказана је енергију трансформатора Т1, а у табели 47 енергију трансформатора Т2. У табели 48 приказана је збирна електрична енергија оба трансформатора Т1+Т2.

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Energija trafostanice (kWh)	Mesec 2015 godina
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	977,000.00	Januar
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	838,400.00	Februar
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	886,200.00	Mart
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	650,000.00	April
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	355,000.00	Maj
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	360,000.00	Jun
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	595,000.00	Jul
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	555,000.00	Avgust
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	610,000.00	Septembar
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	623,800.00	Oktoobar
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	736,200.00	Novembar
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	1,217,200.00	Decembar

Укупна ел. енергија за 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Energija trafostanice (kWh)	Godina
463512	SD 12 Lugavcina T1	4000	8,403,800.00	2015

Таб.47 Резултати мерење на ТС „Лугавчина 35/10kV“ Т1



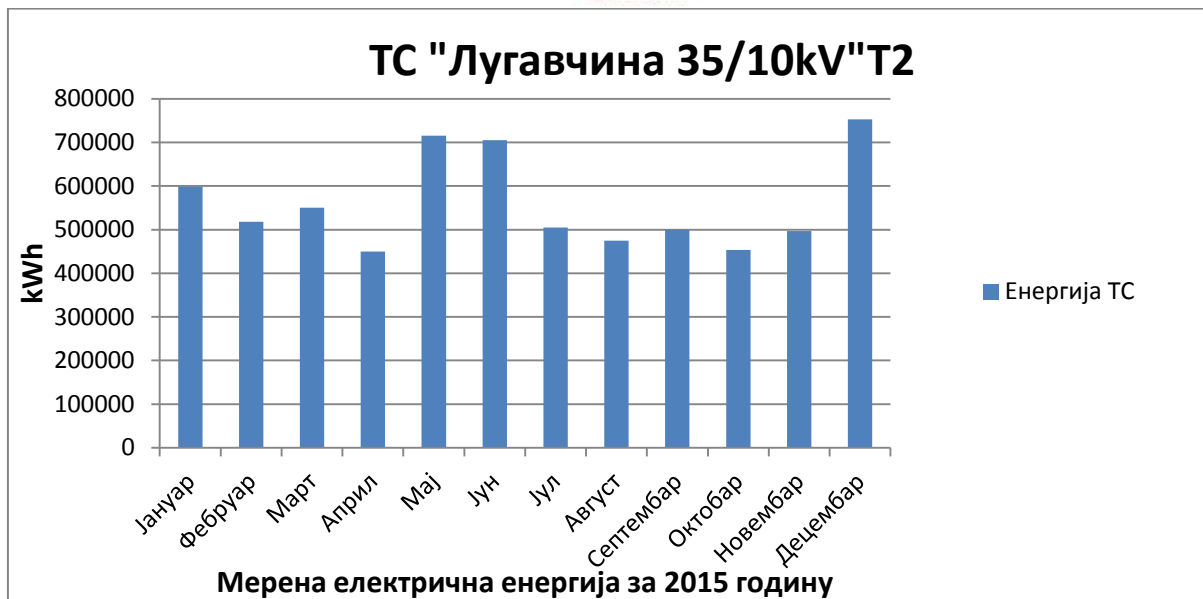
Сл.68 Приказ мерене електричне енергије за ТС „Лугавчина 35/10kV“ T1 изражени у kWh

Трафостаница	Назив трафостанице	Snaga	Energija trafostanice (kWh)	Mesec 2015 godina
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	598,900.00	Januar
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	517,800.00	Februar
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	550,200.00	Mart
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	450,000.00	April
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	715,000.00	Maj
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	705,000.00	Jun
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	505,000.00	Jul
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	475,000.00	Avgust
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	500,000.00	Septembar
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	453,600.00	Oktobar
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	496,400.00	Novembar
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	752,800.00	Decembar

Укупна ел. енергија за 2015 године

Трафостаница	Назив трафостанице	Snaga	Energija trafostanice (kWh)	Godina
463521	SD 12 Lugavcina T2	4000	6,719,700.00	2015

Таб.48 Резултати мерење на ТС „Лугавчина 35/10kV“ T2



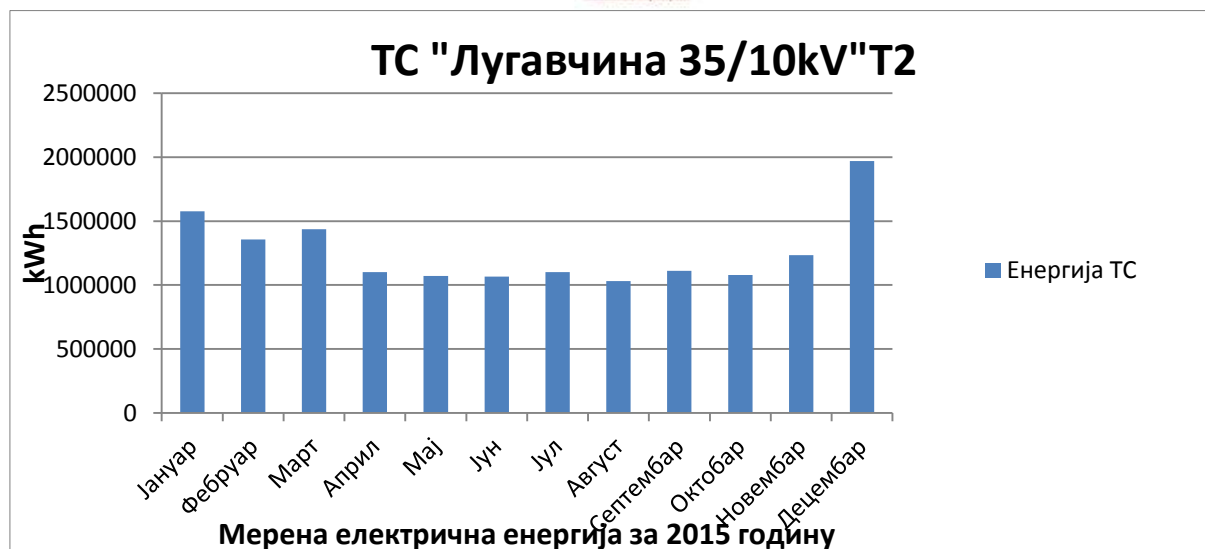
Сл.69 Приказ мерене електричне енергије за ТС „Лугавчина 35/10kV“ T2 изражени у kWh

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Energija trafostanice (kWh)	Mesec 2015 godina
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,575,900.00	Januar
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,356,200.00	Februar
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,436,400.00	Mart
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,100,000.00	April
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,070,000.00	Maj
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,065,000.00	Jun
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,100,000.00	Jul
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,030,000.00	Avgust
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,110,000.00	Septembar
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,077,400.00	Oktobar
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,232,600.00	Novembar
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	1,970,000.00	Decembar

Укупна ел. енергија за 2015 године

Trafostanica	Naziv trafostanice	Snaga	Energija trafostanice (kWh)	Godina
463512;463521	SD 12 Lugavcina T1+T2	4000+4000	15,123,500.00	2015

Таб.49 Збирни резултати мерење на ТС „Лугавчина 35/10kV“ T1+T2



Сл.70 Приказ збирне мерене електричне енергије за ТС „Лугавчина 35/10kV“ T1 + T2 изражени у kWh

С обзиром да наша фабрика трансформатора нема електричне карактеристике податка трансформаторима већих снага, ти подаци су преузети са сајта [44] који се бави продајом трансформатора већих снага. Трансформатор који је анализиран је типа S9. Његови губици у празном ходу, тј у гвожђу износе 4640W, а губици услед оптерећења тј у бакру износе 28800W. На основу ових података могу се изачунати петомесечне губици (Мај, Јун, Јул, Август, Септембар) и утврдити колики су губици у киловатима односно утврдити новчане губитке. Прво су анализирани губици за трансформатор T1. Губици електричне енергије у празном ходу тј у гвожу су константни, а с обзиром да се ради о трансформаторима истих карактеристика (T1,T2) анализа је урађена само за један трансформатор за губитке у гвожђу. У табели 49 приказани су резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у гвожђу.

$$P_{Fen} = 4640W$$

	Дневни губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Годишњи губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Просечни месечни губици у гвожђу трансформатора $P_{feS}(kWh)$	Губици у гвожу за просечан радни век трансформатора (40 год.) $P_{feS}(kWh)$
Номинални губици у гвожђу трансформатора $P_{feS} = 650W$	111,36	3387,2	40646,4	1625856

Таб.50 Резултати прорачуна губитака електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираног трансформатора

[44]https://www.alibaba.com/product-detail/S11-10KV-35KV-oil-immersed-3_60206573227.html?spm=a2700.7724857.0.0.0IOcJ2&s=p, приступљено 01.07.2016. године



Номинално оптерећење трансформатора за услов $I=I_{nom}$

$$S_{ts} = 4000kVA$$

$$\cos\varphi = 0,95^0$$

$$P_{tn} = S_{ts} * \cos\varphi = 4000kVA * 0,95 = 3800kW \quad (4.4.1)$$

$$P_{tn(mes)} = 3800kW * 24h * 365dana/12meseci = 2774000kW \quad (4.4.2)$$

На основу ових података могу се изачунати губици електричне енергије који се јављају услед оптерећења трансформатора Т1 и то за одабрани петомесечни период.

$$P_{Cun} = 28800W, P_{tn} = 3800kW$$

$$P_{t(Maj)} = 355000kWh; \quad P_{t(Jun)} = 360000kWh; \quad P_{t(Jul)} = 595000kWh;$$

$$P_{t(Avg)} = 555000kWh; \quad P_{t(Sep)} = 610000kWh;$$

Образац за израчунавање губитака у бакру трансформатора односно услед оптерећења трансформатора гласи: [45] У табели 50 приказани су добијени резултати петомесечних губитака е.е. који се јављају услед оптерећења трансформатора.

$$P_{Cu} = \left(\frac{P_t}{P_{tn}}\right)^2 * P_{Cun} \quad (4.4.3)$$

Месец	Енергија трансформатора (P_t)kWh	Номинално оптерећење трансформатора (P_{tn})kW	Номинални губици у бакру трансформатора (P_{cun})W	Губици е.е. у једном сату у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})W	Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Петомесечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh
Мај	977000	3800	28800	454,08	337,83	3052,12
Јун	838400	3800	28800	498,61	359	
Јул	886200	3800	28800	1275,60	949,05	
Август	650000	3800	28800	1109,85	825,53	
Септембар	355000	3800	28800	1431,59	1030,74	

Таб.51 Петомесечни губици е.е. који се јављају у бакру трансформатора

Укупни губици електричне енергије у гвожђу и бакру трансформатора Т1 за петомесечни период износе:

[45] Бранко Митрашиновић „Трансформатори“ научна књига Београд, 1987



$$P_{tehTs(5mes)T1} = P_{Fe(mes)} * 5 + P_{Cu(5mes)T1} = 3387,2kWh * 5 + 3052,15kWh = 19988,15kWh \quad (4.4.4)$$

Након овог податка могу се израчунати новчани губици електричне енергије за петомесечни период за трансформатор Т1:

$$NG_{(5mes)T1} = P_{tehTs(5mes)T1} * 4,971din/kWh = 19988,15kWh * 4,971din/kWh = 99361,09din. \quad (4.4.5)$$

Губици електричне енергије услед оптерећења тј губици који се јављају у бакру у трансформатору Т2 износе:

$$P_{Cun} = 28800W$$

$$P_{t(Maj)} = 715000kWh; \quad P_{t(Jun)} = 705000kWh; \quad P_{t(Jul)} = 505000kWh;$$

$$P_{t(Avg)} = 475000kWh; \quad P_{t(Sep)} = 500000kWh;$$

$$P_{tn} = 3800kW$$

У табели 51 приказани су добијени резултати петомесечних губитака е.е. који се јављају услед оптерећења трансформатора.

Месец	Енергија трансформатора (P_t)kWh	Номинално оптерећење трансформатора (P_{tn})kW	Номинални губици у бакру трансформатора (P_{cun})W	Губици е.е. у једном сату у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})W	Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Петомесечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh
Мај	715000	3800	28800	1842,01	1370,45	4728,25
Јун	705000	3800	28800	1912,22	1376,80	
Јул	505000	3800	28800	918,89	683,65	
Август	475000	3800	28800	812,95	604,83	
Септембар	500000	3800	28800	961,83	692,52	

Таб.52 Петомесечни губици е.е. који се јављају у бакру трансформатора

Укупни губици електричне енергије у гвожђу и бакру трансформатора Т2 за петомесечни период износе:

$$P_{tehTs(5mes)T2} = P_{Fe(mes)} * 5 + P_{Cu(5mes)} = 3387,2kWh * 5 + 4728,25kWh = 21664,25kWh \quad (4.4.6)$$



Након овог податка израчунаћемо новчане губите електричне енергије за петомесечни период за трансформатор Т2:

$$NG_{(5mes)T2} = P_{tehTs(5mes)T2} * 4,971din/kWh = 21664,25kWh * 4,971din/kWh = 107692,99din. \quad (4.4.7)$$

Укупни новчани губици за трансформатор Т1 и Т2 износе:

$$NG_{(5mes)Uk} = NG_{(5mes)T1} + NG_{(5mes)T2} = 99361,09 + 107692,99 = 207054,08din. \quad (4.4.8)$$

Максимална енергија која може протећи кроз трансформатор 35/10kV од 4000kVA износи 2774000kW на месечном нивоу, сабрали смо електричну енергију свих трансформатора овог конзумног подручја која је протекла кроз трансформаторе и утврдиће се колика је максимална енергија била за месец: Мај, Јун, Јул, Август и Септембар и на основу тога се може утврдити да ли постоји могућност искључивања једног трансформатора у ТС „Лугавчина 35/10kV“ и ако постоји колико би новца уштедели. У табели 52 приказане су збирне вредности електричне енергије свих трансформаторских станица 10/0,4kV.

Месец	Мај (kVA)	Јун (kVA)	Јул (kVA)	Август (kVA)	Септембар (kVA)
Трансформаторска станица					
Енергија трафостанице (kWh) Лугавчина 2	79,800.00	73,400.00	85,400.00	85,200.00	80,800.00
Енергија трафостанице (kWh) Лугавчина 4	63,254.00	60,720.00	65,600.00	64,080.00	63,440.00
Енергија трафостанице (kWh) Лугавчина 7	76,680.00	72,480.00	79,680.00	78,840.00	77,160.00
Енергија трафостанице (kWh) Лугавчина 8	44,720.00	39,040.00	41,440.00	42,240.00	41,520.00
Енергија трафостанице (kWh) Лугавчина 1	45,100.00	49,800.00	51,100.00	47,950.00	54,200.00
Енергија трафостанице (kWh) Лугавчина 3	60,200.00	63,250.00	61,524.00	54,125.00	63,145.00
Енергија трафостанице (kWh) Лугавчина 6	63,600.00	69,370.00	71,150.00	65,825.00	69,410.00
Енергија трафостанице (kWh) Лугавчина 5	97,800.00	95,420.00	103,250.00	85,400.00	89,600.00
Енергија трафостанице (kWh) Сараорци 1	101,600.00	95,730.00	110,220.00	105,375.00	135,142.00
Енергија трафостанице (kWh) Сараорци 2	52,635.00	53,850.00	58,760.00	55,100.00	51,050.00
Енергија трафостанице (kWh) Сараорци 3	45,450.00	39,130.00	47,800.00	48,200.00	57,080.00
Енергија трафостанице (kWh) Сараорци 4	57,680.00	52,220.00	57,170.00	53,430.00	60,120.00
Енергија трафостанице (kWh) Сараорци 5	64,560.00	65,100.00	69,255.00	65,220.00	63,480.00



Energija trafostanice (kWh) Saraorci 6	31,320.00	32,540.00	36,690.00	35,155.00	32,400.00
Energija trafostanice (kWh) Saraorci 7	53,200.00	52,050.00	66,250.00	57,950.00	62,600.00
Укупно:	937,599.00	914,100.00	1,005,289.00	944,090.00	1,001,147.00

Таб.53 Збирни резултати електричне енергије свих трансформатора 10/0,4kV

На основу података из табеле јасно се види да само два месеца једва прелазе потрошњу електричне енергије од 1,000,000.00kW, а максимална електрична енергија која може протећи кроз један трансформатор 35/10kV од 4000kVA износи 2774000kW. У овом случају може се искључити један трансформатор на пет месеци, а да други трансформатор може преузмети напајање свих трансформатора 10/0,4kV. Техно-економском анализом утврђено је колико се на овај начин могу смањити губици електричне енергије, а самим тим и новчани губици.

Збирне губитке електричне енергије у бакру трансформатора за T1+T2

$$P_{Cun} = 28800W$$

$$P_{t(Maj)} = 1070000kWh; \quad P_{t(Jun)} = 1065000kWh; \quad P_{t(Jul)} = 1100000kWh;$$

$$P_{t(Avg)} = 1030000kWh; \quad P_{t(Sep)} = 1110000kWh;$$

$$P_{tn} = 3800kW$$

У табели 53 приказани су добијени резултати петомесечних губитака е.е. који се јављају услед отерећења трансформатора T1+T2.

Месец	Енергија трансформатора (P_t)kWh	Номинално оптерећење трансформатора (P_{tn})kW	Номинални губици у бакру трансформатора (P_{cun})W	Губици е.е. у једном сату у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})W	Месечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh	Петомесечни губици у бакру у зависности од струје оптерећења (P_{cu})kWh
Мај	1070000	3800	28800	4125,22	3069,16	15711,74
Јун	1065000	3800	28800	4363,75	3141,9	
Јул	1100000	3800	28800	4359,78	3243,68	
Август	1030000	3800	28800	3822,56	2843,98	
Септембар	1110000	3800	28800	4740,30	3413,02	

Таб.54 Петомесечни губици е.е. који се јављају у бакру трансформатора T1+T2



Укупни збирни губици електричне енергије у гвожђу и бакру трансформатора T1+T2 за петомесечни период износе:

$$P_{tehTs(5mes)T1,2} = P_{Fe(mes)} * 5 + P_{Cu(5mes)T1,2} = 3387,2kWh * 5 + 15711,74kWh = 32647,74kWh(4.4.9)$$

Након овог податка могу се израчунати новчани губици електричне енергије за петомесечни период:

$$NG_{(5mes)T1,2} = P_{tehTs(5mes)T1,2} * 4,971din/kWh = 32647,74kWh * 4,971din/kWh = 162291,91din.(4.4.10)$$

На основу ових података може се извршити економска анализа тј, може се прорачунати новчана разлика у губицима електричне енергије ако један трансформатор буде ван погона на период од 5 месеци.

$$NG_{(5mes)raz} = NG_{(5mes)Uk} - NG_{(5mes)T1,2} = 207054,08 - 162291,91 = 44762,17din.(4.4.11)$$

После овог резултата можемо се уверити да прилико искључења једног трансформатора на петомесечни одабрани период можемо штедети 44762,17 динара на годишњем нивоу.



Сл.71 Изглед ТС Смедерево 12 „Лугавчина 35/10kV „



Глава 5. Закључци прорачуна техно-економске анализе дистрибутивних трансформатора

Техно-економском анализом коју смо применили за прорачун техничких губитака електричне енергије који се јављају трансформатору упоређивајући трансформатор без снижених губитака, односно трансформатор који се тренутно налази у трансформаторској станици и енергетски ефикасног трансформатора, односно трансформатора са сниженим губицима дошли смо до следећих закључака:

Разлика у цени трансформатора без снижених губитака у односу на трансформаторе са сниженим губицима није толико велика тако да за трансформатор од 400kVA разлика у цени је 80283,25 динара што и није велика разлика с обзиром на то да је радни век трансформатора око 40 година, а разлика губитака електричне енергије која се јавља у трансформатору, може износити око 1000000,00 динара, (зависно од оптерећења трансформатора) што је велика уштеда за дистрибуцију, а самим тим и губици електричне енергије би се смањили и на тај начин очували би електро енергетски систем (ЕЕС). Код трансформатора од 250kVA разлика у цени је 76577,87 а разлика за радни век трансформатора износи око 850000,00 наравно зависно од оптерећења трансформатора. Значи да приликом изградње нове трансформаторске станице треба купити енергетски ефикасан трансформатор, јер се разлика у цени у односу на губитке електричне енергије врати кроз мање од 5 година.

Техно-економском анализом је утврђена и исплативост замене постојећих трансформатора без снижених губитака у трансформаторској станици 10/0,4kV где је прорачуном утврђено да исплативост замене трансформатора зависи пре свега од старости трансформатора, тј од његове тренутне тржишне вредности. Утврђено је да се трансформатори малђи 20 година требају заменити, јер би се инвестиција вратила кроз 10-15 година. За трансформаторе старије од 20 година прорачуном је утврђено да би повраћај инвестиције био дужи од просечног радног века трансформатора.

Такође, техно-економском анализом је утврђено да постоји могућност да се један трансформатор од 4000kVA у ТС „Лугавчина 35/10kV“ може ставити ван погона на одабрани петомесечни период (Мај, Јун, Јул, Август и Септембар). Прорачуном је утврђено да је могуће да један трансформатор у одабраном петомесечном периоду снабдева све трансформаторе 10/0,4kV овог конзума. С обзиром да се у ТС „Лугавчина 35/10kV“ налазе два идентична трансформатора од 4000kVA на овај начин могуће је уштедети 44762,17 динара на годишњем нивоу.



Огромна инвестиција била би да се одједном замене сви трансформатори 10/0,4 kV овог конзума. Али ако би на сваких 3 до 4 године мењали по један трансформатор, губици електричне енергије који се јављају у трансформатору би се драстично смањили, а самим тим би и продужили радни век ЕЕС. Овде такође није укључена цена одржавање ових трансформатора, јер заменом трансформатора са сниженим губицима смањују се и трошкови одржавања.

Из табела где су приказани мерени резултати трансформатора 10/0,4kV види се да су велики губици негде чак и преко 40%, а прорачуном је утврђено да губици електричне енергије који се јављају у трансформатору износе максимално до 2%. На основу анализа и статистика губици у преносним НН мрежама износе неких 2,5%, остали губици електричне енергије представљају комерцијални губици, где се дистрибуције боре свакодневно на решавању и смањењу комерцијалних губитака. Комерцијални губици су најчешће неовлашћена потрошња електричне енергије, самовласно прикључење на електричну НН мрежу,... једном речју ради се о крађи електричне енергије од стране купаца, тј. потрошача електричне енергије. Дистрибуције требају да ставе акценат што и раде на смањењу комерцијалних губитака измештањем места мерења на ЕД стубове, честим контролама бројила и кућног прикључка...

Добијени прорачуни техно-економском анализом у овом раду су реални, а не имагинарни јер су мерене вредности реалне, преузете са бројила укупне потрошње по анализираним трансформаторским станицама, што свакако даје додатно на тежини овог истраживачког рада, јер практично се може одмах кренути са реализацијом смањења техничких губитака електричне енергије у трансформаторима.



Глава 6: Закључак

Темељем анализе наведених података добијених посебне радне групе ЕРГЕГ-а утврђена је потреба хармонизације приступа губицима како би губици у различитим државама могли да се пореде. Хармонизација приступа губицима је сложени процес који обухвата техничке, економске и правне аспекте.

Усклађивање и питања која се јављају се могу сврстати у четири групе:

- a) Потребно је ускладити дефиницију губитака укључујући однос према нетехничким губицима
- b) Одредити начине унапређења идентификације губитака у дистрибутивним мрежама, укључујући напонски ниво
- c) Одредити прихватљив ниво губитака и одредити саставни део губитака који је најлакше смањити
- d) Одредити начин набавке енергије за покриће губитака укључујући одређивање субјекта одређеног за набавку и питања специјалних тарифа за губитке.

Осим тога, отворено је питање регулаторних потицајних механизма за смањивање губитака. Активности ЕРГЕГ-а по овим питањима су врло занимљиве и за решавање проблематике губитака у електроенергетским мрежама. Решења која ће ЕРГЕГ предложити на нивоу ЕУ треба применити и у осталим државама Европе. Независно од активности ЕРГЕГ-а неопходно је поради на решавању неких отворених питања везано за реално одређивање губитака у дистрибутивној мрежи српског електроенергетског система. То се нарочито односи на постојећи начин обрачуна губитака из продаје електричне енергије (тзв. одређивање kWh из динара) који доводи до великих (нереалних) варијација годишњих губитака. Осим тога, потребно је развити јединствену методологију израчуна техничких губитака, темељем којим би се одвојено проценили износи техничких као и нетехничких губитака.

Што се тиче техно економске анализе коју смо вршили за прорачун техничких губитака електричне енергије који се јављају трансформатору упоређивајући трансформатор без снижених губитака, односно трансформатор који се тренутно налази у трансформаторској станици и трансформатора са сниженим губицима дошли смо до следећих закључака:

Разлика у цени трансформатора без снижених губитака у односу на трансформаторе са сниженим губицима није толико велика тако да за трансформатор од 400kVA разлика у цени је 80283,25 динара што и није велика разлика с обзиром на то да је радни век трансформатора око 40 година, а разлика губитака електричне енергије која се јавља у трансформатору, може износити око 1000000,00 динара, (зависно од оптерећења трансформатора) што је велика уштеда за дистрибуцију, а самим тим и губици електричне



енергије би се смањили и на тај начин би смо штитили електро енергетски систем. Код трансформатора од 250kVA разлика у цени је 76577,87 а разлика за радни век трансформатора би износила око 850000,00 наравно зависно од отерећења трансформатора. Значи да приликом изградње нове трансформаторске станице треба купити трансформатор са сниженим губицима, јер се разлика у цени у односу на губитке електричне енергије врати кроз мање од 5 година.

Што се тиче замене постојећих трансформатора без снижених губитака у трансформаторској станици 10/0,4kV прорачуном смо утврдили да исплативост замене трансформатора зависи пре свега од старости трансформатора, тј од његове тренутне тржишне вредности. Утврдили смо да се трансформаторе малје 20 година треба заменити, јер би се инвестиција вратила кроз 10-15 година. За трансформаторе старије од 20 година прорачуном смо утврдили да би повраћај инвестиције био дужи од просечног радног века трансформатора.

Такође, смо прорачуном испитали и утврдили да постоји могућност да се један трансформатор од 4000kVA у ТС „Лугавчина 35/10kV“ може ставити ван погона на одабрани петомесечни период (Мај, Јун, Јул, Август и Септембар). Прорачуном смо утврдили да је то могуће да један трансформатор у одабраном петомесечном периоду снабдева све трансформаторе 10/0,4kV овог конзума. С обзиром да се у ТС „Лугавчина 35/10kV“ налазе два идентична трансформатора од 4000kVA на овај начин би смо уштедели 44762,17 динара на годишњем нивоу.

Огромна инвестиција би била да се одједном замени сви трансформатори 10/0,4 kV овог конзума. Али ако би на сваких 3 до 4 године мењали по један трансформатор, губици електричне енергије који се јављају у трансформатору би се драстично смањили. Овде такође није укључена цена одржавање ових трансформатора, јер заменом трансформатора са сниженим губицима смањују се и трошкови одржавања.

Из табела где су приказани мерени резултати трансформатора 10/0,4kV види се да су велики губици негде чак и преко 40%, а прорачуном смо утврдили да губици електричне енергије који се јављају у трансформатору износе максимално до 2%. На основу анализа и статистика губици у преносним НН мрежама износе неких 2,5%, остали губици електричне енергије представљају комерцијални губици, где се дистрибуције боре свакодневно на решавању и смањењу комерцијалних губитака. Комерцијални губици су најчешће неовлашћена потрошња електричне енергије, самовласно прикључење на електричну НН мрежу,... једном речју ради се о крађи електричне енергије од стране купаца, тј. Потрошача електричне енергије. Дистрибуције требају да



ставе акценат што и раде на смањењу комерцијалних губитака измештањем места мерења на ЕД стубове, честим контролама бројила и кућног прикључка...

Сви прорачуни у овом раду су реални, а не имагинарни јер су мерене вредности реалне, преузете са бројила укупне потрошње по анализираним трансформаторским станицама, што свакако даје додатно на тежини овог истраживачког рада.

Даља истраживања би се могла заснивати на смањењу комерцијалних губитака електричне енергије, уградњом паметних бројила, улагањем у нове софтвере за праћење и анализу рада ЕЕС, а као можда и најбоље решење свакако би било увођење Smart Grida.



Литература:

- [1] www.viser.edu.rs/download.php?id=15499, приступљено дана 12.02.2017. године
- [2] www.viser.edu.rs/download.php?id=15499, приступљено дана 12.02.2017. године
- [3] www.viser.edu.rs/download.php?id=15499, приступљено дана 12.02.2017. године
- [4] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 8-9
- [5] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 10
- [6] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 11
- [7] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 37.
- [8] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 38
- [9] N. Rajaković, D. Tasić, „Distributivne i industrijske mreže“, Drugo izdanje, Akademski misao, Beograd, 2008.
- [10] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 13
- [11] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 15
- [12] ERGEG, „Treatment of Losses by Network Operators“, ERGEG Position Paper for public consultation, Ref E08-ENM-04-03, 15 July 2008, str. 41
- [13] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, „Osnovi elektroenergetike“, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013., preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, дана 09.07.2016. године



- [14] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013., preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine
- [15] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013., preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine
- [16] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013., preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine
- [17] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013., preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine
- [18] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013. стр. 40, preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine
- [19] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013. стр. 52-54, preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine
- [20] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013. стр. 53, preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, dana 09.07.2016. godine



- [21] M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, "Osnovi elektroenergetike", Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2013. стр. 53, preuzeto sa: <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>, дана 09.07.2016. године
- [22] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године
- [23] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године
- [24] Бранко Митрашиновић „Трансформатори“ научна књига Београд, 1987
- [25] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године
- [26] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године
- [27] Бранко Митрашиновић „Трансформатори“ научна књига Београд, 1987
- [28] Одлука о трансферним ценама за обрачун трансакција учинка између Јавног предузећа „Електропривреда Србије“ као матичног и зависних привредних друштава, као и зависних привредних друштава међусобно, донета 16.07.2015. године
- [29] Књига сновних средстава „Електродистрибуције Смедерево“, стр. 421.
- [30] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године
- [31] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године.
- [32] Књига основних средстава „Електродистрибуције Смедерево“, стр. 128.
- [33] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године.
- [34] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године.
- [35] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године
- [36] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године
- [37] Одлука о трансферним ценама за обрачун трансакција учинка између Јавног предузећа „Електропривреда Србије“ као матичног и зависних привредних друштава, као и зависних привредних друштава међусобно, донета 16.07.2015. године
- [38] Књига основних средстава „Електродистрибуције Смедерево“, стр. 518.
- [39] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/2.html>, дана 15.05.2016. године.
- [40] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године



- [41] Преузето са <http://www.minel-trafo.com/6.html>, дана 15.05.2016. године
- [42] Одлука о трансферним ценама за обрачун трансакција учинка између Јавног предузећа „Електропривреда Србије“ као матичног и зависних привредних друштава, као и зависних привредних друштава међусобно, донета 16.07.2015. године
- [43] Књига основних средстава „Електродистрибуције Смедерево, стр. 25.
- [44] https://www.alibaba.com/product-detail/S11-10KV-35KV-oil-immersed-3_60206573227.html?spm=a2700.7724857.0.0.0lOcJ2&s=p, приступљено 01.07.2016. године
- [45] Бранко Митрашиновић „Трансформатори“ научна књига Београд, 1987



Списак шема:

Шема 1: Osnovni delovi elektroenergetskog sistema	6
Шема 2: Приказ тока енергије у електроенергетском систему	8

Списак слика:

Сл.1: Трофазни дистрибутивни трансформатор	19
Сл.2: Основни делови трансформатора	21
Сл.3: Принцип рада трансформатора	22
Сл.4: Трофазни суви трансформатор	25
Сл.5: NN намотај спојен у троугао	26
Сл.6: VN намотај спојен у звезду	26
Сл.7: VN намотај спојен у сломљену звезду	27
Сл.8: Паралелни рад два трансформатора	29
Сл.9: Аутотрансформатор	30
Сл.10. Приказ распореда трансформаторских станица 10/0,4kV у области ТС „Лугавчина 35/10kV“	36
Сл.11 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Лугавчина 2“ изражене у kWh	39
Сл.12 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за МБТС „Лугавчина 2“	40
Сл.13 Разлика губитака електричне енергије која се јаља у бакру трансформатора	46
Сл.14. Укупна разлика губитака ел. енергије у бакру и гвожђу трансформатора који се јављају за просечан радни век трансформатора	47
Сл.15. Посечни губици е.е. који се јављају у трансформатору за годину дана	48
Сл.16 Изглед МБТС „Лугавчина 2“	49
Сл.17. Приказ мерене електричне енергије за СТС „Лугавчина 7“ изражени у kWh	51
Сл.18 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС „Лугавчина 7“	51
Сл.19 Разлика губитака електричне енергије која се јаља у бакру трансформатора	55
Сл.20 Укупна разлика губитака ел. енергије у бакру и гвожђу трансформатора за просечан радни век трансформатора	56
Сл.21 Посечни губици ел. енергије који се јављају у трансформатору за период од годину дана	56
Сл.22 Изглед СТС „Лугавчина 7“	58



Сл.23 Приказ мерене електричне енергије за СТС „Лугавчина 8“ изражени у kWh	60
Сл.24 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС „Лугавчина 8“	61
Сл.25 Разлика губитака електричне енергије која се јаља у бакру трансформатора	66
Сл.26 Укупна разлика губитака ел. енергије у бакру и гвожђу трансформатора за просечан радни век трансформатора	67
Сл.27 Посечни губици ел. енергије који се јављају у трансформатору за период од годину дана	68
Сл.28 Изглед СТС „Лугавчина 8“	69
Сл.29 Приказ мерене електричне енергије за СТС(Решетка) „Лугавчина4“ изражени у kWh	71
Сл.30 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС (решетка) „Лугавчина 4“	71
Сл.31 Разлика губитака електричне енергије која се јаља у бакру трансформатора	75
Сл.32 Укупна разлика губитака ел. енергије у бакру и гвожђу трансформатора за просечан радни век трансформатора	77
Сл.33 Посечни губици е.е. који се јављају у трансформатору за период од годину дана	78
Сл.34 Изглед СТС (решетка) „Лугавчина 4“	79
Сл.35 Приказ мерене електричне енергије за ТС(кула) „Лугавчина1“ изражени у kWh	81
Сл.36 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за ТС (кула) „Лугавчина1“	81
Сл.37 Изглед ТС (кула) „Лугавчина 1“	82
Сл.38 Приказ мерене електричне енергије за ТС(кула) „Лугавчина3“ изражени у kWh	83
Сл.39 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за ТС (кула) „Лугавчина3“	83
Сл.40 Изглед ТС (кула) „Лугавчина	84
Сл.41 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Лугавчина6“ изражени у kWh	85
Сл.42 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за МБТС „Лугавчина6“	85
Сл.43 Изглед МБТС „Лугавчина 6“	86
Сл.44 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Лугавчина 5“ изражени у kWh	87
Сл.45 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за МБТС „Лугавчина5“	88
Сл.46 Изглед МБТС „Лугавчине 5“	88
Сл.47 Приказ мерене електричне енергије за ТС (кула) „Сараорци 1“ изражени у kWh	89



Сл.48 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за ТС (кула) „Сараорци 1“	90
Сл.49 Изглед ТС (кула) „Сараорци 1	90
Сл.50 Приказ мерене електричне енергије за СТС (решетка) „Сараорци 2“ изражени у kWh	91
Сл.51 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС (решетка) „Сараорци 2“	92
Сл.52 Изглед СТС (решетка) „Сараорци 2“	92
Сл.53 Приказ мерене електричне енергије за СТС (решетка) „Сараорци 3“ изражени у kWh	93
Сл.54 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС (решетка) „Сараорци 3“	94
Сл.55 Изглед СТС (решетка) „Сараорци 3“	94
Сл.56 Приказ мерене електричне енергије за СТС (решетка) „Сараорци 4“ изражени у kWh	95
Сл.57 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за СТС (решетка) „Сараорци 4“	96
Сл.58 Изглед СТС (решетка) „Сараорци 4“	96
Сл.59 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Сараорци 5“ изражени у kWh	97
Сл.60 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за МБТС „Сараорци5“	98
Сл.61 Изглед МБТС „Сараорци 5“	98
Сл.62 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Сараорци 6“ изражени у kWh	99
Сл.63 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за МБТС „Сараорци6“	100
Сл.64 Изглед МБТС „Сараорци 6“	100
Сл.65 Приказ мерене електричне енергије за МБТС „Сараорци 7“ изражени у kWh	101
Сл.66 Процентуални приказукупних губитака ел. енергије за МБТС „Сараорци7“	102
Сл.67 Изглед МБТС „Сараорци 7“	102
Сл.68 Приказ мерене електричне енергије за ТС „Лугавчина 35/10kV“ T1 изражени у kWh	104
Сл.69 Приказ мерене електричне енергије за ТС „Лугавчина 35/10kV“ T2 изражени у kWh	105
Сл.70 Приказ збирне мерене електричне енергије за ТС „Лугавчина 35/10kV“ T1 + T2 изражени у kWh	106
Сл.71 Изглед ТС Смедерево 12 „Лугавчина 35/10kV „	111



Списак табела:

Таб.1: Подела губитака	12
Таб.2: Компоненте губитака	13
Таб.3: Методе одређивања губитака	14
Таб.4. Просечни ниво губитака (зависно од земље, подаци се односе на 2006. или на 2005. годину)	16
Таб.5. Просечни ниво губитака у чланицама удружења ЕРРА	16
Таб.6: Начини набаве енергије за покривање губитака у неким земљама чланицама ЕУ	17
Таб.7. Губици и тарифни системи	18
Таб.8 Резултати прорачуна губитика електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираног трансформатора	38
Таб.9 Резултати мерења електричне енергије у МБТС „Лугавчина 2“	39
Таб.10 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру	42
Таб.11 Добијени резултати губитака електричне енергије енергетско ефикасног трансформатора који се јављају у гвожђу	43
Таб.12 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру	45
Таб.13 Разлика губитака електричне енергије у бакру и гвожђу трансформатора	46
Таб.14 Новчана разлика губитака е.е. који се јављају код трансформатора	47
Таб.15 Добијени резултати губитака електричне енергије енергетско ефикасног трансформатора који се јављају у гвожђу	50
Таб.16 Резултати мерење на СТС „Лугавчина 7“	50
Таб.17 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру	52
Таб.18 Резултати прорачуна губитика електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираног трансформатора	53
Таб.19 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру	54
Таб.20 Разлика губитака електричне енергије у бакру и гвожђу трансформатора	55
Таб.21 Новчана разлика губитака е.е. који се јављају код трансформатора	56
Таб.22 Резултати прорачуна губитика електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираног трансформатора	59
Таб.23 Резултати мерење на СТС „Лугавчина 8“	60
Таб.24 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру	62



Таб.25 Резултати прорачуна губитика електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираних енергетски ефикасног трансформатора	63
Таб.26 Добијени резултати губитака електричне енергије енергетски ефикасног трансформатора који се јављају у бакру	65
Таб.27 Разлика губитака електричне енергије у бакру и гвожђу трансформатора	66
Таб.28 Новчана разлика губитака е.е. који се јављају код трансформатора	67
Таб.29 Резултати прорачуна губитика електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираних трансформатора	70
Таб.30 Резултати мерење на СТС (решетка) „Лугавчина 4“	70
Таб.31 Добијени резултати губитака електричне енергије трансформатора који се јављају у бакру	73
Таб.32 Резултати прорачуна губитика електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираних енергетски ефикасног трансформатора	74
Таб.33 Добијени резултати губитака електричне енергије енергетски ефикасног трансформатора који се јављају у бакру	75
Таб.34 Разлика губитака електричне енергије у бакру и гвожђу трансформатора	76
Таб.35 Новчана разлика губитака е.е. који се јављају код трансформатора	77
Таб.36 Резултати мерење на ТС (кула) „Лугавчина 1“	80
Таб.37 Резултати мерење на ТС (кула) „Лугавчина 3“	82
Таб.38 Резултати мерење на МБТС „Лугавчина 6“	84
Таб.39 Резултати мерење на МБТС „Лугавчина 5“	87
Таб.40 Резултати мерење на ТС (кула) „Сараорци 1“	89
Таб.41 Резултати мерење на СТС (решетка) „Сараорци 2“	91
Таб.42 Резултати мерење на СТС (решетка) „Сараорци 3“	93
Таб.43 Резултати мерење на СТС (решетка) „Сараорци 4“	95
Таб.44 Резултати мерење на МБТС „Сараорци 5“	97
Таб.45 Резултати мерење на МБТС „Сараорци 6“	99
Таб.46 Резултати мерење на МБТС „Сараорци 7“	101
Таб.47 Резултати мерење на ТС „Лугавчина 35/10kV“ T1	103
Таб.48 Резултати мерење на ТС „Лугавчина 35/10kV“ T2	104
Таб.49 Збирни резултати мерење на ТС „Лугавчина 35/10kV“ T1+T2	105
Таб.50 Резултати прорачуна губитика електричне енергије који се јављају у гвожђу анализираних трансформатора	106
Таб.51 Петомесечни губици е.е. који се јављају у бакру трансформатора	107
Таб.52 Петомесечни губици е.е. који се јављају у бакру трансформатора	108
Таб.53 Збирни резултати електричне енергије свих трансформатора 10/0,4kV	110
Таб.54 Петомесечни губици е.е. који се јављају у бакру трансформатора T1+T2	110



Списак скраћеница:

ЕЕС – Електроенергетски систем

е.е. – електрична енергија

МБТС – Монтажно бетонска трансформаторска станица

СТС – Стубна трансформаторска станица

ТС – Трансформаторска станица