

C2 06

**УТИЦАЈ НОВЕ ТРАФОСТАНИЦЕ 400/110 kV ЈАГОДИНА 4
НА ПРЕНОСНИ СИСТЕМ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ**

Б.ШУМОЊА*
Д.КАРАНОВИЋ
З.МИЋАНОВИЋ
В.МИЛИЋ

ЈП Електромрежа Србије
Београд, Србија

Кратак садржај: Крајем 2006. године пуштена је погон нова трафостаница 400/110 kV Јагодина 4. Трафостаница је прикључена на далековод 400 kV између ТС Крагујевац 2 и ТС Ниш 2. Рад је обрадио све аспекте које је донела нова трафостаница са својом трансформацијом 400/110 kV у подручју Поморавља. То се првенствено односи на повећање сигурности напајања потрошача, квалитет испоручене електричне енергије, растерећење преносне мреже, смањење губитака у преносу и остало. У раду је дата компарација преносног система у подручју Поморавља пре и после нове трафостанице.

Кључне речи: трафостаница, сигурност напајања потрошача, систем за пренос електричне енергије, токови снаге, губици активне снаге и енергије

1. УВОД

Планови о изградњи трафостанице 400/110 kV Јагодина 4 потичу одавно, негде са почетка деведесетих година прошлог века. „Студија дугорочног развоја преносне мреже 400, 220 и 110 kV на подручју Републике Србије, за период до 2020. године” [1], која је усвојена 1997. године у свом делу који се односи на развој преносне мреже у подручју Поморавља предвидела је изградњу нове трафостанице 400/110 kV Јагодина 4. Као разлози су наведени повећање

* Бранко Шумоња, ЈП Електромрежа Србије, Војводе Степе 412, 11000 Београд,
branko.sumonja@ems.co.yu

сигурности напајања потрошача у том региону, побољшање квалитета испоручене електричне енергије, растерећење појединих елемената преносне мреже, смањење губитака и можда један од најзначајнијих, а то је смањење утицаја режима рада ТЕ Морава на преносну мрежу у том региону.

Дерегулација електроенергетског сектора Републике Србије, довела је до нових односа компанија који се баве прозводњом, преносом и трговином електричне енергије. Развој тржишта електричне енергије енергетске учеснике приморава на нова правила игре. Због тога се може рећи да је последњи наведени разлог оправданости изградње ТС 400/110 kV Јагодина 4, веома битан, узимајући у обзир да је цена електричне енергије произведене у ТЕ Морава највиша у Републици Србији.

Узимајући у обзир све наведено, ЈП ЕМС је као енергетски субјекат задужен за пренос електричне енергије, управљање преносним системом и развој тржишта електричне енергије, током 2006. године приступио реализацији пројекта изградње и уклапања трафостанице 400/110 kV Јагодина 4 у постојећу преносну мрежу. Потпуно нова, трафостаница 400/110 kV Јагодина 4 изграђена је средствима обезбеђеним кредитним линијама Европске банке за обнову и развој (EBRD). У процесу пројектовања, изградње, надзора, испитивања и стављања у погон нове ТС учествовале су реномиране европске и домаће фирме које се баве пословима који су потребни да би се од „диваде“ добила оваква трафостаница, слободно се може рећи понос ЈП ЕМС-а. Трафостаница је сукцесивно уклапана у постојећу преносну мрежу, најпре 110 kV а затим 400 kV ниво. Трафостаница је, у овој фази, стављена у погон 12.12.2006. године.

2. ОПИС АНАЛИЗИРАНОГ МОДЕЛА

Анализа токова снага, напонских прилика, анализа разлике губитака активне снаге и цене разлике губитака електричне енергије у ЕЕС Србије на годишњем нивоу са и без ТС 400/110 kV Јагодина 4 урађена је за зимски конзум Републике Србије 2006/2007, вршно оптерећење од 6940 MW, на регионалном моделу који обухвата 400, 220 и 110 kV напонске нивое у ЕЕС Србије и 400 и 220 kV напонске нивое суседних ЕЕС-ова, с тим да је у ЕЕС Грчке моделован и напонски ниво 150 kV, користећи програме за прорачун токова снага PSA (Power System Analyzer) и DIgSILENT (Power Analysis Software).

Анализа је урађена под следећим претпоставкама:

- сви производни капацитети у ЕЕС Републике Србије (без Косова и Метохије) су у погону осим једног генератора у ТЕ Костолац А. ТЕ-ТО у Новом Саду, Београду и Зрењанину нису у погону,
- процењен ниво конзума региона Косова и Метохије је 11,7% од укупног конзума Србије, тј. за вршно оптерећење од 6940 MW износи око 810 MW,
- претпостављено је да Косово и Метохија покрива своју потрошњу на бази сопствене производње и уговореног увоза.

3. АНАЛИЗА РАДА ПРЕНОСНЕ МРЕЖЕ У РЕГИОНУ ПОМОРАВЉА ПРЕ ПУШТАЊА У ПОГОН НОВЕ ТС 400/110 kV ЈАГОДИНА 4

Регион који се разматра у овом раду, пре уласка у погон нове ТС 400/110 kV Јагодина 4, се напајао из следећих правца:

- из ТС 400/110 kV Крагујевац 2 по ДВ 110 kV бр.123/5 ТС Крагујевац 2- ТС Јагодина 2,
- из ТЕ Морава по ДВ 110 kV бр.105/2 ТЕ Морава- ТС Јагодина 1,
- из ТС 220/110 kV Крушевац 1 по ДВ 110 kV бр.108 ТС Јагодина 1- ТС Крушевац 1 и ДВ 110 kV бр.152/1 ТС Крушевац 1- ТС Параћин.

Преносна мрежа 110 kV између ТС 400/110 kV Крагујевац 2 и ТС 220/110 kV Крушевац 1 је „секционисана“ у ТС 110/35 kV Јагодина 1, односно искључено спојно поље у ТС Јагодина 1 раздваја правце напајања разматраног региона. ТС Јагодина 2, ТС Јагодина 1, ТС Њуприја, ТС Лапово, ТС Стењевац и ТЕ Морава се напајају из правца ТС 400/110 kV Крагујевац 2 и ТЕ Морава, док се ТС Параћин 1, ТС Параћин 3, ТС Поповац и ТС Ћићевац („параћинска петља“)

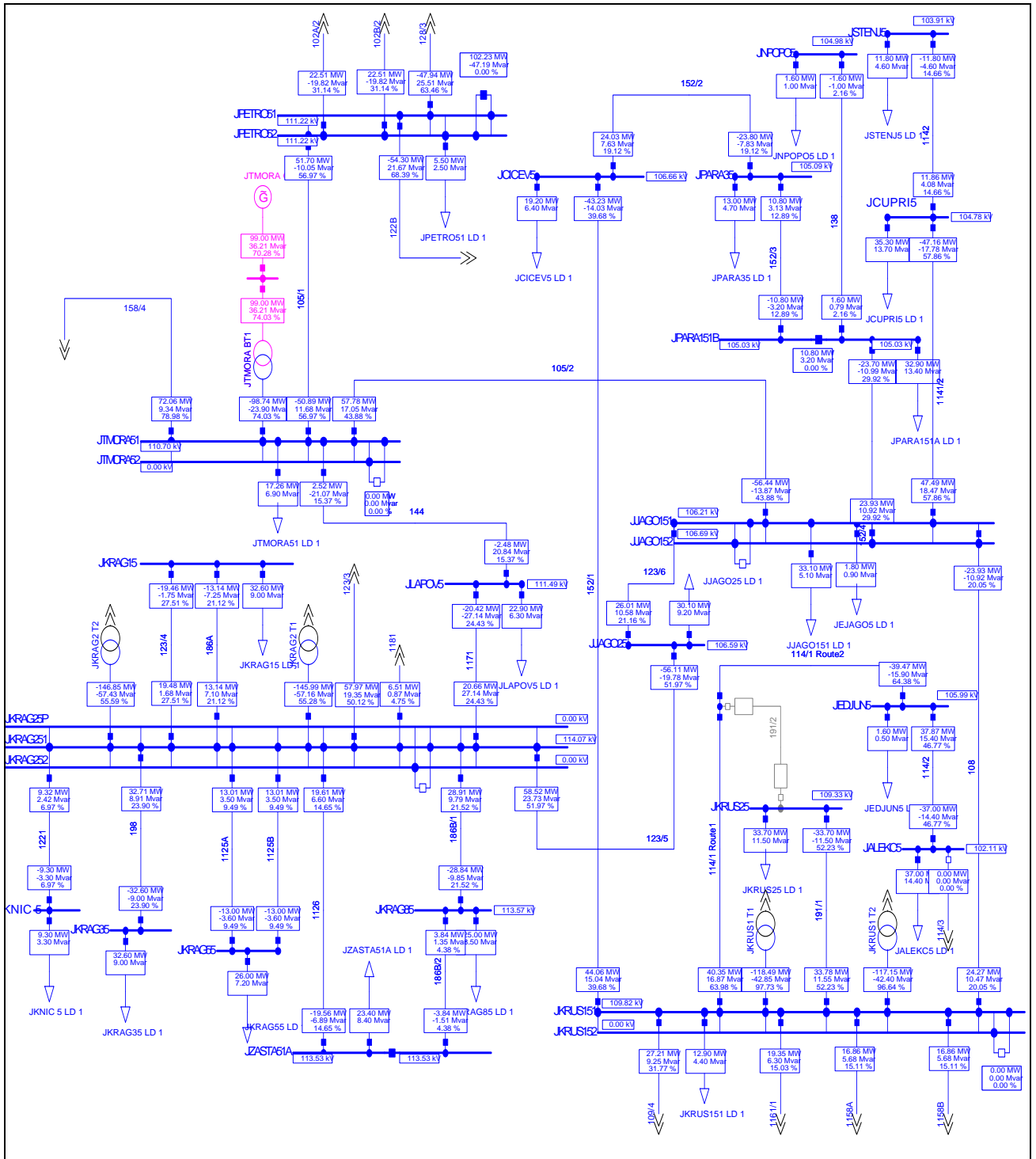
напаја из ТС 220/110 kV Крушевац 1. Оваква уклонна шема је успостављена због растерећења елемената преносне мреже који се преотерећују у појединим режимима рада. Поменути режим рада одговара и диспечерској логици која подразумева да се мрежа 110 kV између јаких чворишта не упетљава, односно да је мрежа у нормалном погону раздвојена. Таквим уклонним стањем се постиже изолованост поремећаја, односно нема каскадног испада елемената преносне мреже због преоптерећења у хаваријским режимима рада. У описаном уклонном стању, велики значај је имала ТС 110/35 kV Јагодина 1, док је ТЕ Морава имала значајан утицај на напонске прилике у региону.

У зимским режимима рада преносне мреже често је долазило до преоптерећења трансформације 220/110 kV у ТС Крушевац 1, где су инсталисана два трансформатора 220/110 kV/ kV по 150 MVA, те је било потребно растерећивати ТС Крушевац 1 преко мреже 110 kV. У неким режимима рада и то није било довољно, па би се погон одвијао са преоптерећеним трансформаторима у ТС Крушевац 1, чиме се животни век већ старих трансформатора још више смањивао. Испад једног или оба трансформатора у ТС Крушевац 1 у зимском режиму доводио би до „редукције“ испоруке електричне енергије потрошачима, који се напајају из ТС Крушевац 1.

Из ТС Параћин 1 се преко ДВ 110 kV бр.138 ТС Поповац- ТС Параћин 1 електричном енергијом снабдева цементара у Поповцу. Уклонно стање у овом делу ЕЕС се по правилу успостављало тако да се цементари у Поповцу обезбеде повољне напонске прилике. То би понекад захтевало да се „параћинска петља“ раскида у ТС Параћин 1, те би се тада ТС Параћин 1 и ТС Поповац напајали радијално преко једног система сабирница у ТС Јагодина 1, из правца ТС 400/110 kV Крагујевац 2 и ТЕ Морава. Са друге стране ТС Параћин 3 и ТС Ћићевац би се радијално напајали из правца ТС Крушевац 1. У овим режимима рада напон у ТС Поповац се у просеку кретао око 105 kV, али је било режима када је напон био и нижи, услед чега је долазило до испада производних погона у цементари у Поповцу. У случају испада из погона неког елемента преносне мреже у овом региону, поготово у зимском периоду, било је великих проблема са напонским приликама које су биле ван прописаних граница. Исто тако би долазило до преоптерећења која су за последицу имала и оштећења далеководна.

Напонске прилике у другом делу посматраног региона, који се у нормалном погону напајао из правца ТС 400/110 kV Крагујевац 2 и ТЕ Морава преко ДВ 110 kV бр.123/5 ТС Крагујевац 2 - ТС Јагодина 2 и ДВ 110 kV бр.105/2 ТЕ Морава - ТС Јагодина 1 у великој мери је зависио од тога да ли је ТЕ Морава у погону. У неким режимима, кад је ТЕ Морава била ван погона, долазило је до проптерећења ДВ 110 kV бр.105/1 ТЕ Морава - ТС Петровац, пошто би се енергија из борског региона и из правца ТЕ Костолац А усмеравала преко разводног постројења ТЕ Морава према ТС Јагодина 1 и „шумадијској петљи“ (ЕВП Марковац, ТС Велика Плана, ТС Смедеревска Паланка, ТС Младеновац, ТС Аранђеловац, ТС Топола, ТС Крагујевац 2, ТС Лапово). У таквим режимима рада једино могуће решење којим се спречавају веће последице по ДВ 110 kV бр.105/1 ТЕ Морава - ТС Петровац, било је његово искључење. Међутим, тада би долазило до ниских напона у набројаним трафостаницама, јер би се цео тај регион напајао само из ТС 400/110 kV Крагујевац 2. У ТС Крагујевац 2 су у погону два трансформатора 400/110 kV/ kV, по 300 MVA, који немају могућност регулације напона под оптерећењем, тако да се њима не може једноставно управљати напонским приликама. Закључак је да је утицај ТЕ Мораве на посматрани регион био велики. Тај утицај није био само у зимским режимима, већ је био од значаја и у летњим режимима, у време ремонтних искључења. Такође, у већини режима критеријум сигурности N-1, у посматраном региону, није био задовољен.

Слика бр.1 приказује уклонно стање посматраног региона Поморавља без ТС 400/110 kV Јагодина 4 на којој могу да се виде токови активних и реактивних снага по далековдима и кроз трансформаторе као и вредности напона на сабирницама трафостаница.



Слика бр.1 Преносна мрежа региона Поморавља пре ТС 400/110 kV Јагодина 4

4. ОПИС НОВЕ ТС 400/110 kV ЈАГОДИНА 4

Потпуно нова ТС 400/110 kV Јагодина 4 изграђена је у непосредној близини постојеће ТС 110/35 kV Јагодина 1, у насељу Мајур, у близини Јагодине.

Постројење 400 kV уклопљено је у постојећу мрежу са три нова стуба и једним адаптираним стубом. Постројење 110 kV је уклопљено у постојећу мрежу са већим изменама и са већим обимом послова.

Нови далеководи су нумерисани и категорисани у складу са важећим правилима:

- Постојећи ДВ 400 kV бр.423 ТС Крагујевац 2- ТС Ниш 2 је пресечен и по принципу улаз-излаз уведен у нову ТС. Нови далеководи имају ознаке ДВ 400 kV бр.423/1 ТС Крагујевац 2 - ТС Јагодина 4 и ДВ 400 kV бр.423/2 ТС Јагодина 4 - ТС Ниш 2.
- Постојећи ДВ 110 kV бр.105/2 ТЕ Морава - ТС Јагодина 1 је пресечен и по принципу улаз-излаз уведен у нову ТС. Нови далеководи имају ознаке ДВ 110 kV бр.105/2 ТЕ Морава - ТС Јагодина 4 и ДВ 110 kV бр.105/3 ТС Јагодина 4 - ТС Јагодина 1.
- Постојећи ДВ 110 kV бр.123/6 ТС Јагодина 1 - ТС Јагодина 2 је уведен у нову ТС, док је деоница од ТС Јагодине 4 до ТС Јагодине 1 демонтирана. Нови далековод има ознаку ДВ 110 kV бр.123/6 ТС Јагодина 2- ТС Јагодина 4.
- Постојећи ДВ 110 kV бр.152/4 ТС Параћин 1 - ТС Јагодина 1 је уведен у нову ТС, док је деоница од ТС Јагодине 4 до ТС Јагодине 1 демонтирана. Нови далековод има ознаку ДВ 110 kV бр.152/4 ТС Јагодина 4 - ТС Параћин 1.
- Постојећи ДВ 110 kV бр.1141 ТС Јагодина 1 - ТС Ћуприја је пресечен и по принципу улаз-излаз уведен у нову ТС. Нови далеководи имају ознаке ДВ 110 kV бр.1141/1 ТС Јагодина 1 - ТС Јагодина 4 и ДВ 110 kV бр.1141/2 ТС Јагодина 4 - ТС Ћуприја.
- Постојећи ДВ 110 kV који је радио под напоном 35 kV ТС Јагодина 1 - ТС Јагодина 3 је уведен у нову ТС, док је деоница од ТС Јагодина 4 до ТС Јагодина 1 каблирана, а далековод развезан на порталу у ТС Јагодина 4. Оваквим решењем далековод остаје да ради под напоном 35 kV док се у ТС Јагодина 3 не уради трансформација 110/35 kV када ће се укинути кабловски део.

Постројење 400 kV има два главна система сабирница, изведена цевним сабирницама, што је други случај (после ТС С.Митровица 2) у преносној мрежи Републике Србије. Тренутно је опремљено и стављено под напон 5 поља, и то: далеководно поље према ТС Крагујевац 2, далеководно поље према ТС Ниш 2, трафо поље Т-2, спојно поље и мерно поље. Уграђен је аутотрансформатор „Раде Кончар“, 400/110/10 kV, 300/300/30 MVA, али на жалост не нов већ призведен 1986. године. У другој фази, кад се за то створи потреба и услови, предвиђена је уградња још једног трансформатора. Осим тога остављена је могућност опремања још далеководних поља уколико буде потребе. Физички постоји могућност да постројење 400 kV има 9 поља, укључујући и мерно поље.

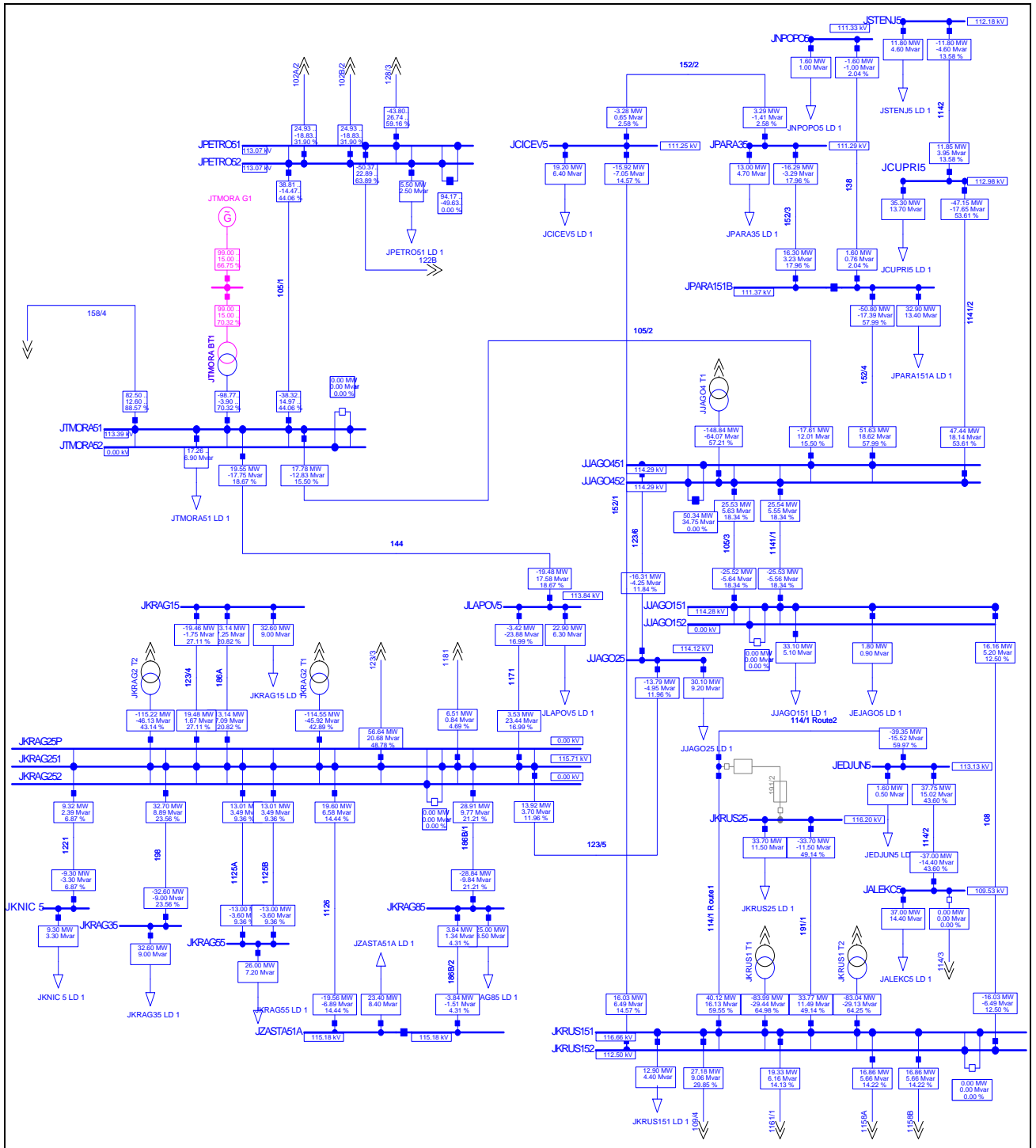
Постројење 110 kV такође има два главна система сабирница, изведена са цевним сабирницама што је први случај у преносној мрежи Републике Србије. Тренутно је опремљено и стављено под напон 10 поља, и то: два далеководна поља према ТС Јагодина 1, далеководно поље према ТС Јагодина 2, далеководно поље према ТЕ Морава, далеководно поље према ТС Параћин 1, далеководно поље према ТС Ћуприја, далеководно поље према ТС Јагодина 3 (тренутно у празном ходу), трафо поље Т-2, спојно поље и мерно поље. Остављена је могућност да постројење 110 kV има 25 поља, укључујући и мерно поље. Динамика опремања осталих поља зависиће од динамике развоја мреже 110 kV у том региону.

У ТС Јагодина 4 је уграђена аутоматика последње генерације, што значи да има локални SCADA систем, која омогућује мерење свих електричних величина и даљинску команду комплетном расклопном опремом осим растављача за уземљење у 110 kV постројењу. Преко SCADA система је омогућено даљинско управљање и надзор из команде ТС, РДЦ Крушевац, и НДЦ Београд. Релејне кућице су урађене у постројењу и у сваку је смештена опрема за управљање и релејну заштиту за 4 поља на страни 110 kV, а за 2 поља на стани 400 kV. Свако поље 110 kV има по један орман заштите и један орман управљања. У орману управљања су две јединице, једна за даљинско управљање преко SCADA система, а једна за управљање са лица места тзв. РУП (резервни управљачки панел). Свако 400 kV поље има такође један орман управљања, али два ормана за релејну заштиту. У ТС Јагодина 4 је активирана диференцијална заштита сабирница на 110 kV и на 400 kV страни. Јединице за заштиту сабирница се налазе у релејним кућицама за сва поља, све јединице комуницирају међусобно и са централном јединицом. Постоје механичке блокаде на растављачима и ножевима за уземљење, затим софтверске блокаде које не дозвољавају да се преко SCADA система даљински изда погрешна

команда, али постоје и електричне блокаде. Сопствена потрошња је обезбеђена преко два кабловска вода 35 kV, који се напајају из ТС Јагодина 1 и преко дизел агрегата.

5. АНАЛИЗА РАДА ПРЕНОСНЕ МРЕЖЕ У РЕГИОНУ ПОМОРАВЉА ПОСЛЕ ПУШТАЊА У ПОГОН ТС 400/110 kV ЈАГОДИНА 4

Слика бр.2 приказује уклопно стање посматраног региона након пуштања у погон ТС 400/110 kV Јагодина 4 на којој могу да се виде токови активних и реактивних снага по далековдима и кроз трансформаторе као и вредности напона на сабирницама трафостаница.



Слика бр.2 Преносна мрежа региона Поморавља после пуштања у погон ТС 400/110 kV Јагодина 4

Диференцијална заштита сабирница 110 kV у ТС Јагодина 4 омогућила је оптимално уклопно стање на страни 110 kV, распоређивањем извода на оба система сабирница са укљученим спојним пољем. Такође, у ТС Крушевац 1 изводи 110 kV су распоређени на два система сабирница али са искљученим спојним пољем. Један систем сабирница је практично „пролазни“ преко кога се затвара петља ТС Јагодина 4 - ТС Јагодина 1 - ТС Параћин 1 - ТС Параћин 3 - ТС Ћићевац - ТС Јагодина 4. У самој ТС Јагодина 4 изводи су разврстани тако да евентуални испад трансформатора Т-2 или једног система сабирница 110 kV не оставља потрошаче без напајања и оставља могућност диспечерског управљања, које у том случају подразумева укључење спојног поља 110 kV у ТС Крушевац 1. Наведени пот ремећај би, у неким режимима рада довео до преоптерећења неких елемената преносне мреже и до пада напона у наведеној петљи, али се ти проблеми могу решити диспечерском акцијом.

Уласком у погон ТС Јагодина 4 изгубио се значај далековода који су напајали посматрани регион из правца ТС Крагујевац 2 и ТЕ Морава. Са друге стране изгубила се важност ТС 110/35 kV Јагодина 1 с тим да се преко ње и даље затвара „параћинска петља“.

ТЕ Морава више нема утицаја на рад преносне мреже посматраног региона. У случајевима када је ТЕ Морава у погону веома мало енергије долази до ТС Јагодина 4, а у случајевима када ТЕ Морава није у погону енергија из ТС Јагодина 4 иде према ТЕ Морава.

Ново уклопно стање у ТС Крушевац 1, које се успоставило након уласка у погон ТС Јагодина 4, растеретило је трансформацију 220/110 kV ТС Крушевца за потрошњу „параћинске петље“, што је довело до побољшања напонских прилика и у осталом делу преносне мреже који се напаја из ТС Крушевац 1.

6. КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА

Као што се види из напред наведеног пуштањем у погон трафостанице 400/110 kV Јагодина 4 променули су се токови снаге у преносној мрежи посматраног региона, растеретили су се поједини елементи преносне мреже и повећали напони у целом региону Поморавља.

Побољшање напонских прилика у посматраном региону, наравно, довело је и до смањења губитака активне снаге, а тиме и до смањења губитака електричне енергије.

У наредним табелама дата је компаративна анализа губитака у преносној мрежи Републике Србије са и без ТС 400/110 kV Јагодина 4, као и анализа напона и токова снага у региону Поморавља са и без ТС 400/110 kV Јагодина 4. Анализа је урађена под истим претпоставкама, и за исто ангажовање генератора у наведеном моделу. Према Методологији и критеријумима планирања развоја преносне мреже као еквивалентно време трајања губитака активне снаге у ЕЕС Србије на годишњем нивоу се претпоставља 3 950 сати [2].

За губитке електричне енергије је усвојена јединична цена од 0,05 €/kWh.

Табела I: Разлика губитака активне снаге, губитака електричне енергије и цена разлике губитака електричне енергије у ЕЕС Србије на годишњем нивоу са и без ТС 400/110 kV Јагодина 4

Искључен елемент	Разлика губитака активне снаге [MW]	Разлика губитака електричне енергије [MWh]	Цена разлике губитака електричне енергије [€]
ТС Јагодина 4	12.5	49 375	2 468 750

Табела II: Преглед напона у региону пре и после пуштања у погон ТС Јагодина 4

Објекат	Напон пре [kV]	Напон после [kV]
ТС Крагујевац 2	388.4/114.1	391.2/115.7
ТЕ Морава	110,7	113.4
ТС Јагодина 1	106.2/106.7	114.3
ТС Јагодина 2	106.6	114.1
ТС Лапово	111.5	113.8
ТС Параћин 1	106	111.4
ТС Параћин 3	106.1	111.3
ТС Ћићевац	106.7	111.3
ТС Поповац	105	111,3
ТС Ћуприја	104.8	112.9
ТС Крушевац 1	197.1/109.8	205.9/116.7/112.5
ТС Јагодина 4	-	389/114.3/114.3
ТС Пертовац	111.2	113.1

Табела III: Преглед токова снаге у региону пре и после пуштања у погон ТС Јагодина 4

Објекат	Токови пре P[MW]/Q[MVAR]	Токови после P[MW]/Q[MVAR]
ТС 400/110 Крагујевац 2	292.8/114.6	229.8/92.1
ТС 400/110 Јагодина 4	-	148.8/64.1
ТС 220/110 Крушевац 1	235.6/85.2	167.1/58.6
ДВ ТС Петровац→ТЕ Морава	51.7/-10.1	38.8/-14.5
ДВ ТЕ Морава→ЕВП Марковац	72.1/9.3	82.5/12.6
ДВ ТЕ Морава→ТС Јагодина 1(4)	57.8/17.1	17.8/-12.8
ДВ ТЕ Морава → ТС Лапово	2.6/-21.1	19.6/-17.8
ДВ ТС Крагујевац 2→ТС Јагодина 2	58.5/23.7	13.9/3.7

7. ЗАКЉУЧАК

Узимајући у обзир горе наведено, може се закључити да је изградња нове ТС 400/110 kV Јагодина 4 испунила све разлоге њене изградње, а то су: повећање сигурности напајања потрошача у том региону, побољшање квалитета испоручене електричне енергије, растерећење појединих елемената преносне мреже, смањење губитака у преносном систему и смањење утицаја режима рада ТЕ Морава на преносну мрежу у региону Поморавља. Анализирајући само цену смањења губитака електричне енергије може се закључити да ће се средства инвестирана у изградњу ТС 400/110 kV Јагодина 4, при садашњим условима и наведеним претпоставкама у раду, вратити за реда 5 година.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] ЕИ Никола Тесла: „Студија дугорочног развоја преносне мреже 400, 220 и 110 kV на подручју Републике Србије, за период до 2020. године” [1], 1997. год
 [2] ЕИ Никола Тесла: „Методологија и критеријуми за планирање развоја преносне мреже ЕПС–а”, Београд, јун 2000. год.