

# ОПТИМИЗАЦИЈА ПРИМАРНЕ РЕГУЛАЦИЈЕ ПРИМЕНОМ ПРИГУШЕЊА ОСНОВНОГ КОНДЕНЗАТА НА БЛОКУ Б-1 ТЕ "НИКОЛА ТЕСЛА"- Б

Илија Радовановић, Александар Илић, Зоран Цвејић, Жељко Врачевић  
Термоелектрана „Никола Тесла“ Б, Б.Урошевића 44,11500 Обреновац,Србија

Joachim Rupp, Siemens AG, Energy Sector, Fossil Power Generation Division, Instrumentation &Electrical, 76187 Karlsruhe, German

Зоран Савић, Јелена Ђокић  
Siemens д.о.о. Београд, Омладинских бригада 21, 11070 Београд,Србија

## ИЗВОД

Приликом уградње новог система управљања „Siemens SPPA-T3000“ на блоку ТЕНТ Б1 у капиталном ремонту 2012 год. имплементиран је оптимизациони пакет примарне регулације. Ово решење подразумева да се приликом промене фреквенце у мрежи додатна енергија остварује смањењем (пригушењем) протока основног кондензата кроз загрејаче ниског притиска, што за последицу има добијање додатних мегавата.

Пре увођења овог оптимизационог пакета енергија потребна за одржавање стабилне фреквенце у мрежи остваривана је искључиво пригушењем на регулационим вентилима турбине.

Након оптимизације, пригушење регулационих вентила на турбини је мање. У раду је описано техничко решење примарне регулације са приказом резултата добијених применом овог решења.

**Кључне речи:** примарна регулација, пригушење, кондензат, регулациони вентили турбине.

## OPTIMIZATION OF PRIMARY CONTROL USING CONDENSATE THROTLLING ON UNIT B1 THERMAL POWER PLANT „NIKOLA TESLA“- B

### ABSTRACT

Implementation of new control system „Siemens SPPA-T3000“, during overhaul of the unit 1 TENT B1 in 2012, brought a lot of benefits regarding unit control. One of the benefits is implemented optimization package for primary control. This solution

implies that when we have changes in network frequency additional energy is achieved by reduction of main condensate flow through low pressure heaters, the results are additional megawatts.

Before implementation this Siemens' optimization package, energy that was required to maintain stable network frequency was realized only by throttling on turbine control valves.

After optimization, throttling on turbine control valves is less than it was before optimization. Technical solution of primary frequency control with its results is described in this study.

**Key words:** primary control, throttling, condensate, turbine control valves.

## УВОД:

Основна сврха сваког електроенергетског система је да обезбеди подмирење потреба потрошача, међутим остварење те улоге је јако отежано јер је потрошња у систему стално промењива.

Ова неусклађеност између производње и потрошње електричне енергије за последицу има одступање учестаности (фреквенце) у систему. Како су многи потрошачи (углавном електромотори) осетљиви на промену фреквенце, потребно је да она има константну вредност за коју су потрошачи димензионисани (у Европи је то 50 Hz а у Америци 60 Hz). Из тог разлога учестаност система се одржава у уском опсегу око ове вредности.

Већи поремећаји у режиму рада ЕЕС код којих долази до пропадања (смањење) фреквенце и уз појаву осцилација снаге може довести до распада система.

У циљу смањења утицаја промењивости рада ЕЕС-а створена је УСТЕ (*Union for Coordination of the Transmission of Electricity*), највећа електроенергетска интерконекција у Европи, која покрива простор од Португала до Пољске и од Холандије до Бугарске и Грчке. ЕЕС Србије је члан ове интерконекције од 2004 године.

Електро мрежа Србије (ЕМС) је након овог повезивања са УСТЕ прихватила строга правила и захтеве који важе за све чланице и односе се на примарну, секундарну и терцијалну регулацију учестаности и примарну регулацију напона.

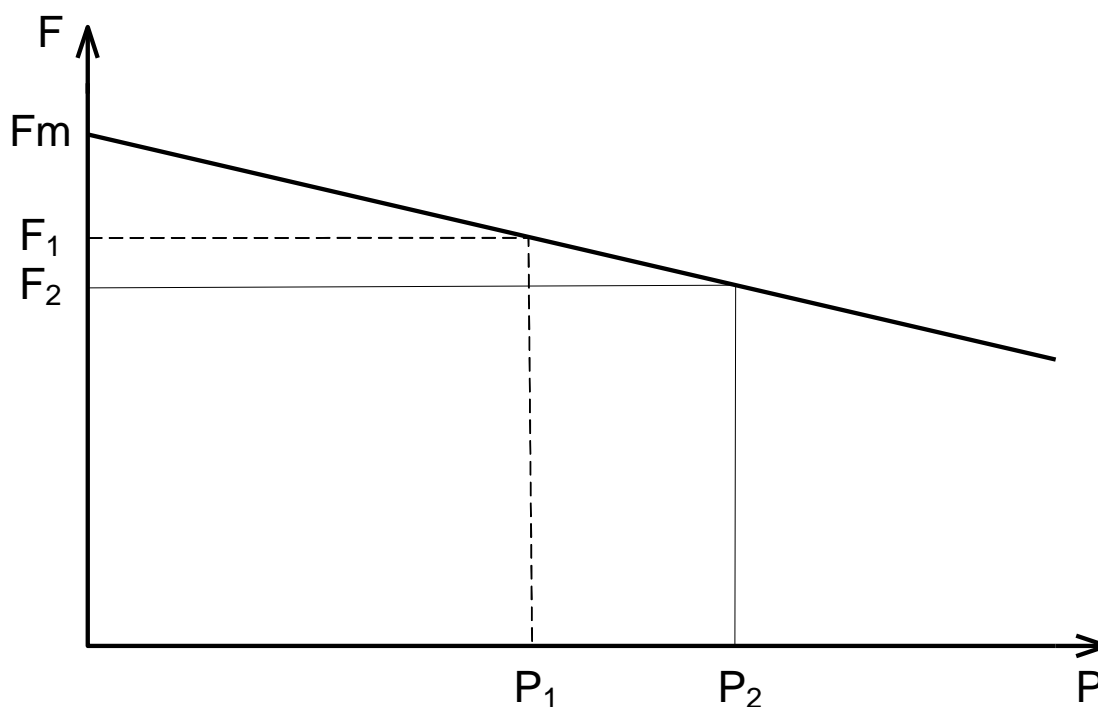
У 2008. Години ЈП ЕМС је по први пут са ЈП ЕПС закључио уговор о пружању системских услуга, према Закону о енергетици, којима су обезбеђени капацитети и енергија за потребе: примарне, секундарне и терцијалне регулације учестаности, примарне регулације напона и успостављање система након распада.

## ПРИМАРНА РЕГУЛАЦИЈА УЧЕСТАНОСТИ

Циљ уније (UCTE) је да координира пренос електричне енергије и развој мреже на европском континенту. Уједно ово је највећа интерконекција на свету (опслужује више од 500 милиона људи). Ради у синхроним паралелним режиму и чини поуздан ослонац за све учеснике унутар тржишта електричне енергије.

У оквиру електроенергетске интерконекције најважнији критеријум за процену квалитета њеног рада је понашање њене учестаности.

Основна улога примарне регулације учестаности је да одржава равнотежу између производње и потрошње у електроенергетском систему као што се може видети на слици 1:



Слика 1: Зависност промене фреквенце од промене снаге

За све чланице интерконекције важе принципи сигурности и солидарности. Настала одступања у мрежи, односно нагла растерећења, не би требали да изазову промену учестаности која би прелазила унапред дефинисану минималну и максималну вредност (принцип сигурности). Суштина принципа солидарности се огледа у обавези сваког ЕЕС-а у интерконекцији да учествује у компензацији поремећаја са истим уделом са којим учествује у укупној производњи.

При процени квалитета регулације битни су регуциона енергија и привидни статизам система. Регуациона енергија система се рачуна према следећој релацији:

$$\lambda_u = \frac{\Delta P}{\Delta f} \left[ \frac{MW}{Hz} \right]$$

где је:

$\Delta P$  - промена активне снаге која изазива поремећај фреквенце,

$\Delta f$  – одступање учестаности инерконекије настало као последица насталог поремећаја

Привидни статизам интерконекије:

$$S = \frac{\Delta f / f}{\Delta P_u / P_u}$$

где је :

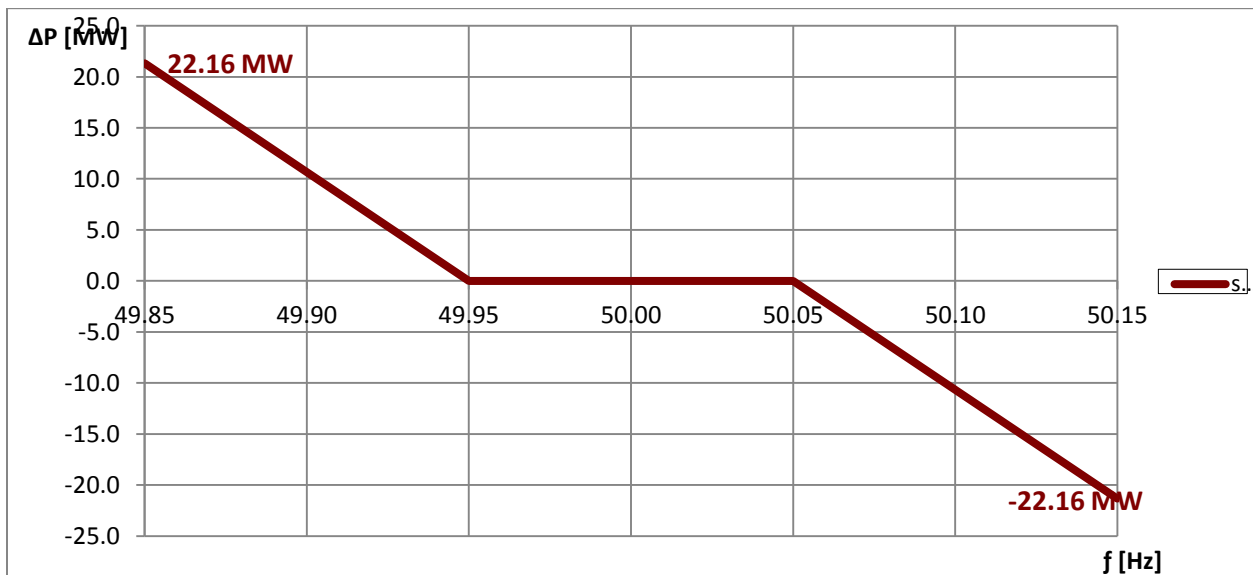
$P_u$  – произведена снага за цео повезани систем у тренутку поремећаја

$f$  – учестаност интерконекије пре настанка поремећаја

У складу са правилником ЕМС-а блок ТЕНТ Б1 ради са следећим параметрима:

$s = 6$ ;  $db = 50$  mHz;  $\Delta f = 100$  mHz;  $\Delta P = 22.16$  MW;

као што је приказано на слици 2:



Слика 2: крива примарне регулације блока ТЕНТ Б1

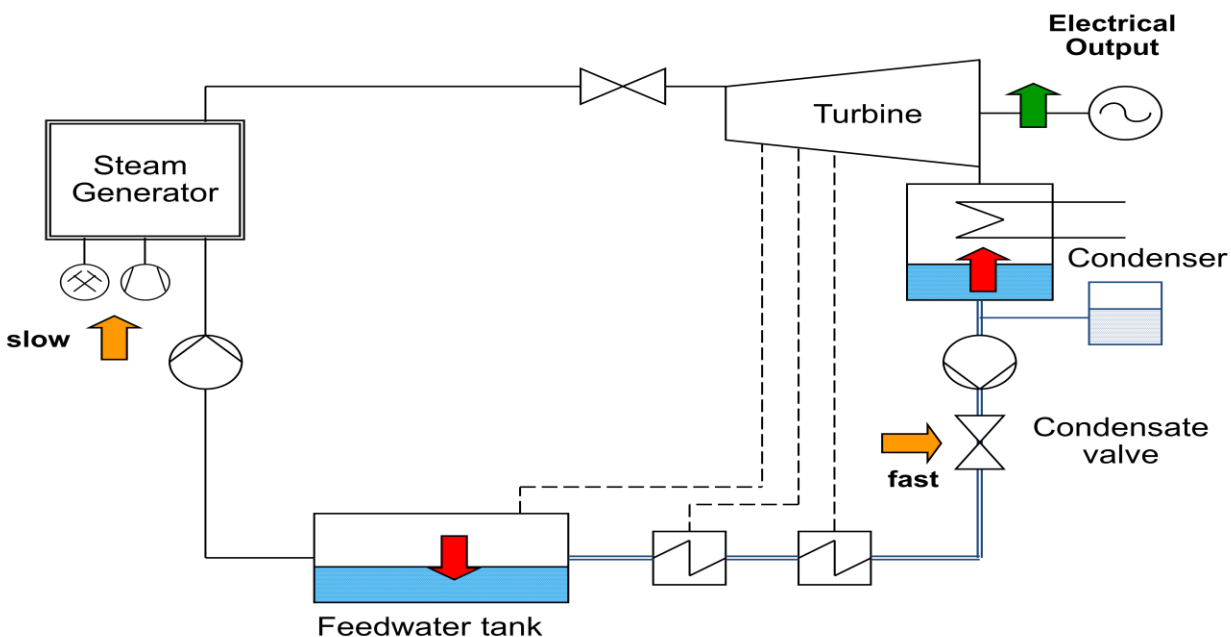
Као што се може видети са криве, тзв „мртва зона“ учестаности је 50 mHz. Када девијација учестаности премаши дозвољену вредност, блок у следећих 100 mHz предаје сву своју енергију која је предвиђена за примарну регулацију. Уколико је поремећај фреквенце од 100 mHz блок је дужан да сву своју снагу предвиђену за примарну регулацију преда за максимално 30 sec.

## ПРИМАРНА РЕГУЛАЦИЈА УЧЕСТАНОСТИ

На блоку ТЕНТ Б1 поред стандардног начина регулације фреквенце у мрежи уз помоћ регулационих вентила на турбини, приликом имплементације новог сименсововог система управљања „SPPA T3000“, имплементиран је и нови начин регулисања фреквенце уз помоћ пригушења основног кондензата. Применом овог оптимизационог пакета водило се рачуна да одзиви блока на промену фреквенце у мрежи буду у складу са USTE захтевима.

Традиционални начин регулисања фреквенце у мрежи захтева пригушење (резерву) паре на регулационим вентилима на турбини. То значи да се у току рада блока у примарној регулацији не користи комплетна произведена пара у котлу за производњу мегавата већ се један њен део свесно жртвује зарад очувања фреквенце. На тај начин постоје константни губици који смањују коефицијент искоришћења блока. Применом пригушења кондензата потребна је мања резерва на регулационим вентилима јер се остатак енергије добија редуковањем одузимања паре за грејање основног кондензата.

На слици 3 приказана је принципијелна шема линије основног кондензата на једном термо блоку.



Слика 3: Принципијелна шема линије основног кондензата

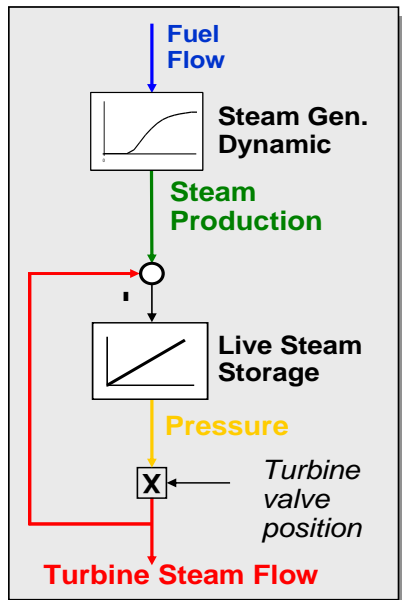
Када пара преда своју енергију турбини она се у кондензатору претвара у воду (основни кондензат). Кондензована течност пребацује се у напојни резервоар одакле се поново одводи у котло да би се из ње произвела пара и тиме се затвара круг вода-пара. На свом путу од кондензатора до напојног резервоара основни кондензат се догрева у загрејачима ниског притиска, одузимањем паре из турбине. Приликом загревања основног кондензата у загрејачима ниског притиска пара предајући своју енергију води се хлади и кондензује, преласком паре у течно стање у загрејачима се ствара вакуум чиме се поспешује одвод паре из турбине. Одавде видимо да постоји директна веза између количине воде која пролази кроз загрејаче са вакуумом (више воде значи већи вакуум односно више паре се узима из турбине). Принципом пригушења основног кондензата се своди на то да притварањем вентила основног кондензата смањујемо количину воде која пролази кроз загрејач. На тај начин се узима мање паре из турбине за загревање односно пара која остане у турбини се искористи да се од ње произведу мегавати. Пригушење вентила је пропорционално девијацији фреквенце.

Код примене оваквог начина примарне регулације постоје и ограничавајући фактори. Притварањем вентила ремете се нивои у кондензатору и напојном резервоару. Врло висок ниво у кондензатору може довести до испада турбине а низак ниво у напојном резервоару до испада пумпи које воду из напојног резервоара транспортују у котло. И један и други ниво проузрокују испад блока са мреже. Да би се то предупредило, логика пригушења кондензата има ограничења на основу нивоа у напојном резервоару и нивоа у кондензатору. Кад се достигну граничне вредности дозвољених нивоа, пригушење кондензата се аутоматски искључује и вентил основног кондензата прелази у регулацију по нивоу.

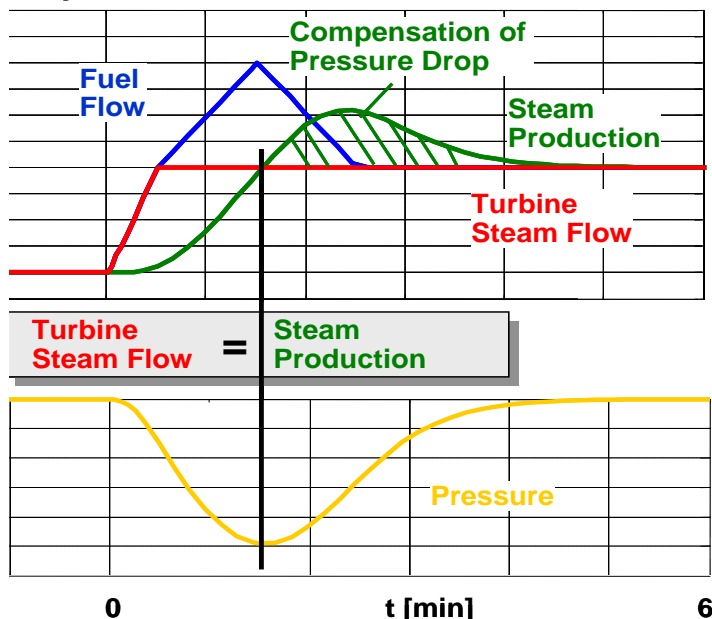
### **ПРИМАРНА РЕГУЛАЦИЈА ПРИГУШЕЊЕМ РЕГУЛАЦИОНИХ ВЕНТИЛА НА ТУРБИНИ**

Уколико примарну регулацију радимо само са регулационим вентилима, свако дејство регулације на вентиле проузрокује промене притисака и протока свеже паре што даље има утицај на све регулационе кругове. Једном речју, пад притиска који је последица примарне регулације уноси поремећаје у целом систему. На слици 4 је приказано како изгледа пропад притиска услед деловања примарне регулације без пригушења кондензата.

## Model



## Dynamic Behavior

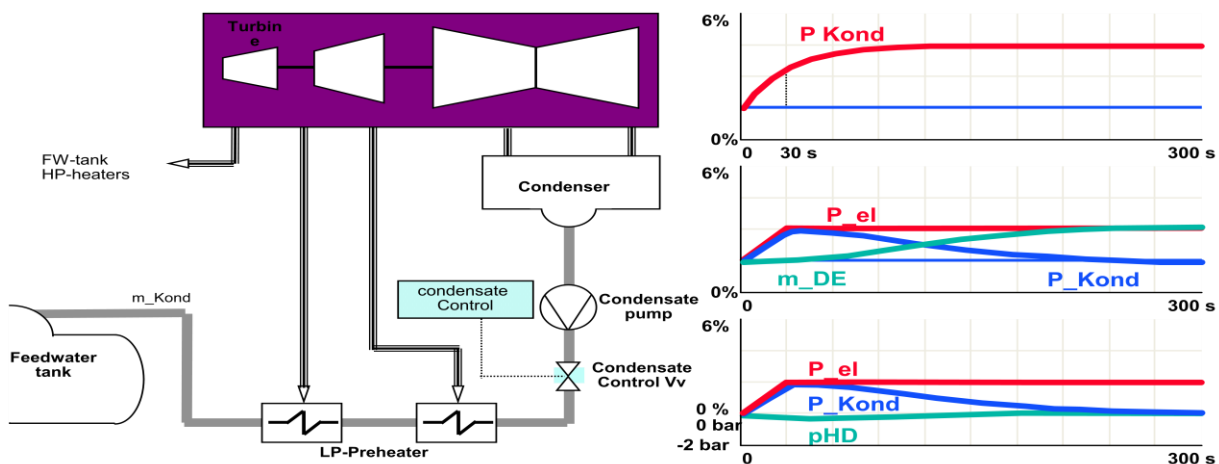


Слика 4: Утицај примарне регулације

Као што се види на слици 4 при деловању фреквенце долази до отварања регулационих вентила на турбини што као последицу има пропад притиска свеже паре. Регулација ложења већом количином угља покушава да надомести тај пропад међутим због тромости котла то није толико брзо као и пад притиска свеже паре па као неминовност имамо осцилације које се на слици не виде.

## ПРИМАРНА РЕГУЛАЦИЈА СА ПРИГУШЕЊЕМ КОНДЕНЗАТА

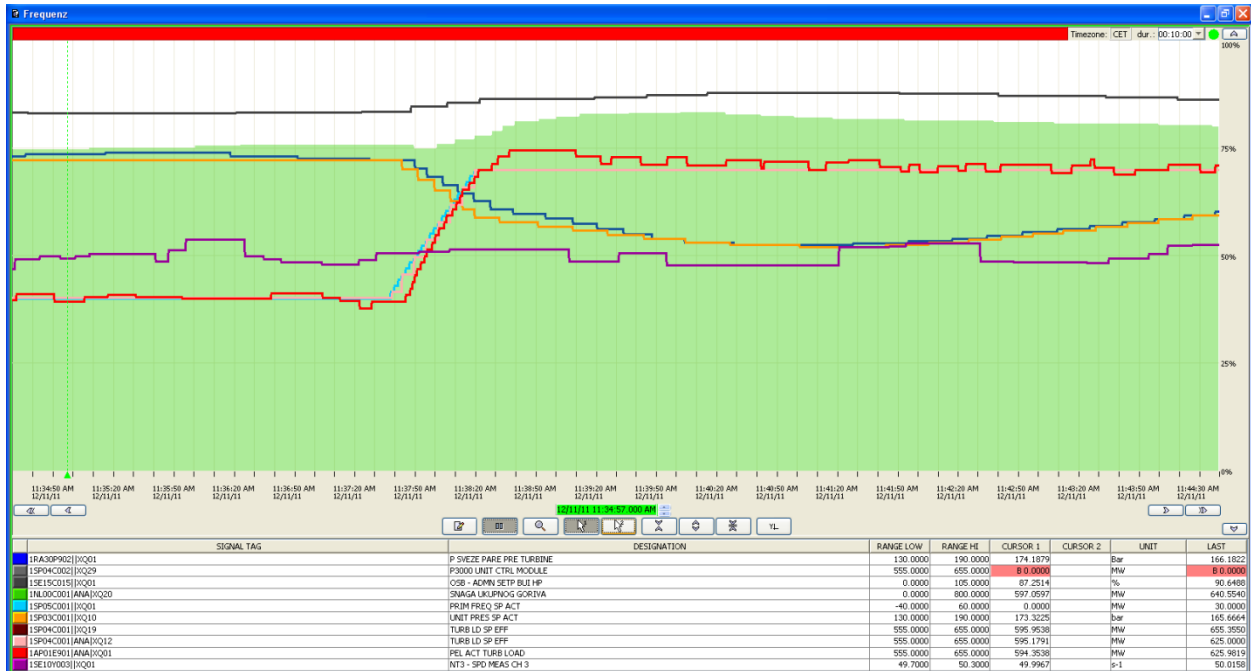
На слици 5 приказана је иста ситуација само овај пут када је укључено пригушење кондензата.



Слика 5: Утицај примарне регулације са укљученим пригушењем кондензата

На првом дијаграму на слици 5 приказана је снага кондензата (прорачуната снага на основу капацитета кондензата). На другом дијаграму види се како порастом снаге кондензата расте и активна снага. Како време пролази продукција котла (проток паре) расте а самим тим утицај кондензата се постепено смањује. Када продукција паре постане довољно висока да задовољи тражену снагу, утицај конднзата је на нули. На трећем дијаграму се види да је при целој овој акцији пад притиска свеже паре доста мањи него у претходном случају.

На слици 6 приказан је дијаграм деловања примарне регулације без пригушења кондензата снимљен на блоку ТЕНТ Б1:



Слика 6: деловање примарне регулације без пригушења кондензата

плава – притисак свеже паре

тамно сива – захтев за положај регулационих вентила турбине

зелена – захтев за горивом

светло плава – захтев примарне регулације

жута – задата вредност притиска свеже паре

розе – задата вредност снаге

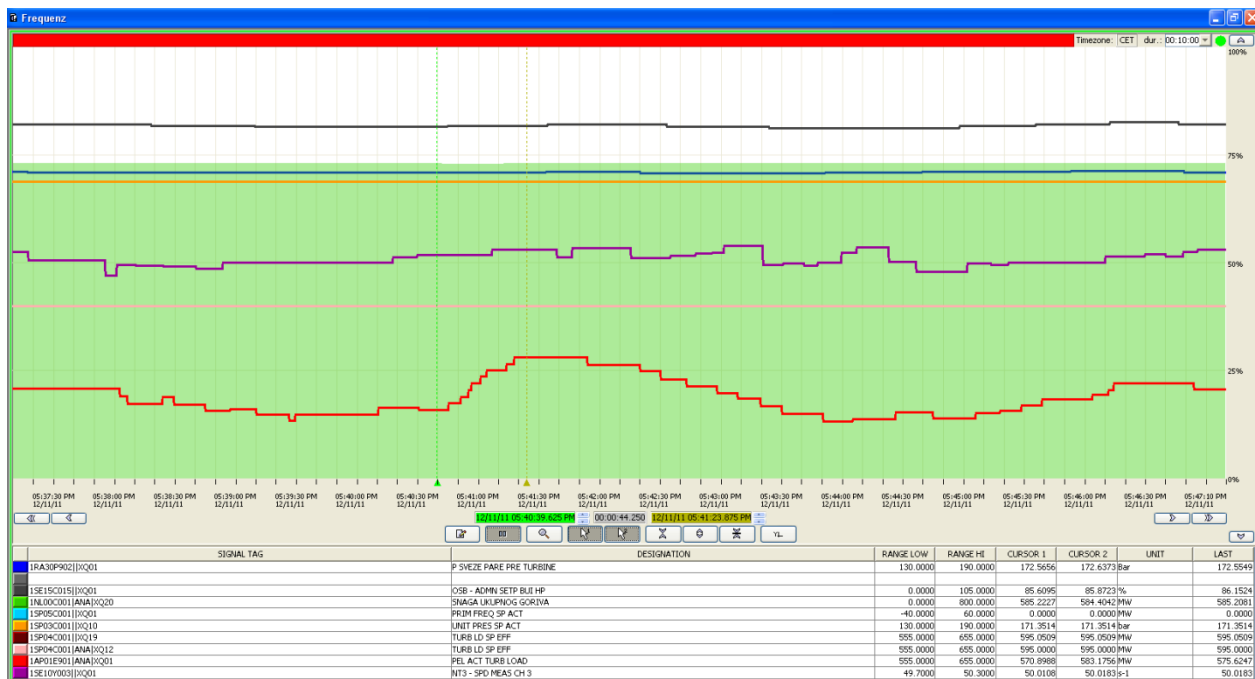
црвена – снага блока

љубичаста - фреквенца



На слици 6 је приказана промена активне снаге блока за 30 MW. При деловању захтева примарне регулације, долази до отварања регулационих вентила на турбини. То проузрокује тренутни пад притиска свеже паре. Да би се вратила у нормалу, регулација повећава ложење и притисак се полако враћа назад. За овај тест симулиран је пропад фреквенце. На дијаграму је тренутна фреквенца у мрежи, и као што се види са нашим повећањем снаге и она је за тренутак порасла. Промена фреквенце се мењала у опсегу од - 12,5 mHz до + 9,2 mHz. Као што се види на дијаграму за овај поремећај је регулацији било потребно бар 30 мин.

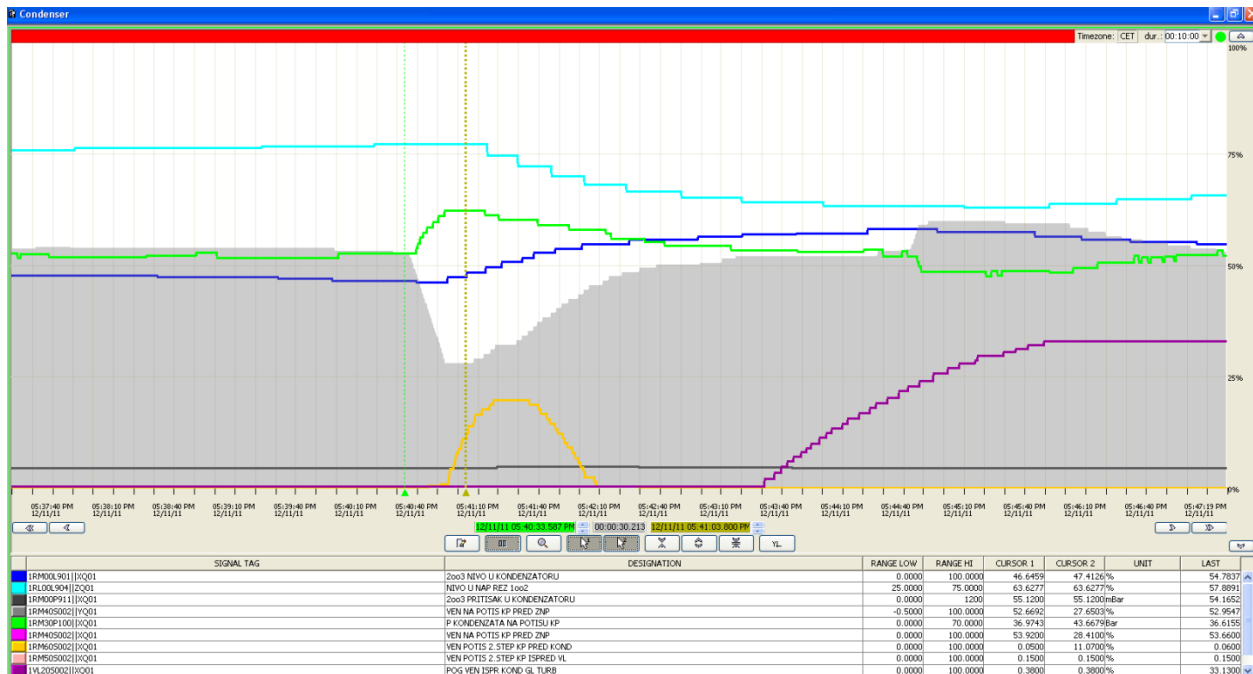
На слици 7 приказан је дијаграм деловања примарне регулације са пригушењем кондензата снимљен на блоку ТЕНТ Б1:



Слика 7: деловање примарне регулације са пригушењем кондензата

Из дијаграма се види да је промена притиска занемарљива као и реаговање вентила на турбини. Захтев жељене снаге као и ложења се није мањао што нам показује да смо снагу добили не делујући на основне регулационе кругове.

На слици 8 су приказане последице деловања пригушења кондензата на регулационе кругове одржавања нивоа у напојном резервоару и кондензатору.



Слика 8: утицај пригушења кондензата на регулацију нивоа у напојном резервоару и кондензатору

плава – ниво у кондензатору

светло плава – ниво у напојном резервоару

тамно сива – притисак у кондензатору

сива површина – положај вентила основног кондензата

зелена – притисак на потису конденз пумпи

зута – положај вентила за који враћа кондензата у кондензатор

љубичаста – положај вентила за допуну напојног резервоару

Притварањем вентила основног кондензата долази до пораста нивоа у конднзатору. Пошто се смањује проток ка напојном резервоару расте притисак на потису конденз пумпи и отвара вентил који враћа воду назад у кондензатор. Пошто је смањен проток ка напојном резервоару, ниво у напојном опада што изазива отварање вентила за допуну напојног резервоара. С обзиром да су нивои и у напојном и у кондензатору били у дозвољеним границама, оволика акција вентила основног кондензата је прошла без великих осцилација.

Проблем може настати када нам се пре деловања пригушења кондензата нивои већ налазе у критичним опсесима.

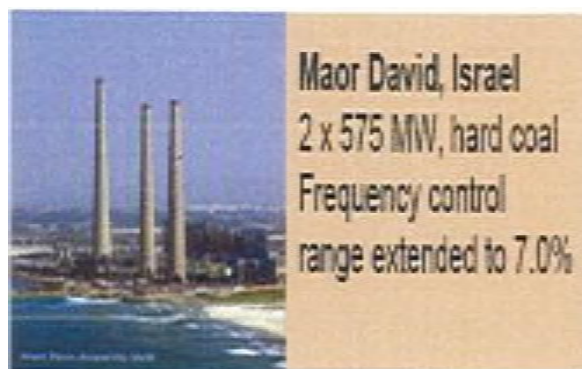
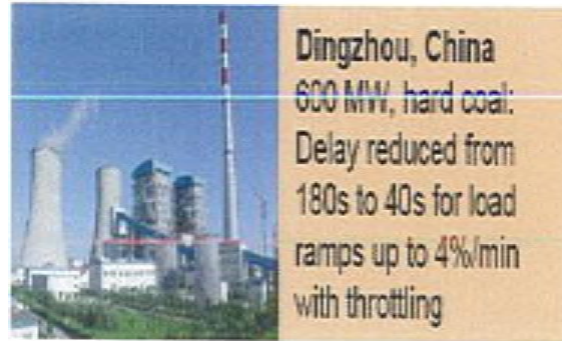
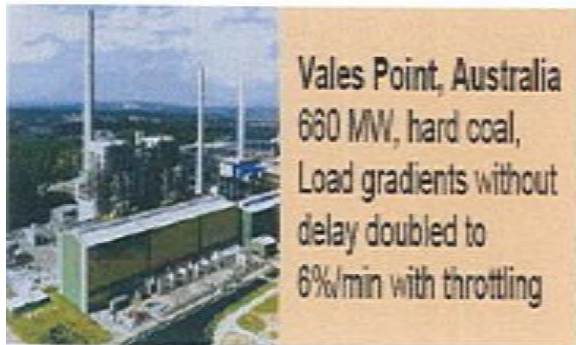
## ЗАКЉУЧАК:

Уградњом оптимизационог пакета Siemens SPPA P3000 за пригушење основног кондзната остварује се брза реакција на девијације фреквенце у мрежи сходно захтевима УСТЕ. Коришћењем пригушења кондзната смањује се резерва свеже паре за примарну регулацију фреквенце (резерва добијена притварањем регулационих вентила). Модул за пригушење кондзната обезбеђује тренутно и непосредно повећање оптерећења уз смањење губитака ефикасности постројења.

Систем SPPA P3000 притом узима у обзир задате вредности протока кондзната кроз загрејаче ниског притиска и контролише нивое у напојном резервоару и кондензатору.

У сваком случају овакав приступ решавању проблема примарне регулације фреквенце је први пут примењен на неком од блокова ЕПС-а а први резултати добијени на највећој јединици при снагама  $\approx 650$  MW указују на оправданост оваквог поступка.

Поред ТЕНТ Б1 овакав оптимизациони пакет примарне регулације примењен је на још неким електранама у свету:



Према Сименсовим прорачунима применом овог оптимизационог пакета на блоку од 620 MW на лигнит постиже се повећање коефицијента искоришћења од отприлике 0,25% што значи уштеду од око 130000€ годишње и 10600 t CO<sub>2</sub> мање.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Монографија ТЕНТ Б, ЈП ТЕНТ „НИКОЛА ТЕСЛА“

[2] Joachim Rupp, „Unit control - Nikola Tesla TENT B“

[3] „Примарна, секундарна и терцијална регулација учестаности и примарна регулација напона у ЕПС-у“ – Електротехнички институт „Никола Тесла“ Београд