

ПРЕУЗИМАЊЕ НАПАЈАЊА КОТЛА У СИНХРОНИЗОВАНОМ РАДУ ТУРБО И ЕЛЕКТРОНАПОЈНИХ ПУМПИ

Александар Илић, Илија Радовановић, Жељко Врачевић, Зоран Цвејић

Термoeлектрана „Никола Тесла“ Б, Б.Урошевића 44, 11500 Обреновац, Србија

ИЗВОД

Приликом уградње новог система управљања „Siemens SPPA-T3000“ на блоку ТЕНТ Б1 у капиталном ремонту 2012 год. уложен је велики труд да се ниво аутоматизације постројења, који је и на старом систему био на високом нивоу, учини још већим. Посебна пажња је поклоњена „критичним тренуцима“ како у кретању тако и у заустављању блока. Без сумње најкритичнији моменат у раду блока је када напајање котла прелази са турбонапојне пумпе на електронапојне пумпе и обрнуто а да се при томе испоштују строги захтеви заштитних и регулационих функција блока. С обзиром да се на старом систему ова операција обављала потпуно ручно, аутоматизација исте представља велики корак напред.

Аутоматизацијом ове операције, постигнуто је преузимање напајања уз много мање осцилације како притиска на потису пумпи тако и протока напојне воде ка котлу. Операција која је на старом систему у многоме зависила од спретности и искуства руковоаца имплементирана је у функције управљачке логике и сада је постала уобичајено једноставна.

Кључне речи: турбонапојна пумпа, електронапојне пумпе, напајање котла.

ABSTRACT

During implementation of new control system „Siemens SPPA-T3000“, during overhaul of the unit TENT B1 in 2012, is invested a lot of effort to get higher level of automation of plant than old system (which was very high). Special attention was given to the "critical moments" especially during movement and stop of the unit. Without a doubt the most critical moment in the work of unit is when the boiler's feed water supply goes from turbine water pump to electrical water pumps and opposite direction taking account stringent safety requirements and regulatory functions block. Given that on the old system this operation was fully manual, the same automation is a major step forward. By automating these operations, the changeover of boiler's feed water supply is much more stable regarding the pumps' pressure and the flow rate of feed water to the boiler. These operations on the old system are largely depended of the skill and experience of the operators, now is implemented in control logic and has now become a common simple.

Key words: turbine feed water pump, electrical water pumps, boiler's feed water supply

УВОД

У септембру 2012 године на термоелектрани Никола Тесла Б на блоку Б1 имплементиран је нови систем управљања „Siemens SPPA T3000“. Том приликом је стари аналогни систем управљања замењен новим савременијим дигиталним системом. Овакав вид ревитализације постројења захтевао је поновно пројектовање целокупног управљања и регулације комплетног ситета.

Стари систем управљања, ССМ Sulzer– регулација котла, ВВС – регулација ТТНП, иако је поседовао доста велики ниво аутоматизације за то време, умногоме је зависио од благовремене реакције особља које њиме управља. Пројектовањем новог управљања тежило се томе да се ниво аутоматизације колико је год то могуће повећа како би се рад постројења учинио бољим и како би се особљу олакшало управљање истим. Посебан акценат стављен је на „критичне тренутке“ који постоје приликом кретања и заустављања блока. Свакако један од најбитнијих тренутака је преузимање напајања котла са електронапојних пумпи на турбонапојну пумпу и обрнуто. Целокупна ова акција је на старом систему обављана ручно и захтевала је пуну концентрацију руковооца као и неретко помоћ од стране његових помоћника.

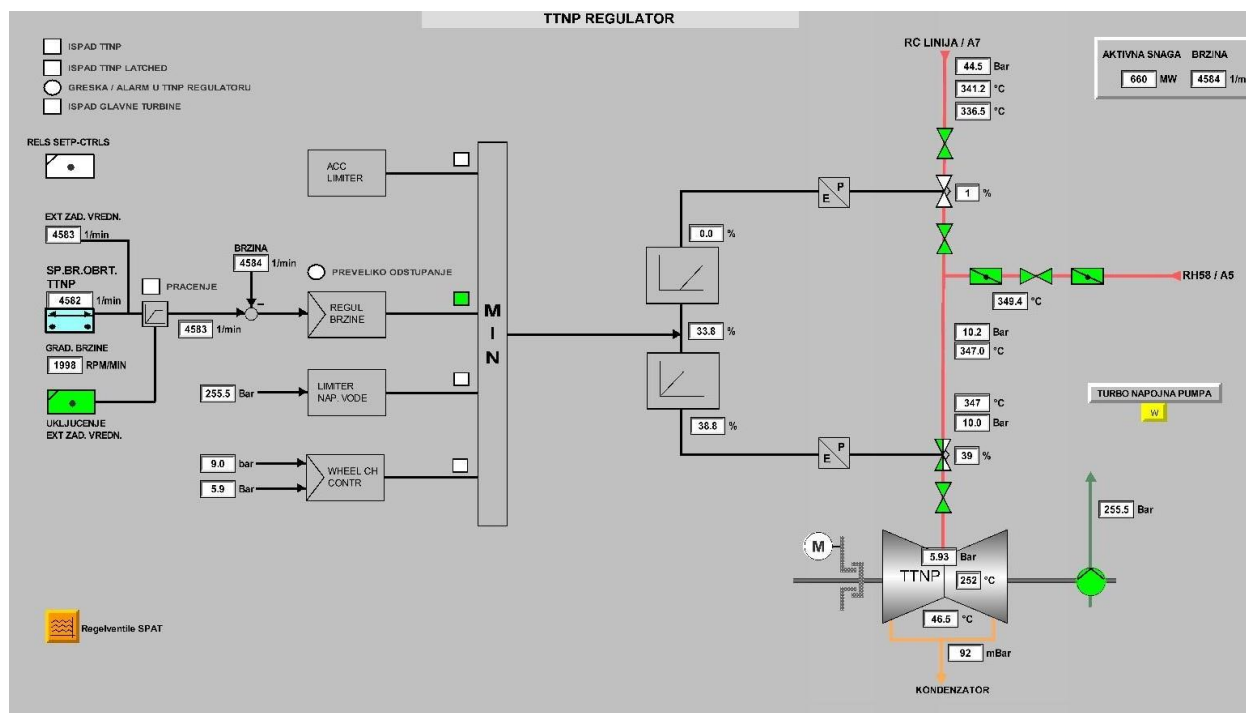
Уградњом Siemens SPPA T3000 управљање преузимањем напајања котла је потпуно аутоматизовано док су активности руковооца сведене на надгледање процеса и евентуалне корекције.

СНАБДЕВАЊЕ КОТЛА НАПОЈНОМ ВОДОМ

Номинална снага термоенергетског блока ТЕНТ Б1 је 665 MW. Да би се произвела та енергија потребно је око 2000 t/h напојне воде. Напојна вода се у котао допрема из напојног резервоара уз помоћ пумпи. Оно што блокове на термоелектрани Никола Тесла Б чини специфичним јесте постојање два извора напајања котла каја се у току самог рада постројења смењују. За потребе напајања котла постоје две електро пумпе и једна турбонапојна пумпа. Пошто капацитети електронапојних пумпи нису довољни да би се постигао оволики проток, у току рада блока при постизању одговарајућих параметара електронапојне пумпе се искључују, а снабдевање котла напојном водом преузима турбонапојна пумпа. Приликом овог преузимања напајања потребно је испоштовати многе сигурносне и технолошке услове како би блок остао у раду.

Турбонапојну пумпу не погони електро погон већ за то постоји посебна турбина која пару узима из петог одузимања главне турбине. Као што је приказано на слици 1, турбонапојна

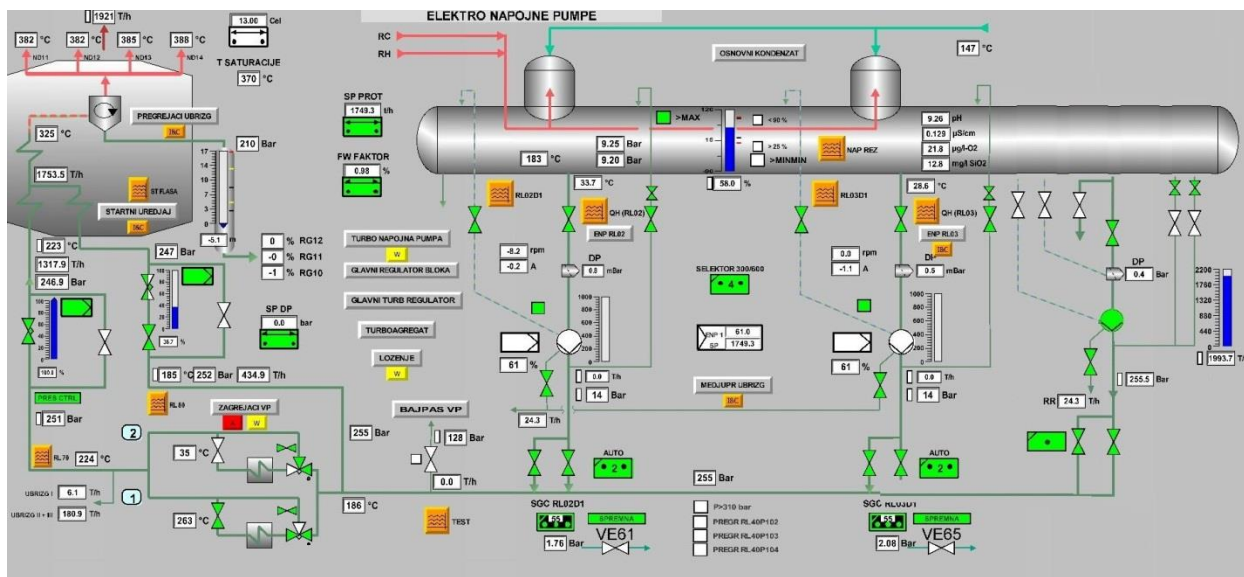
пумпа поседује један стоп вентил чијим отварањем се пара упушта у турбину и један регулациони вентил којим се регулише количина паре која је потребна турбо пумпи да би обезбедила потребан проток напојне воде.



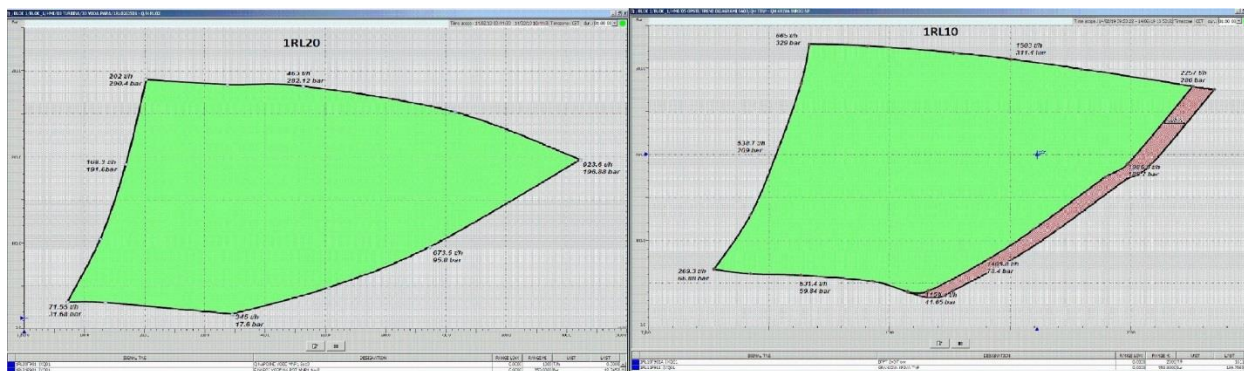
Слика 1. Турбонапојна пумпа

Приликом кретања блока пре потпале ложишта, а и надаље, потребно је обезбедити минималну количину напојне воде (564 t/h) и то се обезбеђује радом две електронапојне пумпе. Улога електронапојних пумпи је при кретању и заустављању блока укупно до 60% оптерећења, односно до снаге од макс. 360 MW. Електронапојне пумпе покрећу електромотори снаге 7 MW. Пумпе су произведене у фабрици CCM Sulzer (Француска), а мотори су Ganz (Мађарска).

За рад блока при вишим оптерећењима и са номиналним параметрима напајање котла водом врши се преко турбонапојне пумпе. Конструкција главне напојне пумпе је принципијелно иста као и електронапојних. За покретање пумпе користи се парна турбина снаге 22 MW (притисак паре 9,7 bar и температура паре 342°C). Преузимање напајања се најчешће изводи при протоку напојне воде ка котлу од отприлике 1000 ÷ 1100 t/h и притиску на потису пумпи од 110 bar-а што се постиже приближно на снази од 300 MW. На слици 2 је приказана веза у постројењу између електронапојних и турбонапојне пумпе.



Као што се са слике 2 може видети, у нормалном раду све три пумпе су са отвореним потисним вентилима и имају заједнички потисни колектор. Уколико при раду електронапојних пумпи желимо да пређемо на турбонапојну пумпу, она треба да савлада притисак који производе електронапојне пумпе и обрнуто. Електронапојне пумпе имају по један вентил минималног протока док турбонапојна пумпа има два таква вентила чиме се до постизања одговарајућих притисака и протока остварује безбедан рад пумпе. Преко ових вентила сва вода се шаље назад у напојни резервоар. На слици 3 се може видети област при којој ови вентили штите пумпе.



Q/H криве нам показују колики је максималан проток који једна пумпа може да оствари. Као што се са слике 3 то може видети максималан проток пумпе директно зависи од притиска на потису пумпе. Лева гранична крива на овим дијаграмима показује колики је минималан проток који пумпа треба да има при старту. Тај проток се постиже уз помоћ вентила минималног протока. Десна гранична крива показује колики је максималан

проток који пумпа може да оствари за одговарајуће притиске. Приликом преузимања напајања мора се посебна пажња обратити на десну граничну криву јер ако се подизањем оптерећења пумпа превише оптерети, по напуштању безбедне зоне рада након 30 s деловаће технолошка заштита која ће искључити пумпу.

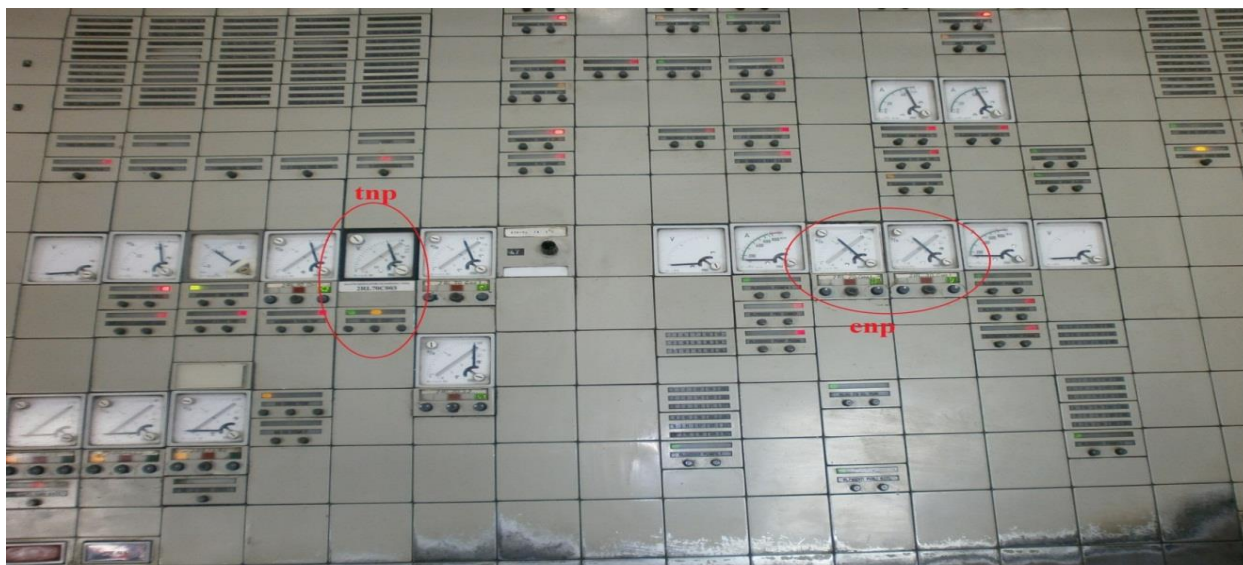
Приликом преузимања напајања мора се видети рачуна да се ка котлу увек шаље потребна количина воде. На излазу из испаривача постоје мерења температура чије граничне вредности ($>440^{\circ}\text{C}$) представљају заштиту котла. Када имамо ватру у ложишту, уколико је количина напојне воде недовољна то се прво примети на овим температурама јер оне почињу да расту.

Осим заштите по температурама после испаривача, постоји још једна заштита која је приликом преузимања напајања веома значајна а то је заштита котла по минималном протоку. Уколико имамо проток воде ка котлу мањи од 500 t/h дуже од 17 s, деловаће заштита котла. Ова заштита се лако може догодити уколико приликом преузимања изазовемо испад неке пумпе.

ПРЕУЗИМАЊЕ НАПАЈАЊА

Преузимање напајања на старом систему (“DECONTIK“)

Приликом стартовања блока, при достизању потребних параметара руковаоц покреће турбонапојну пумпу. У старту она се окреће на свом прекретном строју при 45 o/min и отворена су јој оба вентила минималног протока. Аутоматика подиже број обртаја турбонапојне пумпе тако што упушта пару у њу. Када притисак напојне воде на потису буде за 10ак bar мањи него што је притисак у заједничком потисном колектору аутоматика престаје са дизањем броја обртаја турбонапојне пумпе. У тим тренутцима турбонапојна пумпа је спремна за преузимање напајања, односно електро пумпе су у аутоматизи а турбо пумпа је на ручном. То значи да када руковаоц подизањем оптерећења на турбо пумпи почне да подиже проток ка котлу, оптерећење електро пумпи ће се аутоматски смањивати како би се одржао жељени проток напојне воде ка котлу. Скидање оптерећења електро пумпи је врло споро па руковаоц тада мора да „помогне“ регулацији тако што ће додатно да скида оптерећење електро пумпи. Руковаоц тада ручно оптерећује турбонапојну пумпу и при томе истовремено растерећује електронапојне пумпе водећи рачуна да не изазове осцилације у протоку напојне воде како не би дошло до прораде неке од заштита. На пулту који служи за управљање погоном, руковаоц на располагању има по два тастера за сваку пумпу, по један тастер за подизање оптерећења и по један тастер за смањење оптерећења што се може видети на слици 4.



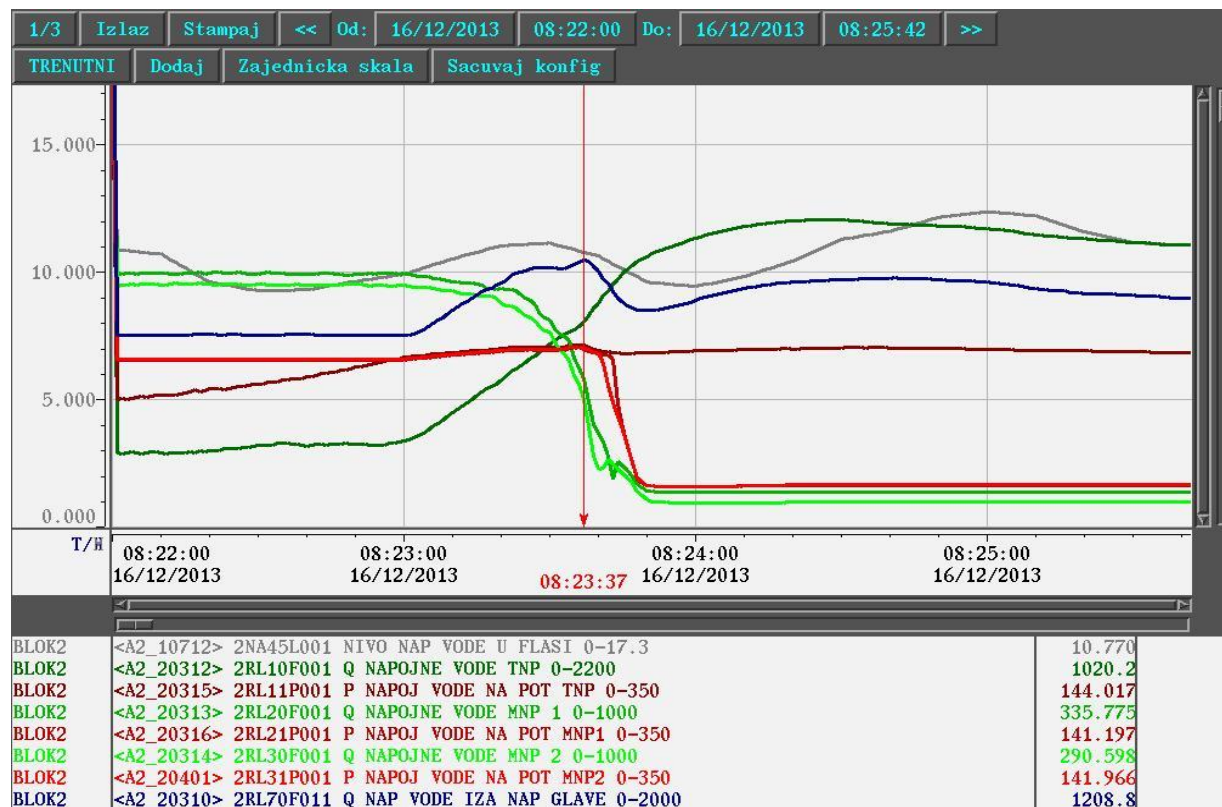
Слика 4. Изглед старог пулта за управљање на „DECONTIK -u“

Регулатор оптерећује пумпу пропорционално дужини трајања притиска тастера. Руковаоц полако диже обртаје турбонапојне пумпе док се притисак на потису турбонапојне пумпе не приближи притиску електронапојних пумпи. Тада турбонапојна пумпа почиње да гура воду у заједнички колектор и да потискује електронапојне пумпе. Када су притисци на потису пумпи приближно исти руковаоц наставља са дизањем оптерећења турбонапојне пумпе док истовремено скида оптерећење електронапојних пумпи подједнако. Руковаоц у овим тренутцима када се пумпе „гурају“ мора да води рачуна да не претера са подизањем оптерећења турбонапојне пумпе као и са скидањем оптерећења електронапојних пумпи јер лако може да заосцилује проток. Уколико једну електронапојну пумпу више оптерети него другу тада ће електронапојна пумпа која има већи притисак заједно са турбопумпом да потискује пумпу са мањим притиском и на тај начин лако може да дође до смањења протока напојне воде ка котлу. При свему овоме треба имати на уму да руковаоц тада истовремено управља на три тастера тако да је у овим тренутцима често потребна помоћ другог оператера да води рачуна о турбонапојној пумпи. При одређеном протоку, за одговарајући притисак на потису пумпи, вентили минималног протока турбонапојне пумпе се затварају. и то тако прво један па други. Када се ови вентили затворе, турбонапојна пумпа сву своју воду шаље ка заједничком колектору и тада још јаче потискује електронапојне пумпе. Протоци електронапојних пумпи падају и када достигну одговарајућу вредност отварају се вентили минималног протока. Тада су електронапојне пумпе потиснуте и воду преко вентила минималног протока шаљу назад у напојни резервоар након чега руковаоц може да их искључи. Турбонапојна пумпа се пребацује у аутоматiku и она тада врши напајање котла.

Приликом преузимања напајања брзина одзива регулатора врло често не прати брзину којом руковаоци притискају тастер тако да се лако деси да команде „остану запамћене“.

Када турбонапојна пумпа преузме напајање регулатор настави да подиже оптерећење и тако најчешће имамо појаву превелике количине воде у котлу и појаву нивоа у флаши. Да би смањили проток руковаоци тада притискају тастер за смањење оптерећења турбонапојне пумпе и ако префорсирају са импулсима може се десити да се турбо пумпа толико растерети да проради котловска заштита по минималном протоку.

Преузимање напајања са електронапојних пумпи на турбонапојну пумпу

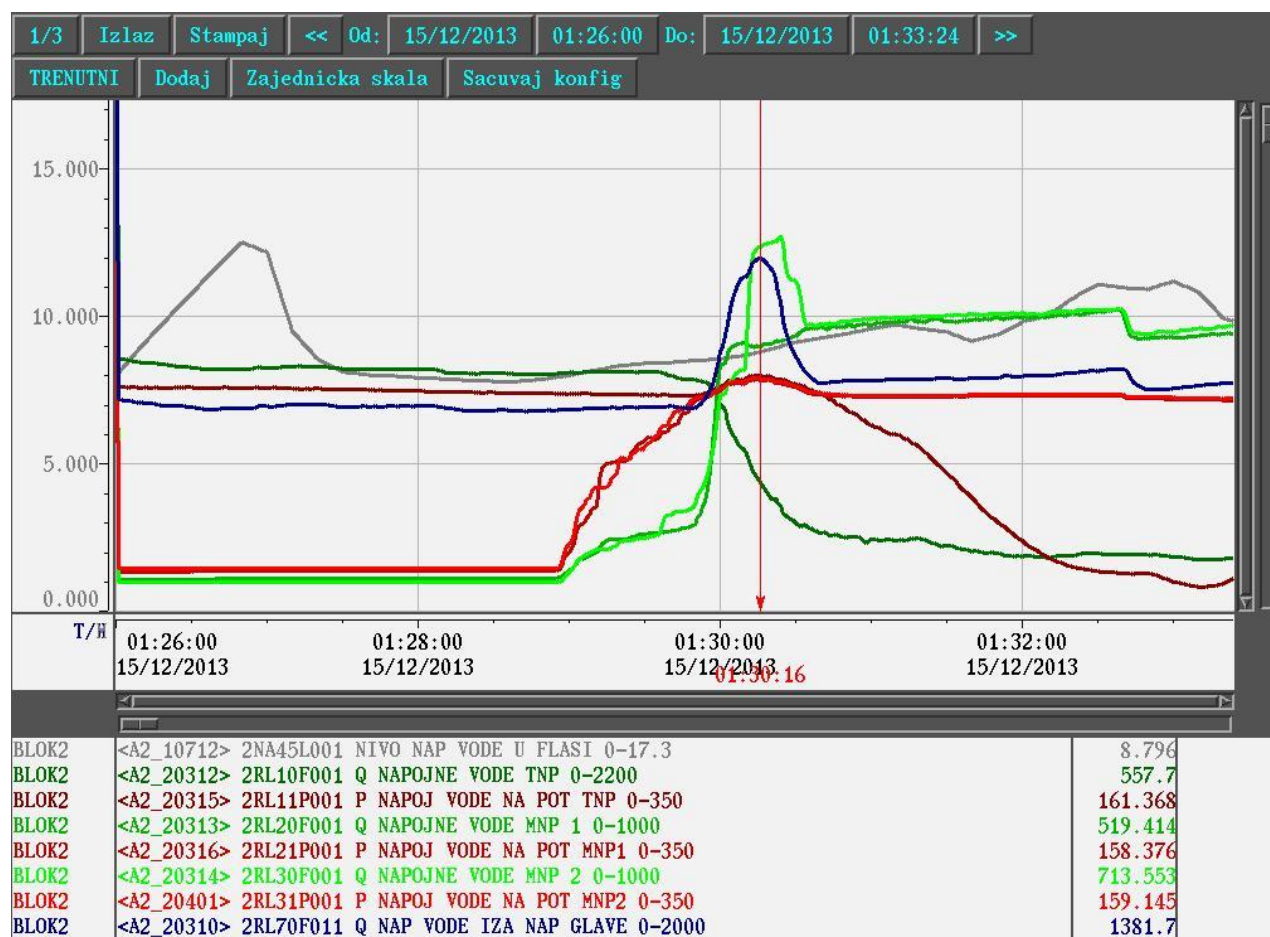


Слика 5. Преузимање напајања са електронапојних пумпи на турбонапојну пумпу

На слици 5 су са зеленим линијама приказани протоци пумпи а са црвеним притисци. На слици 5 се такође види да је све време преузимања присутан ниво у флаши. Руковаоци пре него што крену у преузимање намерно повећају проток напојне воде ка котлу да би добили ниво у флаши. Свесно потхлађују ложиште да би били сигурнији по питању заштите од минималног протока напојне воде ка котлу. Руковаоц подиже број обртаја турбонапојне пумпе притискајући одговарајући тастер. Подизањем броја обртаја расте проток турбонапојне пумпе (тамно зелена линија) као и њен притисак (тамно црвена линија). Са тамно плавом линијом је приказан укупан проток напојне воде ка котлу и види се да је приликом преузимања његова вредност била 860 t/h. Подизањем броја обртаја турбонапојне пумпе притисак на њеном потису се приближава притиску који остварују

електронапојне пумпе. У тренуцима када притисак турбонапојне пумпе почне да надвлађава притисак електронапојних пумпи почиње да се повећава проток напојне воде ка котлу и ниво у флаши. Регулација која би у овим тренуцима требала да свлачи протоке електронапојних пумпи то ради споро па нам проток расте и до 1208 t/h. Када види да је притисак турбонапојне пумпе надвлађао притисак од електронапојних пумпи руковаоц ручно растеређује електронапојне пумпе. Овако нагло растеређење је могуће јер у котлу постоји више воде него што је то потребно па руковаоц зна да тиме неће угрозити проток. Оно што се такође види са слике 5 то је да проток турбонапојне пумпе наставља да расте и после преузимања и то до 1530 t/h. Разлог за то су „запамћене“ команде на регулатору напајања. Као последица тога проток ка котлу нам је са 860 t/h порастао на 1200 t/h. Такође регулацији треба доста времена да умири проток па и после више од 1,5 min имамо проток већи од 1100 t/h.

Преузимање напајања са турбонапојне пумпе на електронапојне пумпе



Слика 6. Преузимање напајања са турбонапојне пумпе на електронапојне пумпе

Аналогно преласку напајања са електронапојних пумпи на турбонапојну пумпу, при заустављању блока потребно је прећи са напајањем са турбонапојне на електронапојне пумпе. Тада руковаоц оптерећује електронапојне пумпе а растерећује турбонапојну пумпу све док она не буде потиснута. Уколико руковаоц крене исувише рано у преузимање може се десити да се електронапојне пумпе превише оптерете и дођу у проблем са Q/H кривом.

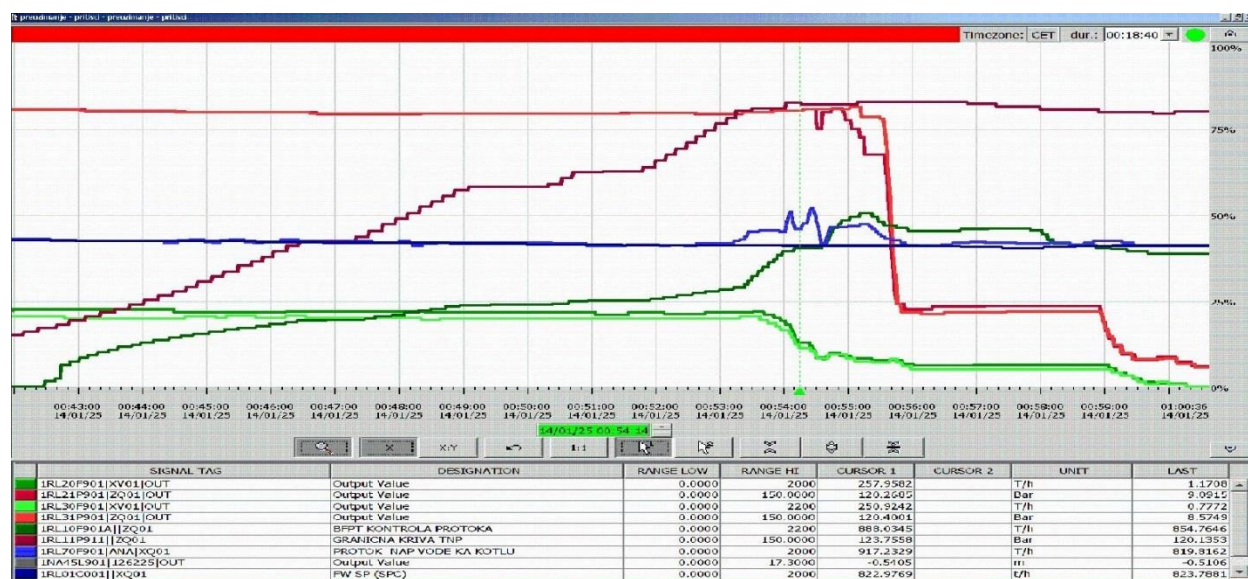
Као и код претходног преузимања и у овом случају руковаоци приликом преузимања држе ниво у флаши ради сигурности. На слици 6 се види да се подизањем оптерећења електронапојних пумпи повећава притисак на њиховом потису. Када притисак електронапојних пумпи надвлада турбонапојну пумпу руковаоц своди оптерећење турбонапојне пумпе. И у овом случају је уочљив пораст протока напојне воде ка котлу као и протока једне електронапојне пумпе и нивоа у флаши. Проток нам је порастао са почетних 780 t/h на 1400 t/h. Електронапојна пумпа која је у овом тренутку нагло повећала проток (светло зелена линија) била је веома близу максималног протока по Q/H кривој.

Преузимање напајања на новом систему („SPPA T3000“)

Преузимање напајања са електронапојних на турбонапојну пумпу

Преузимање напајања од електронапојних пумпи се остварује тако што руковаоц покрене турбонапојну пумпу тако што је да налог на укључење. Аутоматика турбо пумпу са прекретног строја доводи до 2500 о/мин. У том тренутку турбонапојна пумпа је спремна за преузимање. Када руковаоц одлучи да покрене преузимање он пребаци турбонапојну пумпу у аутоматску регулацију напајања. Тада су у регулацији напајања котла све три пумпе. Аутоматика детектује да је турбонапојна пумпа последња прешла у регулацију и зна да је то сигнал за преузимање напајања на турбонапојну пумпу. Тада регулација напајања ради доста сличну ствар као и руковаоц на старом систему. Прво почиње да подиже број обртаја турбонапојне пумпе и на тај начин је оптерећује. Када притисак на потису турбонапојне пумпе достигне притисак у заједничком колектору тада долази до гурања пумпи. То гурање се манифестује на укупном протоку напојне воде ка котлу тако што се проток повећава јер сада и турбонапојна пумпа почиње да пумпа воду у заједнички колектор. За регулацију напајања примарни циљ је одржавање протока напојне воде ка котлу на вредности која је потребна како би се температуре после испаривача држале стабилним. Када проток напојне воде почне да расте, регулација тада зна да је то последица деловања турбонапојне пумпе и она тада почиње да скида оптерећење на електронапојним пумпама. Скидање оптерећења на електронапојним пумпама се ради равномерно, регулација се труди да електронапојне пумпе у сваком тренутку дају исти проток. Даљим подизањем оптерећења турбонапојне пумпе, електронапојне пумпе се потискују. У току подизања оптерећења у једном тренутку долази до затварања вентила

минималних протока турбонапојне пумпе и тада потискивање постаје још интензивније. Услед потискивања електо пумпи, њихов проток се смањује и отварају им се вентили минималног протока. Када притисак на потисном колектору постане за 1,5 bar већи од притиска на потису електронапојних пумпи, регулација детектује да је завршено преузимање и пребацује фојтове електронапојних пумпи на ручно. То је знак руковаоцу да може да искључи електронапојне пумпе што он давањем једне команде остварује и тиме је преузимање напајања завршено.



Слика 7. Преузимање напајања са електронапојних на турбонапојну пумпу

На слици 7 се види преузимање напајања на новом систему управљања где је комплетна операција аутоматизована. Регулација подиже проток и притисак турбонапојне пумпе. Када се притисци турбонапојне и електронапојних пумпи изједначе, даљим повећањем протока турбонапојне пумпе, смањују се протоци електронапојних пумпи. Приликом надвладавања пумпи краткотрајно долази до повећања протока ка котлу за мање од 100 t/h, али се проток врло брзо смирује и враћа на вредност коју је имао пре почетка преузимања. Битно је приметити да све време док траје преузимање нема нивоа у флаши, што показује да је сагоревање у ложишту оптимално.

Преузимање напајања са турбонапојне на електронапојне пумпе:

Када се преузимање врши у супортном смеру, руковаоц покрене електронапојне пумпе и укључи их у регулацију напајања котла. Тада регулација оптерећује електронапојне пумпе а растерећује турбонапојну пумпу. Када притисак на потисном колектору постане за 1,5 bar већи него притисак на потису турбонапојне пумпе, регулација спушта број обртаја турбонапојне пумпе на 2000 o/min. То је знак руковаоцу да може да искључи турбонапојну

prosim - projekt - prosim-ange - gelad

Timezone: CET dur.: 00:39:44

01:58:00 02:00:00 02:02:00 02:04:00 02:06:00 02:08:00 02:10:00 02:12:00 02:14:00 02:16:00 02:18:00 02:20:00 02:22:00 02:24:00 02:26:00 02:28:00 02:30:00 02:32:00 02:34:00 02:36:02

0% 25% 50% 75% 100%

02:18:00

SIGNAL TAG	DESIGNATION	RANGE LOW	RANGE HI	CURSOR 1	CURSOR 2	UNIT	LAST
1RL20P901[XV01][OUT]	Output Value	0.0000	2000	355.7307		T/h	547.3721
1RL21P901[2Q01][OUT]	Output Value	0.0000	150.0000	117.4779		Bar	146.2927
1RL20P901[XV01][OUT]	Output Value	0.0000	2200	410.4901		T/h	561.4764
1RL31P901[2Q01][OUT]	Output Value	0.0000	150.0000	117.6525		Bar	116.8257
1RL10P901A[2Q01]	BIFFT KONTRÖLA PROTOKOL	0.0000	2200	543.3765		T/h	0.0000
1RL11P911[2Q01]	GEARBOX KIVVA TNP	0.0000	150.0000	115.3757		Bar	119.3312
1RL70P901[ANA][XQ01]	PROTOK. RIAP VOIDE KA KOTLU	0.0000	2000	833.1940		T/h	804.4974
1RA15L901[126.225][OUT]	Output Value	0.0000	17.3000	-0.4845		m	-0.5315
1RL01C001[1X01]	PW SP (SPC)	0.0000	2000	817.6027		L/h	794.7637

Као и претходно и ово преузимање је потпуно аутоматизовано.

ЗАКЉУЧАК:

Већим нивоом аутоматизације ризик од испада блока при обављању „критичних“ операција је сведен на минимум.

[1] Управљачке и регулационе инструкције термоелектране Никола Тесла Б