

МОДЕРНИЗАЦИЈА МЕРНО – УПРАВЉАЧКОГ СИСТЕМА ПОМОЋНОГ КОТЛОВСКОГ ПОСТРОЈЕЊА У ТЕНТ Б

Иван Ристић¹, Богољуб Радојчић, Ирина Јовановић, Зорана Ђурђевић, Младен Радивојевић,
Петар Татомировић

ПД „Термоелектране Никола Тесла“, огранак Б Обреновац

Апстракт – Помоћно котловско постројење Термоелектране Никола Тесла Б сачињавају три котловске јединице. Основна намена помоћних котлова је да обезбеди сигурно и економично снабдевање паром потрошача при старту или у застоју термоелектране, у случају када оба блока не производе пару.

2014. године извршена је модернизација система управљања помоћним котловима. Стари управљачки систем је демонтиран а имплементиран је дигитални систем управљања SPPA-T3000. Извршена је замена великог дела мерне опреме и управљачких извршних елемената.

Рад приказује техничко решење пројекта замене система управљања. Такође су приказани ефекти модернизације, предности и побољшања који су добијени са новим мерно – управљачким системом.

Кључне речи: парни котао, систем управљања

MODERNIZATION OF INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEM AT AUXILIARY BOILER PLANT TENT B

Abstract – Auxiliary boiler plant at Thermal Power Plant Nikola Tesla B has three boiler units. The main purpose of auxiliary boilers is to provide a safe and cost-effective steam supply during the start up or shut down of the main units, when both main units do not produce steam.

Control system of auxiliary boilers is modernized in 2014. Old control system is dismantled and new digital control system SPPA-T3000 is implemented. The largest part of instrumentation and control devices are renewed.

This paper presents a technical solution of control system modernization project. It also shows the effects of modernization, advantages and improvements obtained with the new instrumentation and control system.

Keywords: steam boiler, instrumentation and control

¹ e-mail: ivan.ristic@tent.rs

1. УВОД

Основна намена помоћног котловског постројења је да обезбеди сигурно и економично снабдевање паром потрошаче када се пара не може добити са главних котлова на блоку Б1 или Б2. Сва опрема постројења, осим вентилатора свежег ваздуха, димњака са димним каналом и резервоара кондензата, смештена је у објекат од челичне конструкције са анексом који, у основи, има димензије $40 \times 25 \text{ m}$. Котловско постројење чине три пакетна котла типа „А”, снаге 46,5 MW, максималне трајне продукције од 65 t/h паре, притиска $12,5 \text{ bar}$ и температуре 280°C са бубњем и природном циркулацијом.

Помоћно котловско постројење у *ТЕНТ Б* је у раду скоро 35 година. Највећи део електро опреме је премашио свој животни век и био је зрео за замену. Због оваквог стања у постројењу су се дешавали чести испади из рада а самим тим су продужавали и тако поскупљивали саме стартове блокова.

2014. године извршена је модернизација система управљања помоћним котловима. Замењена је стара управљачка релејне технике, „самостални“ регулатори и имплементиран је нови систем управљања *SPPA-T3000*. Извршена је замена великог дела мерне опреме и управљачких извршних елемената.

У раду је описано постројење помоћног котловског постројења, са свим функционалним целинама. Такође је приказано техничко решење пројекта замене система управљања. На крају су представљени ефекти модернизације, предности и побољшања који су добијени са новим мерно – управљачким системом. Са новим управљачким системом степен аутоматизације је подигнут на висок ниво, међутим постоје још неки елементи које је потребно имплементирати, како би добили још већи степен аутоматизације. На крају рада се налази закључак са предлозима за унапређење рада постројења.

2. ПОМОЋНО КОТЛОВСКО ПОСТРОЈЕЊЕ У ТЕНТ Б

Основно гориво за погон котлова је мазут, док се за потпалу користи лако уље. Котлови су снабдевени мазутним горионикима који обезбеђују сигуран рад у широком дијапазону оптерећења. Горионик комбинује дејство механичког распршивања и деловање помоћног флуида за стварање врло fine и хомогене емулзије. Да би била могућа потпала котлова на мазут, потребно је да постоји довољан притисак паре за распршивање.

Ваздух за сагоревање се доводи у горионике помоћу вентилатора свежег ваздуха, а преко канала свежег ваздуха и кутије горионика. Вентилатори типа *VV200*, капацитета $77240 \text{ m}^3/\text{h}$, смештени су испред зграде котларнице и кутијом горионика спојени лименим каналима. Ради заштите од нискотемпературске корозије предвиђени су предгрејачи ваздуха, постављени на усису вентилатора у којима се спољни ваздух загрева на 30°C . Загревање ваздуха врши се паром од 6 bar , а кондензат се цевоводима одводи у резервоар кондензата. Димни гасови се одводе помоћу лимених канала и димњака самоносеће конструкције са дуплим плаштом.

За напајање котла користи се деминерализована вода из хемијске припреме воде (*XПВ*), лоциране ван објекта помоћне котларнице, и евентуално, повратни кондензат. Предвиђено је да се котлови напајају из заједничког уређаја које се састоји од два напојна резервоара од по 65 m^3 , са дегазаторима по $100 \text{ m}^3/\text{h}$, четири напојне електропумпе капацитета по $75 \text{ m}^3/\text{h}$, резервоара кондензата од 65 m^3 , три пумпе кондензата капацитета по $110 \text{ m}^3/\text{h}$ и дозир уређаја за хемијско одстрањивање кисеоника из напојне воде. У резервоар кондензата доводи се деминерализована вода из *XПВ* и кондензат од сопствених потрошача. Ниво воде у резервоару кондензата одржава електромоторни регулациони вентил који регулише довод деминерализоване воде, у зависности од режима рада постројења.

Деминерализована вода и кондензат се од сопствених потрошача пребацују у напојне резервоаре, односно дегазаторе помоћу три центрифугалне конденз-пумпе. Једна пумпа је предвиђена за резерву, а у раду су две пумпе. Температура воде, према захтеву конструктора котла, износи 105°C . Загревање воде до 105°C врши се у дегазаторима и напојном резервоару

помоћу паре из редуцир-станица *PC3* и *PC4*, односно помоћу инјектора и регулатора температуре. Дегазатор (термички одвајач гасова) служи за издвајање штетних гасова (кисеоника, угљендиоксида) из воде која служи за напајање котлова да би се спречила корозија цеви. Ниво воде у напојним резервоарима одржава се преко моторног вентила на заједничком доводном цевоводу воде. Прелив и пражњење напојних резервоара и резервоара кондензата обавља се цевоводом, директно у расхладну јаму.

Са водене стране, напојни резервоари су повезани цевоводом на који су прикључене напојне пумпе. За напајање котлова користе се четири центрифугалне напојне пумпе, од којих су три радне, а четврта резервна. Сваки котао може бити напајан од било које пумпе. Напојна вода улази у котао преко напојне главе и двоструког цевног економајзера. Регулација напајања врши се помоћу моторног вентила напојне главе, који одржава жељени проток напојне воде у зависности од нивоа у бубњу.

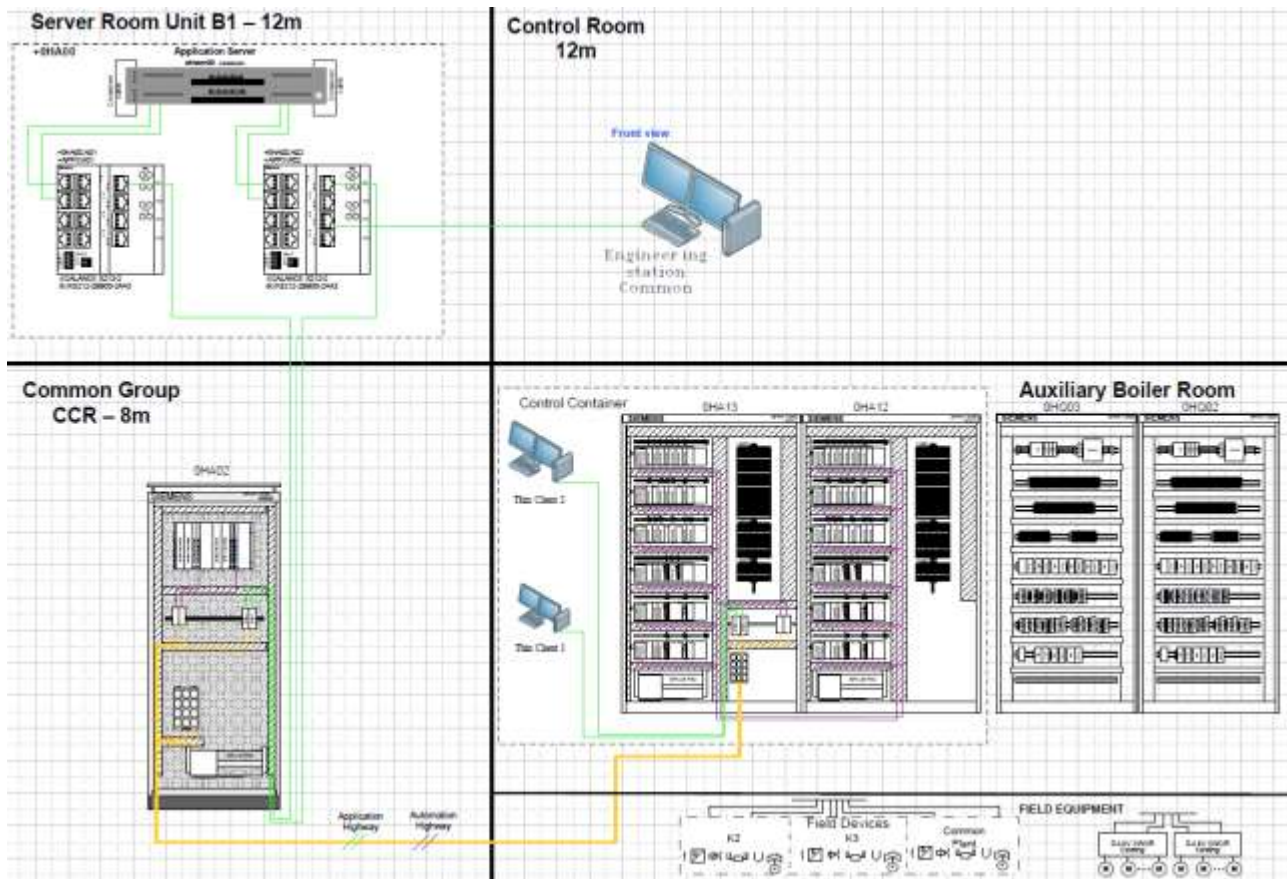
Пара из котлова се доводи у колектор паре *12,5bar*, постављен иза котлова у проходном каналу. Из колектора део паре се одводи са редуцир-станица *PC1* и *PC2* за потребе сопствене потрошње котларнице (загрејач ваздуха, догрејачи мазута, грејање напојног резервоара). Главни потрошачи колектора *12,5bar* су потрошачи главног блоковског постројења.

3. МОДЕРНИЗАЦИЈА УПРАВЉАЧКОГ СИСТЕМА

Због дотрајалости опреме, недостатка резервних делова, неадекватних одзива појединачних целина помоћног котловског постројења, непоузданог рада и честих испада котлова изазваних кваровима на мерно-регулационој опреми било је неопходно извршити модернизацију и замену старог управљачког система новим. Делимична реконструкција мерно-управљачке опреме је извршена 2002. године и то само на котлу *K2*.

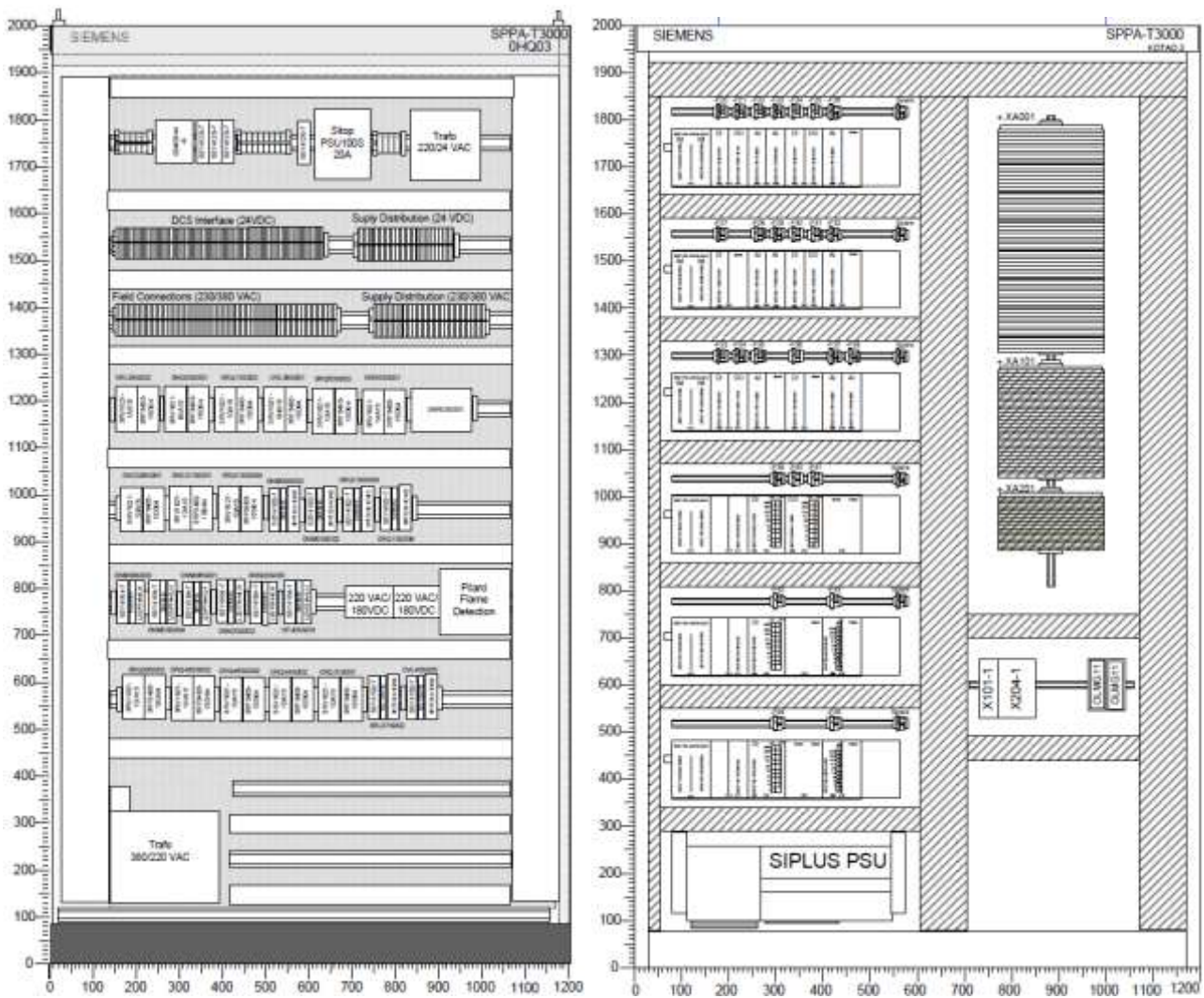
2012. године, извршена је модернизација система управљања на блоку *B1* у *ТЕНТ Б* и том приликом је имплементиран систем управљања *SPPA-T3000*. С обзиром да помоћна котларница функционално припада главном блоковском постројењу, пројекат модернизације помоћне котларнице је био логичан наставак обнављања система управљања на термоелектрани *ТЕНТ Б*. Имплементиран је идентичан управљачки систем као на блоку *B1*, *SPPA-T3000*. Ово је омогућило потпуну интеграцију и повезивање са блоковским системом управљања.

За сваки котао (*K2* и *K3*) помоћног котловског постројења уграђен је по један управљачки орман (*ОНА12* и *ОНА13*) са неопходном опремом (управљачке улазно-излазне картице, управљачке заштитне улазно-излазне картице – „fail-safe“, модули за напајање, комуникациона опрема). Управљачки ормани (управљачке картице) су опремљени са редувантом „*profibus*“ комуникацијом преко инферфејс картица *ET200M* повезани са редувантим *PLC*-овима *S7-417H*. *PLC*-ови су смештени у орману *ОНА02* који се налази у управљачкој просторији на блоку *B1*, а веза са *ET200M* модулима је реализована преко оптичког линка (коришћена су два *OLM G11*). Апликација *SPPA-T3000* са софтвером за помоћне котлове се извршава на серверу опште групе „*winsrv00*“ (*Common Plant server*). Сервер је са *PLC*-овима и клијентима повезан преко два „*Scalance X101-1*“ и два „*Scalance X204-1*“ свича који су смештени у *ОНА13* односно *ОНА02* орманима, као и преко слободних портова на постојећем „*Scalance*“ свичу у орману *ОНА00*. На слици 1 је приказана топологија комуникационе структуре управљачког системама.



Слика 1: Топологија комуникационе мреже система управљања

Инсталиране су додатне две радне станице које су смештене у управљачку просторију помоћне котларнице, где се налазе и управљачки ормани *OHA12* и *OHA13*. Управљачка просторија је постављена тик уз котао *K1* који је ван функције. Просторија је окренута према котловима *K2* и *K3* тако да руковаоц постојењем може да надгледа рад котла и примети евентуалне нерегуларности у раду. Такође су уграђена и два ормана (*OHC02* и *OHC03*) са електричном опремом (осигурачи, контактори, релеји и др.) за напајање и управљање моторима, актуаторима и електромагнетним вентилима и др. На слици 2 су приказани ормани за котао *K3*, са распоредом електричне опреме.



Слика 2: Ормани са електричном опремом за котло К3

Електрично напајање новог управљачког система и мерења у помоћној котларници је изведена са $0,4kV$ развода помоћног постројења. Имплементирана су два одвојена $400/230V$ AC извора са $40A$, за нове помоћне управљачке ормани са електричном опремом ($0HQ02$ и $0HQ03$). У овим орманима се формира и командни напон $24V DC$ за управљачке ормани ($0HA12$ и $0HA13$). Ово напајање је редундантно и формира се помоћу две јединице за напајање $230V AC/24V DC$.

У циљу могућности повезивања између новог система управљања и расклопне опреме, извршено је прилагођење свих касетних развода $0,4kV$ и $6,6kV$ мотора. Овим прилагођењем је такође извршена унификација са касетним разводима мотора главног блоковског постројења.

Сви сензори температуре (термопарови и $PT100$) су повезани на улазне управљачке картице преко трансмитера који су смештени у локалне кутије. Сви аналогни улазни сигнали у систему управљања (укључујући поменути мерења температуре) су повезана са улазним модулима двожичном везом, сигнал је $4-20mA$. За све бинарне сигнале напон $24V DC$ је обезбеђен са модула.

4. МЕРНО – УПРАВЉАЧКА ОПРЕМА

У склопу модернизације управљачког система извршена је и замена великог дела мерне опреме и управљачких извршних елемената. Сва постојећа мерења температуре су остала у употреби, извршена је само замена термоелемената који су дотрајали. Додатно су инсталирана два мерења температуре свежег ваздуха за оба котла, температура напојне воде и три мерења мазута иза догрејача. Додатна мерења притиска су имплементирана у бубњу

котла K3, за реализацију заштитне функције, као и мерења притиска мазута, нафте, притисак паре на колекторима 3bar, 6bar и 12,5bar. Мерења протока паре нису мењана, као и мерења притиска, нивоа у бубњу и диференцијалног притиска котла K2, док су за котао K3 поменута мерења замењена новим. Инсталирано је ново мерење O₂ и надпритиска у димном каналу за оба котла. Пошто је извршена адаптација система напајања деминерализованом водом помоћне котларнице уграђено је мерење протока и притиска воде од постројења за припрему воде према помоћној котларници.

Табела 1: Листа аналогних мерења помоћног котловског постројења

Део	Орман	АКС ознака	Назив мерења	Тип	Опсег мерења
ЗП	0HA13	0PE61P002	PRITISAK MAZUTA NA POTISU PUMPI	Прит	0 - 25 bar
ЗП	0HA13	0RQ30P001	PRIT PARE NA RAZD PARE 6 BAR	Прит	0 - 25 bar
ЗП	0HA13	0RL01L001	NIVO U NAPOJNOM REZERVOARU 1	Ниво	-188,5 - +308,5 mm
ЗП	0HA13	0RL02L001	NIVO U NAPOJNOM REZERVOARU 2	Ниво	-188,5 - +308,5 mm
ЗП	0HA13	0VL10F001	PROT NAPOJNE VODE KA POM KOT	Прот	0 - 200 m ³ /h
ЗП	0HA13	0VL10P001	PRIT NAPOJNE VODE KA POM KOT	Прит	0 - 10 bar
ЗП	0HA12	0PE61F001	PROT MAZ ZA POM KOT - DOVOD	Прот	0 - 20 m ³ /h
ЗП	0HA12	0PE70F001	PROT MAZ ZA POM KOT - RECIRK	Прот	0 - 20 m ³ /h
ЗП	0HA12	0PE61P001	PRITISAK MAZUTA NA POTISU PUMPI	Прит	0 - 25 bar
ЗП	0HA12	0PE80P001	PRIT LAKOG GOR NA POTISU PUMPI	Прит	0 - 25 bar
ЗП	0HA12	0VL10L001	NIVO U REZERVOARU KONDENZATA	Ниво	-320 - +200 mm
ЗП	0HA12	0RQ10P001	PRIT PARE NA SAB PARE 12.5 BAR	Прит	0 - 25 bar
ЗП	0HA12	0RQ40P001	PRIT PARE NA RAZD PARE 3 BAR	Прит	0 - 6 bar
ЗП	0HA12	0VL30P001	PRIT NA POTISU KONDENZ PUMPI	Прит	0 - 10 bar
K3	0HA13	0NR03A001	MERENJE O ₂ U DIMNOM GASU	Ана	0 - 21 %
K3	0HA13	0PE64F001	PROTOK MAZUTA ZA GORIONIKE	Прот	0 - 6000 l/h
K3	0HA13	0PE64F002	PROTOK MAZUTA U RECIRKULACIJI	Прот	0 - 6000 l/h
K3	0HA13	0PE64P001	PRIT MAZUTA ISPRED GORIONIKA	Прит	0 - 25 bar
K3	0HA13	0RQ130P001	PRITISAK PARE ZA RASPRSIVANJE	Прит	0 - 25 bar
K3	0HA13	0RL35P001	PRITISAK NAPOJNE VODE	Прит	0 - 25 bar
K3	0HA13	0RQ13F001	MERENJE PROTOKA PARE	Прот	0 - 90 t/h
K3	0HA13	0NG03P001	MERENJE PRITISKA VAZDUHA	Прит	0 - 400 mbar
K3	0HA13	0NR03P001	MERENJE NADPRITISKA U LOZISTU	Прит	-10 - 40 mbar
K3	0HA13	0NR03P002	MERENJE NADPRITISKA U LOZISTU	Прит	-10 - 40 mbar
K3	0HA13	0RL35F001	PROTOK NAPOJNE VODE	Прот	0 - 90 t/h
K3	0HA13	0RQ03L001	NIVO U BUBNJU KOTLA	Ниво	-168 - +335 mm
K3	0HA13	0RQ03P001	PRITISAK U BUBNJU KOTLA	Прит	0 - 25 bar
K3	0HA13	0RQ13P001	PRITISAK PARE NA IZLAZU IZ KOTLA	Прит	0 - 25 bar
K3	0HA13	0RQ13P002	PRITISAK PARE IZA KOTLA	Прит	0 - 25 bar
K2	0HA12	0NR02A001	MERENJE O ₂ U DIMNOM GASU	Ана	0 - 21 %
K2	0HA12	0PE63F001	PROTOK MAZUTA ZA GORIONIKE	Прот	0 - 6000 l/h
K2	0HA12	0PE63F002	PROTOK MAZUTA U RECIRKULACIJI	Прот	0 - 6000 l/h
K2	0HA12	0PE63P001	PRIT MAZUTA ISPRED GORIONIKA	Прит	0 - 25 bar
K2	0HA12	0RQ120P001	PRITISAK PARE ZA RASPRSIVANJE	Прит	0 - 25 bar
K2	0HA12	0RL33P001	PRITISAK NAPOJNE VODE	Прит	0 - 25 bar
K2	0HA12	0RQ12F001	MERENJE PROTOKA PARE	Прот	0 - 90 t/h
K2	0HA12	0NG02P001	MERENJE PRITISKA VAZDUHA	Прит	0 - 400 mbar
K2	0HA12	0NR02P001	MERENJE NADPRITISKA U LOZISTU	Прит	-10 - 40 mbar
K2	0HA12	0NR02P002	MERENJE NADPRITISKA U LOZISTU	Прит	-10 - 40 mbar
K2	0HA12	0RL33F001	PROTOK NAPOJNE VODE	Прот	0 - 90 t/h
K2	0HA12	0RQ02L001	NIVO U BUBNJU KOTLA	Ниво	-168 - +335 mm
K2	0HA12	0RQ02P001	PRITISAK U BUBNJU KOTLA	Прит	0 - 25 bar
K2	0HA12	0RQ12P001	PRITISKA PARE NA IZLAZU IZ KOTLA	Прит	0 - 25 bar
K2	0HA12	0RQ12P002	PRITISAK PARE IZA KOTLA	Прит	0 - 25 bar

Управљање гориоником је унапређено тако што су уграђени нови трансмитери притиска мазута и помоћног флуида (паре) а притисак помоћног флуида који се уводи у горионик се регулише тако да је у функцији притиска мазута, тј. увек виши за 1 бар.

Сви постојећи регулациони вентили који су били у функцији су задржани, само је извршена замена управљачких електричних елемената моторних погона. У табели 2 су приказани нови регулациони вентили који су уграђени у току модернизације.

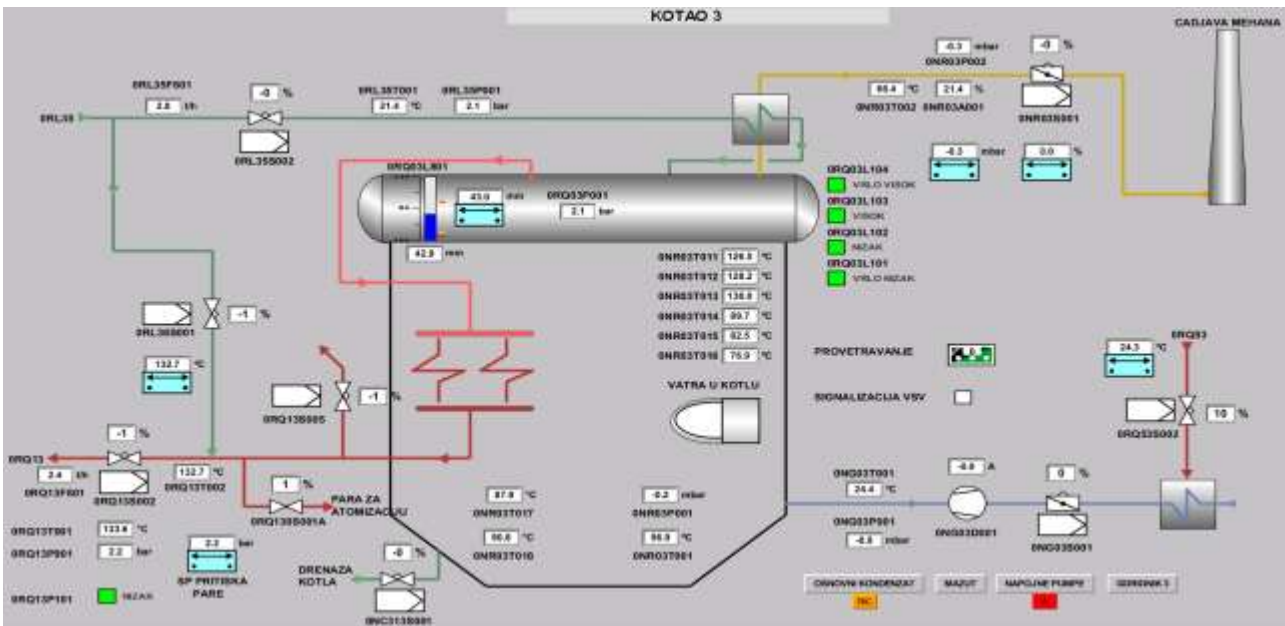
Табела 2: Листа нових вентила који су инсталирани у помоћној котларници

АКС	Функција	Вентил	Актуатор
0RQ43S002 0RQ44S002	Регулација температуре напојних резервоара (3П)	Arca 8c1-P1 DN32 Pn16 FE	Auma SAR 07.2
0RQ451S002 0RQ452S002 0RQ453S002	Регулација температуре мазута из догрејача (ЗР)	Arca 8c1-P1 DN32 Pn16 FE	Auma SAR 07.2
0RQ52S002 0RQ53S002	Регулација температуре ваздуха на улазу у котло (K2+K3)	Arca 8c1-P1 DN80 Pn16 FE	Auma SAR 07.6
0NM02S002 0NM03S002	Регулација притиска паре (протока мазута) (K2+K3)	Arca 8c1-P1 DN25 Pn25 FE	Auma SAR 07.2
0NC313S001 0NC223S001	Регулација нивоа у бубњу (дренажа котла) (K2+K3)	Persta 200 BE DN40, PN25	Auma SA 07.2
0RQ120S004 0RQ130S004	Притисак атомизирајуће паре (K2+K3)	Persta 200 BE DN32, PN25	Auma SA 07.2
0NM08S001 0NM09S001	Регулација притиска паре (протока лаког уља) (K2+K3)	Persta 200 BE DN20, PN25	Auma SA 07.2

5. ЕФЕКТИ МОДЕРНИЗАЦИЈЕ

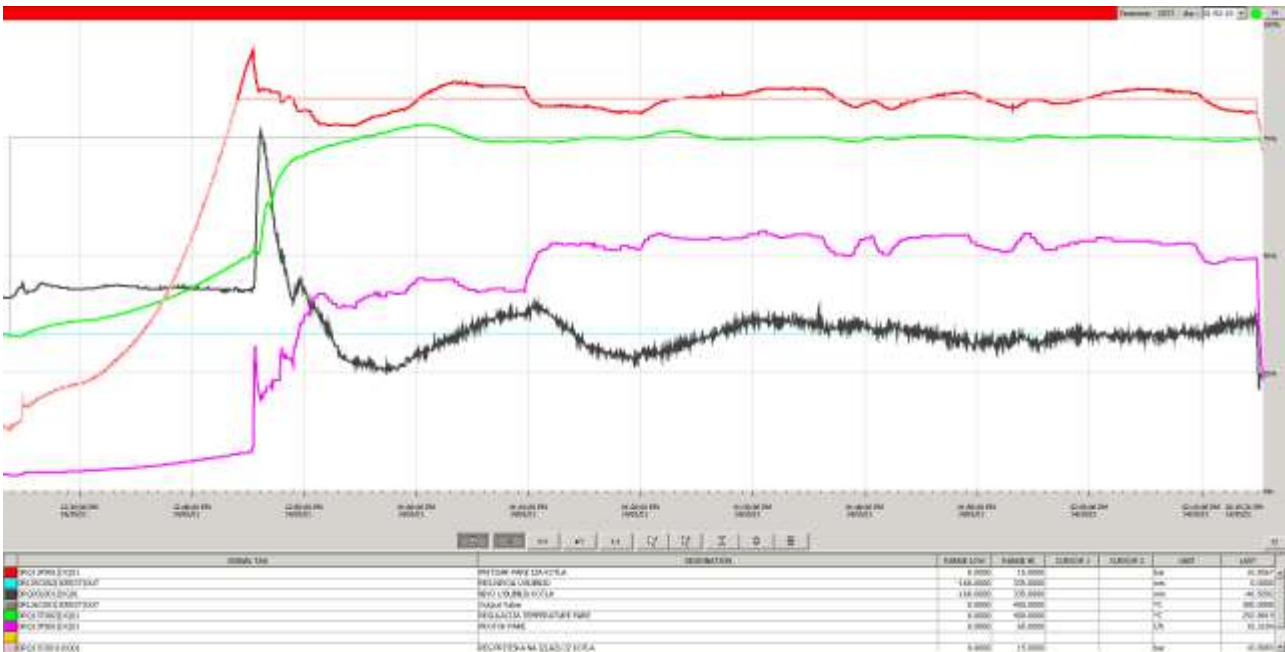
Пошто је за потпалу котлова на мазут неопходан услов притисак паре за распршивање већи од 8bar , котло је прво потребно потпалити на лако уље и постићи тражени услов. Затим се врши потпала на мазут и при томе постоји ограничење у броју покушаја потпала зато што се акумулирана пара потроши у тим покушајима потпале. Пре модернизације често се дешавало да је потребно неколико пута потпалити котло на лако уље због неуспешних потпала на мазут. После модернизације, заменом дотрајалих електричних елемената управљачког система као и оптимизацијама логичких структура и регулација добијен је поуздан управљачки систем. Исподи помоћних котлова због неисправних и раздешених управљачких целина су потпуно елиминисани, те је рад истих стабилнији па је и напајање блоковских котлова паром за старт поузданије.

Управљачка логика помоћног котловског постројења је подељена у три целине: *3П* (заједничко постројење), *K2* (котао 2) и *K3* (котао 3). У појединачним целинама се налази логика рада појединачних уређаја односно функционалних група и процесни прикази на којима се приказују сви сигнали. Праћење процеса преко процесних слика и управљање преко рачунара је много комфорније у поређењу са старим управљачким пултом. На слици 3 је приказана процесна слика за котло *K3*.



Слика 3: Процесни приказ котла K3 помоћне котларнице

Пошто је систем управљања потпуно интегрисан на систем управљања главног блоковског постројења, размена сигнала је једноставна и лако изводљива. На новом систему управљања је већа могућност за анализу трендова мерења процесних величина и доступност за промене логичке структуре. На слици 4 су приказани дијаграми, са којих се могу видети неке од најважнијих процесних величина помоћних котлова.

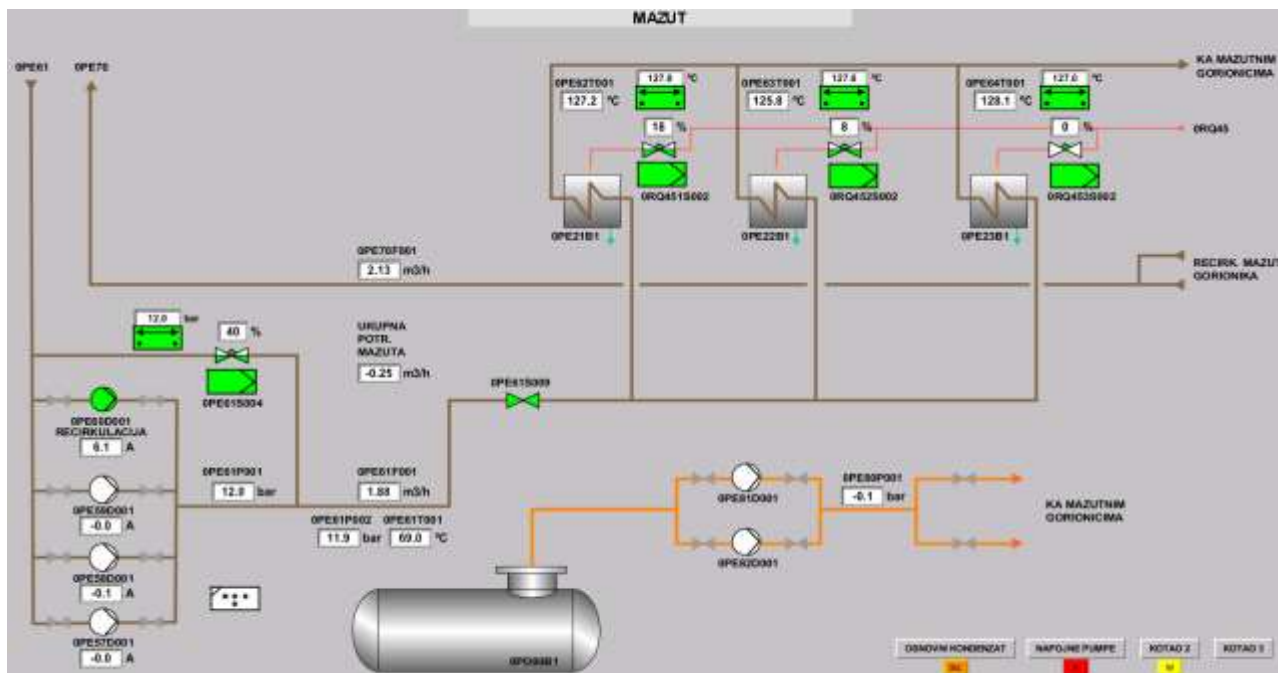


Слика 4: Дијаграм главних процесних параметара котла K3 у раду

На слици 4 је приказан тренутак потпале котла K3 и време рада све до гашења котла. На дијаграму се могу видети главне процесне величине (притисак паре – црвена боја, ниво у бубњу – црна, проток паре – љубичаста, температура паре - зелена). Видимо да је за постизање номиналног притиска, који је предуслов за снабдевање блокова помоћном паром, потребно до 30 минута. Такође се може уочити да сви регулациони кругови одржавају жељене вредности са минималним одступањем, као и да су одзиви при поремећајима задовољавајући. Посебно треба истаћи регулацију нивоа у бубњу, која је пре модернизације правила велике проблеме и често доводила до деловања котловске заштите. Након

модернизације и оптимизације овог регулационог круга, није долазило до деловања котловске заштите по критеријуму нивоа у бубњу за време док помоћни котлови снабдевају главно блоковско постројење паром.

Заједничко постројење помоћне котларнице коју чине систем кондензат – напојна вода и систем мазута се са новим управљањем покреће преко аутоматизоване секвенце која изврши све потребне кораке и припрему пред потпалу котлова. Проветравање котлова пред потпалу и сама потпала је такође реализована преко секвентног контролера. Поред ових секвенци и главних регулационих кругова котлова (ниво у бубњу, притисак паре, температура паре) и регулациони кругови свих појединачних функционалних група су оптимизовани за различите режиме рада, водећи при томе рачуна и о извршним елементима. На слици 5 је приказана процесна слика заједничког постројења система мазута.



Слика 5: Процесна слика система мазута помоћне котларнице

Са новим системом омогућен је даљински приступ са инжењерске станице, као и из канцеларија техничког особља. Тиме је омогућена бржа детекција проблема, лакше праћење процеса, брже измене или симулације у управљачкој логици.

5. ЗАКЉУЧАК

Од када је у потпуности имплементиран нови систем управљања, помоћни котлови су неколико пута успешно напајали блок са паром за време кретања. Имплементацијом новог система управљања, добило се на поузданости рада помоћне котларнице а тиме и на бржем и стабилном старту блокова.

Боља сигнализација омогућује правовремено реаговање како оператера који управљају постројењем тако и особља одржавања. Симулација услова као и промена параметара система знатно је олакшана и све се може обавити, као што је већ поменуто, даљински са удаљених рачунара без одласка у помоћну котларницу. Брза реакција систем ижињера у случају нерегуларног рада, чини систем расположивијим. Архивским записом аларма и статуса сигнала, омогућено је да се изврши бржа анализа догађаја и предупредити евентуални проблеми у будућем раду.

Заменом управљачких елемената, мерно – управљачке опреме у пољу као и додавањем нових, створен је предуслов за квалитетнију регулацију и одзив свих функционалних група. Већина функционалних група помоћне котларнице пре модернизације није радила у аутоматизи или чак није уопште била у функцији, док је после доведена у

највећи степен аутоматике водећи рачуна како о процесним параметрима тако и о актуаторима са којима се управља.

После пуштања у рад новог система управљања уочено је да би се доградњом неких елемената могао постићи још већи степен аутоматизације и побољшати рад постројења. Једна од ствари која би требало да се уради јесте уградња додатних даљински управљаних погона на појединим вентилима, којима тренутно оператер ручно манипулише. Такође је уочено да су поједини вентили предимензионисани за одређене режиме рада, тако да би требало уградити заобилазне водове тих вентила са додатним вентилом који би одржавали процесне параметре у карактеристичним режимима рада. Ови недостаци су тренутно превазиђени преправкама управљачке логике, која води рачуна о извршном елементу (вентилу), да не би долазило до оштећења.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Концепт модернизације помоћног котловског постројења*, Сименс, верзија 0.1, 2014.
- [2] *Монографија ТЕНТ Б*, Термоелектрана „Никола Тесла“ Обреновац, Београд.
- [3] *Погонске инструкције*, ТЕНТ Б, Обреновац.
- [4] *Системи аутоматског управљања*, Б. Ковачевић; Ж. Ђуровић, Београд, 2006.
- [5] *Модернизација система за управљање и надзор*, Информатика, Београд, 2013.
- [6] *SPPA-T3000 Control System Helpbook*, Siemens.