



OPTIMIZACIJA I UNAPREĐENJE RADA BLOKOVA NA TERMoeLEKTRANI "NIKOLA TESLA A" ON-LINE PRAĆENJEM STEPENA KORISNOSTI (SPECIFIČNE POTROŠNJE) BLOKOVA

OPTIMIZATION AND IMPROVEMENT OF UNIT OPERATION AT THE
THERMAL POWER PLANT "NIKOLA TESLA A" BY MEANS OF ON-LINE
MONITORING OF UNIT EFFICIENCY (SPECIFIC CONSUMPTION)

Mihailo Nikolić, Radovan Kovačević, Savo Bezmarević, Bojan Kuzminac, Aleksandar Stević
PD "Termoelektrane Nikola Tesla", Obrenovac





OPTIMIZACIJA I UNAPREĐENJE RADA BLOKOVA NA TERMoeLEKTRANI "NIKOLA TESLA A" ON-LINE PRAĆENJEM STEPENA KORISNOSTI (SPECIFIČNE POTROŠNJE) BLOKOVA

Rezime

Na Termoelektrani "Nikola Tesla A", je od 2003. do 2008. izvršena zamena upravljačkih sistema na svih 6 blokova, tako što su stari upravljački sistemi relejnog tipa, zamenjeni novim modernim DCS sistemima upravljanja. Na blokovima A3 i A5 je instaliran "TELEPERM XP" kompanije SIEMENS, a na ostalim blokovima DCS sistem "WIEW T POWER" Instituta "Mihajlo Pupin". Oba sistema omogućuju On-Line praćenje parametara rada bloka, njihovo arhiviranje i dalju obradu prema želji korisnika. Pošto ovi sistemi sadrže i funkcionalne blokove za proračun entalpija, uvođenjem potrebnog broja merenja i usvajanjem vrednosti za veličine koje ne mogu da se mere, a prema izvršenim termotehničkim merenjima, napravljen je matematički model za izračunavanje BRUTO i NETO stepena korisnosti blokova, tj. specifične potrošnje bloka BRUTO i specifične potrošnje bloka NETO. Zahvaljujući ovome, omogućeno je kontinuirano opraćenje svake promene vrednosti BRUTO ili NETO stepena korisnosti. Svaka promena stepena korisnosti se analizira, kako bi se utvrdio razlog poremećaja a parametri koji su odstupili od nominalnih se vraćaju na iste. Osim toga, svaka optimizacija ili unapređenje procesa proizvodnje električne energije, odslikava se na vrednosti BRUTO i NETO stepena korisnosti. Optimizacija ciklusa proizvodnje, vidi se na promeni vrednosti BRUTO stepena korisnosti, a smanjenje sopstvene potrošnje bloka, odražava se na poboljšanje NETO stepena korisnosti, odnosno da li su i kolike su napravljene uštede u procesu proizvodnje el. energije, tj. potrošnji uglja, a samim tim smanjenju emisije produkata sagorevanja i dr.

Ključne reči: stepen korisnosti, specifična potrošnja, entalpija...

Abstract:

Between the years 2003 and 2008 control systems of all six units were replaced at the Thermal Power Plant "Nikola Tesla A". Old relay-type control systems have been replaced with the new modern DCS control systems. The system "TELEPERM XP" manufactured by the company SIEMENS was installed on units A3 and A5 and the DCS system "WIEW T POWER" of the Institute "Mihajlo Pupin" on the other units. Both systems enable on-line monitoring of operating parameters, their archiving and further processing in accordance with the user's wishes. Since these systems contain the functional blocks for enthalpy calculation, required number of measurements was introduced and values were adopted for the non-measurable variables, all according to performed thermo-technical measurements and consequently the mathematical model was made for calculation of GROSS and NET unit efficiency, i.e. specific GROSS unit consumption and specific NET unit consumption. Thanks to this continuous monitoring of each change of GROSS and NET efficiency was enabled. Each change of efficiency is analysed in order to determine the reason of disturbance and parameters which deviate from the nominal parameters are brought back to these values. In addition, each optimization or improvement of the electrical power generation process reflects on the GROSS and NET values of efficiency. Optimization of the generation cycle can be seen from the change of the value of GROSS efficiency and reduction of the auxiliary unit consumption reflects on the improvement of NET efficiency. This shows whether savings have been effected in the process of electrical power generation, i.e. coal consumption and how big are these savings, which also implies the reduction of emission of combustion products etc.

Keywords: efficiency, specific consumption, enthalpy ...



1. Izračunavanje stepena korisnosti (specifične potrošnje) bloka

Kao što je to u uvodu već rečeno, na blokovima A3, A4 i A5 je nakon zamene sistema upravljanja, omogućeno izračunavanje entalpija u zavisnosti od pritiska i temperatura. Sa obzirom da postoje direktna merenja svih osnovnih termodinamičkih parametara parnog bloka sa dogrevanjem pare i regenerativnim zagrevanjem glavnog kondenzata i napojne vode, moguće je izračunati i entalpije na tim karakterističnim mestima, a koje su potrebne za dalje izračunavanje stepena korisnosti, odnosno specifične potrošnje bloka.

Stepen korisnosti bloka bruto je izračunat po formuli:

$$\eta_{Bb} = \frac{1}{q_{Bb}} \left[\frac{MW_{el}}{MW_{th}} \right]$$

$$q_{Bb} = \frac{B \cdot H_d}{P_{Gb}} = \frac{\dot{Q}_d}{\eta_K \cdot P_{Gb}} \left[\frac{MW_{th}}{MW_{el}} \right] - \text{specifična potrošnja toplote bloka bruto}$$

gde su:

B [kg / s] - količina uglja koja se u jedinici vremena dovede kotlu

H_d [MJ / kg] - donja toplotna moć uglja

P_{Gb} [MW_{el}] - bruto snaga generatora

\dot{Q}_d [MW_{th}] - količina toplote koja se u jedinici vremena dovede radnom fluidu

η_K [-] - stepen korisnosti kotla

\dot{Q}_d - količina toplote koja se u jedinici vremena dovede radnom fluidu sastoji se od:

$\dot{Q}_d^{eko+isp.+pr.}$ [MW_{th}] - količina toplote koja se u jedinici vremena dovede radnom fluidu u ekonomajzeru, isparivaču i pregrejačima 1 – 6.

\dot{Q}_d^{mpr} [MW_{th}] - količina toplote koja se u jedinici vremena dovede radnom fluidu u međupregrejačima 1 i 2.

Računaju se po formulama:

$$\dot{Q}_d^{eko+isp.+pr.} = (\dot{M}_{RA} - \dot{M}_{ub}^{pr}) \cdot (h_{pp} - h_{EKO}) + \dot{M}_{ub}^{pr} \cdot (h_{pp} - h_{ub}^{pr})$$
$$\dot{Q}_d^{mpr} = (\dot{M}_{RA} - \dot{M}_{o7} - \dot{M}_{RC12} - \dot{M}_{ksp} - \dot{M}_{zp}) \cdot (h_{MPi} - h_{MPu}) + \dot{M}_{ub}^{mpr} \cdot (h_{MPi} - h_{ub}^{mpr})$$

gde su:

\dot{M}_{RA} [kg / s] - maseni protok sveže pare

\dot{M}_{ub}^{pr} [kg / s] - maseni protok vode za ubrizgavanje u pregrejače

\dot{M}_{o7} [kg / s] - maseni protok pare sedmog oduzimanja (za ZVP 7)

\dot{M}_{RC12} [kg / s] - maseni protok pare za kolektor 6 bara



\dot{M}_{ksp} [kg / s]- maseni protok pare za klimatizaciju rotora CSP-a

\dot{M}_{sp} [kg / s]- maseni protok pare za zaptivanje CVP-a

\dot{M}_{ub}^{mpr} [kg / s]- maseni protok vode za ubrizgavanje u međupregrejače

h_{pp} [MJ/kg] - entalpija sveže (pregrejane) pare na izlazu iz kotla

h_{EKO} [MJ/kg] - entalpija napojne vode na ulazu u kotao (EKO)

h_{ub}^{pr} [MJ/kg] - entalpija vode koja se ubrizgava u pregrejače

h_{MPi} [MJ/kg] - entalpija međupregrejane pare na izlazu iz međupregrejača

h_{MPu} [MJ/kg] - entalpija međupregrejane pare na ulazu u međupregrejače

h_{ub}^{mpr} [MJ/kg] - entalpija vode za ubrizgavanje u međupregrejače

Sve entalpije se računaju prema „živim“ merenjima pritisaka i temperatura iz Teleperma. Svi maseni protoci koji figurišu u formulama su dobijeni direktnim merenjima izuzev \dot{M}_{o7} , \dot{M}_{ksp} i \dot{M}_{sp} koji se računaju u funkciji trenutne snage bloka prema dijagramima datim u prilogu, a prema materijalnom bilansu bloka datim od strane proizvođača CEM-a.

Stepen korisnosti kotla se računa u funkciji temperature dimnih gasova prema dijagramu koji je dat u prilogu.

U cilju izračunavanja stepena korisnosti bloka neto (η_{Bn}) uvedeno je merenje sopstvene potrošnje na blokovima A3, A4, A5.

Sopstvena potrošnja bloka se računa prema sledećem obrascu:

$$P_{SP} = (P_{BA} + P_{BB}) / \eta_{BT} + (\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi) / 10^3$$

gde je:

P_{BA} (MW) – potrošnja merena na sabirnici BA

P_{BB} (MW) – potrošnja merena na sabirnici BB

η_{BT} (-) – stepen korisnosti transformatora sopstvene potrošnje

U (kV) – napon napajanja napojne pumpe 1 sa opšte grupe

I (A) – struja napajanja napojne pumpe 1 sa opšte grupe

$\cos\varphi$ (-) – faktor snage

Napojna pumpa 1 ima mogućnost napajanja sa sopstvene ili opšte grupe (najčešće je sa opšte grupe). Kada napajanje napojne pumpe 1 nije sa opšte grupe tada je član na desnoj strani formule jednak nuli, a potrošnja napojne pumpe 1 ulazi u zbir $P_{BA} + P_{BB}$.

Sada se može izračunati stepen korisnosti bloka neto:

$$\eta_{Bn} = \frac{1}{q_{Bn}} \left[\frac{MW_{el}}{MW_{th}} \right]$$

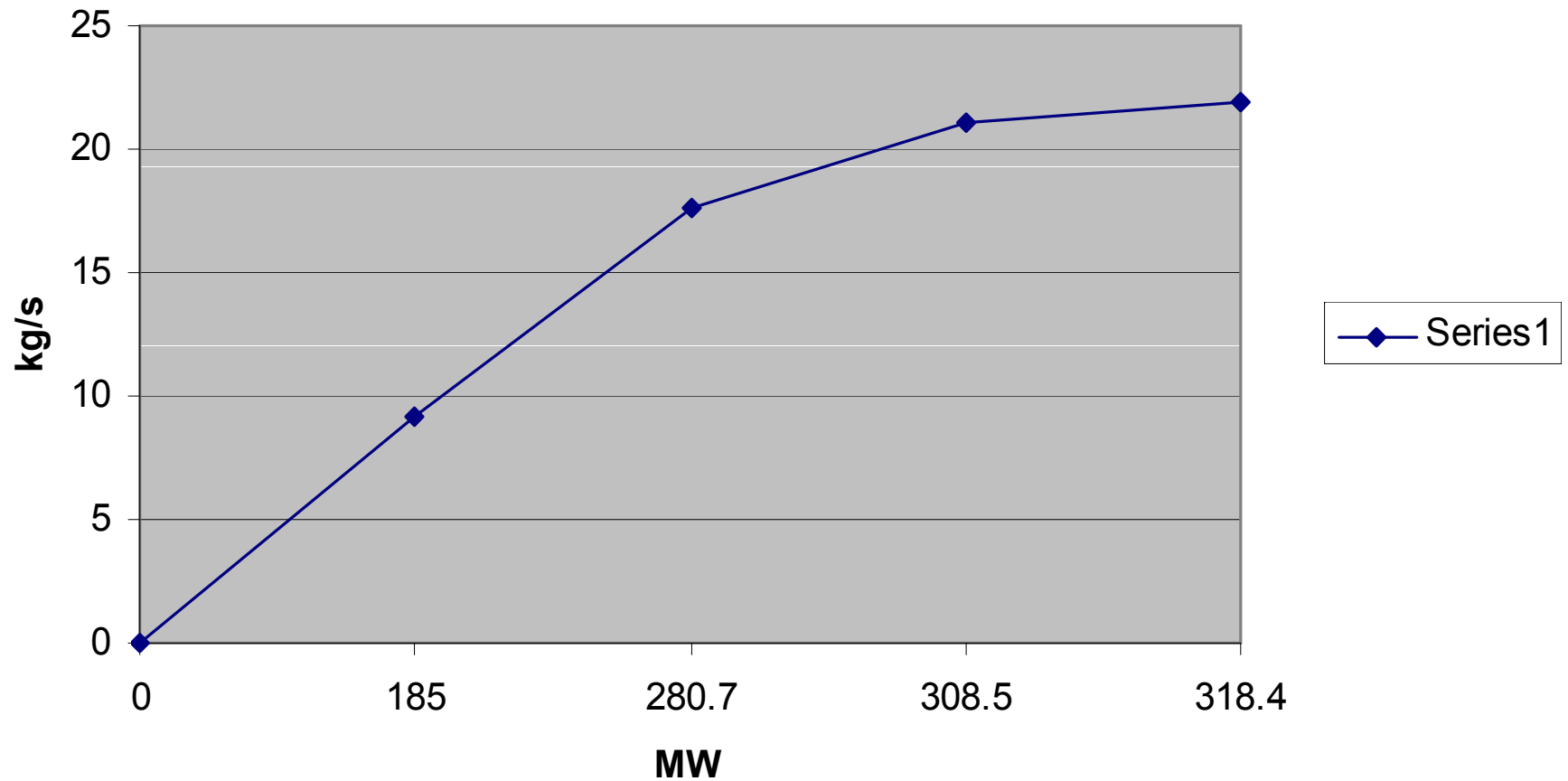
gde je:

$$q_{Bn} = \frac{B \cdot H_d}{P_{Gb} - P_{SP}} = \frac{\dot{Q}_d}{\eta_K \cdot (P_{Gb} - P_{SP})} \left[\frac{MW_{th}}{MW_{el}} \right] - \text{specifična potrošnja bloka neto}$$



PRILOG

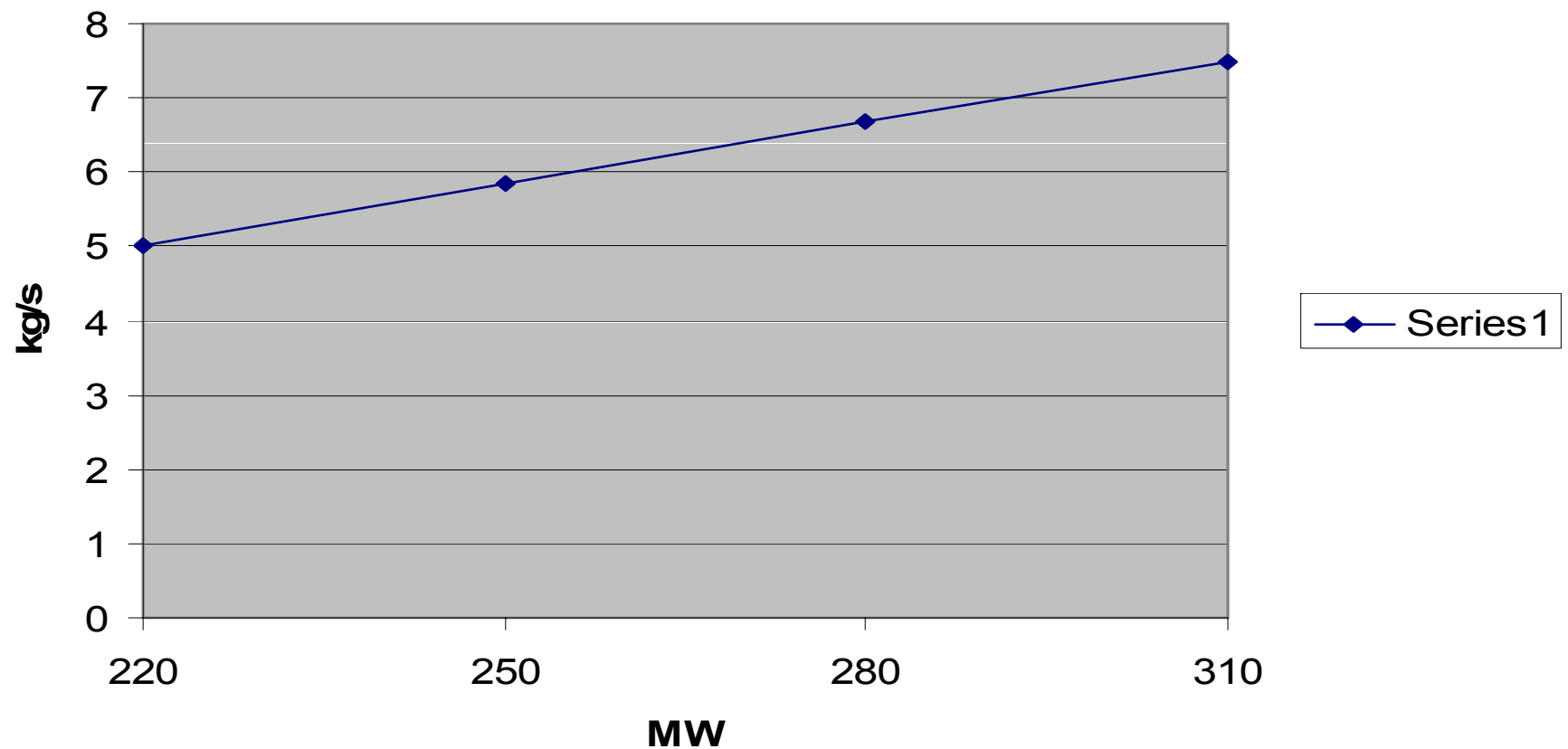
Zavisnost protoka pare na sedmom oduzimanju (M_{07}) od snage bloka bruto





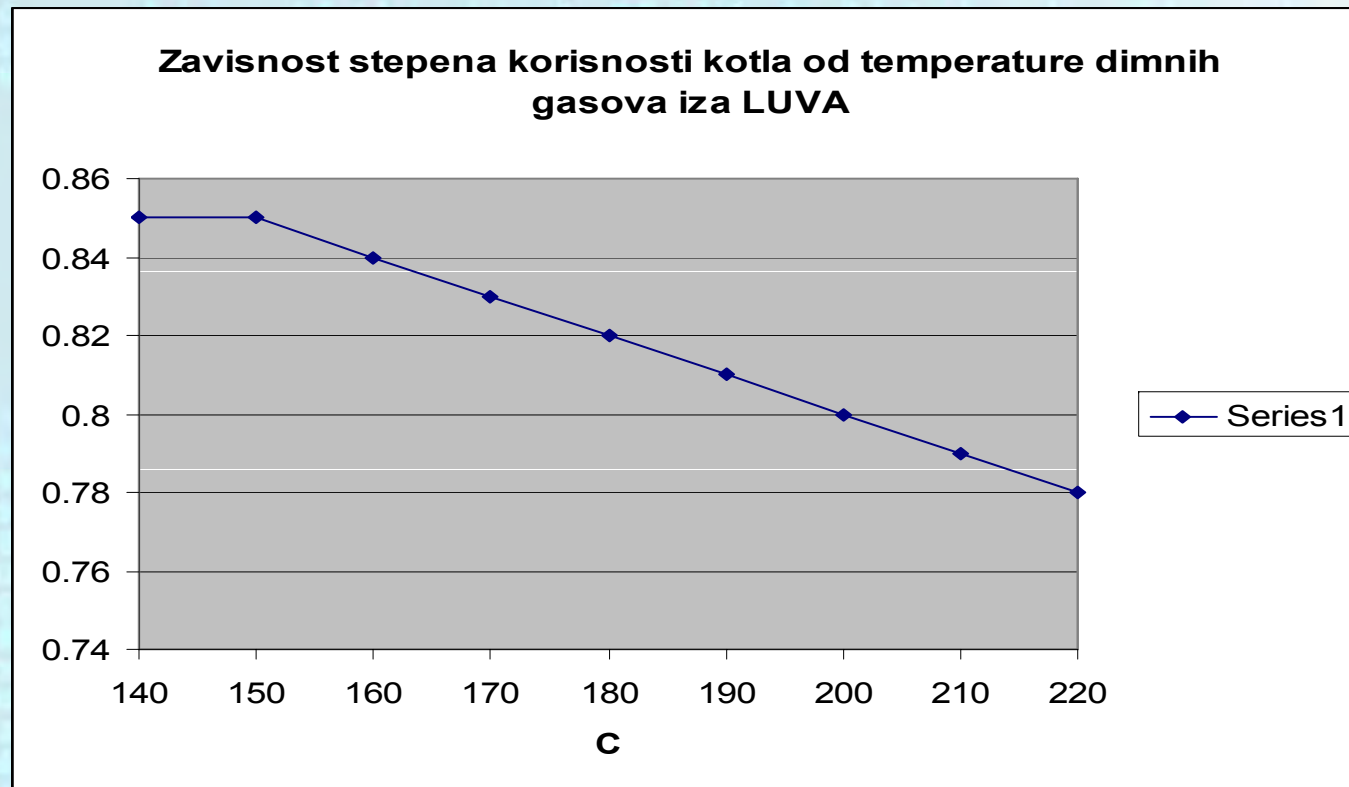
PRILOG

**Zavisnost protoka pare za zaptivanje i klimatizaciju rotora
CSP ($M_{zp}+M_{ksp}$) od snage bloka bruto**





PRILOG

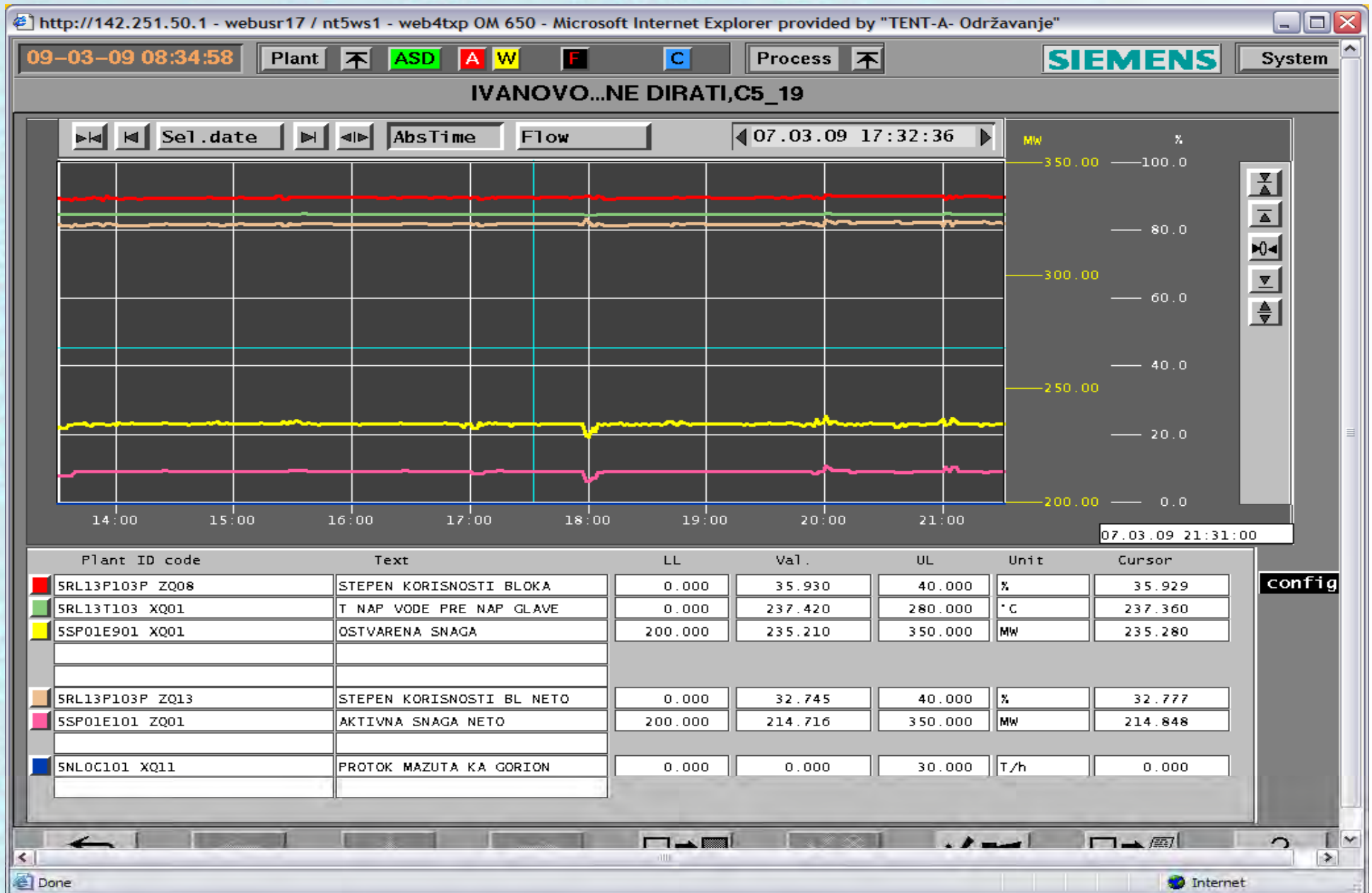


2. Primeri optimizacije rada bloka korišćenjem ovih procesnih funkcija

- Na osnovu ovih pokazatelja (specifična potošnja, odnosno stepen korisnosti), izvršena je i optimizacija rada bifluksa. Sada se u nominalnom režimu rada bloka, temperatura međupregrejane pare reguliše isključivo pomoću trokrakih ventila na biflusu (regulisanje ubrizgavanjm vode je eliminisano i koristi se samo u fazi kretanja bloka).
- Na priloženim dijagramima, br.1 i 2, za blok A5 vidi se da η bl.bruto iznosi 36,5 % (q bl bruto = 9863 KJ/kwh) pri nominalnoj snazi bloka i pri nominalnim parametrima.



Blok A5 Stepen korisnosti na tehničkom minimumu – dijagram 1





Blok A5 Stepen korisnosti na nominalnom teretu- dijagram 2

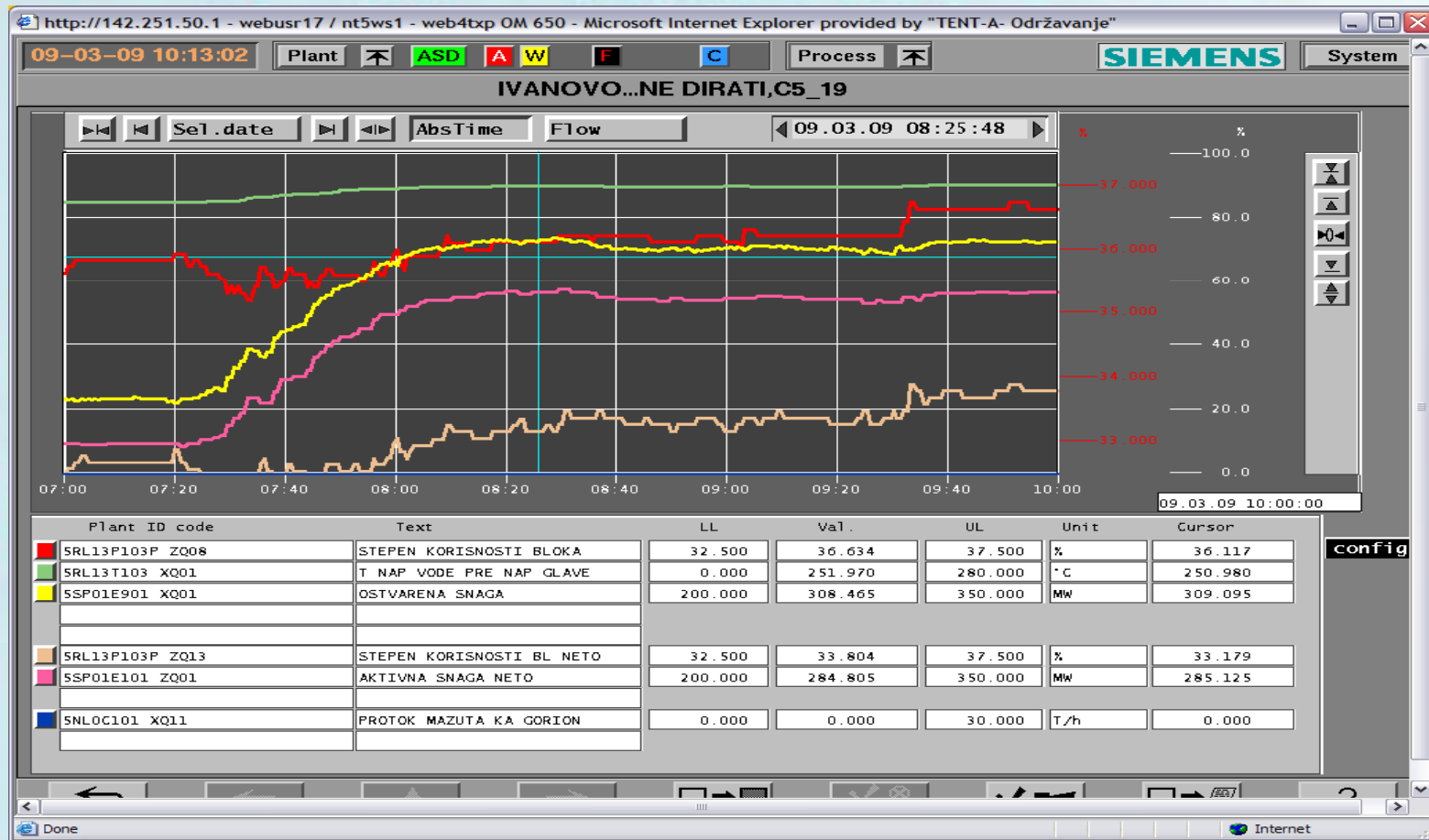


Treba napomenuti da blokovi A4 i A5 nakon revitalizacije imaju sve osnovne parametre u projektovanim granicama i stepen korisnosti η bl.bruto od 36,5 %, a projektovani stepen korisnosti za ove blokove je 37%.

- Na dijagramu broj 3 prikazana je promena stepena korisnosti bloka (pre svega η bl neto) pri promeni opterećenja bloka. Prema tome, smanjenje sopstvene potrošnje bloka isključenjem 6 kV uređaja koji su u radu bloka sa nominalnom snagom predviđeni da budu u rezervi (treća kondenz pumpa, šesti mlin i dr.) može se direktno pratiti na pomenutom dijagramu.



Blok A5 Promena stepen korisnosti pri promeni snage od tehničkog minimuma do nominalnog tereta. Cursor- plava vertikala na nom. teretu.– dijagram 3



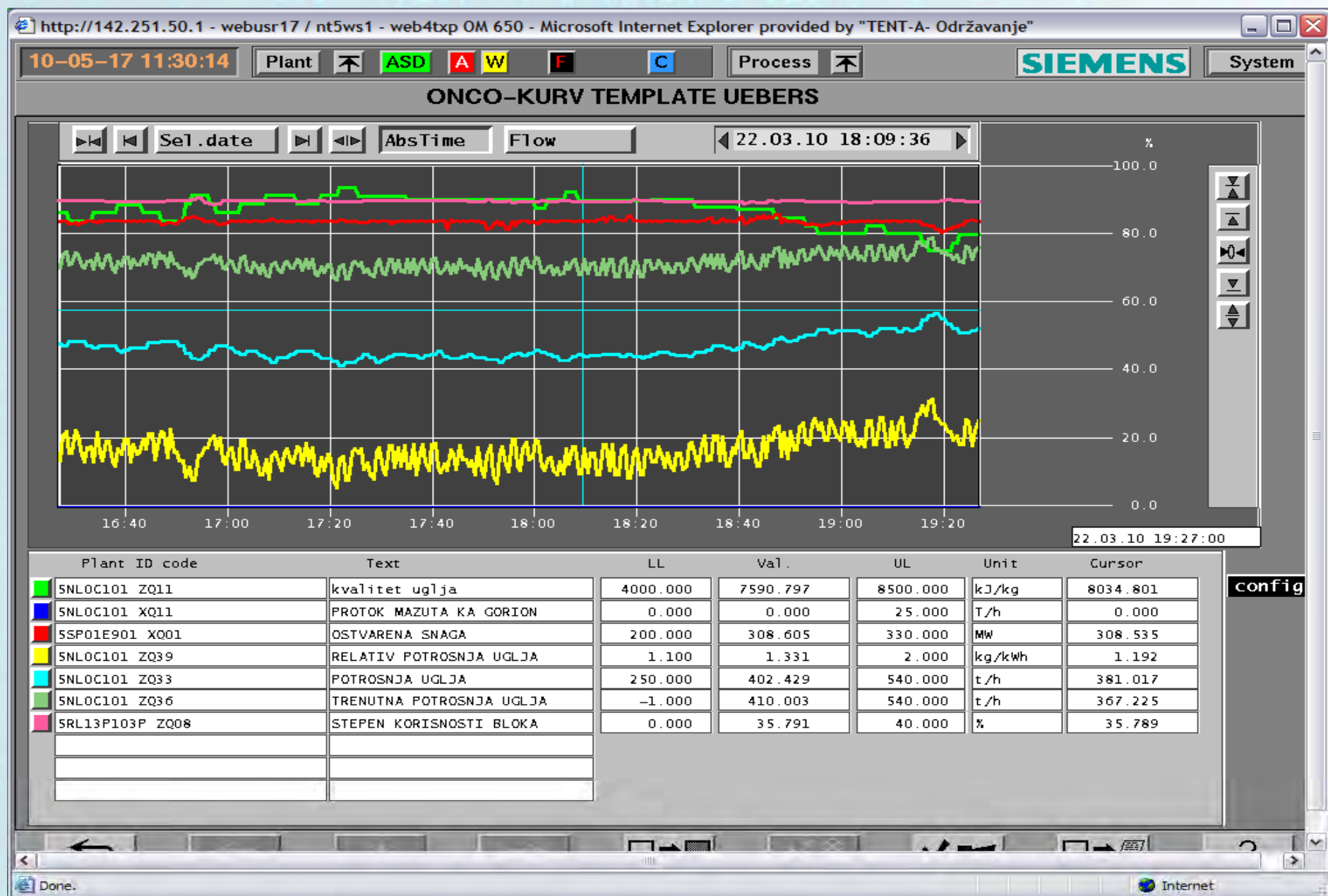
- Veoma značajnu i korisnu primenu u praksi imaju i veličine koje se koriste pri određivanju stepena korisnosti bloka a to su kontinualno merenje potrošnje uglja, B(kg/s), odnosno kalorične moći uglja Hd (KJ/kg)

Na dijagramima broj 4 i 5 data su dva ekstremna slučaja koji se javljaju u praksi i to sa donjom toplotnom moći Hd= 8034,8 KJ/kg i Hd =4952 KJ/kg, pošto je uglj koji se koristi u TENT-u veoma nehomogen.U prvom slučaju blok je radio sa nominalnom snagom od 308 MW sa pet mlinova a u drugom slučaju nije mogao da se ostvari više od 214 MW sa svih 6 mlinova u radu.

U prvom slučaju specifična potrošnja uglja je iznosila 1,192 Kg/KWh, a u drugom se penje na 2,012 Kg/KWh . Ako bi blok radio 7500 h godišnje, u prvom slučaju bi proizveo 395.000 MWh električne energije više i za to sagoreo 845.265 t uglja manje. Srećom ovako ekstremne situacije nisu tako česte, ali se tokom poslednjih godina kvalitet uglja kontinualno pogoršava, pa očekujemo da će homogenizacija uglja u rudniku dati značajne rezultate.



Specifična potrošnja uglja pri Hd=8034 kj/kg – dijagram 4





Specifična potrošnja uglja pri $H_d=4952$ kJ/kg – dijagram 5

