

Datum: 22.05.2010. god.

**Predmet:** Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma za priznanje tehničkog rešenja

Na osnovu dostavljenog materijala, u skladu sa odredbama *Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača*, koji je doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije ("Službeni glasnik RS", br. 38/2008) **recenzenti: Prof. dr Dragutin Debeljković, profesor Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Prof.dr Zoran Stojiljković, profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu su ocenili da su ispunjeni uslovi za priznanje svojstva tehničkog rešenja sledećem rezultatu naučnoistraživačkog rada:**

**NAZIV: Razvoj prototipa upravljačkog uređaja ventila sigurnosti bubnja, pregrejača i međupregrejača pare kotlovskog postrojenja 110MW-TE "Kolubara" (Ugovor br.ZSU 10191-1442 od 21.03.2007 i odluci br. 10593 od 05.04.2007)**

**Autori:** Predrag Jevtović, Željko Despotović, Aleksandar Jefvović, Igor Berkeš

**Kategorija tehničkog rešenja:** M(82) - industrijski prototip

## OBRAZLOŽENJE

Recenzentska komisija je utvrdila da je predloženo rešenje urađeno za *P.D. Termoelektrane "Nikola Tesla" Obrenovac d.o.o., TE "Kolubara" Veliki Crljeni*.

**Subjekt koji rešenje koristi:** *TE "Kolubara" Veliki Crljeni*

**Predloženo rešenje je urađeno:** Oktobar 2007 godine

**Subjekt koji je rešenje prihvatio i primenjuje:** *TE "Kolubara" Veliki Crljeni*

**Rezultati su verifikovani na sledeći način, tj. od strane sledećih tela:**

*Služba (merjenja regulacije i upravljanja) MRU i mašinskog održavanja TE "Kolubara" Veliki Crljeni*

**Predloženo rešenje se koristi na sledeći način:** *Integralni je deo kotlovskog postrojenja na bloku A5, kotao br.6, 110MW na TE "Kolubara" Veliki Crljeni.*

**Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi:** *Energetske tehnologije i mašinstvo.*

**Problem koji se tehničkim rešenjem rešava:**

Ventili sigurnosti (VS) obezbeđuju zaštitu od previsokog pritiska u instalacijama generatora pare, cevovodima sudovima pod pritiskom. Naročito se ovo odnosi na sisteme visokog pritiska, stoga se ovaj tip konstrukcije pretežno koristi u velikim termoelektranama. Ovim tehničkim rešenjem se obezbeđuje upravljanje ventilima sigurnosti međupregrejača pare, pregrejača pare i bubnja kotla na kotlovskom postrojenju 100MW na TE "Kolubara"-Veliki Crljeni. U pomenutim sistemima je potrebno obezbediti pouzdano otvaranje VS kada ulazni pritisak dostigne vrednost početka otvaranja. Zahteva se trostruki stepen sigurnosti, kao i ispunjenje zahteva propisanih standardom JUS-ISO-4626-1. Upravljački sistem treba da obezbedi pouzdano otvaranje VS tipa SIZ1508(SES) koji je ugrađen na bubnju, pregrejaču i međupregrejaču pare prema originalnoj projektnoj dokumentaciji. Pragovi pritiska otvaranja VS su dati u tehničkom zahtevu korisnika: na bubnju K6,  $p_1=162.8\text{bar}$ , na pregrejaču pare K6,  $p_2=141.2\text{bar}$  i na međupregrejaču pare K6,  $p_3=40.2\text{bar}$ .

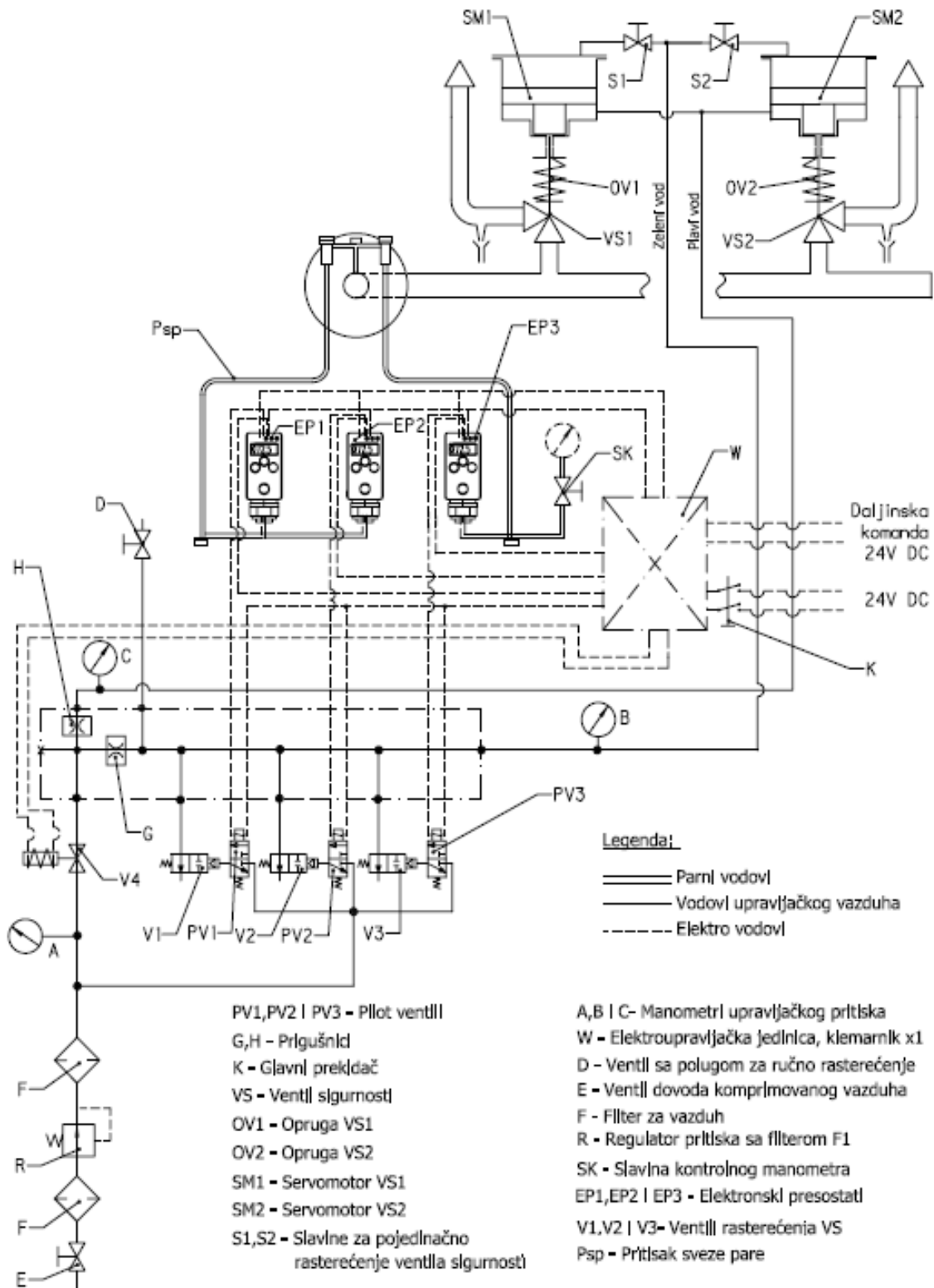
## Stanje rešenosti problema u svetu:

Primena kontrolisanih ventila sigurnosti (VS) na elektroenergetskim postrojenjima i proučavanje njihove pouzdanosti su u literaturi detaljno opisani u [1-2]. Oni u ovim postrojenjima obezbeđuju zaštitu od previsokog pritiska (u instalacijama generatora pare, cevovodima, sudovima pod pritiskom i sl.). Njima je moguće obezbediti velike protoke, veliku silu zatvaranja te stoga bolju nepropusnost do vrednosti pritiska otvaranja. Nemački propisi prave razliku između direktnih i upravljačkih VS[3-5]. Takođe ovi propisi daju tehničke zahteve za konstrukciju oba tipa ventila. Kombinacijom sigurnosne i upravljačke funkcije u jednom uređaju ima za posledicu smanjenje troškova. Naročito se ovo odnosi na sisteme visokog pritiska. Stoga se ovaj tip konstrukcije pretežno koristi u velikim termoelektranama. Na ovaj način se protok pare može jednostavno kontrolisati od minimalne do nominalne vrednosti. Kada se dostigne najviši dozvoljeni pritisak pare, preko nadzora pritiska se inicira otvaranje VS. Nadzorom pritiska upravljački uređaj vrši mernu i prekidačku ulogu, čime je obezbeđena sigurnosna funkcija. Najčešće su izvršni upravljački uređaju hidraulički ili pneumatski. Na ovaj način VS ima ulogu mehaničkog pojačavača. Obično se nadzor pritiska i sigurnosna funkcija ostvaruje pomoću binarnih, elektromehaničkih uređaja za kontrolu pritiska i relejne logike. Imperativ je da ove komponente funkcionišu pouzdano zbog pogonske sigurnosti čitavog sistema koji se mora zaštititi od nedozvoljenih pritisaka [4]. Stoga presostati i ostala pomoćna sigurnosna oprema VS podleže obaveznom ispitivanju i adekvatnost njene pouzdanosti mora biti ocenjena od strane stručnjaka u okviru ispitivanja delova ili pojedinačnog prijemnog ispitivanja. U većini elektrana upravljani VS rade izuzetno pouzdano uz pomoć binarnih i upravljačkih regulacionih presostata. Međutim na nekim postrojenjima dolazi do problema sa presostatima, pre svega na VS sigurnosti sveže pare. U slučaju pada pritiska imaju se pogonski ispadi, dok u slučaju porasta dolazi do smanjenja bezbednosti. U nekim praktičnim slučajevima može doći do „lepljenja signalnih kontakata” ili „curenja” mernih ćelija na presostatima što značajno može uticati na smanjenje pouzdanosti. Uzrok ovih problema su vibracije stuba pare, koje stimulišu rezonantne vibracije u presostatima. Tako može doći do njihovog aktiviranja, bez obzira što nije dostignut pritisak otvaranja. Kako su mnoge studije pokazale, presostati sa Burdonovom ceví, se na primer mogu pobuditi da vibriraju do tolikog nivoa u opsegu njihovih rezonantnih frekvencija (na primer 300Hz) tako da može doći do aktiviranja odgovarajućih mikroprekidača pri pritisku od oko 75% od pritiska otvaranja. Ovakva naprezanja mogu imati za posledicu kvar presostata posle kratkog perioda rada. Nasuprot mehaničkim presostatima, elektronski pretvarači sa analognim mernim signalima su pokazali značajno bolju pouzdanost. Stoga se veoma često sigurnosna funkcija dodeljuje ovim instrumentima. U svim ovim slučajevima glavni zahteva se ispunjenje tehničkih propisa od kojih su na međunarodnom nivou najbitniji TRD 421 (tehnički propisi za parne kotlove).

## Sušтина tehničkog rešenja:

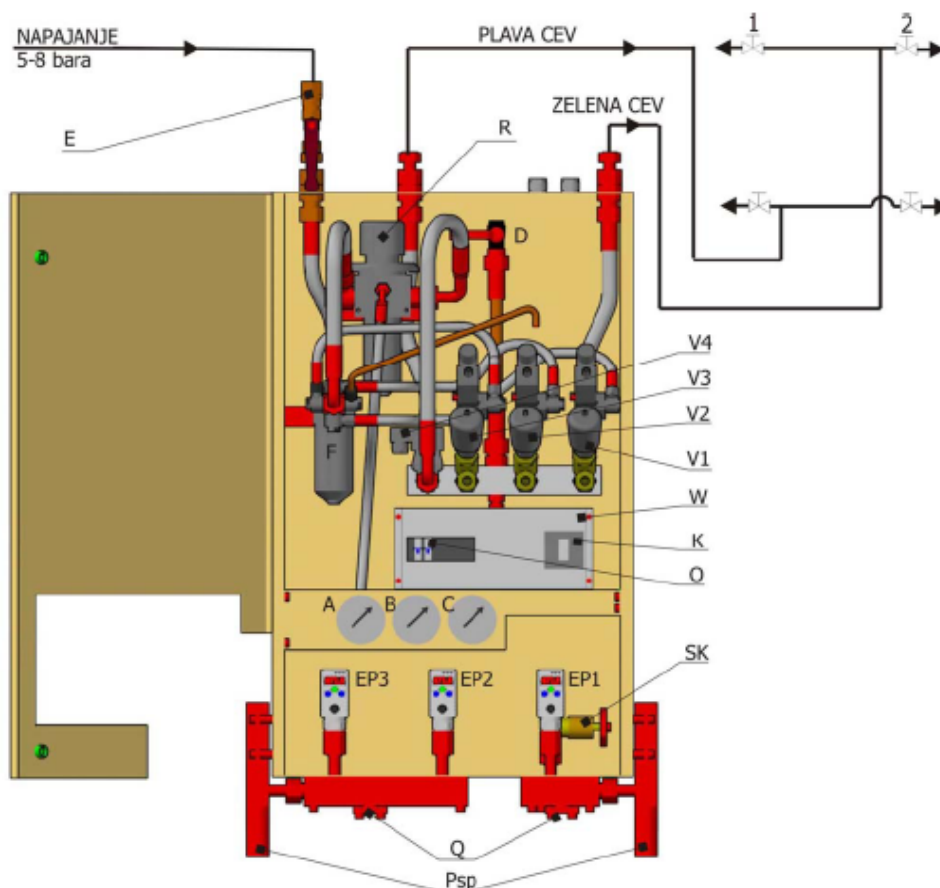
Upravljačkim uređajem ventila sigurnosti (VS) se obezbeđuje njegovo pouzdano otvaranje kada ulazni pritisak dostigne vrednost početka otvaranja. Uređaj je zbog zahteva za trostrukom sigurnošću realizovan sa tri upravljačka kanala. Pored ovoga zaporno telo VS je dodatno opterećeno radi povećanja nepropustljivosti na sedištu. Pri tome su ispunjeni zahtevi propisani standardom JUS-ISO-4626-1, koji je u velikoj meri u skladu sa svim svetskim standardima iz ove oblasti. Osnovna koncepcija je bazirana na elektropneumatskom upravljačkom uređaju. Na Sl.1 je prikazana predložena elektropneumatska šema upravljačkog uređaja. U ovom uređaju su integrisane sigurnosna i upravljačka funkcija. Kada se dostigne najviši dozvoljeni pritisak pare, preko nadzora pritiska se inicira otvaranje VS. Nadzorom pritiska je obezbeđena merna i prekidačka funkcija, čime je obezbeđena osnovna sigurnosna funkcija VS i to u sprezi sa pneumatskim upravljanjem. Upravljačke kanale obrazuju elektronski presostati EP1, EP2 i EP3 sa jednostrukim kontaktima i elektromagnetni pneumatsko upravljani ventili tzv. *pilot ventili* PV1, PV2 i PV3. Elektronski

presostati i pilot ventili ugrađeni su u samom ormanu upravljačke jedinice. Elektronski presostati imaju visoku osetljivost i tačnost, uz mali histerzis, pri datim radnim uslovima. Na VS pregrejača i bubnja su ugrađena po 3 elektronska presostata opsega 0- 250 bara, dok j su na VS međupregrejača ugrađena 3 elektronska presostata opsega 0-100bara.



Sl.4.Elektropneumatska šema upravljačkog uređaja ventila sigurnosti

Upravljanje po svakom od kanala se odvija na sledeći način: kada pritisak na bubnju, pregrejaču pare i međupregrejaču pare poraste iznad dozvoljenog (vrednosti su date u tehničkom zahtevu korisnika  $P_{ovi} + \Delta P\% [bara]$ ,  $i=1...3$ ). Tako na primer elektronski presostat EP1, prekida napajanje pilota PV1 pneumatski upravljanog ventila V1. Ventil V1 se odmah otvara, jer je izveden kao normalno otvoren i postiže se propisana funkcija otvaranja VS. Kad pritisak u pregrejaču pare opadne, VS se zatvara. Aktiviranje VS može se izvršiti električno sa pulta termo komande (daljinska komanda), kao i lokalno pomoću slavine D (ventil sa polugom za ručno rasterećenje) ugrađene u uređaj. *Termo komanda (spoljna komanda) može se koristiti kao "SVE STOP" komanda pri kvaru upravljačkog uređaja.* Otvaranjem elektromagnetnih pneumatski upravljanih ventila, servomotor VS se istovremeno rasterećuje sa gornje strane klipa, a ostaje opterećen sa donje strane, čime se dobija sila koja pomaže otvaranje VS. Uređaj se može napajati naizmeničnom strujom napona 220V, 50Hz, sa osigurane mreže ili opciono sa eksterno dovedenim jednosmernim naponom napajanja 24VDC. Aktiviranje sa pulta kotlovske komande (daljinska komanda) vrši naponom 24V DC. Ako iz bilo kog razloga dođe do prekida napajanja, automatski se otvaraju ventili V1, V2 i V3 upravljačkih kanala, a zatvara pregradni ventil V4 koji prekida napajanje upravljačkim vazduhom. Tada ventil VS prelazi u čisto opružni režim rada. Orman upravljačkog uređaja zaštićen je od prodora prašine ostvarenim nadpritiskom koji je vlada u njemu.



Sl.2. Izgled unutrašnjosti upravljačkog ormana PI 501-121 ventila sigurnosti

Na Sl.2. je dat izgled unutrašnjosti realizovanog upravljačkog ormana PI 501-121 ventila sigurnosti. Oprema u prikazanom ormanu odgovara upravljačkoj pneumatskoj šemi sa Sl.1. Oznake i opis funkcija svake od komponenti su dati u nastavku:

- A – manometar - pritisak sa donje strane klipa servomotora
- B – manometar - pritisak sa gornje strane klipa servomotora
- EP1, EP2, EP3 – elektronski presostati upravljačkih kanala

SK – slavina za kontrolni manometar  
 D – ručna slavina za rasterećenje  
 E – ventil za dovod komprimovanog vazduha  
 R – regulator pritiska sa filterom F1  
 F – filter  
 V1, V2, V3 – pneumatski upravljani ventili upravljačkih kanala  
 V4 – pregradni ventil  
 P<sub>sp</sub> – pritisak sveže pare  
 W – elektro upravljačka jedinica  
 K – glavni prekidač  
 O – automatski osigurači  
 Q – čepovi za ispuštanje kondenzata iz impulsnih vodova

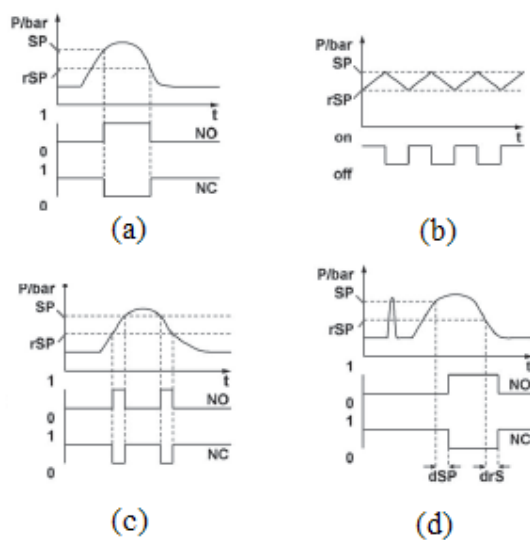
Za pouzdan rad upravljačkog uređaja ventila sigurnosti PI-501 121 obezbeđen je neprekidan dovod vazduha pritiska 5-8 bara na uvodnom priključku ventila E (kao što prikazuje Sl.1). Pre ugradnje uređaja vazdušni vodovi od uređaja do servomotora, ventili na cevovodu, kao i unutrašnje komore (klipove i cilindre) servomotora su očišćeni od nečistoća i prođuvani komprimovanim vazduhom. Unete nečistoće, odnosno zaprljana instalacija, mogu dovesti do poremećaja funkcije elektromagnetnih ventila upravljačkih kanala. Manometar A pokazuje regulisanu veličinu, ulaznog, pritiska upravljačkog vazduha, odnosno vrednost pritiska upravljačkog vazduha merenog odmah nakon prolaska vazduha kroz regulator pritiska (R). Manometar B pokazuje vrednost pritiska upravljačkog vazduha ispod klipa pneumatskog servomotora VS. Manometar C pokazuje vrednost pritiska upravljačkog vazduha iznad klipa pneumatskog servomotora VS. Pritisci na manometrima A, B i C su identični u stacionarnom stanju na upravljačkom uređaju tj. kada miruje klip servomotora, a ventil sigurnosti su zatvoreni. Veličinu pritiska upravljačkog vazduha na manometrima A, B i C u normalnom pogonu treba da iznose:  $P_A=4$  bara (0.4 MPa),  $P_B=4$  bara (0.4 MPa) i  $P_C=4$  bara. Dozvoljeno odstupanje u odnosu na referentnu vrednost od 4 bara je  $\pm 0.5$ bara. Ukoliko na manometrima vrednost upravljačkog pritiska nije u dozvoljenim granicama, regulatorom R, koji je u upravljačkom uređaju, se vrši njegova korekcija. Jednom u 3 meseca se vrši pojedinačno ispitivanje svakog VS. Pojedinačno ispitivanje VS se vrši rasterećenjem. VS se rasterećuje brzim zatvaranjem, nezavisno jednog od drugog, ručnih ventila 1 i ventila 2 prikazanih na Sl. 1. U normalnom pogonu ventili 1 i 2 su otvoreni. Zatvaranjem ovih ventila menja se smer delovanja dopunskog opterećenja VS, klipom servomotora pa se tako postiže, da se on otvara pri pritisku pare koji je i do 25% niži od pritiska otvaranja VS. Posle kratkog vremena ventil 1, odnosno ventil 2 se moraju ponovo otvoriti. U zimskom periodu ova ispitivanja je potrebno vršiti češće, zbog mogućeg zamrzavanja pneumatskih vodova. Radi provere funkcionalnosti upravljačkih elektromagnetnih pneumatski upravljanih ventila V1, V2 i V3, prilikom pojedinačne probe svakog ventila sigurnosti se vrši rasterećenje servomotora ručicom ventila D (Sl.1) i komandom sa pulta. Jedanput nedeljno se proverava napajanje upravljačkog uređaja električnom energijom, a na nivokazima filtera F i filtera regulatora F1 se proverava nivo kondenzata. Po potrebi kondenzat se ispušta u pogodnu posudu pritiskom na igličasti ventil sa donje strane kućišta filtera F odnosno F1. Kod svakog prestanka napajanja električnom energijom, sva tri rasteretna (sigurnosna) kanala se otvaraju i VS automatski prelazi na režim rada običnog opružnog ventila. Ovakav rad je dozvoljen samo kratko vreme, pa je potrebno otkloniti razloge prestanka napajanja upravljačkog uređaja. Ako dođe do neželjenog otvaranja ventila sigurnosti na pritiscima nižim od pritiska otvaranja ili blokiranja ventila sigurnosti na pritiscima višim od pritiska otvaranja rukovaoc je dužan da odmah "termo komandom" (spoljnjom komandom) obezbedi otvaranje ventila sigurnosti (otvaranje ventila V1, V2 i V3 i zatvaranje ventila V4) čime ventili sigurnosti momentalno prelaze na opružni radni režim. Nakon ovoga se zatvara dovod vazduha u upravljački uređaj (ventil E) i isključuje napajanje upravljačkog ormana električnom energijom (K). U ovom slučaju ventili sigurnosti rade u režimu opružnog ventila sa mogućim navedenim negativnim posledicama.



U ovom režimu rada ne smeju se vršiti probe VS. Prilikom svakog isključivanja uređaja, a time i prelaska VS na opružni radni režim, potrebno je:

- Prekinuti dovod upravljačkog vazduha zatvaranjem slavine E ( Sl. 1),
- Sačekati da pritisak u instalaciji padne na vrednost od 0 bara, što se očitava na manometrima A ,B i C ( Sl. 1), (potrebno je na sva tri manometra očitati vrednost od 0 bara),
- Tek nakon ispunjenja uslova datih pod tačkama 1. i 2. se pristupa prekidu napajanja 24 VDC, glavnim prekidačem K

U protivnom, ako se gore navedena procedura ne ispoštuje, doći će do neplaniranog otvaranja VS. Na Sl.4 je data električna šema upravljačkog dela uređaja PI-501 121/V24. Napajanje električnom energijom ove verzije uređaja se ostvaruje jednosmernim naponom 24V DC, snaga max. 150W, na klemama X1.1-X1.2 preko glavnog prekidača Q1 i osigurača F1/10A. Dioda D1 služi za zaštitu uređaja od pogrešnog vezivanja + i – pola priključka na napon 24VDC. Paralelno sa svakim od upravljačkih namotaja pneumatskih ventila V1-V4 su vezane zaštitne diode D2-D5 respektivno. Uvođenje komandnog napona sa “termo komande” (spoljna komanda): 24V DC, struja max/100mA se ostvaruje peo klema X1.11-X1.12, pri čemu se napaja pomoćno rele d5. Dolaskom spoljnje komande SVE-STOP raskida se kontakt 11-12 relea d5 i ventili V1-V3 gube napajanje. Nače se ovi ventili V1-V3 aktiviraju preko pomoćnih kontakata realea d1-d3 respektivno. Upravljački namotaji relea d1-d3 se aktiviraju preko elektronskih presostata EP1-EP3. Elektronski presostati su programabilni i imaju mogućnost rada u četiri režima kao što je prikazano na Sl.4.



Sl.5. Režimi rada elektronskih presostata, (a)-režim sa histerezisom, (b)-impulsni režim, (c)- funkcija prozora i (d)-funkcija sa vremenskim kašnjenjem

Režim sa histerezisom koji je prikazan na Sl.5(a) i Sl.5(b) se koristi ukoliko se imaju fluktuacije pritiska oko nominalne vrednosti. Ukoliko je vrednost pritiska u granicama izlaz NO elektronskog presostata je u stabilnom stanju logičke "1". Obrnuta logika važi za izlaz NC. Ukoliko je pritisak raste i ispod je praga *set point* SP izlaz je u stanju logičke "0". Nakon postizanja praga SP izlaz prelazi iz stanja logičke "0" u stanje logičke "1". Slično se dešava kao i kod opadanja pritiska, samo je tada u igri niži prag *reset point* rSP. Funkcija prozora je prikazana na Sl.5(c).Ona obezbeđuje monitorisanje pritiska u zadatom opsegu.Ukoliko je vrednost pritiska u opsegu rSP-SP tada je izlaz NO u stanju logičke "1".U suprotnom slučaju je on logička "0".Na Sl.5(d) je data funkcija sa kašnjenjem.Ova funkcija je ustvari isto što i histerzisna s tim što su izlazni signali vremenski pomereni u odnosu trenutke dostizanja pragova SP i rSP.Vremensko kašnjenje je podesivo u opsegu 0-9.99s.Ovom funkcijom se takođe filtriraju brze promene priritiska, kao što

pokazuje Sl.5(d).U konkretnom slučaju su elektronski presostati podešeni u histerezisnom režimu sa Sl.5(a), odnosno tako, da je histerzis  $\pm 1\%$  od punog opsega za dati presostat. Pragovi na VS međupregrejača su podešeni da :

- prekidaju napajanje pripadajućeg kontrolnog relea na 142 bara (prag otvaranja VS)
- uspostavljaju napajanje pripadajućeg kontrolnog relea na 139.5 bara (prag zatvaranja VS)

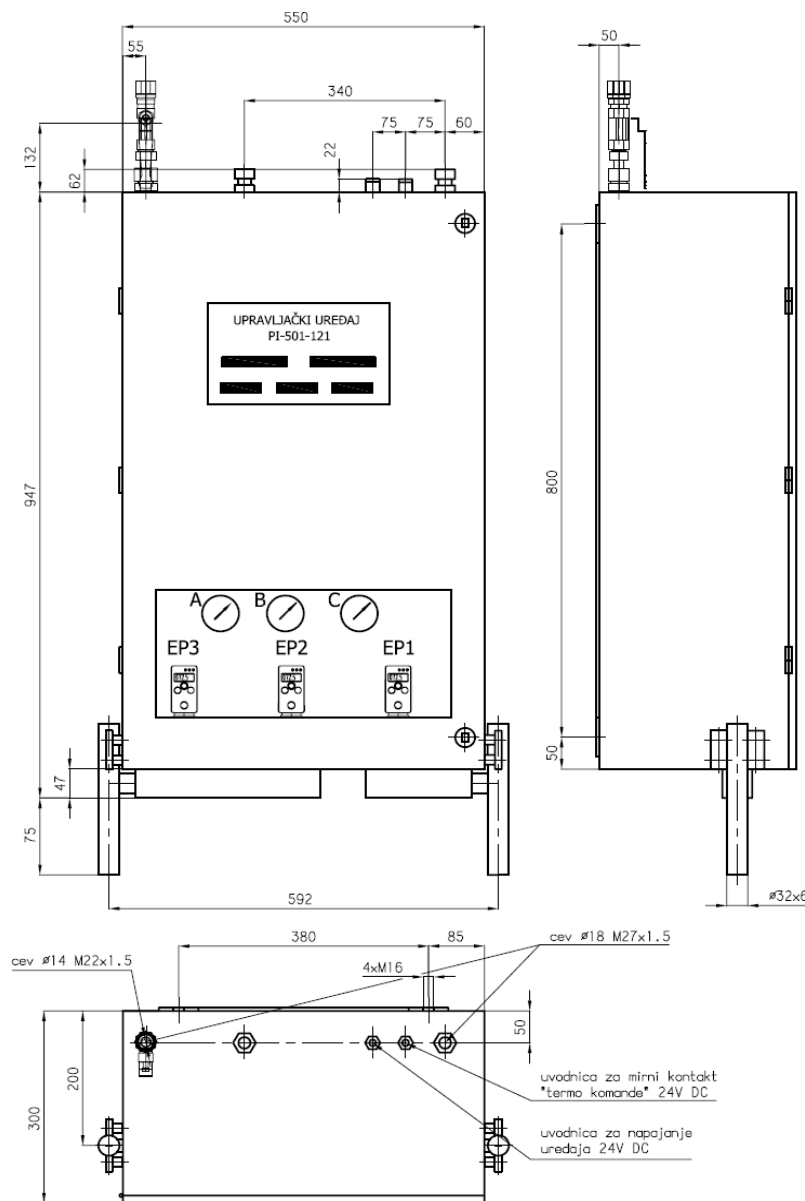
Pragovi na VS bubnja podešeni da

- prekidaju napajanje pripadajućeg kontrolnog relea na 163 bara (prag otvaranja VS)
- uspostavljaju napajanje pripadajućeg kontrolnog relea na 160.5 bara (prag zatvaranja VS)

Pragovi za VS pregrejača pare su podešeni da:

- prekidaju napajanje pripadajućeg kontrolnog relea na 40 bara (prag otvaranja VS)
- uspostavljaju napajanje pripadajućeg kontrolnog relea na 39 bara (prag zatvaranja VS)

Ugradne mere upravljačkog uređaja PI-501 121 date su na crtežu Sl.6.

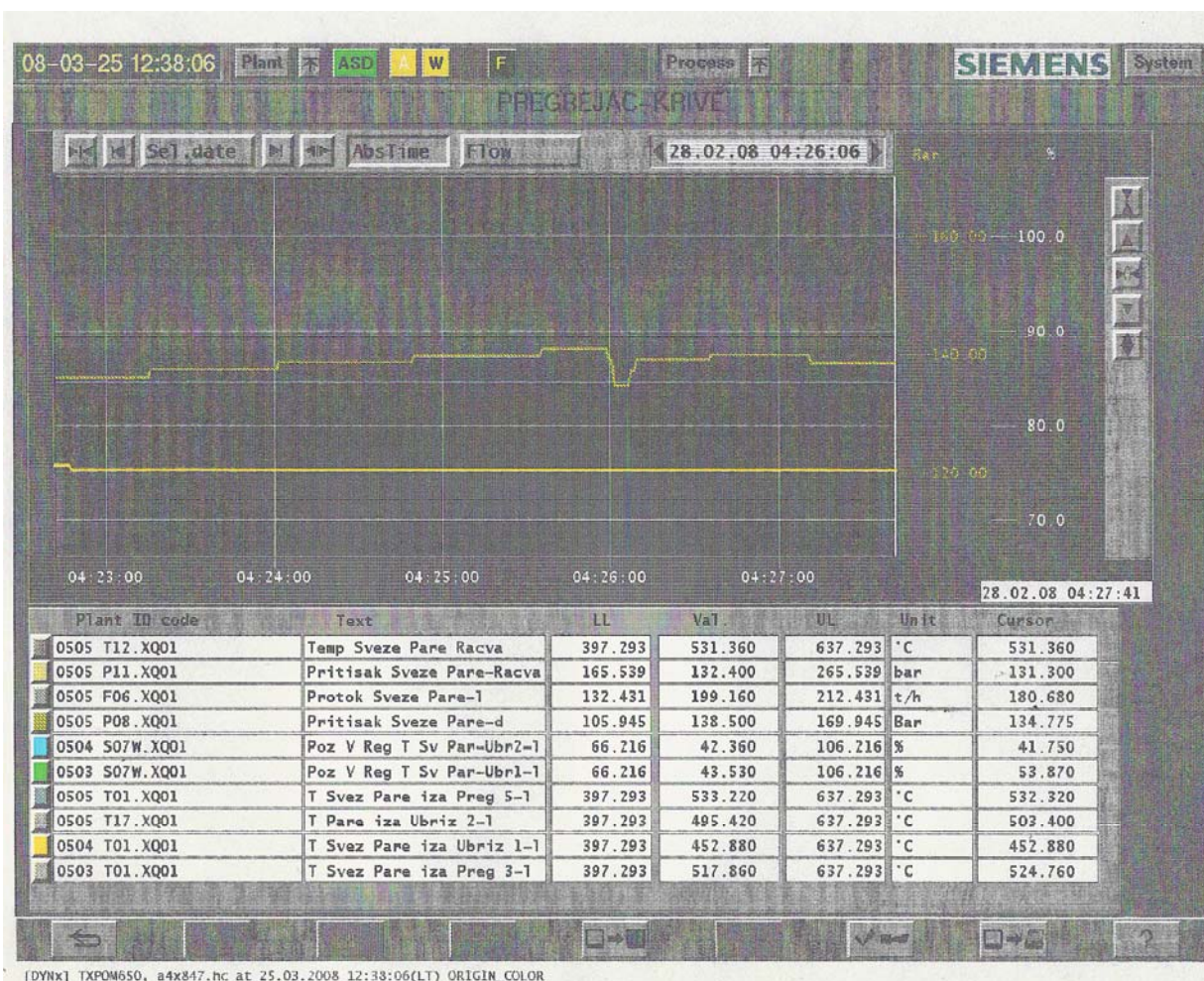


Sl.6. Ugradne mere upravljačkog uređaja PI-501 121



## Eksperimentalni rezultati

Na Sl.7 su dati snimci temperature sveže pare iza ubrizgivača 1-1 (donji jasno žuti trag) i pritiska (gornji bleđo-uti trag) na pregrejaču pare dobijen elektronskim SCADA pisačem. Temperatura sveže pare je iznosila oko 452°C. Na ekranu pisača je praćena promena pritiska na pregrejaču pare. Radi verifikacije rada elektro-pneumatskog upravljačkog sistema ventila sigurnosti je simuliran porast pritiska, i to postepeno pritvaranjem turbinskog ventila, odnosno smanjivanjem snage turbine. Nakon dostizanja podešenog praga otvaranja ventila sigurnosti od 142 bara, koji je podešen na elektronskim presostatima, došlo je do njegovog pouzdanog otvaranja i nakon toga do pada pritiska na vrednost 135 bara. Sa snimka se može uočiti da se nakon otvaranja sigurnosnog ventila stekao uslov za njegovo zatvaranje. Takođe se može konstatovati da je do zatvaranja ventila sigurnosti došlo nakon programiranog vremena kašnjenja od 4s, koje je takođe podešeno na elektronskim presostatima EP1-EP3, prema režimu rada prikazanom na Sl.5(d). Nakon isteka ovog vremena i pritisak u bubnju se smanjio, pa se automatski smanjio i pritisak pred turbinom. Pri svemu ovom treba napomenuti da je donji prag (prag zatvaranja) na elektronskim presostatima upravljačkog sistema, podešen na vrednost od 139.5 bara.



Sl.7. Eksperimentalno snimljena kriva poromene pritiska na pregrejaču pare na SCADA sistemu i eksperimentalna potvrda aktiviranja pripadajućeg ventila sigurnosti

*Snimci razvijenog prototipa*

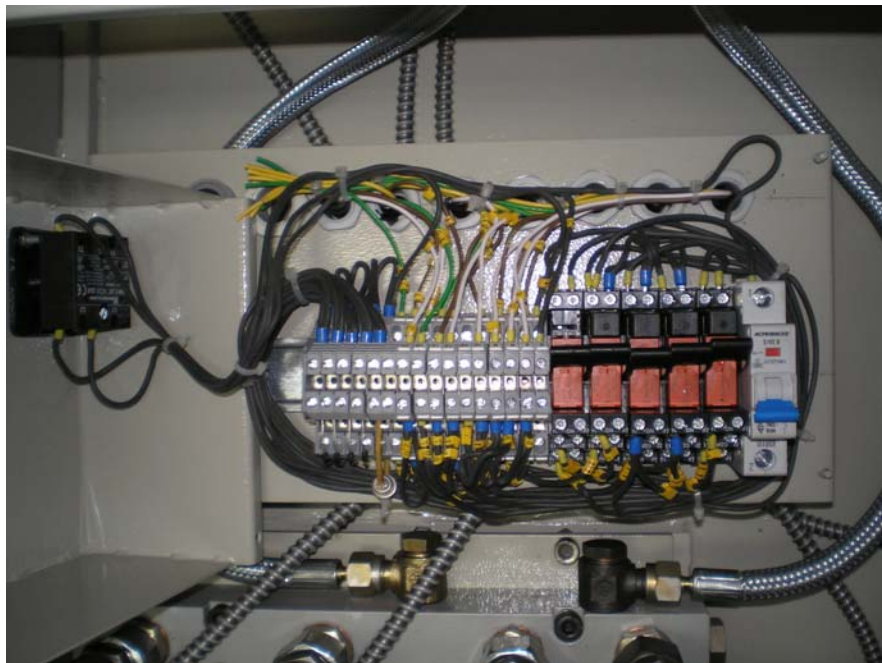


**(a)**



**(b)**

*Sl.8. Izgled upravljačkog uređaja (ormana) PI-501 121/V24 u sklopu kotlovskeg postrojenja 110MW na TE „Kolubara“, (a)- izgled prednjih vrata upravljačkog ormana, (b)-izgled unutrašnjosti upravljačkog ormana*



*Sl.9. Izgled elektroupravljačkog uređaja*



Sl.10. Izgled upravljačkih pilot ventila PV1-PV3



Sl.11. Izgled i montaža manomaetara A,B,C i elektronskih presostata EP1,EP2,EP3

## Karakteristike predloženog tehničkog rešenja su sledeće:

### Upravljački sistem PI-501 121/V220AC (verzija 220V,50Hz)

|  |   |
|--|---|
| <b>Napajanje električnom energijom:</b>        | 220V, 50Hz                              |
| <b>Ulazna prividna snaga:</b>                  | 300kVA                                  |
| <b>Ulazni faktor snage:</b>                    | 0.85                                    |
| <b>Redundantnost:</b>                          | 3 nezavisna kanala                      |
| <b>Pritisak pneumatske instalacije:</b>        | 8bara (10bara max)                      |
| <b>Ulazni pritisak (VS):</b>                   |   |
| nominalna vrednost                             | 0-100bara(0-250bara)                    |
| preopterećenje                                 | 2xPnom =200bara(500bara)                |
| udarni pritisak                                | 500bara(1200bara)                       |
| tačnost  | 0.1%                                    |
| histerezis                                     | 0-2% od Pnom (podešen standardno na 1%) |
| <b>Pritisak otvaranja ventila sigurnosti:</b>  |   |
| bubanj   | 163.00bara                              |
| međupregrejač pare                             | 40.00bara                               |
| pregrejač pare                                 | 142.00bara                              |
| <b>Pritisak zatvaranja ventila sigurnosti:</b> |   |
| bubanj   | 160.50bara                              |
| međupregrejač pare                             | 39.00bara                               |
| pregrejač pare                                 | 139.50bara                              |
| <b>Stepen zaštite:</b>                         | IP44                                    |
| <b>Tempearturni opseg:</b>                     | -25°C...+85°C                           |
| <b>Vlažnost:</b>                               | do 95% bez kondenzacije                 |
| <b>Dimenzije:</b>                              | 600x900x300mm                           |

### Upravljački sistem PI-501 121/V24VDC (verzija 24VDC)

|  |   |
|--|---|
| <b>Napajanje električnom energijom:</b>        | 24VDC                                   |
| <b>Ulazna prividna snaga:</b>                  | 200W                                    |
| <b>Redundantnost:</b>                          | 3 nezavisna kanala                      |
| <b>Pritisak pneumatske instalacije:</b>        | 8bara (10bara max)                      |
| <b>Ulazni pritisak (VS):</b>                   |   |
| nominalna vrednost                             | 0-100bara(0-250bara)                    |
| preopterećenje                                 | 2xPnom =200bara(500bara)                |
| udarni pritisak                                | 500bara(1200bara)                       |
| tačnost  | 0.1%                                    |
| histerezis                                     | 0-2% od Pnom (podešen standardno na 1%) |
| <b>Pritisak otvaranja ventila sigurnosti:</b>  |   |
| bubanj   | 163.00bara                              |
| međupregrejač pare                             | 40.00bara                               |
| pregrejač pare                                 | 142.00bara                              |
| <b>Pritisak zatvaranja ventila sigurnosti:</b> |   |
| bubanj   | 160.50bara                              |
| međupregrejač pare                             | 39.00bara                               |
| pregrejač pare                                 | 139.50bara                              |
| <b>Stepen zaštite:</b>                         | IP44                                    |
| <b>Tempearturni opseg:</b>                     | -25°C...+85°C                           |
| <b>Vlažnost:</b>                               | do 95% bez kondenzacije                 |
| <b>Dimenzije:</b>                              | 600x900x300mm                           |

## Mogućnosti primene predloženog tehničkog rešenja:

Predloženo tehničko rešenje industrijski prototip je prvi put primenjeno na kotlu br.6 (K6), bloka A5 TE“Kolubara“-V.Crljeni. Nakon ovog razvijenog industrijskog prototipa, testiranog i puštenog u eksploataciju i su realizovani upravljački sistemi na ventilima sigurnosti (VS) na kotlovima K3, K4, K5 bloka A5 , svaki snage 36MW, na TE“Kolubara“-V.Crljeni.Sistem VS na kotlu K3 je rađen u periodu jul-snovembar 2008, a pušten je u eksploataciju početkom 2009 godine. Sistem na kotlu K4 je rađen početkom 2009 godine a pušten u rad polovinom 2009. Sistem na kotlu K5 je urađen početkom 2010 godine i u toku je njegovo testiranje i puštane u rad. Razvijen industrijski prototip koji je već zaživeo i kao novi proizvod je moguće primeniti, osim na kotlovskim postrojenjima termoelektrana, i na svim onim sistemima koji poseduju ventile sigurnosti (VS) koji su upravljani hidrauličkim ili pneumatskim servoregulatorima.

## LITERATURA:

- [1] Oberender.W, Bung.W, *"The Reliability of Controlled Safety Valves in Conventional Power Plants"*, Reliability Engineering, 1984, Vol.9, Issue 1, pp.33-47.
- [2] Bung.W, Follmer.B, *"Assisted safety valves in power stations according to German Rules"*, VGB Kraftwerkstechnik 75 (1995), issue 9, pp.771-776
- [3] Fisher.G, Follmer.B, Schnettler.A, *"Modern API-Safety valves series, developed according to the latest State of the Art"*, Industriearmaturen, May 1997, Vol.5, Issue 2, pp.124-130.
- [4] L.Millard, *"Safety relief valves protecting life and property"*, Valve World, June 2002, p.39
- [5] Follmer.B, Schnettler.A, *"Challenges in designing API safety relief valves"*, Valve World, October 2003, p.39

## MIŠLJENJE RECENZENATA

Autori tehničkog rešenja Predrag Jevtović, Željko Despotović, Aleksandar Jevtović i Igor Berkeš su jasno prikazali i obradili kompletnu strukturu tehničkog rešenja. Na osnovu svega navedenog recenzenti su ocenili da tehničko rešenje pod nazivom: **Razvoj prototipa upravljačkog uređaja ventila sigurnosti bubnja, pregrejača i međupregrejača pare kotlovskog postrojenja 110MW-TE "Kolubara"** predstavlja rezultat koji pored stručne komponente pruža originalni istraživački doprinos. Sa zadovoljstvom predlažemo da se opisano tehničko rešenje **prihvati kao tehničko rešenje u kategoriji M82-industrijski prototip.**

### Recenzenti:

---

Prof. dr Dragutin Debeljković,  
Mašinski Fakultet u Beogradu

---

Prof. dr Zoran Stojiljković,  
Elektrotehnički Fakultet u Beogradu