

SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET U RIJECI

Toni Kučić

**AUTOMATIZACIJA PALJENJA
BRODSKOG PARNOG KOTLA**

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, Rujan, 2011. godina.

SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET U RIJECI

**AUTOMATIZACIJA PALJENJA
BRODSKOG PARNOG KOTLA**

Predmet: Brodski pogonski sustavi

Mentor: mr.sc. Predrag Kralj

Student: Toni Kučić

Matični broj: 14595/E

Studij: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

MENTOR

AUTOR

Rijeka, Rujan, 2011. godina.

Sadržaj

Kratak sadržaj(Abstract)	5
1. Uvod.....	6
1.2 Generiranje pare	6
1.3 Carnotov proces	7
1.4 Sustav generiranja pare	10
2. Automatizacija paljenja brodskog parnog kotla plamenicima.....	13
2.1 Korištenje sustava za automatsku kontrolu paljenja parnog kotla	13
2.2 Dizajn sustava za automatsku kontrolu paljenja brodskog parnog kotla ...	13
3. Način rada sustava automatske kontrole paljenja brodskog parnog kotla	14
3.1 Pokretanje sustava automatske kontrole paljenja brodskog parnog kotla..	14
1. Provjetravanje.....	15
2. Paljenje	15
3. Automatski kontroliran rad.....	16
4. Kontrolirano gašenje sustava automatskog paljenja parnog kotla	16
5. Gašenje sustava automatskog paljenja parnog kotla u slučaju kvara	16
6. Gašenje sustava automatske kontrole programa paljenja parnog kotla...	17
3.2 Način rada kontrolnog(timing) modula.....	19
1. Period provjetravanja.....	19
2. Period pred-paljenja.....	19
3. Memorijski sustav kontrolnog(timing) modula.....	20

5. Detektiranje plamena.....	21
4. Tehničke karakteristike sustava automatiziranog paljenja parnog kotla	22
4.1 Zahtjevi automatizacije za brodove sa klasom AUT2	24
5. Shema toka signala automatiziranog sustava paljenja i upravljanja brodskog parnog kotla	26
6. Fizička shema sustava paljenja brodskog parnog kotla	29
6.1 Sustav paljenja u slučaju nužde.....	30
6.2 Kvaliteta i održavanje korisne pare.....	31
7. Zaključak	33
8. Prilozi.....	34
.....	36
9. Popis literature	37
1. Internet	37
2. Knjige.....	37
3. Znanstveni članci	37
10. Popis slika.....	38
11. Popis tablica.....	39
12. Index	39

Kratak sadržaj(Abstract)

Automatizacija brodskih pogonskih i pomoćnih sustava vrlo je važna te za djelovanje broda u cjelini potreban je efikasan rad svih sustava. Jedan od važnijih, a možda i najvažnijih sustava je brodski parni kotao. Parni kotao je sustav koji koristimo za pripremu i održavanje razine efikasnosti glavnih brodskih sustava kao što su grijanje rashladne tekućine i goriva glavnog pogonskog stroja, grijanje ulja za podmazivanje, klimatizaciju, generiranje pitke vode iz slane morske vode, napajanje električnih uređaja te uređaja za proizvodnju električne energije, turbogeneratorsa te često kao pogonski medij porivnih strojeva ratnih i putničkih brodova. Pravilna automatizacija brodskih kotlova rezultira boljom iskoristivošću goriva te stupnja iskoristivosti navedenih područja. U slijedećim dijelovima će biti objašnjeno na koji način automatizacija brodskih parnih kotlova djeluje i kako postići najveći mogući stupanj iskoristivosti.

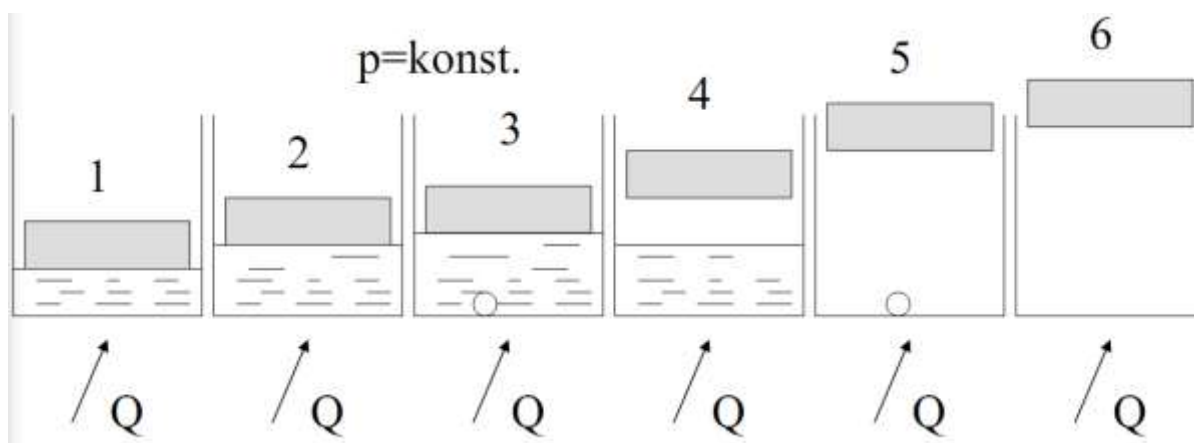
Automation of main and auxiliary ship systems is very important and for a ship to function efficiently as a whole those system must also be efficient. One, maybe the most important system is the ship's steam boiler. A steam boiler is a system which we use for maintaining and running of ship systems like heating the fuel and cooling liquids of the main propulsion system, heating of oil lubricants, air conditioning, generating fresh water from salt water, powering the various electrical systems and turbogenerators and frequently as a medium for propulsion systems of warships and cruisers. A correct automation setting results in a better fuel consumption rate and the level of efficiency of systems mentioned above. Explanation of automation of ship steam boilers and its workings and how to achieve those efficiency rates will be explained in the following chapters.

1. Uvod

Brodski parni kotlovi su uređaji za proizvodnju pare pod pritiskom, toplinskom energijom sagorijelog goriva u ložištu kotla. Para proizvedena u kotlovima služi prvenstveno za pokretanje glavnih brodskih porivnih mašina, zajedno sa pripadajućim pomoćnim mašinama i uređajima, a zatim i za pogon drugih brodskih uređaja, u koje spadaju: palubni uređaji (vitla, kormilarski uređaj), pogon brodskih pumpi (kaljužne, vatrogasne, balastne, sanitarne), pogon ventilatora skladišta i klimatizaciju, različita grijanja rashladnih tekućina i lubrikanata i proizvodnju električne energije.

1.2 Generiranje pare

Postoje tri agregatna stanja vode u prirodi. Tekuće (tekuća voda), plinovito (vodena para) i kruto (led). Ta tri agregatna stanja se mijenjaju ovisno o količini energije koju uložimo u njih.



Slika 1 - Generiranje pare – Izvor: P.Kralj – Brodski pogonski sustavi, predavanja

Povećavajući količinu energije, u ovom slučaju toplinske, uz konstantan tlak razlikujemo stupnjeve isparavanja vode. Ovi stupnjevi su vrlo važni za funkcioniranje parnih strojeva.

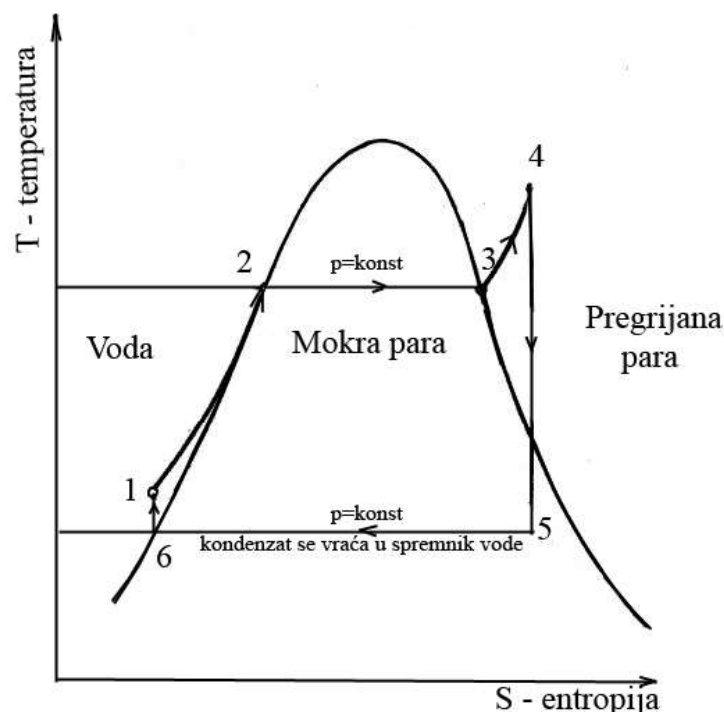
- I. Stupanj – Referentni uteg je izvor konstantnog tlaka, a volumen vode iz ovog dijela uzimamo kao referentnu veličinu za volumen.
- II. Stupanj – Volumen vode se povećava dodavanjem toplinske energije te se naš referentni uteg podiže. Volumen se povećava jer se molekule i atomi vode sve više međusobno šire.
- III. Stupanj – Atomi i molekule su se već toliko odmaknuli da su se molekule raspale na submolekularne čestice u obliku plina (vodena para). Volumen vode se povećao ali ne u tolikoj mjeri kao u prva dva stupnja jer dio volumena sada otpada i na plinove.
- IV. Stupanj – U četvrtom stupnju već možemo jasno vidjeti razliku u razini plinova tj. vodene pare i razine vode. Uteg nam „lebdi“ iznad vode jer je tlak vodene pare malo veći od konstantnog tlaka utega.
- V. Stupanj – Sva voda je već skoro isparila i prešla u plinovito stanje. Ovaj stupanj se češće naziva „mokra para (MP)“. U ovom stupnju se vodena para i njene karakteristike najviše iskorištavaju.
- VI. Stupanj – Daljnjim zagrijavanjem MMP se uklanja ostatak vode u tekućem obliku. Ovakav oblik se češće naziva „Pregrijana para (PP)“. Koristi se za sustave kojima je potreban snažan pritisak radi iskorištavanja maksimalne snage vodene pare. Iz ovog oblika možemo ispustiti paru u atmosferu što je neekonomičan način ili možemo kondenzirati neistrošenu paru u kondenzatoru gdje čitav proces možemo ponoviti.

1.3 Carnotov proces

Proces generiranja pare možemo bolje prikazati Carnotovim procesom. Svaki termodinamički sustav postoji u određenom stanju. Kad sustav prođe kroz niz različitih stanja, te se vrati u početno, kaže se da je obavio kružni proces. Tokom kružnog procesa sustav može predati rad okolini, te tako djelovati kao toplinski motor. Carnotov ciklus je kružni proces kojeg je osmislio Nicolas Léonard Sadi Carnot 1824 godine i kasnije proširio Paul Émile Clapeyron 1830-ih i 40-ih godina. Sustav koji radi po Carnotovom kružnom ciklusu je hipotetički Carnotov toplinski motor. Toplinski motor prenosi energiju iz toplijeg (ogrjevnog) spremnik u hladniji (rashladni) spremnik, te pritom dio te energije pretvara u

mehanički rad. Ciklus se također može obrnuti. Sustavu se može dovoditi rad izvana, te se on onda ponaša kao toplinska pumpa (dizalica topline). Carnotov ciklus je kružni proces s najvišim stupnjem korisnosti, odnosno najveći dio primljene topline pretvara u rad, te najveći dio rada iskorištava za dizanje topline.

Na slici 2 također imamo šest stupnjeva generiranja pare te njenog iskorištavanja. To je toplinski kružni proces kojeg najčešće koristimo na brodovima zbog njegove velike korisnosti. U slijedećim točkama ću objasniti na koji način se voda pretvara u paru i para u mehaničku energiju te koji se uređaji koriste.



Slika 2 - Prikaz generiranja pare pomoću Carnotov-a kružnog procesa

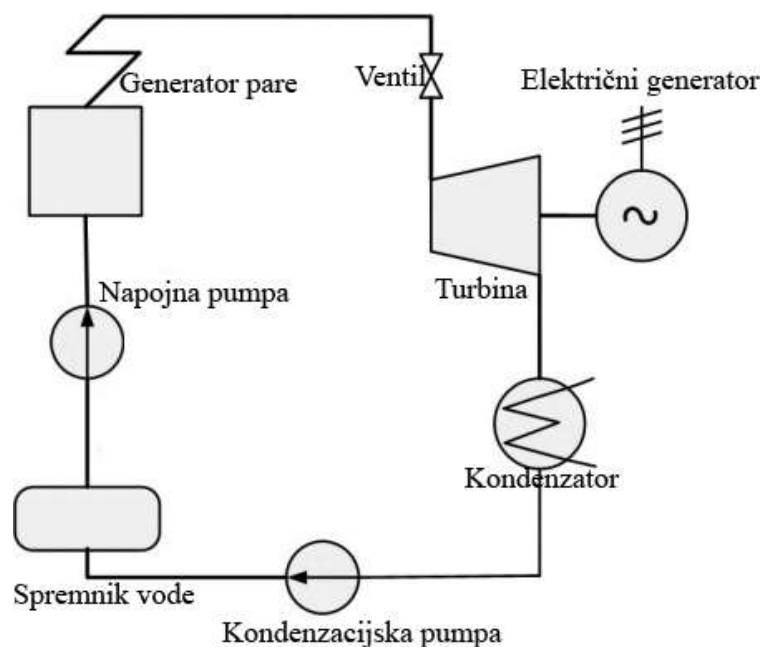
- I. Stupanj – Voda se nalazi u brodskom spremniku svježe vode gdje je obrađena sa kemijskim i mehaničkim putem radi smanjenja količine soli i kalcija koji su loši za dugotrajan ispravan rad sustava generiranja pare. Napojna pumpa tlači vodu koja ulazi u Generator pare dok održava konstantnu razinu vode i vodene pare u kotlu.
- II. Stupanj – Generator pare preko svojih ložača dovodi toplinsku energiju vodi u kotlu te time proizvodi paru. Kotao održava konstantan tlak preko ventila

koji propušta određenu količinu pare ovisno o potrebnoj potrošnji . To je točka gdje se voda već počinje pretvarati u paru i konstantnim iznosom toplinske energije i tlaka dobivamo mokru paru.

- III. Stupanj – Kad smo dobili već odlične uvjete za generiranje pare i iskoristili ju onda možemo kondenzirati i vratiti u početno stanje preko kondenzatora. Drugi odabir je taj da možemo dalje nastaviti grijati nastalu paru do stanja pregrijane pare(+150°C) tj. do stupnja 4.
- IV. Stupanj – Para zagrijana na preko 150°C je vrlo snažna i vrlo suha pa se nekad zove i „Suha para“. To je vodena para sa minimalnim udjelom kapljica vode. Koristimo je da poveća stupanj termičkog iskorištenja parnog stroja te da umani posljedice vodenog udara kapljica vode na lopatice turbine. Para se pregrijava u uređaju –Pregrijaču pare.
- V. Stupanj – Ovo je stupanj koji je poznat kao kondenzacija. Vodena para koja je prošla kroz turbinu ili kroz bilo koji drugi nije u potpunosti iskorištena stoga u cilju povećavanja iskoristivosti samog sustava tu paru kondenziramo. Kondenzacija je proces sa kojim vodenu paru pretvaramo u vodu. Ako zahtjevi parnog kotla nisu visoki kondenziranu vodu možemo odmah premjestiti u dnevni tank svježe vode, a ako nije, ta voda se mora obraditi posebnim kemijskim spojevima da se uklone kamena i razne soli.
- VI. (1.) Stupanj – Napojna pumpa pumpa vodu u brodski parni kotao iz kondenzacijskog tanka ili iz dnevnog tanka i ciklus počinje iz početka.

1.4 Sustav generiranja pare

Na slici 3 možemo vidjeti glavne dijelove parnog sustava.



Slika 3 - Shema parnog sustava

Generator pare: Automatizirani uređaj koji proizvodi paru koristeći energiju goriva koji dolazi iz ložača. Kotao mora održavati jednaku razinu vode i vodene pare uz konstantan predodređeni pritisak. Održavanje nivoa u spremniku kotla se realizira preko izlaznog ventila koji je spojen na turbinu i ulazne pumpe tj. napojne pumpe.

Napojna pumpa: Glavna pumpa parnog kotla koja nadomještava potrošenu vodu u kotlu sa novom ili kondenziranom vodom iz spremnika. U slučaju kvara glavne pumpe automatski se pali rezervna/pomoćna pumpa. Jedan od scenarija u praksi je da obje pumpe rade naizmjenice i time se produžuje radni vijek obje uslijed trošenja.

Spremnik vode: Glavni spremnik vode parnog kotla. Voda u spremniku može biti iz brodskog dnevnog tanka pitke vode ali uz određena kemijska obrađivanja. Najčešće je to voda kondenzirana u kondenzatoru i dovedene preko kondenzacijske pumpe. Kondenziranjem se smanjuju troškovi i povećava efikasnost.

Nezadovoljavajuće vode se obrađuju u Vakuumskom evaporatoru i u Ionskom izmjenjivaču.

Kondenzacijska pumpa: Pumpa koja tlači kondenziranu vodu iz spremnika kondenzatora. Isto kao i glavna napojna pumpa ima svoju rezervnu pumpu u slučaju kvara.

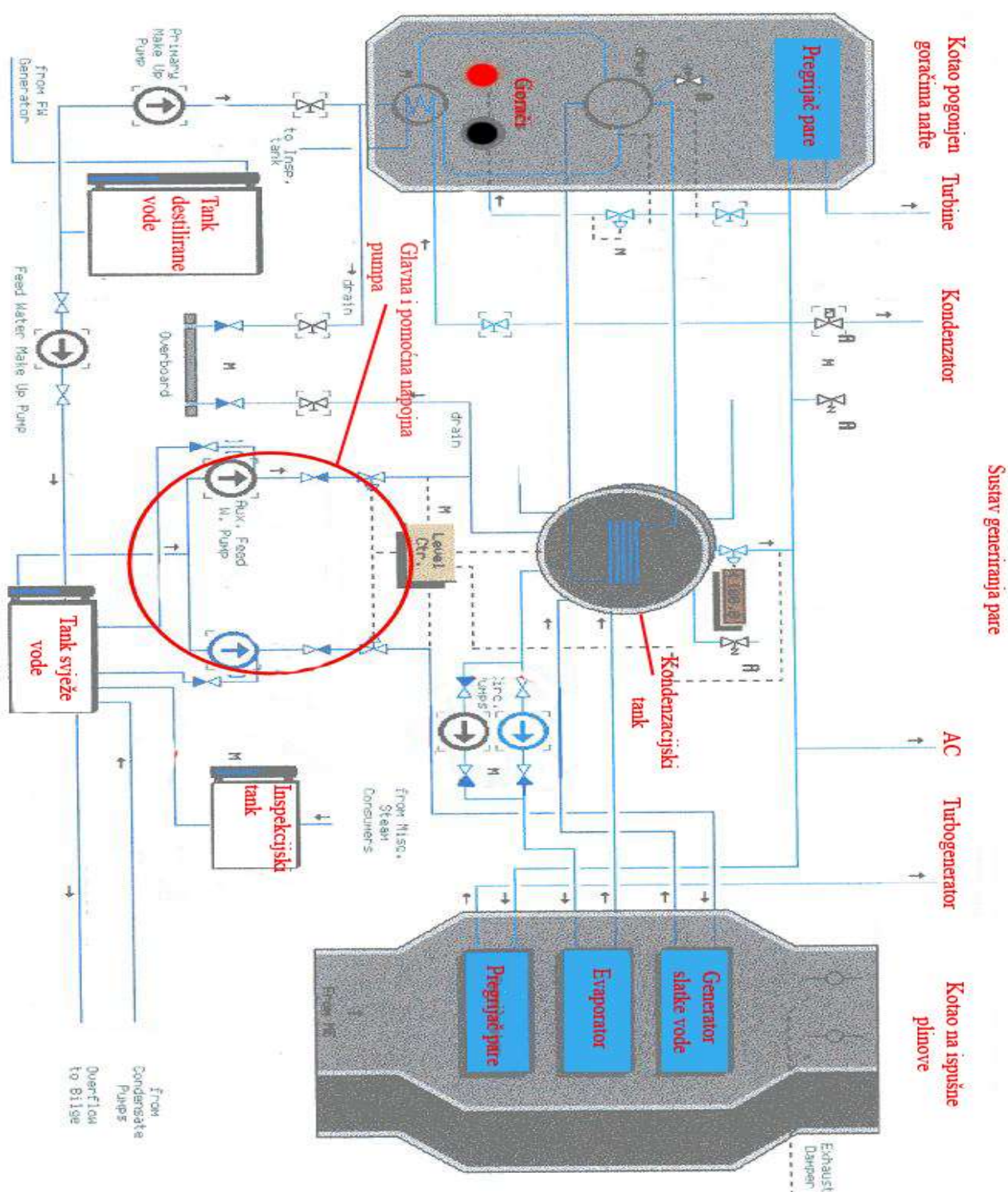
Kondenzator: Uređaj koji skuplja paru na izlazu iz turbine ili bilo kojeg drugog uređaja i pretvara ju u vodu. Taj proces se zove kondenziranje. Vodena para je vruća, a da bi ju vratili u tekuće stanje moramo je ohladiti. To postizemo hlađenjem morskom vodom. Kondenzat se skuplja na dnu kondenzatora gdje se kondenzacijskom pumpom odvodi u spremnik vode. Ako kondenzat nije zadovoljavajući ta voda se vodi u Evaporator ili u Ionski izmjenjivač pa onda u spremnik parnog kotla.

Turbina: Uređaj za stvaranje mehaničke energije pretvarajući toplinu i tlak vodene pare iz parnog kotla. Na osovinu turbine možemo spojiti razne uređaje kao generatore izmjenične struje te za pogon raznih vitla i dizalica.

Ventil: Regulator tlaka pare brodskog parnog kotla. Najčešće je elektromagnetski i kontroliran je iz centralne strojarnice.

Električni generator: Generator izmjenične struje najčešće spojen na turbinu preko reduktora.

Kompletan sustav generiranja pare možemo vidjeti na slici 4.



Slika 4 - Sustav generiranja pare - Izvor: P.Kralj: Brodski pogonski sustavi, predavanja Prerada:

Toni Kučić

2. Automatizacija paljenja brodskog parnog kotla plamenicima

Najkorištenija vrsta parnog kotla je ona vrsta koja koristi naftu kao sredstvo pretvaranja toplinske energije. Toplinski stroj je najefikasniji uređaj za generiranje toplinske energije. Brodski parni kotlovi su realizirani sa dva plamenika od kojih jedan služi kao rezerva u slučaju kvara. Kao i kod svih uređaja tako i kod ovog moramo pratiti unaprijed definiran program paljenja i gašenja sustava. Razlikujemo tri područja rada:

- I. Startanje i pred-provjetravanje
- II. Radno područje
- III. Područje gašenja i rješavanje kvarova

2.1 Korištenje sustava za automatsku kontrolu paljenja parnog kotla

Sustav za automatsku kontrolu paljenja je odlično rješenje za kompletnu automatsku kontrolu startnog perioda i za promatranje jednog ili više plamenika parnog kotla. Plamen plamenika je nadgledan pomoću foto-provodljive ćelije. Sustav automatske kontrole plamenika može, u idealnom smislu, kontrolirati motor plamenika, motore ventilatora hlađenja i ispušnih plinova, uključuje transformatore za paljenje, ventile goriva i kontrolere viskoziteta goriva. Period pred-provjetravanja možemo namjestiti preko potenciometara koji su ugrađeni unutar sustava automatiziranog paljenja.

2.2 Dizajn sustava za automatsku kontrolu paljenja brodskog parnog kotla

Elektroničke komponente *timing* programa i programske memorije kao i detektor plamena su dizajnirani kao *plug and play*(uključi i koristi) moduli. To je velika prednost jer ako dođe do kvara jednog elementa ne moramo mijenjati cijeli sustav ili uređaj već samo taj jedan dio zamijenimo i sustav je obnovljiv. Elementi su montirani zajedno sa kontrolnim kontaktima i kontrolnim terminalom na šasiju koja odgovara namjeni za brodske sustave i okruženje na brodu. To znači da se sustav može ugraditi u kontrolne kutije, kabinete, konzole ili na ugradbena i sklopnička postolja u kontrolnim prostorijama električnih uređaja. Sve komponente

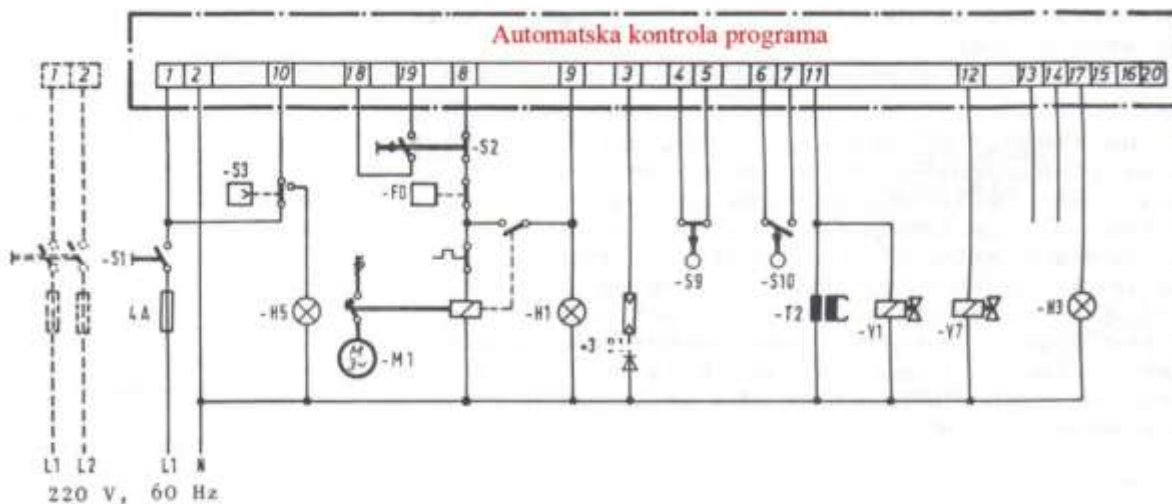
zadovoljavaju standarde za plamenike bilo kakvih kapaciteta i pravila VDE (Verband Deutscher Electrotechniker).

3. Način rada sustava automatske kontrole paljenja brodskog parnog kotla

Svaki sustav ima uvjete za pokretanje i rad sustava. Svi pojedini elementi tih uvjeta moraju biti zadovoljeni za efikasan i ekonomičan rad sustava. Uvjeti za rad ovog sustava su :

- I. Uređaj automatske kontrole programa ne smije biti zaključan ili u položaju koji označava kvar sustava
- II. Kontrolna petlja je zatvorena i ne javlja alarme
- III. Sigurnosni elementi na uređaju su zatvoreni i ne javljaju alarme
- IV. Releji detektora plamena i vremenski elementi su u startnim pozicijama
- V. Dostatno napajanje mora biti dostupno

3.1 Pokretanje sustava automatske kontrole paljenja brodskog parnog kotla



Slika 5 - Automatska kontrola programa Ivor: SAACKE Rotary burners

1. Provjetravanje

Provjetravanje je sigurnosna i preventivna radnja koja se radi prije samog pokretanja sustava plamenika. Provjetravanje se izvodi da bi eliminirali moguće zaostale plinove zarobljene u ispustima plamenika. Neobavljanjem ovog procesa riskiramo eksploziju sustava plamenika i skraćujemo životni vijek cijelog sustava. Proces traje od 10min do 30 min ovisno o veličini plamenika i količini zarobljenih plinova.

Automatska kontrola programa se napaja kroz terminale [-X1:1 (L,L1) + :2(N,L2)]. Element pred-provjetravanja dolazi pod napon preko terminala 10(kontroler tlaka i temperature). Kontrolni relej [-K2] se uključuje i preko terminala [-X1:14] aktuator zračne prigušnice je pod kontrolom. U isto vrijeme vrši se provjera detektora plamena i releji provjetravanja i sigurnosnog elementa su o početnim položajima. Kad su uvjeti zadovoljeni preko terminala [-X1:6+:7] se uključuju element provjetravanja i sigurnosni element i tako počinje provjetravanje. Na kraju ovog perioda se vrši provjera u slučaju da detektor plamena detektira plamen. Uslijed detekcije plamena u periodu provjetravanja sustav će automatski ugasiti početak paljenja i javiti kvar.

2. Paljenje

Na kraju perioda provjetravanja i ako nema kvarova relej -K1 se uključuje. Preko terminala [-X1:4+:5] uključuje se memorijski krug i relej [-K4] se uključuje. Terminal [-X:11] je pod naponom i sustav paljenja je uključen. U isto vrijeme element pred-provjetravanja gubi napajanje. Releji [-K2] se gasi, terminal [-X1:12] je pod naponom a ventili glavnog dovoda goriva su otvoreni. U ovom trenutku počinje sigurnosni period u slučaju da postoje neki kvarovi na dovodu goriva. Nakon sigurnosnog perioda relej [-K1] se isključi pa se terminal [-X1:11] isključi. Ako smo sve učinili po propisima plamenici bi trebali već goriti i foto-provodljiva ćelija detektira plamen na plameniku i terminal [-X1:13] se uključuje. Isključenjem terminala [-X:11] isključuje se i sustav paljenja. Ako detektor plamena nije otkrio plamen nakon isteka sigurnosnog vremena program automatske kontrole automatski se blokira u položaj kvara i ventili glavnog dovoda goriva se odmah zatvaraju. Za pokušaj novog pokretanja moramo napraviti reset sustava automatskog paljenja.

3. Automatski kontroliran rad

Nakon što se pokrenula automatska kontrola sagorijevanja tok goriva plamenika možemo mijenjati od minimalne do maksimalne(nominalne) vrijednosti. Ako je potreba za većom količinom pare povećat ćemo dotok goriva na plamenike te time povećati iznos toplinske energije predane parnom kotlu.

4. Kontrolirano gašenje sustava automatskog paljenja parnog kotla

Kontrolirano gašenje će uslijediti u isto vrijeme kada kontrolni element u kontrolnoj petlji između terminala [-X1:1+:10] otvori svoje kontakte. Ventili će tada zatvoriti i svoje kontakte goriva vrlo brzo. Na kontrolnoj ploči će se ispisati da je dovod goriva zatvoren a detektor plamena više neće detektirati plamen. Detektor plamena, automatska kontrola programa i ventili će tada biti spremni za ponovno paljenje odnosno biti će spremni na novi signal pokretanja sa terminala [-X1:1+:10].

5. Gašenje sustava automatskog paljenja parnog kotla u slučaju kvara

Automatska kontrola programa ako detektira neki kvar na bilo kojem dijelu sustava automatskog paljenja automatski će se zaključati i preći u „*Trouble mode*“ način rada. U *trouble mode-u* ventili dovoda goriva se zatvaraju odmah ili nakon formiranja plamena, na kraju sigurnosnog perioda. Automatski kontroler programa mora biti ručno resetiran nakon uklanjanja kvara za novo pokretanje.

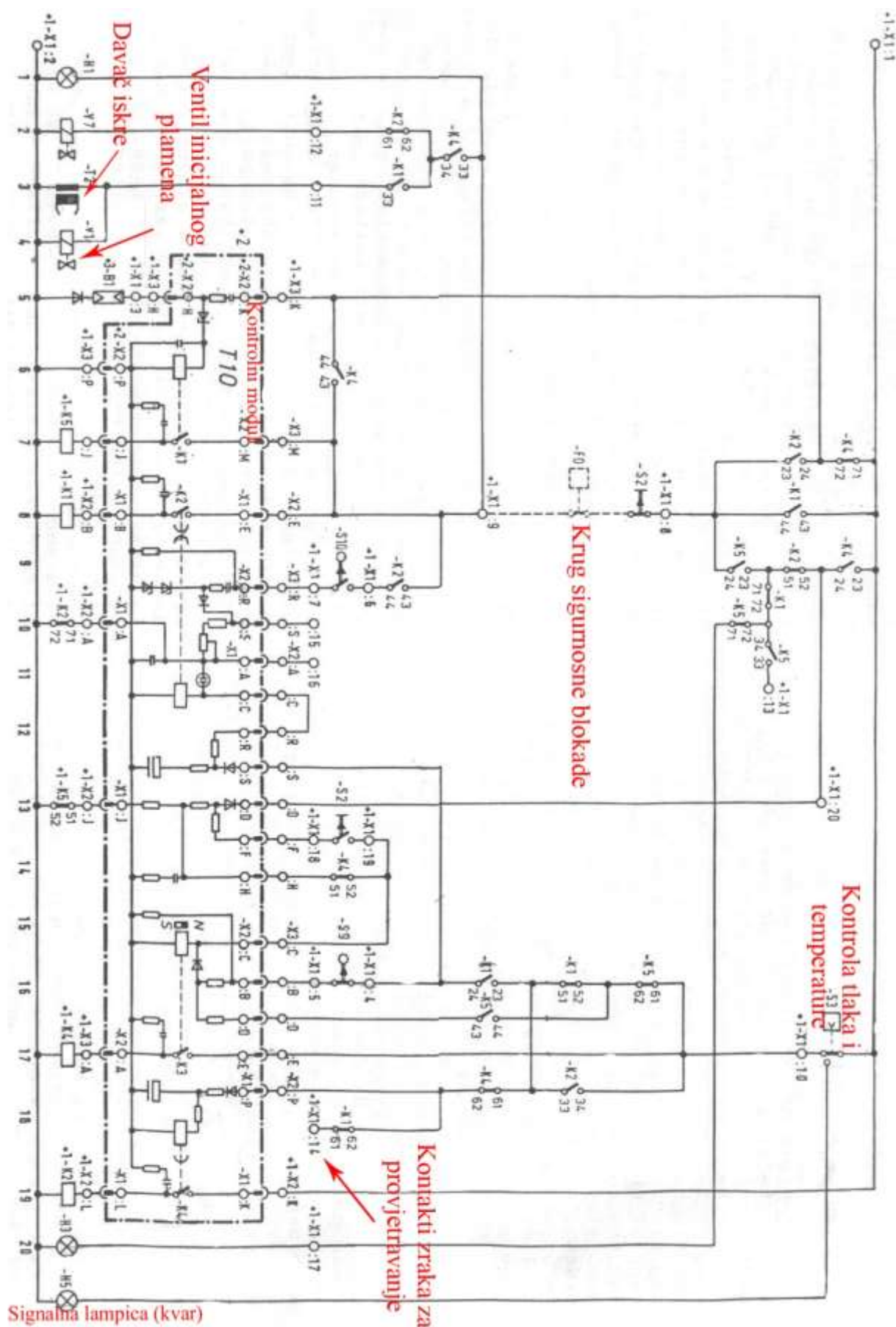
Gašenje u slučaju kvara mogu prouzročiti:

- I. Detektor plamena detektira vanjsko svjetlo prije kraja perioda provjetravanja.
- II. Plamen se nije formirao poslije kraja perioda provjetravanja.
- III. Kvar sa plamenom tijekom perioda paljenja.
- IV. Slučajna otvaranja krugova sigurnosnih blokada tijekom perioda paljenja.
- V. Tlak goriva i temperatura plamenika ispod točke kontrole.

6. Gašenje sustava automatske kontrole programa paljenja parnog kotla

Za ručno gašenje uređaja automatske kontrole programa paljenja moramo isključiti terminal [-X1:1]. Sustav je onda depriviran električnom energijom i svi elementi su se isključili. Terminal se isključuje samo ručno sa kontaktom koji se nalazi direktno na elementu. Ponovno pokretanje se mora izvršiti ponovno od točke 2.3.1.1. Ručno gašenje možemo aktivirati i na dovodu goriva na plamenike ali to se izvodi samo u krajnjoj nuždi. Kompletним, pravilnim i sigurnim gašenjem postićemo maksimalnu razinu sigurnosti i uštede energije jer se isključe svi sustavi, a pomoćni se prebace u stanje pripravnosti. Ručnim gašenjem ventilom na dovodu goriva samo sprječavamo paljenje plamenika.

Shemu unutarnjeg sklopa sustava paljenja možemo vidjeti na slici 6.



Slika 6 - Shema unutarnjeg sklopa sustava paljenja - Izvor: SAACKE Rotatory burners

3.2 Način rada kontrolnog(timing) modula

Kontrolni modul je uređaj koji sadrži vremenski program odnosno *timing* program. Timing program sadrži relejne funkcijske operacije za formaciju programa provjetravanja, pred-paljenja i sigurnosne periode. Memorijski sustav je dizajniran tako da sadrži određene programske uvjete čak i sustav ostane bez napajanja.

1. Period provjetravanja

Kroz kontakte [-X2:R] elektronski vremenski element dobiva napajanje i počinje mjeriti vrijeme. Time počinje period provjetravanja. Na kraju odbrojanja vremenskog elementa namještenog peko potenciometra kontakt između [-X1:E] i [-X1:B] se zatvara. Vezom sa cjelokupnim sustavom i sa automatskim programskim kontrolerom čini razinu kašnjenja koja čini period provjetravanja koji iznosi od 45s do 140s ovisno o veličini plamenika. Ukoliko dođe do prekidanja programa kontrolnog modula u režimu provjetravanja vrijeme proteklo u mjerenju se prebacuje na početno vrijeme i to čini preko kontakata [-X1:A]. Princip dugog kašnjenja sastoji se od nabijanja kapaciteta preko otpornika velike veličine. Kada se dostigne napon određene visine kondenzator se isprazni kroz namotaj kontakta releja. Određeni napon i veličina kondenzatora određuje određuju vrijeme kašnjenja. Na kraju vremenskog perioda kondenzator je kompletno ispražnjen. Da bi vrijeme držali konstantnim kroz ponavljajuće cikluse ugrađuju se stabilizatori napona. Stabilizatori su najčešće realizirani kao dvije Zener diode spojene u seriju što ima za posljedicu neovisnost sklopa o vanjskim oscilacijama napajanja.

2. Period pred-paljenja

Preko kontakata [-X1:P] drugi vremenski element i relej [-K4] dobiju napajanje. Kontakti releja se automatski zatvaraju po vremenskom programu elementa. Na kraju programa pred-paljenja kontakt [-X1:P] gubi napajanje te prekida period pred-paljenja. Ovaj dio programa je nazvan „*Low fire*“ i signalizira operatoru da je plamen uspostavljen. Releji gube napajanje zbog [-X1:P] i otvara svoje kontakte sa zadržkom. Zajedno sa kašnjenjem cijelog sklopovlja automatskog programa i zadržke kontakata releja [-K4] formira se period pred-paljenja. Princip kratkotrajnog kašnjenja sastoji se od kondenzatora prethodno nabijenog na $\sqrt{2}$ puta veći napon od napona napajanja

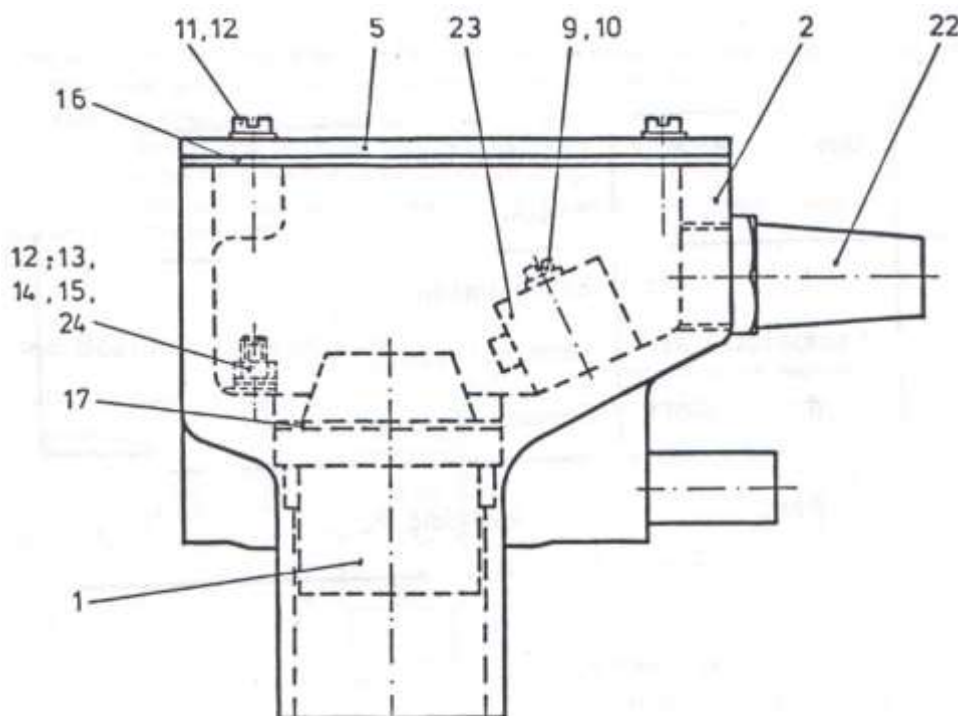
i serije otpornika spojenih u paralelu sa kondenzatorom . Prekidom napajanja relej drži kontakte zatvorenima sve dok struja zavojnice ne popusti kotve. To kašnjenje otpuštanja kotve releja je osnova rada sigurnosnog vremena pred-paljenja. Na kraju perioda pred-paljenja dolazi period sigurnosnog paljenja koji služi u svrhu detekcije kvarova i prevencije istih. To je još kraći period ali koji zahtjeva svoj sklop za kašnjenje. Sastoji se od RC mreže u spoju sa vremenskim elementom i zajedno sa njim daje kratko kašnjenje. Kondenzator je nabijen na $\sqrt{2}$ puta veći napon od napona napajanja i tim vremenom punjenja se dobiva kašnjenje.

3. Memorijski sustav kontrolnog(timing) modula

Memorijski sustav je najvažniji dio kontrolnog modula jer sadrži sve informacije o vremenima okidanja releja, terminala i njihovih kontakata. Sustav uključuje i relej [-K3]. Sustav možemo kontrolirati sa dva ulaza [-X2:B] i [-X2:D]. relej može biti resetiran preko ulaza za brisanje između kontakata [-X2:E] i [-X2:A]. Memorijski set može biti unesen uz automatski program preko kontakta [-X2:B] ma kraju perioda provjetravanja. Taj memorijski set prebacuje automatski program u položaj rada. Mreža u kontroleru koja se sastoji od diode, kapaciteta i otpornika između kontakata [-X1:D] , [-X1:F], i [-X1:J] služi za automatski i ručni reset cjelokupne memorije. Ručni reset se izvodi dovođenjem signala na kontakte [-X1:F] a automatski reset se izvodi dovođenje signala na kontakte [-X1:H]. U slučaju kontroliranog gašenja sustava memorijski sustav automatski napravi reset. U slučaju gašenja uslijed kvara program se ne briše iz memorije već Automatski program signalom djeluje na kontakt [-X1:J] i time zaobilazi automatsko resetiranje memorije. U suštini, memorijski modul se sastoji od brzo okidajućeg releja od feromagnetskih metala. Magnetski tok ovog magneta je dizajniran tako da se kontakti ne mogu zatvoriti magnetizmom permanentnog magneta već kratkim nisko naponskim pulsom kroz zavojnicu feromagneta. Puls djeluje kao pojačalo magnetskog toka permanentnog magneta. Ovakvo djelovanje releja je efikasno jer će kontakti biti zatvoreni čak i uslijed gubitka napajanja zadržavajući informaciju zapisanu u njih. Otvaranje kontakta se ne može uspostaviti otpuštanjem napajanja nego generiranjem impulsa suprotne vrijednosti magnetskome toku. Puls i suprotno magnetsko polje stvara otpor permanentnome magnetu te se kontaktu otključavaju.

5. Detektiranje plamena

Krug koji analizira plamen sadrži relej [-K1]. Napajanje dobiva preko kontakata [-X2:K] i [-X2:P]. Detektor plamena ima prilično veliku razinu odstupanja zbog eliminiranja vanjskog svjetla i brzih oscilacija. Naime, plamen plamenika je konstantan i bez brzih promjena u svjetlini i zračenju. Memorijski program uvodi kašnjenje u detektor kao sigurnosni period preko kontakata [-K2:M] i [-X2:J]. Foto-provodljiva ćelija postaje provodljiva kada svjetlosna radijacija prekrije površinu detektorskog materijala. Foto ćelija je spojena na brzo okidajući relej koji reagira samo na istosmjerne podražaje koje foto ćelija generira u detekciji plamena. Foto ćelija koja ne detektira plamen odnosno svjetlost ima vrlo visok otpor koji u spoju sa Zener diodom može djelovati kao dobar stabilizator napona. U režimu kada foto ćelija detektira svjetlost smanjuje joj se otpor te se istosmjerni napon počinje povećavati na releju okidanja. Napon releja je ograničen Zener diodom. Krug je dizajniran tako da u slučaju kratkog spoja u komponentama detektora plamena ili prekida napajanja zavojnica releja ne može stvoriti nikakav istosmjerni napon i slučajno aktivirati plamenike parnog kotla.



Slika 7 - Detektor plamena Izvor: SAACKE Rotary burners

Tabela 1 - Dijelovi detektora plamena

1.	Čelija skenera (model LFW 52)
2.	Tijelo kućišta
5.	Poklopac kućišta za montiranje na sustav
9.	Vijak sa „Cheese“ glavom
10.	Sigurnosna pločica
11.	Vijak sa „Cheese“ glavom
12.	Sigurnosna pločica
13.	Vijak sa „Grub“ glavom
14.	Pločica za podmazivanje
15.	Šesterokutna matica
16.	Zaptivka
17.	Klip sa oprugom
22.	Unija kabela
23.	Traka za spajanje sa terminalom
24.	Terminal uzemljenja

4. Tehničke karakteristike sustava automatiziranog paljenja parnog kotla

Tabela 2 - Tehničke karakteristike sustava automatiziranog paljenja brodskog parnog kotla

Napon napajanja	220V +10% tolerancija
Frekvencija napajanja	50Hz, 60 Hz po potrebi
Osigurač napajanja	Max. 6A
Opterećenje	Max. 30VA
Max. Opterećenje kontakta releja	110VA/5A
Sigurnosni period	a)Start - <5 s b)Operativni dio - <1s
Period provjetravanja	Programibilan od 45s do 140s

Max. temperatura ambijenta sustava	+55°C
Težina sustava	2.8kg
Osjetljivost foto-provodljive ćelije	575+-50nm
Max. temperatura ambijenta foto-provodljive ćelije	+75°C
Težina sustava detektora plamena	0.6kg
Vijek trajanja foto-provodljive ćelije	~350 godina
Spektar detekcije	Žuto-zeleni spektar

Hrvatski registar brodova nalaže da sustavi paljenja brodskih parnih kotlova i plamenika moraju koristiti gorivo koje ima temperaturu samo-zapaljenja (flash point) maksimalno 60°C i više od 45°C. Temperatura prostora za pohranu goriva mora biti minimalno 10°C manja od temperature samo-zapaljenja. Za većinu brodova propis nalaže da moraju imati ne manje od dva glavna kotla popraćena sa sustavima podrške. Često se kotlovi rade od čelika obogaćenog Krom-molibdenom. Debljina vara kod čelika obogaćenih krom-molibdenom mora biti minimalno 20mm. Period provjetravanja mora trajati minimalno 15s i to sa količinom zraka potrebnom za održavanje maksimalne toplinske energije na plamenicima. Komprimirani zrak u bocama mora biti dovoljan za minimalno šest uzastopnih pokretanja. Svaki kotao mora biti opremljen sustavom za automatsko paljenje i taj sustav mora početi sa radom odmah nakon perioda provjetravanja.

4.1 Zahtjevi automatizacije za brodove sa klasom AUT2

Automatski sustavi glavnih i pomoćnih parnih kotlova i plamenika moraju osigurati:

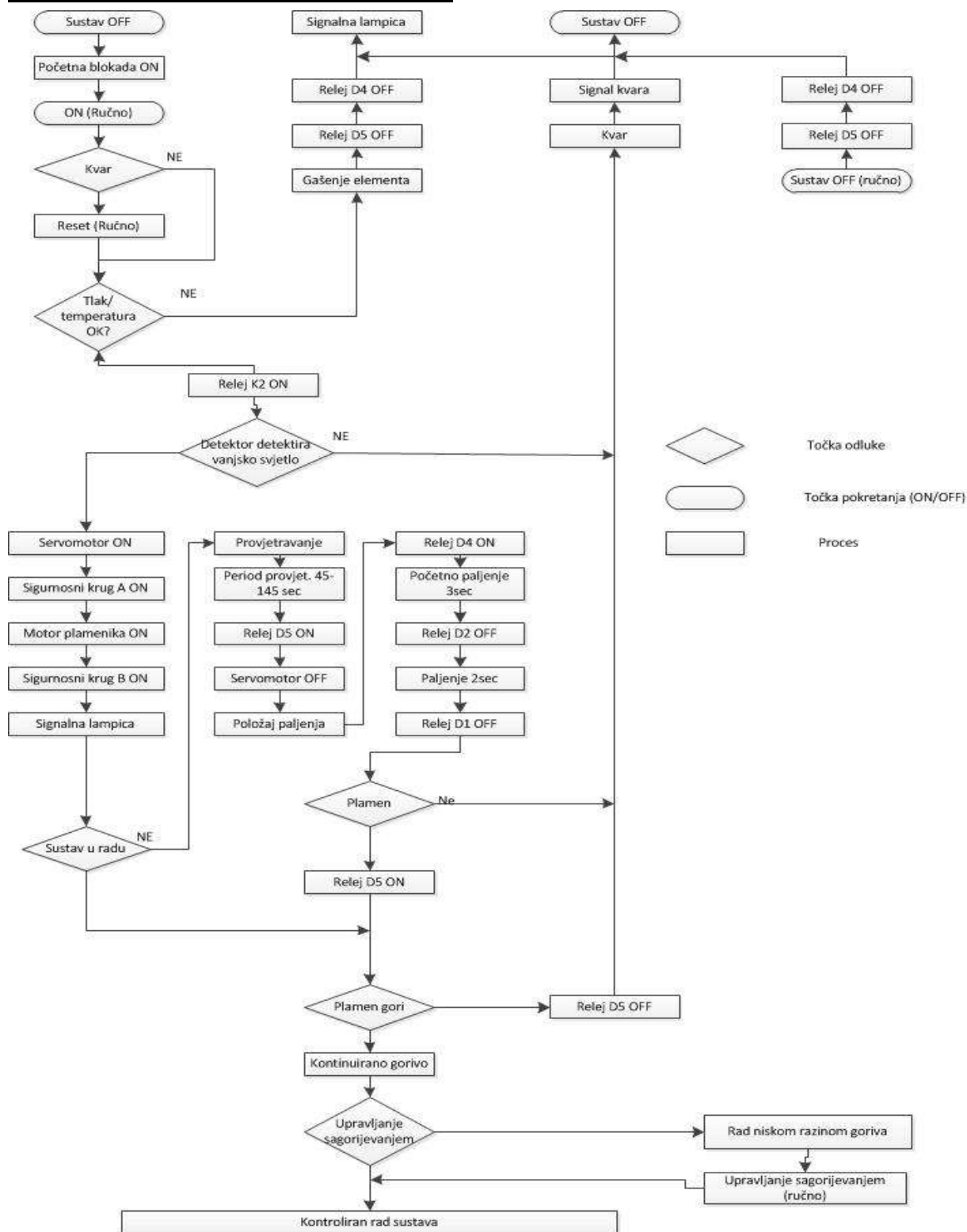
- I. Automatsku kontrolu dovoda kontinuirane pare važnim potrošačima u svim radnim okruženjima.
- II. Moraju biti u skladu sa pravilima iz dijela 10 Hrvatskog registra – „Rules, Part10 – Boilers, Heat exchangers and pressure vessels, sections 4 and 5.“
- III. Osigurati daljinsko startanje i zaustavljanje pumpi glavnih kotlova iz kontrolne sobe (*Control room*, CR)
- IV. Osigurati automatski start pomoćnih napojnih pumpi i ventilatora kotla uzimajući u obzir zahtjeve za zaustavljanje, startanje i alarmiranje u skladu sa tablicom 3.
- V. Osigurati indikacije, alarme i zaštite u skladu sa tablicom 3.

Tabela 3 - Zahtjevi i indikacije za automatizirane sustave generiranja pare Izvor: Hrvatski registar brodova, Dio 13.

Br.	Kontrolirani parametar	Lokacija mjerenja	Aktivacija alarma	Zaštita	Daljinska indikacija
1.	Tlak pare	Kotao ili na izlazu pregrijača	Min./Max.	Gašenje kotla	Kontinuirani
2.	Temperatura pare	Izlaz pregrijača	Max.	-	Na poziv
3.	Temperatura pare	Izlaz hladnjaka	Max.	-	Na poziv
4.	Razina vode	Bubanj kotla	Min./Max.	Gašenje kotla	Kontinuirani
5.	Tlak napojne vode	Izlaz napojne pumpe	Min.	Gašenje kotla	Kontinuirani
6.	Tlak goriva	Prije plamenika	Min.	Gašenje plamenika	Na poziv

7.	Viskozitet goriva	Prije plamenika	Max./Min.	Gašenje plamenika	Na poziv
8.	Tlak zraka izgaranja	Ulaz u sustav paljenja	Min.	Gašenje sustava paljenja	Na poziv
9.	Salinitet napojne vode	Izlaz napojne pumpe	Max.	-	Na poziv
10.	Plamen	-	Alarm plamen On/OFF	Gašenje sustava paljenja	-
11.	Razina goriva	Dnevni tank	Min.	-	Na poziv
12.	Temperatura goriva	Dnevni tank	Max.	-	Na poziv
13.	El. Napajanje	Jedinica napajanja	Alarm kvar	Prebacivanje na pomoćno napajanje	-
14.	Razina vode	Mlaki zdenac	Min.	-	

5. Shema toka signala automatiziranog sustava paljenja i upravljanja brodskog parnog kotla



Slika 8 - Shema protoka sustava paljenja i upravljanja brodskog parnog kotla Ivor: SAACKE - Rotary burners

Preveo: Toni Kučić

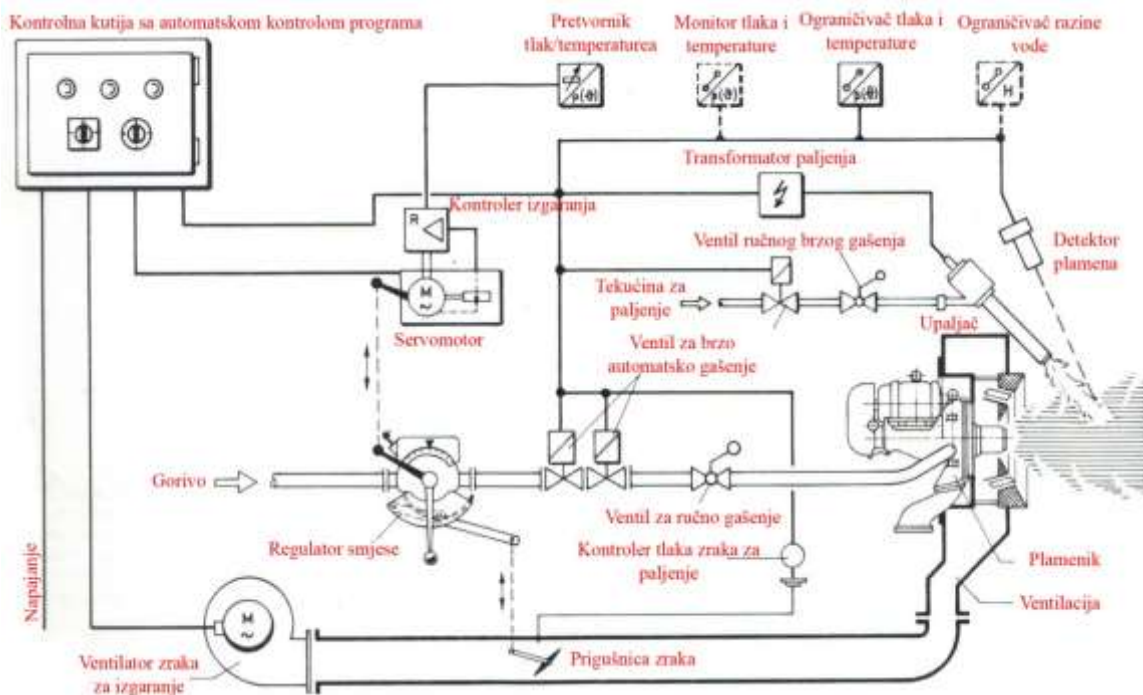
Shema protoka služi da se cijeli sustav bolje vidi kao cjelina te da se ustvrdi koji elementi su povezani a koji odvojeni od drugih sustava odnosno elemenata. Između svih elemenata logičke sheme postoje sigurnosna vremena kad je sustav u radu.

U početku imamo status sustava „Cold Ship“ što znači da sustav generiranja pare nije aktivan. Kao što je rečeno para se koristi za većinu sustava te može biti i glavni sustav te dio pomoćnih sustava. U početku ciklusa sustav generiranja pare je isključen. Početne blokade su uključene jer na njima nema signala koji bi otvorio kontakte. Operater uklanja početne blokade i ručno pritišće tipku [ON-b1] čime pokreće ciklus pokretanja sustava generiranja pare. Istog trenutka sustav automatski pokreće kontrolu kvara te analizira sustav za kvarove. Ako sustav detektira kvar, blokade ostaju uključene, zaključa sustav paljenja te ga operater mora ručno resetirati. Nakon analize kvarova sustava i ako nema kvarova sustav otvara blokade i nastavlja dalje sa ciklusom. Slijedi kontrola tlaka i temperature koji u ovom dijelu moraju biti viši od točke kontrole. Tlak ili temperatura niže od točke kontrole daju automatsko kontrolirano gašenje preko releja K4 i K5, lampica kvara se pali i sustav se ugasi u potpunosti. Zadovoljavajući uvjeti tlaka i temperature daju sustavu znak da može uključiti relej K2 koji vrši kontrolu aktuatora zraka i njegovih zaklopki. U slijedećem dijelu detektor plamena vrši analizu plamena te ako otkrije vanjsko svjetlo odnosno plamen znači da je nešto pošlo u krivu te signalizira kvar, pali lampicu kvara te u potpunosti gasi sustav paljenja. Plamen se na početku ne smije pojaviti jer ga nismo zatražili što znači da nemamo kontrolirano paljenje jer je kvar negdje u sustavu. Ako detektor ne otkrije ništa uključuju se servomotori i sigurnosna kontrola sigurnosnog kruga A. Motor plamenika se pokreće zajedno sa sigurnosnom kontrolom kruga B. Signalna lampica signalizira da je motor uključen. Sustav analizira je li sustav paljenja već uključen jer postoje scenariji kada resetiramo sustav paljenja, a plamen je već uspostavljen i sustav radi što znači da ne moramo raditi provjetravanje. Ako postoji plamen preskačemo slijedećih deset koraka pred-paljenja. Operater dobije upozorenje da mora pokrenuti provjetravanje zbog prevencije eksplozije koji mora ručno otkloniti da sustav započne sa radom. Period provjetravanja traje od 45 do 140 s sa količinom zraka potrebnom za maksimalno izgaranje. Pri završetku provjetravanja pali se relej K1, servomotor se gasi i operater dobiva upozorenje da je sustav u položaju za paljenje plamenika. Operater ručno

otklanja upozorenje i sustav počinje sa paljenjem. Releji K4 se uključuje. Releji K4 otvara elektromagnetski ventil dizel goriva u plamenik. Sustav provjerava upaljač 3s i gasi releji K2 čime se otvara dovod glavnog goriva. Paljenje započinje sa 5s dugim bljeskom. Nakon toga releji K1 se gasi i isključuje napajanje sustava paljenja. Ako se plamen nije stvorio sustav signalizira kvar, pali signalnu lampicu kvara i gasi cijeli sustav. Ako se plamen pojavio uključuje se releji K5 i plamenik gori odnosno uključen je. Gorivo se počinje kontinuirano puštati te se pali sustav upravljanja sagorijevanjem. Sa sustavom sagorijevanja možemo po potrebi namjestiti rad sa niskom razinom goriva u slučaju da brod gubi gorivo ili postaviti na ručno upravljanje gdje operater sam podešava vrijednosti za sagorijevanje smjese. Uključenje sustava sagorijevanja je zadnji korak te nakon njega dobijemo kontrolirani rad sustava generiranja pare.

U svakom trenutku rada sustava generiranja pare i sustava paljenja možemo preko tipke b1 isključiti releje K5 i K4 te ručno ugasiti cijeli sustav generiranja pare. Ovaj način nije siguran i kontroliran ali mora biti moguć radi neočekivanih scenarija ili kvarova.

6. Fizička shema sustava paljenja brodskog parnog kotla



Slika 9 - Fizička shema sustava paljenja brodskog parnog kotla Izvor:SAACKE Rotary burners

Preveo: Toni Kučić

Ovo je fizička shema koja se sastoji od niza pod elemenata koji se moraju koristiti u skladu sa definiranim pravilima. Ta pravila su već navedena u gornjim dijelovima ali tek sad imamo mogućnost vidjeti kako su ti moduli i terminali spojeni zajedno u jednu cjelinu.

I. Pokretanje

1. Uključivanje automatske kontrole programa
2. Stisnuti tipku RESET kada se TROUBLE lampica upali. Ukoliko smo to obavili kako treba lampica OPERATION se pali indicirajući da su se sigurnosne među-zaštite isključile i da su svi elektromotori plamenika i ventilatora uključili.
3. Pričekati 45-120s da se provjetravanje dovrši.(Ako se peć nije provjetрила do kraja i dovoljno dugo riskiramo eksploziju).
4. Promatranje ciklusa paljenja

II. Kontrolirani rad

1. Ručno spajamo mehaničku vezu između servomotora i regulatora smjese
 2. Kada su spojeni servomotor i regulator onda možemo uključiti kontrolu izgaranja
 3. Pregled rada detektora plamena
- III. Kontrolirano gašenje
1. Isključimo kontrolu izgaranja i pričekamo da dobije vrijednost LOW FIRE.
 2. Isključimo automatsku kontrolu programa
- IV. Gašenje u slučaju nužde
1. Zatvaramo brzi ventil ručnog gašenja koji odmah zatvori dovod goriva do plamenika
 2. Čekamo da kontrola izgaranja poprimi vrijednost LOW FIRE poziciju 1.
 3. Gašenje automatske kontrole programa.
 4. Ispravak problema, resetiranje automatske kontrole programa

6.1 Sustav paljenja u slučaju nužde

Sustav paljenja u slučaju nužde tj. Manual override dopušta kontinuirani rad plamenika čak i u slučaju kvarova automatske kontrole programa ili elemenata sigurnosne opreme. Ovaj način rada se koristi samo u ekstremnim situacijama. Sustav paljenja u slučaju nužde se ugrađuje samo na zahtjev broдача ili vlasnika broда. Sastoji se od slijedećih dijelova koji su ugrađeni u kontrolnu kutiju automatske kontrole programa.

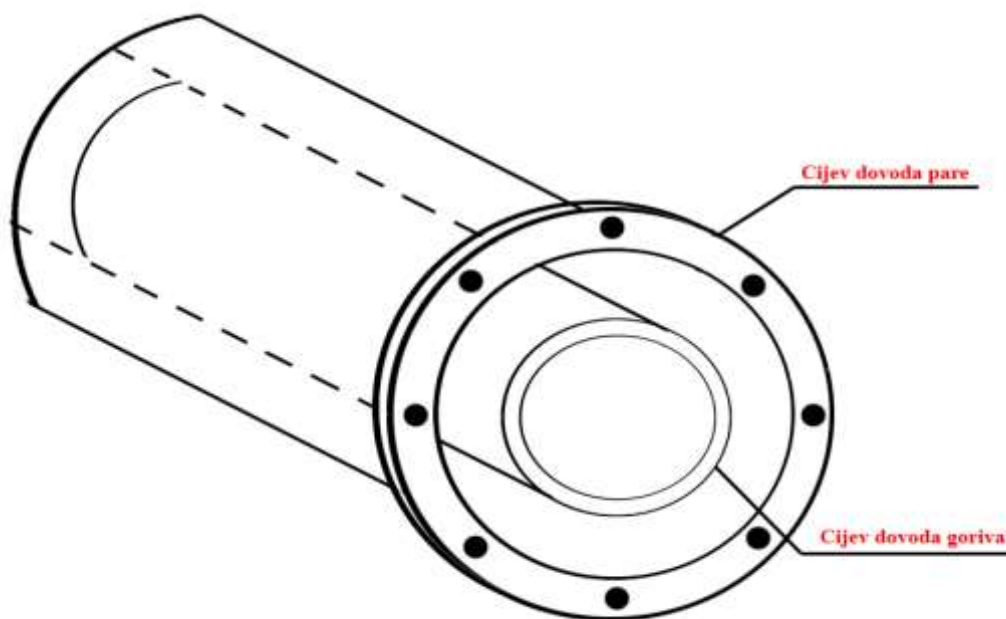
1. Odvojiv ključ za pokretanje sustava nužde
2. Komponente za kontrolu i signaliziranje
3. Dodatni detektor plamena (Detektor i relej)
4. Tipkala za otvaranje paljenja i elektromagnetskih ventila
5. Signalna lampica za potvrđivanje plamena

Da bi pokrenuli sustav paljenja u nuždi potrebno je:

1. Zamijeniti postojeći detektor plamena sa detektorom plamena u slučaju nužde
2. Odvojivi ključ okrenuti u poziciju *Emergency* operation. Ventilatori i motori plamenika se pokreću. Potrebno je izvršiti provjetravanje i provjeriti razinu vode u kotlu.
3. Pritisnuti tipku *Paljenje* i pričekati par sekundi
4. Nakon provjere iskre paljenja otvoriti elektromagnetski ventil goriva preko tipkala za otvaranje ventila. Plamenik počinje raditi, plamen je kontinuiran. Signalna lampica potvrđuje nastanak plamena.

6.2 Kvaliteta i održavanje korisne pare

Kvaliteta korisne pare se može opisati u obliku količine elemenata Na, SiO₂ i CO₂ rastopljenih u pari i izraženih kao mg/kg ili µg/kg. Veće povećanje ovih elemenata u sadržaju pare može dovesti do povećanog trošenja ventila, pumpi te može izazvati koroziju metala kotla i ostalih uređaja. Povećanje elemenata nazivamo kontaminacijom. Kontaminacija se događa zbog nečistoća u vodi kotla koja je namijenjena pretvaranju u paru. Također je moguće kontaminirati paru uslijed probijenih cijevi za vođenje pare, kontaminiranjem uljem za podmazivanje, kontaminiranjem gorivom. Zbog toga se cijevi pare odvajaju od ostalih cijevi ukoliko je to moguće. Tamo gdje to nije moguće grade se „Cijev u cijevi“ npr. kod grijanja goriva i ulja te klimatizacije. Cijev za prijenos pare možemo vidjeti na slici 10.



Slika 10 - Cijev Para-Gorivo - Autor: Toni Kučić

Nakupine kontaminanata mogu dovesti do nakupljanja na stjenkama cijevi te time smanjivati protok pare te uzrokovati povećanje grijanja cijevi što može dovesti do puknuća cijevi. Kontrola kontaminanata se vrši u redovitim i detaljnim pregledima na dnevnoj bazi. Čišćenje pare se događa u dnevnom tanku vode gdje se u mješavinu kontaminirane vode ubacuju kemijski spojevi koji rastapaju nepovoljne elemente. Dnevni tank je također gravitacijskog tipa što znači da se elementi teži od gustoće vode spuštaju polako prema dnu tanka gdje se oni pakupe i odvedu do kaljužnog tanka. To zovemo mehaničko-kemijsko čišćenje. Drugi način koji je mnogo skuplji zahtijeva da se u dnevnom tanku ili u tanku generatora pare uvijek nalazi destilirana voda već obrađena na kopnu. Takav način onemogućuje nadomještanje vode odvajanjem soli iz morske vode u generatoru pitke vode jer i takva voda ima nepovoljne elemente koje generator ne može pročistiti. Destilirana voda je mnogo skuplja od obične mehaničko – kemijske obrađene vode. To je razlog što destilirana voda nema široku upotrebu.

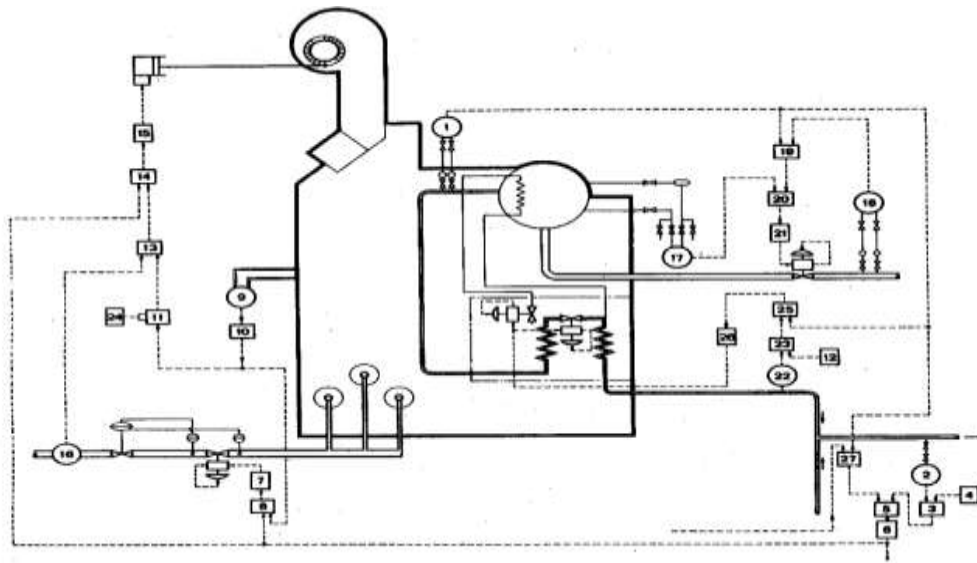
7. Zaključak

Kao što se vidi iz obrađenog sustav automatizacije paljenja brodskog parnog kotla je složen i detaljan sustav te je potrebno pratiti pravila u svrhu veće sigurnosti i bolje efikasnosti. U početku bilo je potrebno objasniti što je para i gdje se koristi da dobijemo predodžbu zbog čega je njezina proizvodnja važna za brodske procese. Saznali smo da je važno automatizirati sustav paljenja da može raditi čak i u najekstremnijim uvjetima i uvjetima nužde. Sustav generiranja pare na brodu se sastoji od više pod sustava koje je također vrlo važno automatizirati da se dobije što bolja efikasnost cijelog sustava. Obradio sam kako pravilno pokrenuti sustav automatske kontrole programa, sustav automatskog paljenja, provjetravanja, kontroliranog gašenja i mnogih drugih. Obradio sam načine rada pojedinih modula sustava kao što su timing modul što opisuje sustav sa njegove digitalne strane. Shvatio sam da tehničke karakteristike sustava i njegov način rada te pravila moraju odgovarati zahtjevima automatizacije za različite klase brodova. Obradili smo i načine korištenja sustava u *Emergency* režimu rada.

Sažetak cijele teme je u tome da je sustav izrazito automatiziran ali je praktički neiskoristiv ako nije pod strogim nadzorom čovjeka odnosno operatera. Sustav radi automatizirano kroz duge periode ponavljanja ali ne može prebaciti svoje funkcije iz režima u režim bez intervencije operatera. Također, ako se sustav nađe u ekstremnoj situaciji njegova automatika će zadržati jedan dio kontrole i pokušati spriječiti daljnje štete, ali čovjek odnosno operater je taj koji mora otkloniti problem, kvar i resetirati sustav na početne vrijednosti.

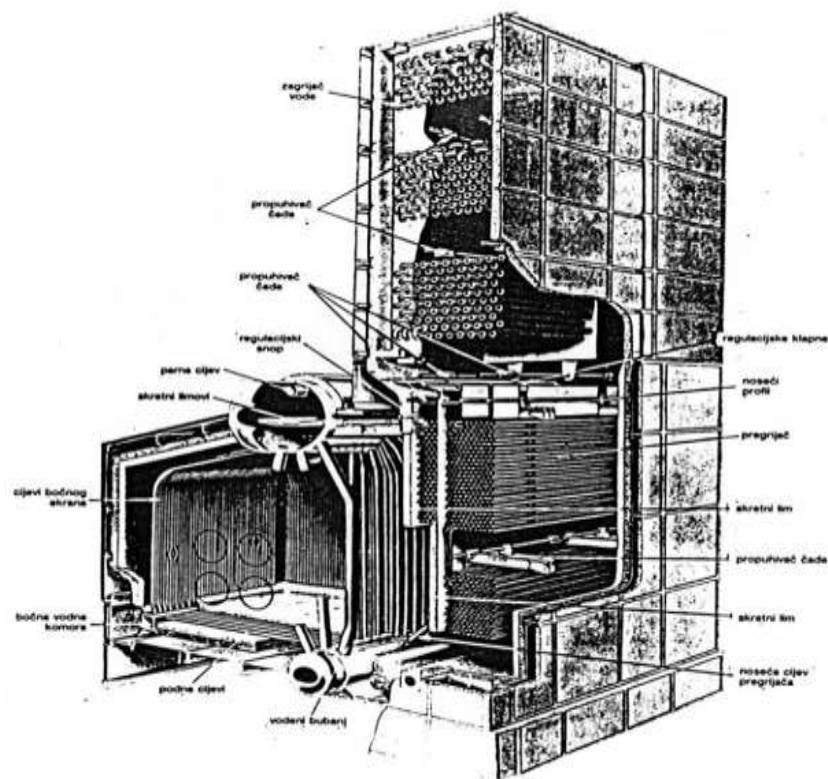
"Čovjek nije tvorevina okolnosti; okolnosti su tvorevina čovjeka."

8. Prilozi

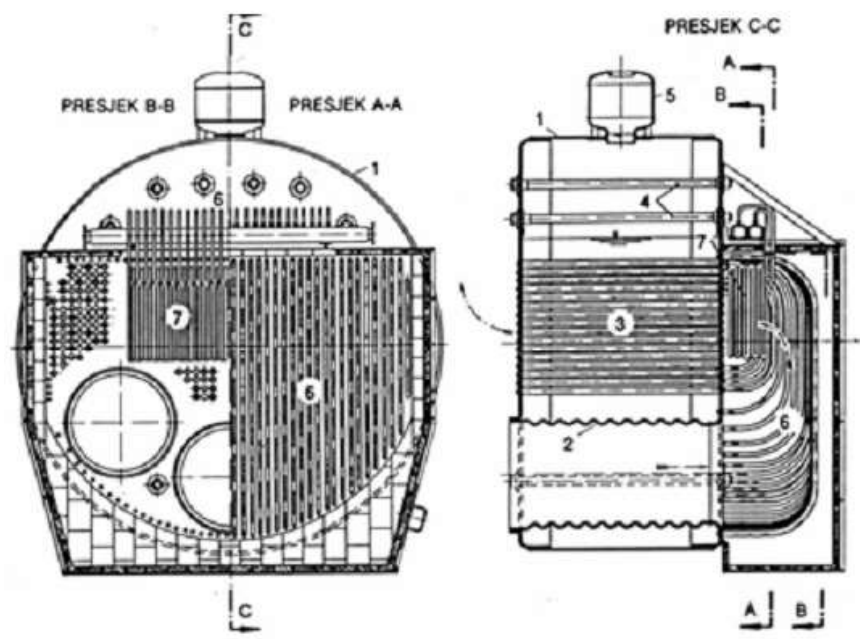


Slika 12 - kompletna shema automatskog sustava regulacije pare

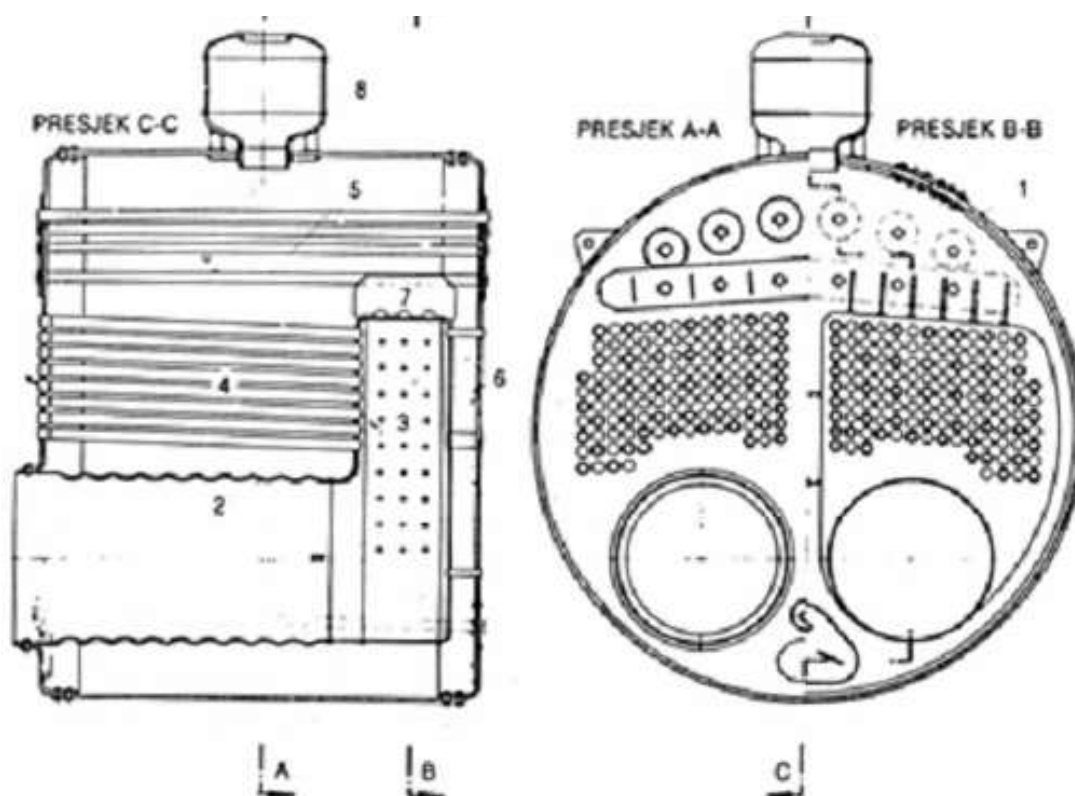
Izvor: Internet



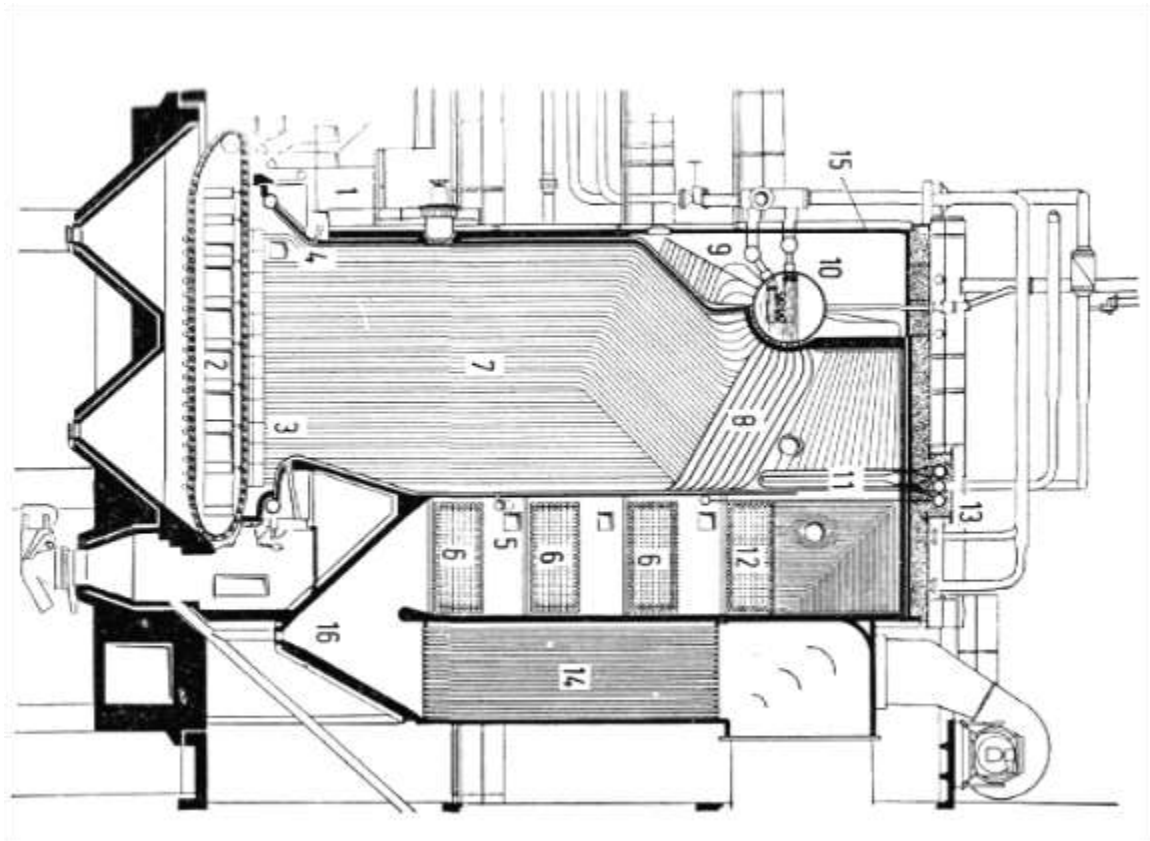
Slika 11 - Forest-Wheeler "D" tip parnog kotla



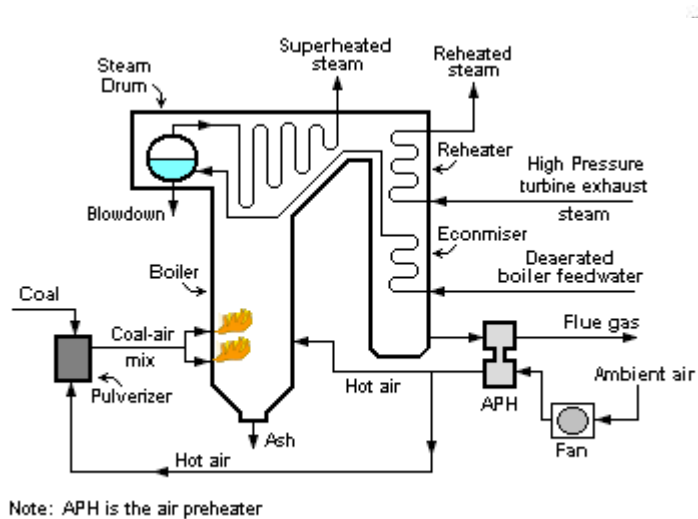
Slika 13 - Howden-Johnson parni kotao



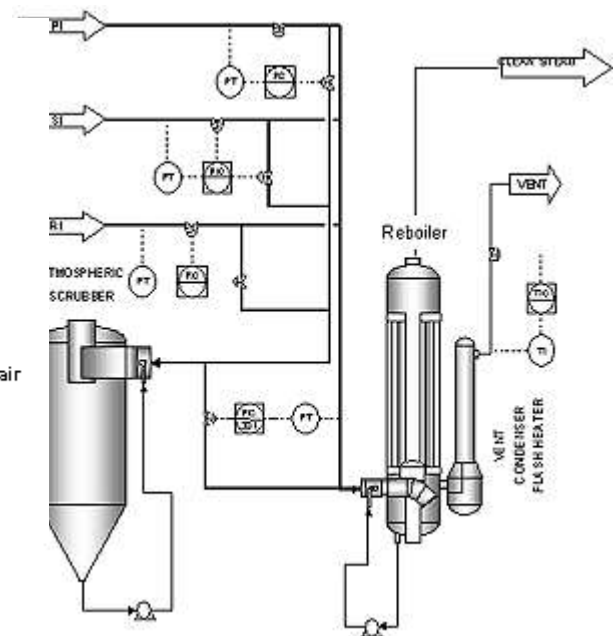
Slika 14 – Škotski kotao



Slika 17 - Kotao sa direktnim i indirektnim grijanjem



Slika 16 - Heat recovery kotao



Slika 15 - Generator pare fizička shema

9. Popis literature

1. Internet

http://hr.wikipedia.org/wiki/Parni_kotao

http://hr.wikipedia.org/wiki/Parni_kondenzator

<http://hr.wikipedia.org/wiki/Evaporator>

<http://www.saacke.de/en/>

<http://www.tpk-nova.hr/>

http://www.engineeringtoolbox.com/fuel-oil-burners-d_1021.html

<http://www.freepatentsonline.com/4480790.html>

2. Knjige

1. Saacke Manual – Rotary burners, SAACKE GmbH & CO, Germany, 1988
2. Rules for the classification of ships, Pt. 7, 2009, Hrvatski registar brodova dio 7.
3. Rules for the classification of ships, Pt. 10, 2009, Hrvatski registar brodova dio 10.
4. Rules for the classification of ships, Pt. 13, 2009, Hrvatski registar brodova dio 13.
5. Zvonimir Ungvari - Primjena tehnologije zavarivanja u izradi kotlovskih postrojenja, Školska knjiga, 2004, Zagreb
6. Razne skripte kolegija vezanih uz temu sa Pomorskog i tehničkog fakulteta
7. Brodski pogonski i pomoćni sustavi i uređaji, dipl.ing Velimir Ozretić, Riječka tiskara, 1958, Split
8. Strojarski priručnik za časnike palube, Dr. Dragan Martinović, Rijeka, 2000

3. Znanstveni članci

1. Rules for the classification of ships, Pt. 7, 2009, Hrvatski registar brodova dio 7.
2. Rules for the classification of ships, Pt. 10, 2009, Hrvatski registar brodova dio 10.
3. Rules for the classification of ships, Pt. 13, 2009, Hrvatski registar brodova dio 13.

10. Popis slika

Slika 1 - Generiranje pare – Izvor: P.Kralj – Brodski pogonski sustavi, predavanja.....	6
Slika 2 - Prikaz generiranja pare pomoću Carnotov-a kružnog procesa.....	8
Slika 3 - Shema parnog sustava	10
Slika 4 - Sustav generiranja pare - Izvor: P.Kralj: Brodski pogonski sustavi, predavanja Prerada: Toni Kučić	12
Slika 5 - Automatska kontrola programa Ivor: SAACKE Rotary burners	14
Slika 6 - Shema unutarnjeg sklopa sustava paljenja - Izvor: SAACKE Rotationary burners.....	18
Slika 7 - Detektor plamena Izvor: SAACKE Rotary burners	21
Slika 8 - Shema protoka sustava paljenja i upravljanja brodskog parnog kotla Izvor: SAACKE - Rotary burners Preveo: Toni Kučić	26
Slika 9 - Fizička shema sustava paljenja brodskog parnog kotla Izvor:SAACKE Rotary burners Preveo: Toni Kučić	29
Slika 10 - Cijev Para-Gorivo - Autor: Toni Kučić.....	32
Slika 11 - Forest-Wheeler "D" tip parnog kotla.....	34
Slika 12 - kompletna shema automatskog sustava regulacije pare	34
Slika 13 - Howden-Johnson parni kotao.....	35
Slika 14 – Škotski kotao	35
Slika 15 - Heat recovery kotao	36
Slika 16 - Kotao sa direktnim i indirektnim grijanjem	36
Slika 17 - Generator pare fizička shema.....	36

11. Popis tablica

Tabela 1 - Dijelovi detektora plamena.....	22
Tabela 2 - Tehničke karakteristike sustava automatiziranog paljenja brodskog parnog kotla	22
Tabela 3 - Zahtjevi i indikacije za automatizirane sustave generiranja pare Izvor: Hrvatski registar brodova, Dio 13.....	24

12. Index

Entalpija - je u termodinamici mjera za unutarnji sadržaj toplinske energije i općenito se može definirati izrazom $H = U + pV$.

Entropija - je u termodinamici funkcija stanja sustava, a definirana je izrazom:

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

Ovdje je dQ toplina razmijenjena u reverzibilnom procesu kojim sustav prelazi iz jednog stanja u drugo, a T apsolutna temperatura.

Verband Deutscher Electrotechniker(VDE) - Udruga za elektrotehniku, elektroničke i informacijske tehnologije.

Zener diode - su diode koje se koriste za ispravljanje izmjeničnih veličina u istosmjerne te za stabilizaciju napona.

Low fire – Stanje plamenika parnog kotla gdje se koristi minimalna količina goriva dovoljna da se plamen zapali i održi. Sigurnosni mehanizam.

Kontaminacija – Onečišćenje jedne homogene tvari sa nehomogenim elementima.

Heat recovery system – brodski sustav koji koristi izmjenjivače i ventilatore topline u svrhu dovođenja i klimatiziranja postojećeg zraka ali i hlađenja opreme i uštede energije.