

**PRIRUČNIK ZA VJEŽBE NA  
SIMULATORU STROJARNICE I  
SIMULATORIMA RASHLADNIH  
UREĐAJA**

**Predrag Kralj**

# **SADRŽAJ**

## **I UVOD**

### **1. Početak**

- 1.1. Opis simuliranog broda i pogonskog stroja**
- 1.2. Fizička izvedba simulatora**
- 1.3. Početak simulacije**

### **2. Simulirani strojevi, uređaji i sustavi**

- 2.1. Opis simbola i oznaka**
- 2.2. Korištenje simulatora**
- 2.3. Simulirani sustavi**

### **3. Praktične vježbe**

# Predgovor

Školovanje budućih pomorskih časnika, zbog prirode znanja koja moraju steći, u većoj mjeri mora sadržavati praktičnu nastavu. Takvu je nastavu zbog niza razloga, teško u potpunosti organizirati na brodu, odgovarajuće, moderne tehnologije, te se takva nastava organizira na simulatorima. STCW konvencija, primjenjujući zahtjeve ISM koda, određuje minimalna znanja koja pomorac treba steći. Ta znanja ovise o dužnostima na brodu, snazi pogonskog stroja, klasi automatizacije strojarnice ili nosivosti borda.

Ovaj je priručnik stoga namijenjen, prije svega redovitim studentima brodstrojarskog, nautičkog i brodskoelektroničkog smjera, ali i svim polaznicima nastave na NorControlovom simulatoru PPT2000. U priručniku se daju osnovne upute za korištenje simulatora (za studente ili polaznike tečajeva, a ne za instruktore), što je u osnovnim crtama korisno i za kasnije korištenje NorControlovog sustava upravljanja na brodu.

Opis pojedinih pogonskih sustava često je proširen osnovnim teoretskim postavkama ili tehnološkim rješenjima, kao i bitnijim propisima klasifikacijskih društava. To korisnicima brodstrojarskog smjera može biti korisan podsjetnik, možda zaboravljenih izraza, dok je korisnicima drugih struka neophodno potrebno za uspješnije razumijevanje rada strojeva i uređaja i upotrebu NorControlovog informacijskog sustava strojarnice.

# Uvod

Materija je podijeljena u tri poglavlja. U prvom su poglavlju date karakteristike simuliranog broda, glavnog pogonskog stroja te pomoćnih sustava. Zatim se daje fizički opis radnih stanica i način njihova korištenja (opis nekih funkcijskih tipki).

U drugom se poglavlju objašnjavaju simboli i oznake na sustavima. Opisuje se rad s mišem (otvaranje - zatvaranje ventila, startanje - zaustavljanje pumpe ili ventilatora), pokretanje drugih uređaja te indikacija parametara. Zatim se daje objašnjenja za kretanje po informacijskom sustavu strojarnice i konačno, opisuju se simulirani sustavi s dodatnim teorijskim postavkama ili tehnološkim pojašnjenjima.

Zadnje poglavlje posvećeno je primjerima zadataka, odnosno praktičnih vježbi. Nemoguće bi bilo prikazati sve situacije i zadatke koje se u strojarnici redovito izvršavaju te su u ovom poglavlju prikazane samo bitnije vježbe. Time se je nastojalo praktično pojasniti primjenu simulatora, odnosno Norcontrolovog informacijskog sustava za upravljanje strojarnicom.

Umjesto zaključka opisani su problemi na koje se naišlo tijekom primjene simulatora, dakle njegovi nedostaci.

# 1. Početak

Usprkos znatnom napretku tehnologije, napose daljinskih automatskih sustava nadzora i kontrole, potreba za iskusnim i sposobnim časnicima, koji će biti "na pravom mjestu u pravo vrijeme", postoji i dalje.

Simulator je nastavno pomagalo predviđeno za uvježbavanje normalnih radnih, kao i ekstremnih radnih situacija u strojarnici broda. Vježbe se izvode bez ugrožavanja ljudskih života, morskog okoliša ili opreme, do čega bi moglo doći prilikom uvježbavanja na stvarnom brodu.

Osim toga, napredniji se polaznici uvježbavaju u dijagnostici kvarova, kako bi promptno reagirali u stvarnim situacijama. Vježbe optimizacije rada cjelokupnog pogona izvode se sa studentima završne godine studija ili polaznicima tečajeva za upravitelje stroja. Na taj se način godine stjecanja iskustva na brodu zamjenjuju nastavom na simulatoru.

Instrumenti na upravljačkim konzolama izvedeni su kao na modernim brodovima, u skladu s propisima.

## 1.1. Opis simuliranog broda i pogonskog stroja

Numerički model izveden je na osnovi VLCC (engl. very large crude oil carrier) tankera, pogonjen sporohodnim dizel motorom. Karakteristike broda date su u tablici 1.

Tablica 1. Glavne karakteristike modela broda

Duljina preko svega, $L_{OA}$	305 [m]
Duljina između okomica, $L_{io}$	295 [m]
Teorijska širina, $B$	47 [m]
Visina, $H$	30,4 [m]
Ljetni gaz	19,07 [m]
Koef. punoće istisnine - CB	0,801
Nosivost	187997 [t]
Brzina, $v$	14 [čv]

Na model strojarnice dinamički utječu, od strane instruktora podesivi vanjski utjecaji: jačina valova i vjetra, temperatura mora i zraka, gaz broda, nagnutost broda i trim, stanje oplata broda, položaj kormila te veličina i hod propelera.

Glavni pogonski stroj je MAN B&W 5L90MC, sporohodni dizel motor s turbopunjenjem pri konstantnom tlaku, čije su karakteristike date u tablici 2.

Tablica 2. Karakteristike glavnog stroja i brodskog vijka

Promjer cilindra, $D$	90 [cm]
Hod stapa, $S$	290 [cm]
Broj cilindara	5
Broj rashladnika zraka	2
Broj turbopuhala	2
Trajna snaga (MCR)	17400 [kW]
Broj okretaja vijka kod MCR, $n_{mcr}$	76 [°/min]
Srednji indicirani tlak, $p_{i,sr}$	1,3 [MPa]
Tlak ispirog zraka, $p_o$	0,21 [MPa]
Broj okretaja turbopuhala	8000 [°/min]
Broj krila brodskog vijka	5
Uspjon vijka	1,2 [P/D]
Specifična potrošnja goriva, $b_e$	168 [g/kWh]

Simulirani su pomoćni sustavi glavnog stroja:

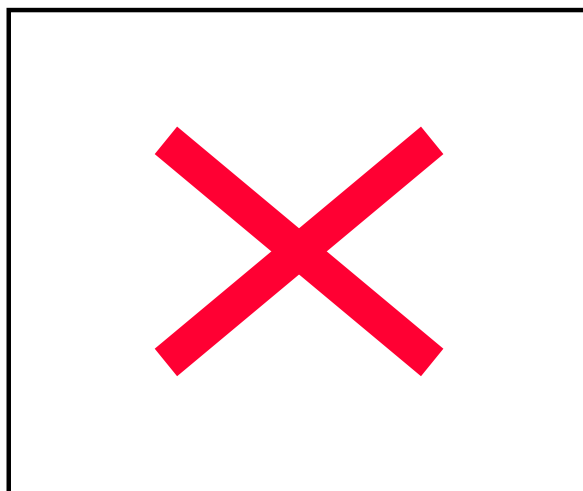
- sustav goriva,
- sustav ulja za podmazivanje,
- sustav rashladne vode (morske i slatke),
- sustav komprimiranog zraka,
- sustav ispirog zraka - ispušnih plinova,
- sustav pare, kondenzata i napojne vode,
- sustav elektroenergetike,
- sustav upravljanja glavnim strojem.

Pored ovih sustava simulirani su i sljedeći:

- sustav kaljuže i taloga,
- sustav rekuperacije otpadne topline s termalnim uljem,
- glavni protupožarni sustav i protupožarna pumpa u nuždi,
- sustav generatora slatke vode,
- sustav ulja propelera sa zakretnim krilima,
- sustav ulja ležajeva statvene cijevi,
- sustav ulja kormilarskog stroja,
- postrojenje za proizvodnju inertnog plina.

## 1.2. Fizička izvedba simulatora

Simulator se sastoji od instruktorske i studentskih radnih stanica. Radne su stanice izvedene s Hewlett Packard kompjutorima pod UNIX operacijskim sustavom. Instruktorska radna stanica je server studentskim radnim stanicama. Tipičan izgled radne stanice dat je na slici 1.



Slika 1.1. Radna stanica

Radne se stanice sastoje od računala, monitora u boji veličine ekrana 19", tipkovnice i printera. Instruktorska stanica ima još i 2 Gb tvrdog diska te printer u boji.

Stanice su umrežene preko LAN-a (Local Area Network), što omogućuje računalima da koriste NFS (Network File system).

Na printere se ispisuju:

- događaji,
- alarmi,
- zadani kvarovi (instruktor).

### 1.3. Početak simulacije

Uključivanjem radnih stanica na monitorima se pojavljuje prozor s dvije rubrike: (1) login i (2) password. U rubriku "Login" studenti upisuju riječ *student* i nakon toga, bez razmaka, znamenku 1 do 10. Šifre nisu postavljene.

Na monitoru se tada pojavljuje prozor s ponuđenim modelima strojarnica npr. MC90 ili DE AC/AC. NorControl nudi veći broj različitih pogonskih sustava, no MC90 je po saznanjima više korisnika i po priznanju samog NorControla, najbolje razrađen sustav. Kursor se pozicionira na polje MC90 te se klikne lijevo dugme na mišu.

Tada se otvara prozor pod nazivom "Scenario", kao na slici 1.2. U desnom gornjem kutu ekrana nalazi se polje pod nazivom "View" s komandama za poziv alfanumeričkih stranica. Između ostalih komandi tu se nalaze i:

- Initial Condition,
- Variable Page,
- Alarm Page.

Klikanjem srednjim dugmićem miša na komandu "Initial Condition" otvara se prozor pod tim nazivom, prikazan na slici 1.3. U lijevom kutu ekrana žutim je slovima ispisano *Freeze*, što znači da je simulacija zamrznuta.

Početni uvjeti odabiru se klikanjem srednjeg dugmića miša na nekom od polja I01-60. Početni su uvjeti pripremljeni od strane NorControla, instruktora, a i korisnik (student) može snimiti situaciju do koje je došao tijekom vježbe te kasnije nastaviti. Svako polje nosi odgovarajući naziv, uglavnom prema stanju u strojarnici koje se time inicira.

Simulacija započinje pritiskom na funkcijsku tipku F1 ili na tipku "Run Simulation" na posebnim tipkovnicama. U donjem lijevom kutu ekrana kratkotrajno se zelenim slovima ispisuje *Start Simulation*, a u gornjem lijevom kutu pojavljuje se indikacija da je simulacija započeta (Running). Zamrzavanje se izvršava pritiskom na tipku F2, a zaustavljanje pritiskom na tipku F3, nakon čega se u donjem lijevom kutu ispisuje pitanje *Do you really want to stop?*. Ukoliko korisnik to želi, potrebno je upisati *y* za da (yes) ili *n* za ne (no).

## 2. Simulirani strojevi, uređaji i sustavi

U poglavlju 1.1. navedeni su simulirani sustavi. Prikaz sustava, kakav bi bio na modernom informacijskom sustavu strojarnice, poziva se na uobičajenim tipkovnicama pritiskom na funkcijsku tipku *Menu*, a na namjenskim konzolama tipkom pod nazivom *Picture Directory*. Time se otvara prozor pod istim nazivom. Na istom su navedeni svi simulirani sustavi te upravljačke ploče (lokalne, smještene u kontrolnoj prostoriji strojarnice ili na mostu). Prozor *Picture Directory* (glavni izbornik) prikazan je na slici 1.4.

### 2.1. Opis simbola i oznaka

Pod rednim brojem 150 na glavnom izborniku nalazi se popis simbola. Prikazan je na slici 1.5. Lijevo gore opisane su funkcije miša: lijevo - otvaranje ventila, startanje pumpe, desno - zatvaranje ventila, zaustavljanje pumpe, dok srednje dugme služi za selektiranje.

Cjevovodi su označeni bojama, što olakšava snalaženje. Raspored boja ne odgovaraja u potpunosti uobičajenom načinu označavanja: lako dizel gorivo - žuto, morska voda - zeleno, para - nebeski plavo, niskotemperaturna slatka voda - tamnoplava, ulje za podmazivanje -



narandžasto, gorivo općenito - oker, teško dizel gorivo - smeđe, visokotemperaturna slatka voda - svijetloplavo, plin - sivo i pasivna boja (crna).

Fizikalne veličine indiciraju se numerički uz cjevovod ili neki uređaj. Indikacija se sastoji od slova, koje određuje indiciranu fizikalnu veličinu, te decimalnog broja, koji pokazuje izmjerenu vrijednost. Pojavljuju se dvije vrste indikacije: veći format se koristi za parametre koji se alarmiraju, a manji za one koji se ne alarmiraju. Bitnije su oznake: P za tlak u [bar], G za protok u [t/h], T za temperaturu u [°C], N za broj okretaja [o/min], L za razinu u [m, cm] te E za snagu elektromotora u [kW].

Neki se uređaji startaju preko lokalnih upravljačkih konzola, simuliranih sivosmeđim poljima. startanje se izvršava klikanjem srednjeg dugmića na mišu na npr. dugme "Start". Na isti se način uključuje/isključuje automatika npr. troputnog ventila ili pumpe predpodmazivanja dizel generatora.

Ventili oko kojih je označena uglata zagrada hidraulički su upravljani ventili ili elektromagnetski (solenoid) ventili. Njih se otvara/zatvara mišem, na način koji je već naveden. Troputnim regulacijskim ili prigušnim ventilima upravlja se lokalno (u polje pored ventila upisuje se vrijednost) ili automatski (u polje pored kontrolnika upisuje se željena vrijednost - "set-point").

## **2.2. Korištenje simulatora**

Rad sa simulatorom počinje odabirom početnih uvjeta (*Initial condition*) ili scenarija (*Scenario*), preko odgovarajućih prozora te startanjem simulacije.

## **2.3. Simulirani sustavi**

### **Sustav morske vode**

U glavnom izborniku to je sustav pod brojem 1, a ovdje je prikazan na slici 2.1.

Hlađenje je indirektno te se morska voda tlači prema pet rashladnika:

- 1) centralni rashladnik slatke vode broj 1,
- 2) centralni rashladnik slatke vode broj 2,
- 3) kondenzator,
- 4) kondenzator generatora slatke vode,
- 5) kondenzator rashladnih uređaja.

Ugrađene su dvije glavne elektromotorom pogonjene pumpe morske vode te jedna pomoćna pumpa (pumpa lučke službe). Takva je konfiguracija vrlo česta. Morska se voda siše preko usisnih košara i usisnih filtara. Na tlačnoj strani pumpi ugrađen je prigušni ventil.

Temperatura morske vode na tlačnoj strani pumpi regulira se troputnim, pneumatski upravljanim, ventilom, smještenim na ispusnoj liniji morske vode. Dio morske vode se prema potrebi recirkulira na usisnu stranu pumpi morske vode. Troputni ventil može biti ručno ili automatski upravljani. Regulator je modeliran na sljedeći način:

- 100% signal regulatora znači najveću brzinu otvaranja;
- 50% signal regulatora znači mirovanje;
- 0% signal regulatora znači najveću brzinu otvaranja.

Pumpe morske vode mogu se koristiti kao pumpe kaljuže u nuždi tj. za otplavlivanje strojarnice. Ventil za otplavlivanje strojarnice u nuždi ima u stvarnosti posebno, crvenom bojom, označeno kolo za otvaranje, smješteno iznad najdonje podnice. Efikasnost postupka otplavlivanja strojarnice ovisi i o položaju usisnih ventila pumpi morske vode. Sustav morske vode ima i usisni ventil u nuždi. Modelirane su i glavne protupožarne pumpe te protupožarna pumpa u nuždi za zasebnim usisnim košarama.

Prije startanja pumpi morske vode, što se može izvršiti ručno ili se ostvaruje automatski, treba osigurati i izvršiti sljedeće:

- osigurati napajanje strujom s kopna ili startati i priključiti na mrežu glavni generator ili generator u nuždi,
- otvoriti ventil na jednoj od usisnih košara (visoki usis ne može se koristiti kod malog gaza),
- otvoriti ispusni ventil morske vode, recirkulacijski ventil, te ventili na rashladnicima koji su potrebni (centralni rashladnik slatke vode, kondenzator pare...),
- odabrati rad regulatora temperature morske vode (AUTO/MAN) i podesiti traženu vrijednost, koja je obično malo viša od okolne temperature morske vode,
- podesiti regulacijski ventil na tlačnoj strani pumpi na odgovarajući protok.

### **Sustav goriva**

Zbog kompleksnosti ovaj je sustav u glavnom izborniku podijeljen na podsustave pod brojevima 2, 3, 4 i 5, koji su u priručniku prikazani na slikama 2.2, 2.3, 2.4 te 2.5.

Teško gorivo iz dnevnog tanka teškog goriva i dizel gorivo iz dnevnog tanka dizel goriva miješaju se u ventilu za miješanje (prebacivanje). Položaj ventila 100% znači da je ventil u položaju prema

dnevnom tanku dizel goriva. Jedna od dvije napojne pumpe siše i tlači gorivo u odzračni tank tj. "bananu". Napojne pumpe daju tlak od 4 bar.

Jedna od dvije cirkulacijske pumpe, koje daju tlak od 8 bar, tlači gorivo na jedan od parnih grijača i jedan od tlačnih filtara goriva. Nakon filtara sustav se grana prema glavnom i pomoćnim motorima. Višak goriva ventil konstantnog tlaka vraća u odzračni tank. Potrošnja goriva u glavnom i pomoćnim motorima mjeri se mjeračem protoka, ugrađenim prije odzračnog tanka. Postoji i mimovodni ("by-pass") ventil, koji se koristi samo u slučaju kvara mjerača protoka.

Cjelokupni se cjevovod goriva grije parom. U ovisnosti o temperaturi goriva u cijevima, koja može znatno opasti ukoliko se sustav goriva ne koristi duže vrijeme, ali i o udjelu dizel goriva u teškom gorivu, dolazi i do odgovarajućeg pada tlaka u grijačima goriva, filtrima te pada tlaka na tlačnoj strani cirkulacijskih pumpi.

Zbog ugrađenog sustava grijanja, glavni se stroj može zaustavljati i upućivati na teško gorivo, iako se preporuča prebacivanje na dizel prije zaustavljanja glavnog stroja. To ima efekt čišćenja cjevovoda, a omogućuje i nesmetani start glavnog stroja kasnije, ukoliko ne bi bilo pare za zagrijavanje teškog goriva.

Prebacivanje s teškog na dizel gorivo i obratno treba izvoditi postepeno. Način prebacivanja propisuje proizvođač motora u skladu s mogućnostima cjevovoda, karakteristikama regulatora (PID) viskoziteta goriva i visokotlačnih pumpi goriva glavnog motora. Ukoliko tijekom prebacivanja s teškog na lako dizel gorivo dođe do naglog pada temperature, klipovi visokotlačnih pumpi mogu zaribavati, zbog nagle kontrakcije košuljica pumpi i slabijeg podmazivanja. Previsoke temperature kod prebacivanja na lako dizel gorivo mogu dovesti do isparavanja goriva te zaribavanja klipova visokotlačnih pumpi goriva, ali i do problema s radom regulatora viskoziteta. Točka vrenja teškog goriva podešena je na 135°C, a lakog dizel goriva na 80°C (vrijednosti se mogu podešavati).

PID regulator viskoziteta djeluje na pneumatski upravljani prigušni ventil pare. Djelovanje može biti direktno na ventil pare ili indirektno, tako da se podešava vrijednost na pomoćnom PID regulatoru, koji upravlja ventilom pare. Ulazni signal pomoćnog regulatora je temperatura u grijačima goriva.

Osjetnik viskoziteta može biti ugrađen na bilo kojem mjestu između grijača goriva i glavnog motora, što se podešava određivanjem nominalnog kašnjenja signala. Stvarno kašnjenje signala ovisit će o protoku goriva i znatno će se povećati u slučaju malog protoka goriva. To može izazvati oscilacije u vrijednosti regulirane veličine te se može pokazati da je potrebno smanjiti količinu pare za grijanje.

Probijena cijev grijača teškog goriva u dnevnom tanku rezultirat će pojavom vode u odzračnom tanku. Sadržaj odzračnog tanka može se ispustiti u preljevni tank. Preljevi iz svih tankova goriva i ulja za podmazivanje također se vode u preljevni tank. **U slučaju prelijevanja goriva iz preljevnog tanka u strojarnicu (kaljužu) simulira se požar u strojarnici!**

Na slici 2.3. prikazani su dnevni tankovi teškog i lakog dizel goriva te skladišni tank dizel goriva. Punjenje dnevnih tankova ostvaruje se preko separatora. Ugrađena su dva separatora teškog goriva i jedan separator lakog dizel goriva. Obično se jedan separator teškog goriva može koristiti i kao separator lakog dizel goriva u nuždi, ali te mogućnosti ovdje nema. Separatori teškog goriva, odnosno pumpe separatora, imaju usis iz taložnih tankova teškog goriva ili se vrši recirkulacija iz dnevnog tanka. Separator lakog dizel goriva ima usis iz skladišnog tanka, jer taložnog tanka dizel goriva nema.

Iz dnevnog tanka teškog goriva račva se cjevovod prema glavnom motoru (te kasnije, kao što je prije navedeno, prema pomoćnim motorima), dok se cjevovod lakog goriva odmah nakon dnevnog tanka račva prema kotlu loženom naftom, glavnom motoru i pomoćnim motorima.

Dnevni tankovi se griju parom. Temperatura goriva u dnevnim tankovima ovisit će o tlaku pare za grijanje (obično 8 bar), protoku pare, koji ovisi o podešenoj vrijednosti na prigušnom termostatskom ventilu te gubicima topline na okolinu. Temperatura teškog goriva podešava se obično na vrijednosti između 60°C i 70°C, a temperatura lakog dizel goriva na 36°C.

Taložni su tankovi (sustav je izveden s dva taložna tanka) prikazani na slici 2.4. Griju se parom preko termostatskih prigušnih ventila, najčešće na temperature između 50°C i 60°C, no ovdje je podešena vrijednost 65°C. Preniske temperature goriva mogu utjecati na rad pumpe separatora.

U taložnim se tankovima taloži voda te je istu potrebno periodički ispuštati u tank taloga. Sadržaj vode u gorivu (u skladišnim tankovima) može se podešavati. Ukoliko se voda ne ispušta redovito javljaju se problemi u radu separatora goriva. Budući da se tijekom ispuštanja taloga iz taložnih tankova obavlja vizualna kontrola, to simulator omogućuje.

Na slici 2.5. prikazani su skladišni tankovi teškog goriva te transfer pumpe. Skladišni tankovi (ovdje četiri) obično su strukturni tankovi dvodna ili dvoboka ili, su izvedeni kao pregradni tankovi. Griju se parom, najčešće na temperature oko 40°C (ovdje 50°C). Temperature grijanja teškog goriva u skladišnim, taložnim tankovima i dnevnom tanku ovise o svojstvima, odnosno porijeklu goriva. Ukoliko se skladišni tankovi ne

griju, postepeno će se gorivo u njima ohladiti na temperaturu okolnog mora, čime bi temperature goriva ušle u područje ispod točke tečenja.

Iz skladišnih tankova ili preljevnog tanka, prikazanog na istoj slici, imaju usis transfer pumpe. Često je to jedna transfer pumpa teškog goriva, a jedna transfer pumpa lakog dizel goriva. U tom su slučaju odvojene slijepom prirubnicom i dvostrukom zapornom armaturom, koja se u slučaju nužde može skinuti.

U preljevni tank se dovode preljevi iz taložnih tankova teškog goriva, dnevnih tankova teškog i lakog dizel goriva, dnevnih tankova "karterskog" ulja, ulja za podmazivanje bregaste osovine te cilindarskog ulja, kao i ispusti iz odzračnog tanka, te dnevnih tankova teškog i lakog dizel goriva.

Ako se uslijed prelijevanja goriva ili ulja za podmazivanje iz preljevnog tanka u strojarnici pojavi požar, može ga se pogasiti tako da se:

- zaustave ventilatori strojarnice,
- zaustavi glavni pogonski stroj,
- pokrene glavni protupožarni sustav.

Detaljni prikaz sustava separatora teškog i lakog dizel goriva dati su na slikama 2.6. i 2.7. Separatori teškog goriva su tipa "ALCAP" proizvođača "Alfa Laval".

Prljivo gorivo se kontinuirano dovodi u separator. Mehaničke čestice i voda, budući su veće gustoće od goriva, odvajaju se i sakupljaju na periferiji bubnja separatora. Kako bi se separacija odvijala sa zadovoljavajućom efikasnošću, gorivo mora biti zagrijano, odnosno dovoljno niskog kinematičkog viskoziteta. Temperature ovise o vrsti i karakteristikama goriva, no kreću se najčešće između 90°C i 110°C.

Normalno se izbacivanje sakupljenog taloga izvodi po isteku podešenog vremenskog intervala, ali može biti inicirano i unutar tog vremenskog intervala. Ukoliko bi odvojeni talog ostao dugo u bubnju, skrutnuo bi se te bi bilo potrebno izvršiti remont separatora.

Ranije izbacivanje taloga započinje po signalu iz *osjetnika vode*<sup>1</sup> (engl. water transducer), mjernog instrumenta smještenog na izlaznom cjevovodu čistog goriva. Naime, protjecanjem procesa separacije, na periferiji bubnja sakuplja se sve više taloga i vode te se granična ploha između vode i goriva pomiče ka unutrašnjosti separatora. U nekom trenutku, s čistim gorivom početak će odlaziti i malo vode. Kada razina vode u čistom gorivu dostigne tzv. *razinu okidanja* (engl. trigger level), upravljački program započinje operaciju ispuštanja taloga.

---

<sup>1</sup> Osjetnik vode izveden je kao električni kondenzator (dvije koaksijalne cijevi, međusobno električno izolirane) te koristi osjetnu razliku dielektričnih konstanti vode i goriva ili ulja. Uređaj ne mjeri stvarnu količinu vode u gorivu već odstupanje od vrijednosti izmjerene neposredno nakon prethodnog izbacivanja taloga.

Ukoliko u prljavom gorivu nema dovoljno vode gore navedena situacija ne bi se dogodila te bi se talog u bubnju skrutnuo. U tom slučaju upravljački program dodaje vodu u bubanj, kako bi inicirao izbacivanje taloga.

Nasuprot tome, kada je u gorivu prisutan velik postotak vode te se razina okidanja postigne unutar 15 min (što se naravno može podešavati u ovisnosti o gorivu) od prethodnog ispuštanja taloga, voda se ispušta otvaranjem pneumatski upravljanih ventila vode. Ventil vode ostaje otvoren neko vrijeme, nakon što je razina vode u čistom gorivu smanjujući se prešla razinu okidanja. U slučaju da se razina vode u čistom gorivu ne smanjuje po ispuštanju vode ili izbacivanju taloga, javlja se alarm te se zatvara ventil prljavog goriva, točnije pneumatski se troputni ventil prebacuje u položaj za recirkulaciju goriva.

U skladu s trendom razvoja sustava daljinskog automatskog upravljanja na lokalnoj upravljačkoj ploči separatora daje se indikacija sljedećih alarma:

- greška osjetnika vode,
- greška ispusta taloga,
- visoki tlak goriva,
- niski tlak goriva,
- visoka ili niska temperatura goriva,
- nema vode za ispiranje,
- jake vibracije.

Greška osjetnika vode aktivira se kada osjetnik pokazuje vrijednosti manje od 0,05%. To uređaj stvarno ne može izmjeriti te je to znak otpuštenih električnih kablova, greške u oscilatoru i dr.

Pogreška temperature goriva javlja se ukoliko temperatura goriva odstupa više od  $\pm 5\%$  od podešene vrijednosti. Osjetnik vibracija obično je izveden kao električni kontakt s utegom, koji mora npr. u jednoj sekundi tri puta zatvoriti strujni krug da bi se alarm javio. U tom se slučaju bubanj prazni, isključuje se ALCAP sustav, recirkulira gorivo te zaustavlja elektromotor separatora.. Isto se dešava u slučaju greške ispusta taloga, odnosno neuspjelog izbacivanja taloga. Sustav pokušava još jednom, no ako niti tada ne dođe do izbacivanja taloga javlja se alarm.

Nakon izvršenih popravaka ALCAP sustav treba resetirati na lokalnoj upravljačkoj ploči.

Separator lakog dizel goriva funkcionira poput separatora ulja za podmazivanje. Naime, to su u usporedbi s teškim gorivom čišći mediji te se kod ovih separatora voda ne ispušta preko posebnog ventila za vodu, već samo ispuštanjem taloga. U ovom slučaju ispiranje bubnja neće biti inicirano razinom okidanja zbog vode prisutne u lakom dizel gorivu, već zbog upravljačkim sustavom dodavane vode u bubanj.

## Sustav slatke rashladne vode

U glavnom izborniku ovaj sustav prikazan je pod rednim brojem 10, a u priručniku je prikazan na slici 2.10. Primijenjen je jedan stariji sustav, u kojem se regulacija temperature visokotemperaturne slatke rashladne vode (u daljem tekstu VT voda) izvodi miješanjem s niskotemperaturnom slatkom vodom (u daljem tekstu NT voda). Kod modernijih izvedbi to se izvodi preko rashladnika, čime se postiže razdvojenost ovih podsustava.

Naime, potrebna kvaliteta slatke rashladne vode ovisi o temperaturama u sustavu te je za VT sustav potrebna visokokvalitetna destilirana kemijski obrađena voda, dok su u slučaju NT vode zahtjevi blaži. Ukoliko se VT i NT voda miješaju, potrebna je ista kvaliteta. Time se smanjuju troškovi instalacije i eksploatacije.

Osim kondenzatora, koji se hlade direktno morskom vodom, NT voda koristi se za hlađenje:

- dva glavna kompresora i kompresora radnog zraka, odnosno zraka nakon kompresije<sup>2</sup>,
- ulja za podmazivanje turbogeneratora te turbina za pogon pumpi tereta,
- ulja za podmazivanje ležajeva statvene cijevi te servo ulja propelera sa zakretnim krilima (ukoliko je na postavkama simulacije odabran takav),
- ispirnog zraka glavnog motora,
- ulja za podmazivanje glavnog motora te ulja za podmazivanje bregastog vratila glavnog motora.

Ugrađene su dvije glavne, od kojih bi pod normalnim uvjetima jedna trebala raditi, dok bi druga bila rezervna, te jedna pomoćna tj. pumpa lučke službe. Pomoćna pumpa koristi se u luci ili nakon raspada elektroenergetskog sustava ("black-out"). Pumpe imaju usis preko troputnog termostatskog ventila za regulaciju temperature NT vode te u ovisnosti o njegovom položaju iz jednog od dva ugrađena centralna rashladnika slatke vode pločastog tipa i mimovoda ("by-pass").

Troputnim ventilom može se upravljati ručno, tako da se upiše vrijednost od 0% - zatvoreni položaj do 100% - otvoreni položaj, ili se postavi automatski rad te unese željena vrijednost temperature na tlačnoj strani NT pumpi. Normalna temperatura NT vode na tlačnoj strani pumpi trebala bi se kretati između 28°C i 38°C. U suprotnom se javlja odgovarajući alarm.

NT pumpe tlače kroz rashladnike na ulazu kojih se nalaze hidraulički upravljani zaporni ventili. Na izlazu su obično ručno upravljani zaporni ventili, osim u slučaju rashladnika ispirnog zraka glavnog motora, gdje su ugrađeni prigušni daljinski upravljani ventili.

---

<sup>2</sup> Na ovom simulatoru nije prikazano međuhlađenje zraka nakon prvog stupnja.

Prigušivanjem istih može se utjecati na brže zagrijavanje glavnog motora nakon startanja.

Nakon rashladnika, zagrijana, ali još uvijek znatno niže temperature od VT vode, Nt voda djelomično se koristi za regulaciju temperature VT vode, a ostatak ide direktno na centralne rashladnike.

VT voda koristi se za hlađenje košuljica i glava glavnog motora. Neki su stariji sustavi imali zajedničku VT vodu glavnog i pomoćnih motora, no u novije doba to se napustilo. O tome ovisi izvedba predgrijavanja glavnog motora. Ukoliko se pomoćni motori na istom sustavu, glavni se predgrijava vodom iz pomoćnog ili više pomoćnih motora. Kod ove izvedbe ugrađen je zaseban parni grijač (može biti parno-električni)<sup>3</sup>.

VT vodu u motor tlači obično jedna, od dvije ugrađene glavne pumpe VT vode, ili u luci pomoćna pumpa. Kada niti jedna pumpa VT vode ne radi, manji protok vode postojat će uslijed rada NT pumpe.

Temperatura VT vode regulira se troputnim ventilom, kojim se također može upravljati ručno ili automatski. Moguće je promijeniti položaj osjetnika temperature VT vode. Isti se može nalaziti na ulazu (kod predgrijavanja) ili na izlazu (u radu) iz glavnog motora, a podešavanje se vrši iz direktorija "Variable Page".

Kod pretjeranog zagrijavanja VT vode može doći do isparavanja te pada razina vode u ekspanzijskoj posudi. Budući da statički tlak u sustavu ovisi o razini u njoj, pada tlak u sustavu te može doći do kavitacije u VT pumpi i smanjenom rashladnom učinku.

Toplinska energija VT vode na izlazu iz motora koristi se za destilaciju u vakuumskom evaporatoru, odnosno generatoru slatke vode. Takvi su uređaji obično dovoljnog kapaciteta da zadovolje sve brodske potrošače slatke vode (posadu, motore, generatore pare)<sup>4</sup>.

## **Sustav ulja za podmazivanje**

## **Sustav komprimiranog zraka**

## **Sustav pare, kondenzata i napojne vode**

## **Sustav goriva**

---

<sup>3</sup> Vrijeme potrebno za predgrijavanje glavnog motora ovisi o kapacitetu ugrađenog grijača.

<sup>4</sup> Kod nekih pogona obavezno je uključiti evaporator, jer centralni rashladnici nisu dovoljnog kapaciteta za puno opterećenje glavnog motora.



### 3. Praktične vježbe

#### PRVA VJEŽBA – KOLOKVIJ: uspostava automatizirane elektrane

Zahtjev klasifikacijskog društva: **mora postojati mogućnost uspostavljanja pogona bez pomoći drugoga!**

Učitana situacija (*Initial condition*) *Cold ship* odgovara situaciji kada se brod ispusti u more s doka i spremnici zraka su nedovoljno puni tj. tlak nije dovoljan kako bi se uputili pomoćni motori.

1. Kako bi se pripremili i uputili pomoćni motori potreban je izvor električne energije u nuždi (MD 70):
  - a. automatsko startanje<sup>5</sup> i uključivanje istog u mrežu je isključeno jer je brod tijekom boravka u doku struju primao s kopna,
  - b. manje je snage, no mogu se koristiti neki potrošači električne struje koji su važni za uspostavljanje pogona (pomoćne pumpe rashladne vode, kompresor zraka br. 2 te pumpe predpodmazivanja pomoćnih motora)
  - c. NC1<sup>6</sup> na MD 74 samo se mogu pročitati potrošači koje možemo koristiti ukoliko je na mreži sam generator za nuždu dok je kod NC2 elektroenergetski sustav puno razrađeniji i prikazan je na MD 71, 72 i 73.
2. NC1: Kompresor startnog zraka broj dva koristi se za punjenje jednog spremnika (jer za punjenje oba treba više vremena), no prije upućivanja kompresora (MD 60) treba:
  - a. osigurati hlađenje komprimiranog zraka tj. pripremiti cjevovod niskotemperaturne slatke rashladne vode (MD 10) otvaranjem odgovarajućih zapornih ventila, uključanjem automatske regulacije temperature te upućivanjem pomoćne pumpe,
  - b. hlađenje slatke vode morskom još nije potrebno jer se ista ohladila u cijevima,
  - c. otvoriti zaporni ventil za punjenje spremnika.NC2: Pomoćni motori upućuju se zrakom (MD59) iz posebnog spremnika ('Emergency') kojega je moguće nadopuniti na dva načina: 'emergency' kompresorom, koji ima zračno hlađenje ili ručnim kompresorom. Također je potrebno otvoriti zaporni ventil za punjenje spremnika.
3. Osigurati dovod zraka iz spremnika koji se puni do uputnih ventila pomoćnih motora (1 i 2).
4. Priprema podmazivanja pomoćnog motora (NC1: MD 71 ili 72; NC2: MD 75 ili 76):
  - a. nadopuna slivnog tanka ulja ('kartera') do 70 – 80 %,
  - b. otvaranje zapornog ventila na jednom tlačnom filtru,

---

<sup>5</sup> Kod ovih je generatora potrebno uključiti uzбудu (uzbudnu struju rotora; engl. magnetization, excitation...)

<sup>6</sup> NC1 - Norcontrolov simulator starije generacije; NC2 (nova generacija)

- c. upućivanje i uključivanje automatskog rada pumpe predpodmazivanja.
5. Priprema rashladnog sustava pomoćnog motora (NC1: MD 71 ili 72; NC2: MD 75 ili 76, ali i MD 1):
    - a. nadopuna cjevovoda slatke rashladne vode u ekspanzijsku posudu do 70 - 80 %, no u slučaju NC2 to ne treba i ne može se izvršiti,
    - b. NC1: otvaranje ventila na cjevovodu morske vode; NC2: slatka, VT i NT voda imaju rashladnike u kojima se hlade morskom vodom (MD 1) što treba pripremiti (vidi točku 10b),
    - c. pumpe se ne upućuju jer su privještene.
  6. Priprema cjevovoda goriva (NC1: MD 71 ili 72; NC2: Md 75 ili 76):
    - a. dovod odgovarajućeg goriva iz dnevnog tanka (NC1: MD 3; NC2: MD 5), što u ovoj situaciji znači DO, jer se HFO ne može koristiti (nema pare za grijanje),
    - b. otvaranje zapornih ventila kod cirkulacijske pumpe goriva i prije tlačnog filtra.
  7. Upućivanje pomoćnog motora:
    - a. manometarski tlak zraka za upućivanje mora biti najmanje: NC1: 15 bar; NC2: 14 bar,
    - b. na lokalnoj upravljačkoj ploči mora biti odabrana opcija *Lokal*,
    - c. upućivanje se vrši pritiskom (klikom srednje (NC1) ili lijeve (NC2) tipke miša) na dugme *Start*,
    - d. ukoliko je upućivanje uspješno privještene pumpe poprimaju boje odgovarajućih cjevovoda i indiciran je broj okretaja motora NC1:  $N \cong 1200 \text{ min}^{-1}$ ; NC2:  $N \cong 900 \text{ min}^{-1}$ .
  8. Priključenje generatora na mrežu (MD 70):
    - a. uključivanje i podešavanje uzbude (ako je potrebno) generatora kako napon ne bi odstupao za više od  $\pm 2\%$  od deklariranog (mreža je 440 V i 60 Hz),
    - b. na polju glavne razvodne ploče za sinkronizaciju odabire se odgovarajući generator te ako i kada se upali indikacija *Ready* vrši se priključenje,
    - c. sinkronizaciju nije potrebno izvršiti jer se generator električne energije u nuždi automatski isključuje s mreže,
    - d. isti će kraće vrijeme raditi bez opterećenja kako bi se motor ohladio, a zatim isključiti,
    - e. opcija automatskog uključivanja EG ostaje jer po pravilima klasifikacijskih društava on mora biti na mreži u roku ne dužem od 45 s od trenutka raspada mreže tj. ispada glavnih generatora.
  9. Priključenje potrošača na mrežu (NC1: MD 74; NC2: MD 71, 72, 73).
  10. Budući glavni generator električne energije daje dovoljno snage za bitne potrošače ponovo se pripremaju pomoćni sustavi:
    - a. upućuje se pomoćna pumpa slatke rashladne NT vode i nadopunjuje sustav pumpom preko ekspanzijske posude,
    - b. priprema se cjevovod morske rashladne vode (MD 01) otvaranjem odgovarajućih zapornih ventila, uključivanjem

- automatske regulacije temperature morske vode te upućivanjem pomoćne pumpe<sup>7</sup>,
- c. upućuju se svi kompresori zraka uz prethodno osigurano hlađenje te otvaranje zapornih ventila na tlačnom cjevovodu (ventila za punjenje spremnika)<sup>8</sup>,
  - d. iz spremnika radnog zraka dovodi se zrak za automatiku (*Control air*),
  - e. na upravljačkoj ploči glavnih potrošača električne energije (MD 102) za sva tri (NC2 = sva četiri) kompresora zraka odabire se opcija *Auto*, što znači da će se s postignutim nominalnim tlakom u spremnicima kompresori (njihovi pogonski elektromotori) isključiti, a s padom tlaka u spremnicima za jedan do nekoliko bara, ponovno uključiti.
11. Na upravljačkoj ploči glavnih generatora električne energije postavka za automatiziranu elektranu (MD 101):
- a. pripremiti (ne uputiti) na prethodno opisani način drugi pomoćni motor, uključiti i podesiti uzбудu generatora,
  - b. na lokalnim upravljačkim pločama odabiranje rada *Remote*,
  - c. kada na daljinskom upravljačkom panelu svijetli indikacija *Ready* može se uključiti automatski rad generatora na način da jedan (onaj koji u tom trenutku radi) bude višeg prioriteta, a drugi nižeg,
  - d. na polju *Control mode* može se odabrati način raspodjele snage između generatora kada rade u paralelnom radu.

Funkcije automatizirane elektrane:

1. rezervni pomoćni motor je spreman za upućivanje,
2. kada poraste opterećenje aktivnog generatora rezervni se upućuje, priključuje na mrežu (sinkronizacija, dovođenje u fazu, podešavanje napona se vrši automatski) i snaga se raspodjeljuje prema odabranom programu,
3. kada se opterećenje mreže smanji, npr. toliko da manje opterećeni generator daje manje od 10 % svoje nominalne snage, svo se opterećenje prebacuje na glavni generator, a generator nižeg prioriteta se isključuje s mreže,
4. upućivanje većih potrošača vrši se uz prethodno simuliranje opterećenja mreže (aktivnog generatora) pa se ukoliko simulacija pokaže da bi došlo do preopterećenja i raspada elektroenergetskog sustava broda, najprije upućuje rezervni generator i raspodjeljuje snaga, a tek potom potrošač,
5. prati rad generatora i upozorava na greške u sustavima,
6. sva se događanja zapisuju na pisaču u kontrolnoj prostoriji strojarnice.

---

<sup>7</sup> U slučaju NC2 to je već učinjeno

<sup>8</sup> U slučaju NC2 kompresor radnog zraka je prikazan na MD 60

## DRUGA VJEŽBA – KOLOKVIJ: potpaljivanje generatora pare

Zahtjev klasifikacijskog društva: **prilikom potpaljivanja može doći do eksplozije para goriva u ložištu te je potrebno izvršiti provjetravanje istog maksimalnim količinama zraka u trajanju od barem 15 s!**

Učitana vježba *I51 (za 2. kol BGP)* odgovara situaciji kada je uspostavljen rad glavnog generatora električne energije, tj. automatizirana elektrana, spremnici zraka su puni ili se automatski nadopunjuju, a hlađenje se izvodi pumpama lučke službe (auxiliary). Pored toga pripremljeni su i neki drugi pomoćni sustavi, kao npr. sustav ventilacije strojarnice, rashladni uređaj, sustav sanitarne vode...

1. Za potpaljivanje kotla (MD 84) potrebni su preduvjeti:
  - a. automatizirana elektrana ili dva glavna generatora EE na mreži, jer je ventilator zraka za izgaranje veliki potrošač električne energije,
  - b. zagrijano gorivo (HFO) ili se potpaljivanje vrši s lakim dizelskim gorivom (DO);
  - c. dovoljan tlak u spremniku radnog zraka te otvoren dovod kontrolnog zraka, jer su neki elementi sustava potpaljivanja pneumatski upravljani.
2. Upućivanje ventilatora zraka za izgaranje loženog kotla:
  - a. nije potrebno provjeravati opterećenje generatora EE koji je na mreži, jer se radi o automatiziranoj elektrani.
3. Osigurati maksimalni dovod zraka za izgaranje do gorionika (1 i 2):
  - a. količina zraka regulira se zaklopkama (ovdje su na usisu ventilatora);
  - b. upravljač se postavlja u položaj 'MAN' (manual);
  - c. u polje vrijednosti položaja zaklopki unosi se vrijednost 100 (%);
  - d. treba uočiti kako za potpuno otvaranje treba određeno vrijeme te će i za pritvaranje zaklopki, također, trebati određeni vremenski period.
4. Provjetravanje ložišta:
  - a. započinje desnim klikom miša na tipku *start* u polju PURGE, koja počinje svijetliti isprekidano,
  - b. dolazi do otvaranja pneumatski upravljanih zračnih registara na gorionicima,
  - c. sustav odbrojava podešeno vrijeme i po isteku zatvara registre, a tipka *start* prestaje svijetliti,
  - d. od završetka provjetravanja do detekcije plamena smije proteći podešeno vrijeme (ovdje iznosi 2 min), poslije čega treba ponovno provjetravati.
5. Pripremanje sustava goriva:
  - a. otvoriti dovod goriva iz odgovarajućeg dnevnog tanka (MD 03), što u ovom slučaju znači iz DO dnevnog tanka jer nema pare za grijanje teškog goriva,
  - b. upućivanje odgovarajuće pumpe;

- c. postavljanje troputnog ventila za prebacivanje (odabir tipa goriva) u položaj za odabrano gorivo.
6. Podešavanje gorive smjese za paljenje:
  - a. klapne zraka postavljaju se u položaj 15 (%),
  - b. regulacijski ventil goriva (upravljač također mora biti u položaju 'MAN') postavlja se u položaj 40 (%),
  - c. kada se paljenje vrši na HFO položaj klapni i ventila goriva je 15 i 10 (%).
7. Na dijelu upravljačke ploče kotla na kojoj se odabire tip gorionika potrebno je odabrati način rada s lakim dizelskim gorivom (DO) čime se određuje:
  - a. tip gorionika koji raspršuju gorivo samim tlakom (male sapnice),
  - b. paljenje bez dovoda pare za raspršivanje na gorionike.
8. Prihvatanje alarma niske temperature teškog goriva i niskog tlaka pare za raspršivanje, koji nisu bitni budući se potpaljivanje izvodi s lakim gorivom te resetiranje greške kotla i gorionika desnim klikom na tipke *Reset*.
9. Potpaljivanje se pokreće klikanjem tipke ON/OFF na upravljačkoj ploči kotla (gorionika):
  - a. u stvarnosti se otvara elektromagnetski ventil lakog dizelskog goriva na upaljač, a paljenje inicijalnog plamena vrši se pomoću električne iskre, što ovdje nije prikazano;
  - b. kada fotočelija detektira inicijalni plamen dolazi do otvaranja zračnih registara i elektromagnetskih ventila (u stvarnosti su dva spojena u seriju), a kada se pali s teškom naftom otvara se i ventil pare za raspršivanje;
  - c. kada fotočelija detektira stalan plamen na gorioniku zatvara dovod goriva na inicijalni upaljač.
10. Indikatori gustoće dima i udjela kisika u ispušnim plinovima koriste se za procjenu ispravnog rada:
  - a. dim ne bi trebao biti gust (debljina 'strelice'),
  - b. udio kisika bi trebao iznositi 1,5% (1 -2 %).
11. Daljnji slijed zadataka u postupku dovođenja kotla pod radni tlak:
  - a. postepeno zagrijavanje kotlovske vode pri čemu brzinu porasta temperature određuje proizvođač (ne smije biti prevelika jer postoji opasnost toplinskih dilatacija i pucanja cijevi ili zavarenih slojeva), a može se koristiti i drugi gorionik,
  - b. odušivanje, do postizanja temperature zasićenja (početak isparavanja),
  - c. kada se postigne tlak pare od nekoliko bara postepeno se otvara glavni parni ventil i para pušta na potrošače,
  - d. kada se postigne nominalni tlak uključuje se automatsko upravljanje radom kotla te sustav upravljanja gorionicima, a može se odabrati i nominalni tlak (LOW settings – kada se para koristi samo za zagrijavanje npr. goriva, HIGH settings – kada se koristi za grijanje tereta ili pogon parnih turbina koje pokreću generator električne energije ili pumpe tereta):
  - e. kada se zagrije teška nafta u dnevnom tanku izvrši se prebacivanje na to, jeftinije gorivo.

Potpaljivanje kotla i para:

1. potpaljivanje je rizična operacija zbog mogućnosti eksplozije u ložištu,
2. može se pokrenuti ručno ili automatski, no slijed je uvijek isti,
3. regulacija rada kotla, a prije svega, gorive smjese je važna jer je potrebno osigurati potpuno izgaranje goriva, no ne s prevelikim količinama zraka koje bi ohladile ložište i smanjile toplinsku iskoristivost kotla,
4. para je važna u postupku pripreme glavnog porivnog stroja jer se njome zagrijava teško gorivo koje je jeftinije od lakog, pa ga današnji sporookretni motori koriste u svim režimima rada (pa tako i kod upućivanja).

## TREĆA VJEŽBA – KOLOKVIJ: priprema i upućivanje glavnog porivnog stroja

Glavni porivni stroj je sporookretni dizelski motor MAN-B&W 5L90 MC (promjer cilindra 900 mm, stapaj 2900 mm). Uputit će se na teško dizelsko gorivo.

Učitana vježba *I02 (At harbour)* odgovara situaciji kada je uspostavljen rad glavnog generatora električne energije, tj. automatizirana elektrana, spremnici zraka su puni ili se automatski nadopunjuju, a hlađenje se izvodi pumpama lučke službe. Brodski loženi generator pare radi automatski, tj. glavni regulator održava manometarski tlak sekundarne pare od 8 bar. Teško gorivo u dnevnom tanku zagrijano je na uobičajenu temperaturu (>60°C).

1. Predgrijavanje motora (MD 10):
  - a. predgrijavaju se košuljice i glave cilindra,
  - b. vrši se visokotemperaturnom slatkom rashladnom vodom (kraće VT vodom, engl. HTFW) koju se zagrijava parom;
  - c. potrebno je zatvoriti mimovodni ventil zagrijača vode, otvoriti zaporne ventile vode i pare ka grijaču, uputiti jednu od dvije glavne pumpe VT vode te uključiti automatsku regulaciju temperature vode na izlazu iz motora (80°C).
2. Priprema cjevovoda podmazivanja motora (MD 12):
  - a. razine u svim prikazanim tankovima ulja su zadovoljavajuće, a ako treba može se izvršiti nadopunjavanje;
  - b. (zbog viskoznosti je ulje potrebno zagrijavati, no ovdje nije ugrađen grijač u slivni tank te je jedina mogućnost zagrijavati ulje prije separacije);
  - c. prije upućivanja glavne pumpe ulja otvaraju se zaporni ventili i uključuje automatska regulacija temperature ulja (45°C);
  - d. uočiti dva dovoda 'karterskog' ulja na motor;
  - e. analogno se priprema cjevovod ulja za podmazivanje bregastog vratila;
  - f. (ručno pokretanje mazalica - lubrikatora).
3. Priprema cjevovoda komprimiranog zraka (MD 60):
  - a. sustav je već automatiziran (1. kolokvij);
  - b. treba otvoriti zaporni ventil za dovod startnog zraka do glavnog motora, jer se u ovom sustavu pomoćni motori upućuju zrakom iz istih spremnika.
4. 'Oslobađanje' glavnog uputnog ventila (MD 20):
  - a. blokiranjem se sprječava nenamjerno otvaranje glavnog uputnog ventila, a 'oslobađanje' je ovdje prikazano pomoću dva 'block' ventila koja je potrebno otvoriti.
5. Pokretanje motora s malim brojem okretaja kako bi se propuhali cilindri i razmazalo ulje za podmazivanje:
  - a. pumpe ulja moraju biti upućene,
  - b. može se izvršiti uređajem za polagano pokretanje (engl. turning gear) ili startnim zrakom, ali pomoću ventila za polagano okretanje (engl. slow turn valve);

- c. ovdje se 'turning gear' ne može koristiti pa mora biti van zahvata (engl. disengage), a u protivnom je onemogućeno pokretanje motora zrakom prekidom upravljačkog signala za ventil startnog zraka;
  - d. otvaraju se indikacijski pipci na svim glavama cilindara;
  - e. (provjera stanja oko brodskog vijka kojom se provjerava da li se smije pokrenuti istog, jer je vijak kruto vezan s motorom;)
  - f. otvaranje ventila za polagano pokretanje vrši se s odabrane upravljačke ploče – lokalne ili u kontrolnoj prostoriji strojarnice i napravi se nekoliko punih okreta motora kako bi svi stapovi razmazali cilindarsko ulje i izvršili propuhivanje cilindara;
  - g. po zatvaranju ventila za polagano pokretanje zatvaraju se indikacijski pipci.
6. Priprema pomoćnih puhala (MD 20 ili 102):
- a. turbopuhalima kod startanja motora pomažu elektromotrima pogonjena pomoćna puhala,
  - b. uključuje se automatski rad istih na bilo kojoj od navedenih stranica modela.
7. Priprema cjevovoda goriva (MD 2 i MD 3):
- a. dovod teškog goriva iz dnevnog tanka (troputni ventil u položaju 0%) i upućivanje napojne pumpe,
  - b. prije upućivanja cirkulacijske (booster) pumpe otvaraju se zaporni ventili goriva do motora, pare na zagrijač goriva te uključuje automatska regulacija viskoziteta (15 cST);
  - c. ukoliko će za postupak pripreme trebati više vremena, napojna se pumpa može isključiti, a podešena vrijednost viskoziteta promijeniti na višu (npr. 22 cST).
8. (Priprema cjevovoda ulja za podmazivanje ležajeva statvene cijevi (MD 54):
- a. nadopuna tankova i upućivanje dobavne pumpe;
  - b. uključivanje automatske regulacije razine ulja u gravitacijskim tankovima;
  - c. osiguranje rashlade ulja.)
9. (Priprema kormilarskog uređaja (MD 58):
- a. od dva jednaka sustava ulja uputi se jedan (pumpa i zaporni ventili);
  - b. otvara se ventil za blokadu lista kormila (redosljed: F5 ili F6, polje *View* tipka *Variable page*, tipka 5810 *Steering gear system*, u toolbaru 2x strelica dolje te pri kraju stranice vrijednost *Steering gear safematic valve* na 1).)
10. (Otpuštanje priključenih cijevi ili kabela na kopno:
- a. na MD 62 zaustavlja se pumpa iskrcaja taloga i zatvara ventil.)
11. (Priprema kotla na ispušne plinove (MD 80):
- a. nije propisano, ali se zbog mogućnosti zapaljenja čađavih naslaga na cijevima kotla na ispušne plinove ukoliko se iste ne hlade, u pravilu uvijek prije upućivanja motora uputi cirkulacijska pumpa.)
12. Priprema cjevovoda rashladne vode (MD 1 i MD 10):
- a. upućuje se glavna pumpa morske vode, a kada se uspostavi tlak, zaustavlja pumpa lučke službe;



- b. upućuje se glavna pumpa niskotemperaturne rashladne vode, kraće NT pumpa (engl. LTFW);
  - c. prestaje se zagrijavati motor, tj. mijenja položaj zapornih ventila na parnom grijaču za hlađenje;
  - d. otvaraju se ventili NT vode na rashladnicima ulja za podmazivanje bregastog vratila, ulja temeljnih ležajeva i križne glave te ispirnog zraka.
13. Upućuje se napojna pumpa goriva i podešava po potrebi viskozitet goriva.
14. (Odvezivanje broda ili dizanje sidra:
- a. redosljed: F5 ili F6, polje *View* tipka *Variable page*, toolbar strelica dolje, tipka *9000 Sim control*, predzadnji red parametar *mooring condition* na 0.)
15. Upućivanje motora (MD 104 i MD 110):
- a. časnik stroja preuzima upravljanje u kontrolnu prostoriju strojarnice - ECR (ukoliko to već nije učinjeno);
  - b. prebacivanje upravljanja na most (BCR) vrši se pri istom položaju ručice 'telegrafa' (nulti položaj u ovom slučaju);
  - c. na upravljačkom panelu u ECR (MD 104) klikne se na tipku *Bridge control* u polju *Responsibility transfer* koja počne svijetliti isprekidano;
  - d. na upravljačkom panelu u BCR (MD 110) klikne se na tipku *Bridge control* u polju *Responsibility transfer* koja počne svijetliti kontinuirano, što znači da to postaje glavna upravljačka ploča;
  - e. upućivanje se vrši desnim klikom na broj 50 naprijed ili nazad ili upisivanjem vrijednosti 50 u polje *Control lever*;
  - f. iznad ručice 'telegrafa' pojavljuju se brojčani podaci željenog broja okretaja i stvarnog broja okretaja motora.

Napomene:

1. točke u zagradi nisu potrebne za kolokvij i neće se negativno ocjenjivati njihovo neizvršavanje, ali mogu biti svojevrsni bonus ukoliko se ostali zadaci ne izvrše apsolutno točno;
2. postupak pripreme odgovara ovom pogonu i u nekom drugom slučaju može uključivati i neke druge zadatke, kao što je priprema ulja za podmazivanje reduktora ukoliko isti postoji te priprema hlađenja ulja reduktora ili ukopčavanje izvrstive kopče;
3. redovito se provjerava i mogućnost prekretanja motora, tj. sposobnosti vožnje u nazad, posebno kod uplovljavanja, no ovdje to nije izvršeno jer vožnja u nazad neće biti potrebna.

## **ČETVRTA VJEŽBA: postizanje nominalnog broja okretaja glavnog porivnog stroja i pomoćni uređaji**

**Nakon uspješnog upućivanja glavnog motora postavlja se zahtjev za povećanje broja okretaja, a kada se postigne nominalni broj okretaja, što će odgovarati i isplavljanju na otvoreno more, pripremaju se i startaju još neki pomoćni uređaji.**

Učitana vježba *I55 (E23\_BPS\_4.kol)* odgovara situaciji nakon trećeg kolokvija, tj. glavni motor radi s pola opterećenja, generator pare održava manometarski tlak od 8 bar, pomoćni sustavi (morska, NT i VT rashladna voda, komprimirani zrak...) rade optimalno.

1. Uključenje automatskog upravljanja radom glavnih pumpi (MD 102):
  - a. sve glavne pumpe potrebne za rad glavnog motora te kormilarskog uređaja (ovdje su svrstane i pumpe hidrauličkog upravljanja nagibom krila propelera, ali samo ako je odabran taj porivni sklop) su upućene;
  - b. na upravljačkoj ploči glavnih potrošača električne energije već je uključeno automatsko upravljanje glavnim kompresorima zraka te pomoćnim puhalima glavnog motora;
  - c. uključuje se automatsko upravljanje svih glavnih pumpi (morske, NT i VT slatke rashladne vode, 'karterskog' ulja, ulja za podmazivanje bregastog vratila, napojne i cirkulacijske pumpe goriva, pumpe kormilarskog uređaja (na MD 58 treba pripremiti i drugi hidraulički cjevovod).
2. Automatsko upravljanje podrazumijeva:
  - a. uključivanje aktivne pumpe kada se nakon prethodnog raspada elektroenergetskog sustava (engl. black-out) ponovno na mrežu priključi glavni generator električne energije;
  - b. upućivanje rezervne pumpe ukoliko dođe do pada tlaka u cjevovodu ili greške aktivne pumpe i upozoravanje o događaju isprekidanim svjetlom;
  - c. (zamjena aktivne i rezervne pumpe nakon određenog broja radnih sati;)
  - d. (ispisivanje svih događaja u sustavu na pisač u kontrolnoj prostoriji strojarnice;)

- e. sljedeće pumpe, koje nisu prikazane na upravljačkoj ploči, također će se automatski uključiti nakon uspostave EE sustava: cirkulacijske pumpe kotla na ispušne plinove, ventilator zraka za izgaranje loženog kotla, pumpe teškog i lakog goriva loženog kotla, glavne pumpe kondenzata i napojne vode te vakuum pumpe kondenzatora.
3. Povećanje opterećenja – broja okretaja glavnog stroja (MD 110 ili 104 ako je upravljanje iz ECR):
- a. opterećenje se povećava guranjem ručice telegrafa u položaj kojem odgovara veći %-tak nominalnog broja okretaja pa do krajnjeg položaja;
  - b. opterećenje se uvodi postepeno kako bi se situaciji prilagodili pomoćni sustavi motora (ulje, voda, ispirni zrak...) i sama konstrukcija;
  - c. čak i kada bi se ručica telegrafa odmah postavila u krajnji položaj, sustav upravljanja ima ugrađenu zaštitu koja takvo (neodgovorno) ponašanje sprječava;
  - d. na upravljačkoj bi se ploči upalila svjetlosna signalizacija o uključenom programu zaštite motora;
  - e. zbog uključene zaštite stvarni će se broj okretaja postepeno izjednačavati s podešenim koji je odabran položajem ručice telegrafa;
  - f. ako, međutim, postoje opravdani razlozi za naglo uvođenje opterećenja (brod treba brzo udaljiti iz prostora ratnih djelovanja, nadolazećeg velikog plimnog vala i sl.), kada nema smisla štititi motor i time mu produljiti vijek trajanja, jer postoji realna opasnost gubitka cijelog broda i tereta, ugrađeni programi zaštite mogu se premostiti pritiskom na tipke *Override* na upravljačkoj ploči;
  - g. nakon premoštenja programa zaštite stvarni broj okretaja brže se izjednačava s traženim.
4. Sustav iskorištenja otpadne topline (MD 65):
- a. neki uređaji – strojevi koji iskorištavaju otpadnu toplinu glavnog stroja već su spominjani: kotao na ispušne plinove – utilizator te turbopuhala;
  - b. ovdje je ugrađen cjevovod termalnog ulja koji koristi energiju ispirnog zraka glavnog stroja za zagrijavanje goriva u tankovima;
  - c. turbopuhala povećavaju tlak ispirnog zraka za 2 do 4 puta pa temperatura zraka raste iznad 100°C (vidi MD 13);

- d. ispirni se zrak hladi NT vodom no serijski je na taj cjevovod spojen i rashladnik s termalnim uljem;
  - e. ulje prikuplja većinu otpadne energije ispirnog zraka, a NT voda ostatak;
  - f. potrebno je otvoriti zaporne ventile te startati jednu pumpu termalnog ulja (startanje druge pumpe može biti automatsko);
  - g. svaki tank goriva ima troputni regulacijski ventil za podešavanje želejnog protoka – temperature goriva.
5. Kotao na ispušne plinove:
- a. kod nominalne snage glavnog stroja i odgovarajuće količine ispušnih plinova proizvodi dovoljno pare za rad turbogeneratora i brodske potrebe (ne i grijanje tereta);
  - b. kotao ložen naftom radi automatski (glavni – master kontroler i svi pomoćni uključeni automatski rad, uključeni *burner management*);
  - c. prije postupka pripreme ispustiti kondenzat iz pregrijača pare (povremeno se ispušta i kasnije);
  - d. ručno se otvaraju klapne kotla te će zbog povećanja tlaka sekundarne pare doći do zaustavljanja rada loženog kotla (gašenja plamena);
  - e. uključuje se automatsko upravljanje radom kotla na ispušne plinove – upravljanje klapnama;
  - f. zaustavljanju se pumpa goriva i ventilator zraka loženog kotla, ali će se isti automatski uputiti ukoliko dođe do smanjenog opterećenja glavnog porivnog stroja.

## **PETA VJEŽBA: pomoćni sustavi i automatizacija**

**Glavni motor radi s nominalnim brojem okretaja. Kotao na ispušne plinove radi automatski, a uključen je automatski rad loženog kotla koji će se uključiti kod smanjenog opterećenja glavnog motora. Uključen je automatski rad pumpi. Brod je na otvorenom moru.**

1. Uključenje turbogenerators (MD 86):
  - a. sustav pare radi optimalno i automatski se održava potrebni tlak pare;
  - b. para iz turbine ide u kondenzator (MD 85) koji je vakuumski te je potrebno postići 20 %-tni vakuum uključanjem vakuum pumpe (može i obje kako bi se to postiglo prije, a kasnije se jedna isključi);
  - c. potrebno je na turbinu dovesti brtvenu paru (engl. sealing steam) jer će u protivnom kroz labirintne brtve biti usisavan zrak i vakuum se neće moći postići (moraju biti zatvoreni i izlazni ventili pare na turbinama za pogon pumpi tereta);
  - d. uključuje se glavna pumpa kondenzata koja vraća isti u tank napojne vode kotla;
  - e. tlak u kondenzatoru ovisi i o protoku rashladne morske vode pa je potrebno otvoriti i podesiti protok iste,
  - f. iz turbine i cjevovoda ispušta se kondenzat, a povremeno se to ispuštanje može izvršiti i tijekom postupka upućivanja;
  - g. iz tanka ulja ispusti se istaložena voda, nadolije se ulje, uključiti elektromotorom pogonjena pumpa ulja te automatsko upravljanje istom (ventil za rashladnu NT vodu može se otvoriti i kasnije, kada se ulje u tanku zagrije na  $>40^{\circ}\text{C}$ );
  - h. uređaj za polagano pokretanje mora biti van zahvata (kao i kod glavnog motora);
  - i. otvoreni izlazni ventil pare iz turbine i labirintnih brtvi;
  - j. dovod pare iz kotla na ispušne plinove;
  - k. poništavanje (reset) greške turbine;
  - l. u dovodnoj cijevi ne smije biti kondenzata koji bi mogao izazvati hidraluički udar – aksijalni pomak rotora pa se po potrebi izvrši ispušt;
  - m. uočiti da na dovodnoj cijevi pare postoje dva ventila: jednim upravlja regulator kada se pritisne tipka ON, a

- drugi (engl. emergency stop valve) se ručno otvara (automatski će se zatvoriti u slučaju greške turbine);
- n. postepenim otvaranjem drugog (emergency) ventila treba postići oko 1200 okretaja po minuti i pustiti da turbina vrti oko 2 min kako bi se jednoliko progrijala (kontroliraju se vibracije i zvukovi);
  - o. zatim se okretaji dižu na oko 4000 po minuti, a nakon toga se ventil otvara u potpunosti;
  - p. radom turbine upravlja regulator koji djeluje na regulacijski ventil u skladu s opterećenjem (uočiti kako je isti skoro u potpunosti zatvoren, jer još nema opterećenja);
  - q. ukoliko se ulje još ne hladi provjeriti temperaturu i započeti hlađenje;
  - r. uključiti uzbudu generatora i priključiti ga na mrežu te na upravljačkoj ploči uključiti automatsko upravljanje;
  - s. turbogenerator ima prioritet, jer električnu struju proizvodi iz otpadne energije, tj. najjeftinije.

## ŠESTA VJEŽBA: pomoćni sustavi i automatizacija

**Glavni motor radi s nominalnim brojem okretaja. Uključen je automatski rad pumpi. Brod je na otvorenom moru.**

1. Uključenje uređaja za proizvodnju slatke (destilirane) vode (MD 61):
  - a. temperatura rashladne VT vode na izlazu iz motora iznosi 80°C;
  - b. koristi se otpadna energija sadržana u istoj;
  - c. iz uređaja je ispuštena rasolina (engl. brine), dakle otvoreni su odzračni i drenažni (ispusni) ventil (automatski ventil za održavanje potlaka također je zatvoren).
2. Zatvaraju se odzračni i drenažni ventil kako bi se posuda hermetički zatvorila.
3. Otvara se usisni ventil te starta pumpa morske vode koja puni uređaj i daje pogonski fluid obaju ejektora. Ista siše iz cjevovoda morske vode i to tlačne strane pumpi morske vode (MD 01).
4. Otvara se ventil za dovod morske vode uređaju te ispusni ventil na izlaznoj strani ejektora (ispust van broda). Ventil za punjenje može se otvoriti i naknadno, tj. kada apsolutni tlak u uređaju poprimi zadovoljavajuću vrijednost. Uređaj se počinje puniti morskom vodom i na instrumentu koji pokazuje apsolutni tlak vrijednost počinje padati ispod 1 bar (ispod atmosferskog tlaka).
5. Apsolutni tlak u uređaju trebao bi poprimiti vrijednost ne veću od 0,2 bar (80 %-tni vakuum).
6. U sustavu morske vode otvara se ventil za dovod mora u kondenzator uređaja, a prigušni (regulacijski) ventil otvara se postepeno do željene vrijednosti (100 %). Grijanje vode postiže se otvaranjem izlaznog ventila ogrjevnice (VT motora), otvaranjem ulaznog ventila ogrjevnice te postepenim potpunim zatvaranjem mimovodnog ventila (0%).
7. Uključuje se automatsko održavanje potlaka klikanjem tipke ON na panelu *Vacuum control*.
8. Kada se na pokaznom staklu kondenzatora pokaže dovoljna količina destilata uključuje se pumpa destilata i automatska kontrola slanosti (saliniteta).
9. Ukoliko je slanost zadovoljavajuće niska sustav otvara elektromagnetski ventil prema skladišnom tanku destilirane

vode, a ako je previsoka otvara elektromagnetski ventil za povrat u uređaj te će se takav destilat izbaciti ejektorom van broda.

Ovako proizvedena destilirana voda zadovoljava većinu brodskih sustava, što ne znači da je nepotrebna dodatna obrada. Kotlovskej vodi te rashladnoj vodi dizelskih motora dodaju se aditivi, a kada se koristi kao voda za piće i kuhanje sterilizira se i mineralizira. Kapacitet uređaja trebao bi biti takav da zadovoljava brodske potrebe za slatkom vodom: za piće, pranje i kuhanje posade (i putnika) te gubitke (namjerne ili nenamjerne) u spomenutim brodskim sustavima.



## **SEDMA VJEŽBA: pomoćni sustavi i automatizacija**

**Glavni motor radi s nominalnim brojem okretaja. Uključen je automatski rad pumpi. Brod je na otvorenom moru i plovi nominalnom plovidbenom brzinom. Propisima o morskog zaštiti okoliša (prilozi konvencije MARPOL) zabranjeno je ispuštanje ulja s brodova.**

1. Preduvjeti za uključenje uređaja za pročišćavanje kaljužne vode (MD 62 i 63):
  - a. brod mora ploviti određenom brzinom, jer je ta činjenica povezana s automatskim prekidanjem ispuštanja pročišćene vode u more;
  - b. prikazani sustavi ponešto su pojednostavljeni pa uređaj koristi glavnu pumpu kaljuže koja siše iz nekoliko kaljužnih zdenaca, a ne zasebnu pumpu (manju) koja usis vrši iz sabirnog tanka kaljuže;
  - c. prikazani uređaj odgovara tipu tvrkte 'Turbulo'.
2. U sustavu kaljuže (MD 62) otvori se jedan ili više zaporno-nepovratnih ventila za usis kaljužne vode iz kaljužnih zdenaca ili istaložene vode u tanku taloga. Ukoliko u tanku taloga nema istaložene vode, već se radi o uljnim ostacima, iste se može spaliti u spaljivaću smeća:
  - a. otvaraju se usisni i tlačni ventil pumpe taloga i uključuje pumpa;
  - b. potpaljuje se spaljivač pritiskom tipke ON.
3. Otvara se tlačni ventil pumpe te zaporni ventil za ispuštanje pročišćene vode van broda.
4. Uključuje se električni grijač separatora, a kada se postigne odgovarajuća temperatura uključuje se pumpa kaljuže.
5. Uključuje se automatsko upravljanje pumpe i separatora kaljuže:
  - a. nakon filtarske sekcije separatora mjeri se milijuntni udio ulja u vodi te ukoliko je zadovoljavajući (ovdje je podešeno 12 ppm, a u propisima je 15 ppm) sustav upravljanja otvara elektromagnetski ventil za ispuštanje van broda;
  - b. ukoliko je udio veći od podešenog ventil za ispuštanje se zatvara, a otvara ventil za povrat u tank čiste kaljuže, iz kojeg se može ponovno pročišćavati;
  - c. sustav upravljanja prima signal i o razini sakupljenog ulja na vrhu separatora te povremeno otvara elektromagnetski ventil za ispuštanje ulja u tank taloga;

d. brzina broda je važan faktor, jer sustav upravljanja mjeri ukupni protok pročišćenog medija van broda i udio ulja u njemu i mora automatski prekinuti ispuštanje ukoliko se premaši vrijednost od 30 l/NM.

## OSMA VJEŽBA: pomoćni sustavi i automatizacija

Glavni motor radi s nominalnim brojem okretaja. Uključen je automatski rad pumpi. Brod je na otvorenom moru i plovi nominalnom plovidbenom brzinom.

1. Snimanje otvorenog indiciranog dijagrama ( $p/\phi$ ), zatvorenog indiciranog dijagrama ( $p/V$ ), dijagrama usisa – ispuha (engl. weak spring diagram) te  $\Delta p/\phi$  dijagrama (MD 120, 121, 122, i 123):
2. Za sve je dijagrame isti postupak:
  - a. u stupcu INDICATE selektira se cilindar za koji ćemo snimati dijagram i u nastavku reda se može upisati komentar;
  - b. u sljedećim stupcima selektira se boja krivulje koja će odgovarati odabranom cilindru.
3. Lijevo od dijagrama digitalno se indiciraju podaci:
  - a. opći o radu motora: broj okretaja, indeks pumpe goriva, srednji indicirani tlak, indicirana snaga;
  - b. o procesu izgaranja: kut početka izgaranja, maksimalni tlak izgaranja, kut u kojem je postignut maksimalni tlak izgaranja te tlak kompresije;
  - c. o procesu ubrizgavanja goriva: tlak početka ubrizgavanja, maksimalni tlak ubrizgavanja, kut početka ubrizgavanja, trajanje ubrizgavanja;
  - d. ako se odabere 'weak spring' dijagram očitavaju se i tlakovi ispiranja te ispuha.
4. Upisati u tabelu tražene podatke za svih pet cilindara!

Broj cil. [j]	1	2	3	4	5
$p_{sr}$ [bar]					
$P_i$ [kW]					
$\phi_{o,izg}$ [°]					
$p_{max}$ [bar]					
$\phi_{maxp}$ [°]					
$p_{komp}$ [bar]					
$p_{ubr,sr}$ [bar]					
$p_{ubr,max}$ [bar]					

$\varphi_{o,ubriz}$ [°]					
$\Delta\varphi_{ubriz}$ [°]					
$p_{ispir}$ [bar]					
$p_{ispuh}$ [bar]					

5. Izračunati stupanj iskoristivosti stroja(rnice)  $\eta_{str}$  definiran prema

$$\eta_{ef,p} = (\eta_m \eta_o) \eta_v \eta_h$$

$$\eta_{ef,p} = (\eta_{str}) \eta_v \eta_h$$

$$\eta_{str} = \eta_m \eta_o$$

$$\eta_m = \frac{P_b}{P_i}$$

$$\eta_o = \frac{P_d}{P_b}$$

$$\eta_{str} = \frac{P_d}{P_i}$$

gdje je  $\eta_{ef,p}$  efektivni stupanj iskoristivosti propulzije,  $\eta_m$  unutarnji stupanj iskoristivosti motora,  $\eta_o$  stupanj iskoristivosti osovine (vratila),  $\eta_v$  stupanj iskoristivosti vijka,  $\eta_h$  stupanj iskoristivosti trupa (engl. hull),  $P_i$  [kW] indicirana snaga motora,  $P_b$  [kW] kočiona snaga motora (engl. brake) – snaga na prirubnici motora,  $P_d$  [kW] snaga na brodskom vijku.

Snaga dovedena vijku (približno) se mjeri torziometrom i treba ju učitati s upravljačke konzole motora u ECR, dok se indicirana snaga dobije prema izrazu

$$P_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} \quad , \quad (\text{u našem je slučaju } n=5 \text{ – broj cilindara})$$

te je stupanj iskoristivosti stroja dan izrazom

$$\eta_{str} = \frac{P_d}{P_i} = \frac{P_d}{\sum_{j=1}^n P_{ij}}$$

## **DEVETA VJEŽBA: skladištenje, transfer i priprema goriva**

**Goriva (HFO i DO) se skladište u skladišne tankove. Ukoliko se tankovi prepune kod ukrcaja (ili u bilo kojem drugom slučaju) gorivo (i ulje za podmazivanje) se prelije u preljevni tank. Goriva i ulja su prljava te se prije upotrebe u strojevima čiste.**

1. Na MD 05 prikazani su skladišni tankovi teškog goriva. Griju se parom ili termalnim uljem. Nije potrebno grijati uvijek, već se to može učiniti prije postupka transfera. Dapače, kontinuirano grijanje goriva u skladišnim tankovima predstavlja gubitak energije, a može dovesti i do polimerizacije istog.
2. Transfer pumpama prebacuje se gorivo između skladišnih i preljevnog tanka ili iz njih k taložnim tankovima (MD 04). Prije startanja transfer pumpe otvaraju se usisni ventil iz tanka iz kojeg će se prebacivati gorivo te tlačni ventil k tanku u koji ćemo gorivo prekrcati.
3. Ugrađena su dva taložna tanka teške nafte. Gorivo se tijekom 24 h taloži u jednom, a koristi iz drugog. Taložni se tankovi griju kontinuirano, jer se grijanjem smanjuje kinematički viskozitet i olakšava čišćenje taloženjem vode i krutih čestica na dno tanka. Povremeno se ispušta talog (u tank taloga) otvaranjem ventila za ispušt na dnu tanka. Ventil može biti i elektromagnetski, upravljani automatski.
4. Teško gorivo iz taložnog tanka siše pumpa separatora goriva i u pravilu se vodi u dnevni tanka teškog goriva (MD 03). Može se pročišćeno gorivo vraćati i nazad u taložni tanka, ako je npr. dnevni tank pun čistog goriva, ili se gorivo siše iz dnevnog i vraća u njega, čime ga dodatno pročišćavamo.
5. Lako se gorivo ovdje koristi vrlo rijetko (nužda, potpaljivanje kotla i sl.) i čišće je od teškog te nema taložnih tankova. Pumpa separatora lakog goriva siše isto iz skladišnog tanka i baca u dnevni tank lakog goriva (MD 03).
6. Ugrađena su dva separatora teškog i jedan lakog goriva (MD 03 i detaljno MD 06, 07 i 08). U pravilu radi jedan separator teškog goriva koji je dovoljnog kapaciteta za sve potrošače.
7. Upućivanje separatora teškog goriva:
  - a. otvoriti usis (iz taložnog tanka) i izlaz iz separatora (u dnevni tank), otvoriti ventil za dovod prljavog goriva u

- separator, dovod vode za ispiranje i upravljanje te ventil pare za grijanje goriva;
- b. startati pumpu i podesiti protok prigušnim ventilom;
  - c. uključiti automatsku regulaciju temperature i podesiti vrijednost na 98°C;
  - d. uključiti separator pritiskom na tipku start na upravljačkoj ploči;
  - e. kada se postigne potreban broj okretaja (vidi svjetlosnu indikaciju *waiting for speed* na ploči ALCAP upravljačkog sustava) uključuje se ALCAP pritiskom na tipku start;
  - f. kada se postigne željena temperatura goriva otvara se ventil za dovod goriva u separator, a tada će se uočiti i protok čistog goriva iz separatora.
8. Dnevni tankovi teškog goriva se griju kontinuirano (parom ili termalnim uljem) na 60 do 70°C. Lako se gorivo grije prilikom postupka prebacivanja rada motora s jednog na drugi tip goriva.

## DESETA VJEŽBA: osovinski generator

**Glavni motor radi s nominalnim brojem okretaja. Plovidba otvorenim morem.**

1. Frekvencija proizvedene struje smije odstupati  $\pm 2\%$ . Ovdje se željena frekvencija postiže statičkim pretvaračem frekvencije (MD 73). (Stariji sistemi su koristili mehaničko-hidrauličke prijenosnike, npr. RENK.)
2. Pripremljen je sustav kontrolnog zraka, koji se dovede do pneumatski upravljane izvrstive kopče. Na MD 70 spoje se glavne sabirnice 1 i 2.
3. Odabrano je lokalno upravljanje kopčom te se na upravljačkom panelu pritisne tipka IN/OUT.
4. Na kontrolnom panelu pritisne se tipka START u polju *Synch. Cond.* te se na MD 70 u polju *Semi. Auto. Synch.* odabere SG (shaft generator). Kada se upali lampica *ready* (može biti potrebno dodatno podešavanje frekvencije i induciranog napona) priključi se generator na mrežu.
5. Osovinski generator u pravilu je glavni generator, osim kada je na mreži turbogenerator.
6. Priključenje osovinskog generatora na mrežu može se izvršiti i automatski, uključanjem daljinskog (engl. remote) upravljanja kopčom te uključanjem automatskog načina rada i pririteta na MD 101.
7. Ako turbogenerator zadovoljava sve potrošače tijekom plovidbe, višak snage može se prenijeti na osovinski generator koji može raditi kao motor (PTI način rada). Ovdje čak i dizelski generatori koriste tešku naftu (vidi spoj cjevovoda goriva pomoćnih motora s cjevovodom goriva glavnog motora na MD 02) pa je i paralelni rad turbo i dizelskog generatora te PTI načina rada osovinskog dobra opcija za smanjenje ukupne potrošnje goriva.

## **JEDANAESTA VJEŽBA: indikacija, alarmiranje i zaštitno djelovanje**

Klasifikacijska društva propisuju koji se parametri moraju prikazivati (indicirati) te, u ovisnosti o razini automatiziranosti strojarnice, gdje se moraju nalaziti indikatori. Indikacija može biti analogna i digitalna, na poziv i stalna. Stalna indikacija ne podrazumijeva trenutno mijenjanje numeričke vrijednosti (kod digitalnog prikaza), jer bi to ljudskom oku bilo prebrzo. Mijenjanje vrijednosti vrši se svakih nekoliko sekundi.

Nadalje, klasifikacijska društva propisuju u slučaju kojih nedopuštenih promjena kojih parametara se mora aktivirati alarm te kako i gdje će se manifestirati. To je zvučni i svjetlosni signal, u kontrolnoj prostoriji strojarnice, na komandnom mostu, u kabinama dežurnog časnika i upravitelja stroja.

Također, propisano je i zaštitno djelovanje, prije svega na glavni motor tj. porivni sustav, ali i za druge važnije strojeve i uređaje na brodu. Zaštitno djelovanje može biti uključivanje rezervne pumpe, smanjenje opterećenja, prekid rada i sl.

Učitana vježba *105 (Full Ahead)* odgovara situaciji nakon trećeg kolokvija i postignutih rezultata na prethodnim vježbama. Plovidba otvorenim morem. Svi strojevi i uređaji rade optimalno.

### **1. Indikacija parametara:**

- a. lokalno u strojarnici: tlak prije i poslije pumpe, prije i poslije filtra, temperatura obaju fluida prije i poslije izmjenjivača topline, razina vode u parnom bubnju kotla, razina u tanku i dr.;
- b. daljinski, u kontrolnoj prostoriji strojarnice i na mostu (manji broj bitnijih parametara);
- c. analogni pokazivači s kazaljkom, nivokazno staklo i dr.;
- d. digitalni (brojčani), stalno ili na poziv;
- e. fizički i virtualni (na ekranu);
- f. prijenos vrijednosti do daljinskih indikatora izvodi se električnim signalom (pretvarači i kabeli), a zbog izloženosti kabela toplini strojarnice povremeno je potrebno izvršiti baždarenja.

### **2. Alarmiranje:**

- a. alarm se manifestira zvučnim i svjetlosnim signalom u strojarnici i kontrolnoj prostoriji (ovdje samo zvučni signal na instruktorskoj konzoli), na centralnom



upravljačkom mjestu pojavljuje se isprekidano svjetlo alarmne grupe kojoj alarm pripada, a na MD sustava kojem pripada isprekidano svijetli crveno uokvireno slovo L – low (vrijednost je preniska) ili H – high (vrijednost je previsoka);

- b. alarm se može prihvatiti na dva načina: lijevim klikom na uokvireno slovo L ili H, ako je otvorena MD s predmetnim parametrom ili otvaranjem liste alarma (treća neoznačena funkcijska tipka s desne strane tipkovnice) i lijevim klikanjem aktivnog alarma na odgovarajućoj alarmnoj stranici (brojčana vrijednost svijetli isprekidano crveno, a kada se prihvati kontinuirano ili nestaje crvena boja);
- c. prihvaćanjem alarma alarmna grupa svijetli kontinuirano, kao i (L/H) oznaka na MD ukoliko je vrijednost nezadovoljavajuća, a ukoliko je u međuvremenu parametar poprimio dopuštenu vrijednost, nestaje;
- d. (kod nekih se upravljačkih sustava alarmi grupiraju po važnosti, npr. kritični i nekritični, ili kronološki, no ovdje to nije slučaj;)
- e. donja i gornja granica se programski mogu blokirati ili aktivirati, tj. mijenjati iznosi;
- f. vremensko zatezanje kada je zadano određuje koliko vremena (u sekundama) treba proći od trenutka poprimanja nedopuštene vrijednosti do oglašavanja alarma;
- g. blokirna grupa podrazumijeva automatsko dezaktiviranje alarma ako stroj ili uređaj nisu u pogonu.

### 3. Zaštitno djelovanje:

- a. smanjivanje broja okretaja glavnog motora i potpuni prekid dovoda goriva (ne znači da se odmah zaustavlja, jer na propeler nastrujava morska voda i okreće motor);
- b. gašenje plamena na kotlu (prekidom dotoka goriva – zatvaranje elektromagnetskih ventila);
- c. sprječavanje preopterećenja aktivnog generatora električne energije, odgađanjem startanja potrošača te startanjem i priključenjem na mrežu rezervnog generatora;
- d. startanje rezervne pumpe;
- e. i dr.

### 4. Očitavanje vrijednosti:

a. popunite tablicu

Parametar [jedinica]	MD indikacije	Lokalno mjerno mjesto	Očitana vrijednost AN/DIG	Daljinsko mjesto indikacije MD	Prikaz (stalno/na poziv)
P [bar] (tlak)					
P [bar] (tlak)					
$\Delta P$ [bar] (razlika tlaka)					
T[°C] (temperatura)					
P [bar] (tlak)					
P [bar] (tlak)					
$\Delta P$ [bar] (razlika tlaka)					
W [cSt] (kinematički viskozitet)					
T[°C] (temperatura)					
T[°C] (temperatura)					
T[°C] (temperatura)					
P [bar] (tlak)					
P [bar] (tlak)					
T[°C] (temperatura)					
P [bar] (tlak)					
T[°C] (temperatura)					
T[°C] (temperatura)					
T[°C] (temperatura)					
P [bar] (tlak)					
L [+/-mm]					
P [bara (tlak) a – apsolutni					
P [bar] (tlak)					
U [V]					
F [Hz]					
E [kW]					
I [A]					


b. u stvarnosti je lokalna indikacija uglavnom analogna, a daljinska analogno – digitalna.

## 5. Alarmi

a. popunite tablicu

Parametar [jedinica]	MD indikacije	Mjerno mjesto	Granična vrijednost L / H	Kašnjenje [s]	Uvjet (blokirna grupa)
P [ ] (tlak)					
P [ ] (tlak)					
$\Delta P$ [ ] (razlika tlaka)					
T[ ] (temperatura)					
P [ ] (tlak)					
P [ ] (tlak)					
W [ ] (kinematički viskozitet)					
P [ ] (tlak)					
P [ ] (tlak)					
T[ ] (temperatura)					
T[ ] (temperatura)					
T[ ] (temperatura)					
P [bar] (tlak)					
L [+/-mm]					
P [bara (tlak) a – apsolutni					
P [bar] (tlak)					
U [V]					
F [Hz]					
E [kW]					
I [A]					

## 6. Zaštitno djelovanje

a. Popunite tablicu

Stroj / uređaj	MD	Parametar	Zaštitno djelovanje
Glavni motor			
Dizel generator			
Turbo generator			
Generator pare			



## DVANAESTA VJEŽBA: osnove rashladne tehnike

**Identifikacija glavnih komponenti parno-kompresijskog rashladnog uređaja.**

**Ostali elementi uređaja, funkcija i karakteristike.**

**Praćenje rada uređaja.**

**Jednostavnije konfiguracije – uređaji manjeg rashladnog učina.**

Koristi se simulator rashladnog uređaja tvrtke *Carrier*, prikazan na slici 1 koji predstavlja rashladni uređaj klima jedinice. Pogodan je za izvođenje vježbi kojih je cilj upoznavanje s osnovama rada rashladnih uređaja. Otvaranjem i zatvaranjem numeriranih zapornih ventila (1 – 10) konfiguracija se može promijeniti. Opremljen je s većim brojem termometara i manometara, a osobito je zgodno što su ulazne i izlazne cijevi kondenzatora i isparivača staklene te se pri različitim režimima rada mogu promatrati promjene agregatnih stanja.

Kompresor je poluotvorenog tipa, tj. u zajedničkom su kućištu ugrađeni kompresor i njegov pogonski stroj – jednofazni asinkroni elektromotor. Spoj usisnog i tlačnog cjevovoda s kompresorom ostvaren je ventilima s dvostrukim sjedištem. Od previsokog tlaka zaštićen je prekidačem visokog tlaka (visokotlačnim presostatom).

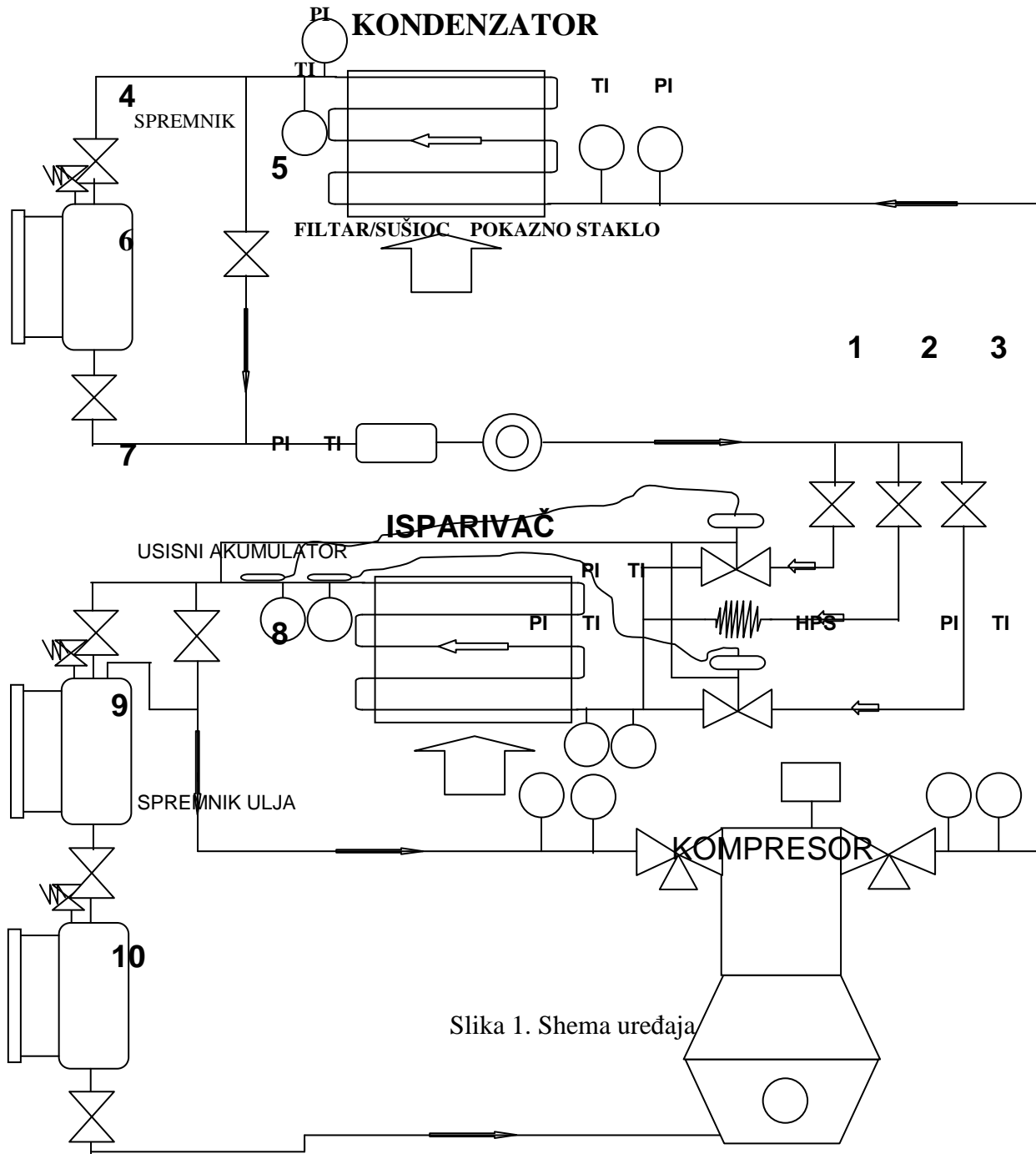
Kondenzator i isparivač su cijevni, dvoprolazni izmjenjivači topline s prisilnim strujanjem zraka. Cijevi su orebrene tankim lamelama. Broj okretaja ventilatora može se smanjiti kako bi se smanjila brzina strujanja zraka tj. izmijenjena toplina.

Prigušni element uređaja može se odabrati (otvaranjem zapornih ventila 1 ili 2 ili 3). Mjerni instrumenti tlaka imaju skale u američkim jedinicama *psi* (pound per square inch) i korisnu skalu temperatura zasićenja u  $^{\circ}F$ . Termometri imaju skale u  $^{\circ}F$  i  $^{\circ}C$ .

Simulator je opremljen i mjernim instrumentima električnih veličina: napona [V], jakosti struje [A] te snage [W]. Kod očitavanja snage sklopku instrumenta treba postaviti u položaj IN. Prilikom startanja uređaja sklopku ampermetra treba držati u položaju LOW, koji odgovara manje preciznoj mjernoj skali. Prilikom startanja elektromotor povuče nekoliko puta jaču struju što bi u protivnom moglo oštetiti iglu mjernog instrumenta.

Osnovna konfiguracija ima otvorene ventile 4,6,1 i 8. Dakle, nakon kondenzatora ugrađen je spremnik radnog fluida, ima standardni termo-

ekspanzijski ventil i iz isparivača sredstvo ide direktno na usis kompresora.



Slika 1. Shema uređaja

1. Laboratorijska vježba: Rad parno-kompresijskog rashladnog uređaja sa standardnim termo-ekspanzijskim ventilom

Mjerene veličine	ULAZ				IZLAZ			
	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$T$ [°C]	Agregatno stanje	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$T$ [°C]	Agregatno stanje
KOMP								
KOND								
ISPAR								
SNAGA [W]								
NAPON [V]								
JAKOST STRUJE [A]								

Nakon kraćeg vremena stabiliziranja rada uređaja u tablicu se unose manometarski tlakovi izraženi u *psi* i temperature u °C te električne veličine.

U stupac ‘agregatno stanje’ upisuju se oznake: PP – pregrijana para, MP – mokra para, SZP – suhozasićena para ili VT – vrela tekućina.

Manometarski tlak treba pretvoriti u apsolutni koristeći omjer  $1 \text{ psi} \approx 0.07 \text{ bar}$  prema izrazu

$$p_{aps} [\text{bar}] = p_{man} [\text{psi}] \cdot 0,07 + 1 [\text{bar}] .$$

Usvojena je, zbog jednostavnosti, vrijednost atmosferskog tlaka u iznosu kako je napisano.

Zadatak: prema vrijednostima apsolutnog tlaka [bar] i temperatura [°C] te agregatnog stanja treba u dijagramu  $\log p - h$  ucrtati karakteristične točke i kružni proces.

## 2. Laboratorijska vježba: Rad parno-kompresijskog rashladnog uređaja s kapilarom



Mjerene veličine	ULAZ				IZLAZ			
	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$T$ [°C]	Agregatno stanje	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$T$ [°C]	Agregatno stanje
KOMP								
KOND								
ISPAR								
SNAGA [w]								
NAPON [V]								
JAKOST STRUJE [A]								

Za ovu su vježbu otvoreni ventili 2, 5 i 7. Uređaj nema spremnik, a između isparivača i kompresora ugrađen je usisni akumulator.

Nakon kraćeg vremena stabiliziranja rada uređaja u tablicu se unose manometarski tlakovi izraženi u *psi* i temperature u °C te električne veličine.

Cilj je vježbe upoznavanje s normalnim radom uređaja kojemu je prigušni element kapilara, veličinama radnih parametara i dr.

Zadaci: 1. prema vrijednostima apsolutnog tlaka [bar] i temperatura [°C] te agregatnog stanja treba u dijagramu  $\log p - h$  ucrtati karakteristične točke i kružni proces; 2. usporediti s prvom laboratorijskom vježbom

Dijagram potreban za ucrtavanje karakterističnih točaka procesa i cijelog kružnog procesa treba isprintati (kolegij pod rednim brojem 2. Brodski rashladni uređaji – Dodatni materijali – r. br. 1).

## TRINAESTA VJEŽBA: praćenje rada i dijagnostika kvarova

Praćenje rada ugrađenim ili priručnim mjernim instrumentima te iskustvenim metodama.

Snimanje karakteristika uređaja pri: radu s predimenzioniranim TEV-om, radu s otpuštenim osjetnikom TEV-a, smanjenom količinom odvedene topline u kondenzatoru, smanjenom količinom dovedene topline u isparivaču te smanjenom količinom radne tvari u sustavu.

Koristi se isti uređaj tvrtke *Carrier* kao i za laboratorijske vježbe 1 i 2.

### 3. Laboratorijska vježba: Rad parno-kompresijskog rashladnog uređaja s predimenzioniranim termo-ekspanzijskim ventilom

Mjerene veličine	ULAZ				IZLAZ			
	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$T$ [°C]	Agregatno stanje	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$T$ [°C]	Agregatno stanje
KOMP								
KOND								
ISPAR								
SNAGA [W]								
NAPON [V]								
JAKOST STRUJE [A]								

Otvoreni su ventili 4, 6, 3, i 8. Nakon kraćeg vremena stabiliziranja rada uređaja u tablicu se unose manometarski tlakovi izraženi u *psi* i temperature u °C te električne veličine.

U stupac ‘agregatno stanje’ upisuju se oznake: PP – pregrijana para, MP – mokra para, SZP – suhozasićena para ili VT – vrela tekućina.

Manometarski tlak treba pretvoriti u apsolutni koristeći omjer  $1 \text{ psi} \approx 0.07 \text{ bar}$  prema izrazu

$$p_{aps} [\text{bar}] = p_{man} [\text{psi}] \cdot 0,07 + 1 [\text{bar}] .$$

Usvojena je, zbog jednostavnosti, vrijednost atmosferskog tlaka u iznosu kako je napisano.

Zadatak: 1. prema vrijednostima apsolutnog tlaka [bar] i temperatura [°C] te agregatnog stanja treba u dijagramu  $\log p - h$  ucrtati karakteristične točke i kružni proces; 2. usporediti s vrijednostima laboratorijske vježbe 1.

4. Laboratorijska vježba: Rad parno-kompresijskog rashladnog uređaja sa standardnim TEV-om kojemu je otpušten osjetnik

Mjerene veličine	ULAZ				IZLAZ			
	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$T$ [°C]	Agregatno stanje	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$T$ [°C]	Agregatno stanje
KOMP								
KOND								
ISPAR								
SNAGA [w]								
NAPON [V]								
JAKOST STRUJE [A]								

Za ovu su vježbu otvoreni ventili 4, 6, 1, i 8. Nakon kraćeg vremena stabiliziranja rada uređaja u tablicu se unose manometarski tlakovi izraženi u *psi* i temperature u °C te električne veličine.

Zadaci: 1. prema vrijednostima apsolutnog tlaka [bar] i temperatura [°C] te agregatnog stanja treba u dijagramu  $\log p - h$  ucrtati karakteristične točke i kružni proces; 2. usporediti s prvom laboratorijskom vježbom

5. Laboratorijska vježba: Rad parno-kompresijskog rashladnog uređaja sa smanjenom količinom odvedene topline u kondenzatoru

KONDENZATOR	ULAZ kompresora		IZLAZ kompresora		Snaga
Mjerene veličine	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	P[W]
1 ( $A=A_0$ )					
2 ( $A=5/6 A_0$ )					
3 ( $A=2/3 A_0$ )					
4 ( $A=1/2 A_0$ )					
5 ( $A=1/3 A_0$ )					
6 ( $A=1/6 A_0$ )					
7 ( $A=0 A_0$ )					

Za ovu su vježbu otvoreni ventili 4, 6, 1, i 8. Smanjuje se slobodna površina kondenzatora i bilježe vrijednosti manometarskih tlakova na usisnom i tlačnom manometru kompresora, te snaga elektromotora.

Zadatak: usporediti s prvom laboratorijskom vježbom.

6. Laboratorijska vježba: Rad parno-kompresijskog rashladnog uređaja sa smanjenom količinom dovedene topline u isparivaču

ISPARIVAČ	ULAZ kompresora		IZLAZ kompresora		Snaga
	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	P[W]
1 ( $A=A_0$ )					
2 ( $A=5/6 A_0$ )					
3 ( $A=2/3 A_0$ )					
4 ( $A=1/2 A_0$ )					
5 ( $A=1/3 A_0$ )					
6 ( $A=1/6 A_0$ )					
7 ( $A=0 A_0$ )					

Za ovu su vježbu otvoreni ventili 4, 6, 1, i 8. Smanjuje se slobodna površina isparivača i bilježe vrijednosti manometarskih tlakova na usisnom i tlačnom manometru kompresora, te snaga elektromotora.

Zadatak: usporediti s prvom laboratorijskom vježbom.

7. Laboratorijska vježba: Rad parno-kompresijskog rashladnog uređaja sa smanjenom količinom radne tvari

Mjerene veličine	ULAZ				IZLAZ			
	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$T$ [°C]	Agregatno stanje	$p_g$ [psig]	$p_a$ [bar]	$T$ [°C]	Agregatno stanje
KOMP								
KOND								
ISPAR								
SNAGA [W]								
NAPON [V]								
JAKOST STRUJE [A]								

Za ovu su vježbu otvoreni ventili 5, 1, i 8. Dio radne tvari privremeno je pohranjen u spremniku.

Zadatak: usporediti s prvom laboratorijskom vježbom.

## ČETRNAESTA VJEŽBA: održavanje rashladnih uređaja

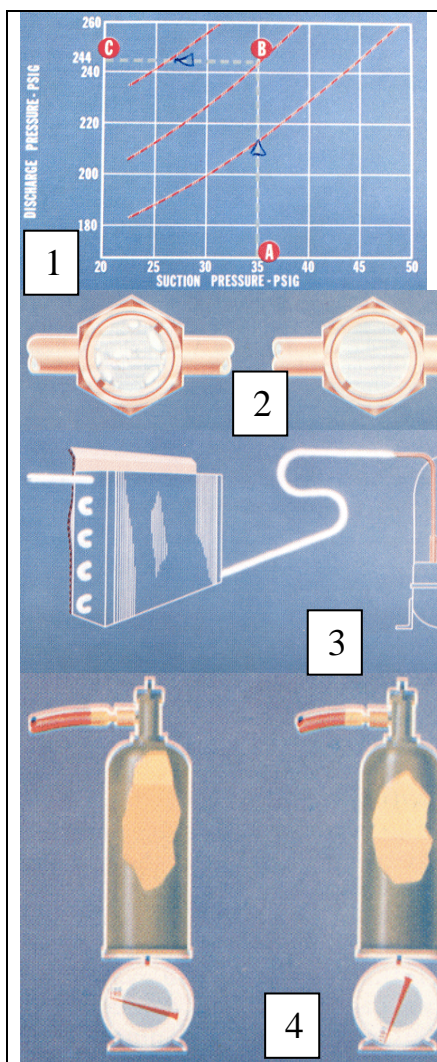
Mjere predostrožnosti kod upućivanja nakon duže pauze.

Nadopunjavanje uređaja radnom tvari.

Zamjena dijelova uređaja.

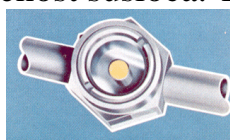
Mjerenje količine radne tvari.

Koristi se isti uređaj tvrtke *Carrier* kao i za laboratorijske vježbe 1 i 2.



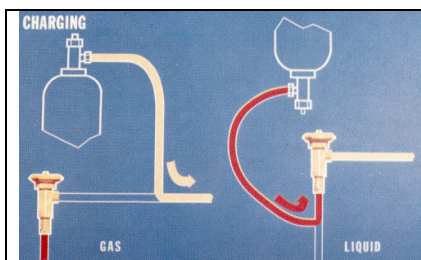
Četiri slike lijevo pokazuju metode mjerenja količine sredstva u uređaju.

1. Veći, brodski, uređaji moraju imati ugrađene manometre na obje strane kompresora. U ovisnosti o usisnom tlaku mijenja se i tlak na tlačnoj strani kompresora. Potrebno je poznavati uobičajene vrijednosti ili su one prikazane dijagramima ili u tablicama. Usporedbe s uobičajenim vrijednostima mogu pokazati greške u radu. Smanjeni tlakovi najčešće ukazuju na manjak sredstva. Više vrijednosti mogu ukazivati na prepunjenost uređaja.
2. Ukoliko uređaj ima pokazno staklo i na njemu se uoče mjehurići, razina tekućine ili vrtloženje koje je vidljivo zbog prisutne tekuće i plinovite faze medija, jasan je pokazatelj manjka radne tvari. Ne može pokazati višak! Treba biti ugrađen na horizontalnom dijelu cjevovoda. Može imati ugrađenu indikaciju prisutne vlage u radnoj tvari, tj. zasićenost sušioća. Takvo stanje pokazuje mala



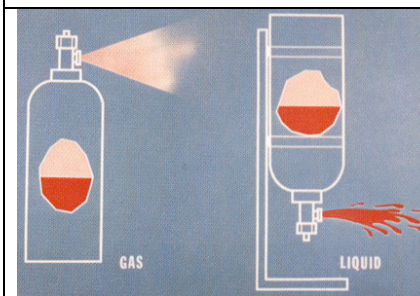
sličica pored.

3. Kod manjih se uređaja isparivač zakloni pregradom (kartonom) te radni fluid isparava u usisnoj cijevi. Zbog snižene temperature na njoj se vlaga orosi i zaledi. Proizvođač uređaja daje podatak o duljini leda, tj. duljinu razmaka završetka leda i usisa kompresora. Kraći razmak znači prepunjenost, a dulji podpunjenost uređaja.
4. Spremnici s radnim fluidom se važu. Metoda je korisna kada se uređaj puni po prvi puta ili s ukupnom količinom, koja je određena projektom. Kod nadopunjavanja potrebna je samo kako bi se u dnevnik stroja mogao upisati podatak o nadopunjenoj količini.

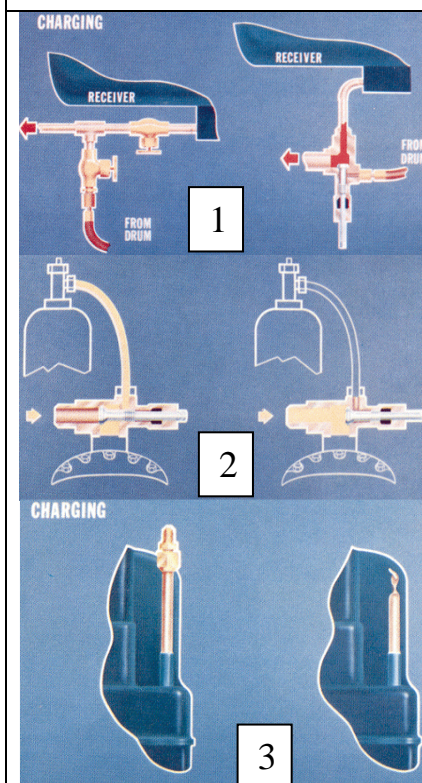


Uređaj se može puniti plinovitom fazom radnog fluida ili njegovom tekućom fazom. O tome ovisi i mjesto za priključak. Ako se puni plinovitom fazom spoj za punjenje može biti poslije prigušnog elementa (termoekspanzijskog ventila), a ako se puni tekućom fazom spoj mora biti prije njega, kako to pokazuje slika lijevo. Na kompresor bi morala dolaziti plinovita faza! Zašto se uopće pravi razlika? Zbog razlike u gustoći. Tekuća je faza nekoliko stotina puta veće gustoće od plinovite pa je istu masu moguće u kraćem roku nadopuniti u uređaj.

Kada se radi o malim količinama neće biti veliki gubitak vremena puniti s plinovitom fazom, no za velike je količine poželjno raditi s tekućom fazom.







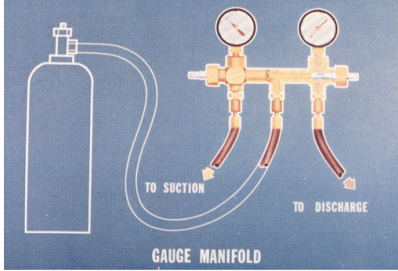
Slika lijevo pokazuje položaj spremnika s rezervnim radnim fluidom i raspored faza u njemu. Tekuća, gušća faza, uvijek je na dnu spremnika pa kada želimo puniti sustav s njom spremnik treba okrenuti naopako. Neki spremnici imaju po dva ventila! Jedan je spojen na vrh spremnika i za plinovitu je fazu. Drugi je spojen na cijev koja ide do dna spremnika i koristi se za tekuću fazu.



Kada se puni prije prigušnog elementa (obično su to uređaji većih rashladnih učina, koji nakon kondenzatora imaju spremnik i kojima je prigušni element TEV) spoj se ugrađuje poslije spremnika, a prije filtra-sušioca. Sličica pod brojem 1 lijevo pokazuje spoj s ravnim ventilom, a 1 desno s troputnim ventilom.

Neki manji uređaji takve priključke niti nemaju, ali su kompresori s cjevovodom spojeni ventilima s dvostrukim sjedištem. Sličica 2 desno pokazuje položaj takvog ventila kada uređaj normalno radi, dok 2 lijevo pokazuje položaj ventila kada se vrši nadopunjavanje. Važno: tu se puni plinovitom fazom! Iako serviseri, kako bi postupak nadopune malo ubrzali, znaju manje spremnike okrenuti naopako kako bi kompresor usisavao tekućinu. To smije trajati svega nekoliko sekundi, nakon čega se spremnik mora uspraviti.

Hermetički kompresori imaju na kućištu tri cijevi: usis – veći promjer, tlačna strana kompresora – manji promjer, te cijev za punjenje, kako to pokazuje sličica 3.

    <p style="text-align: center;">GAUGE MANIFOLD</p>	<p>Ukoliko uređaj nema ugrađene manometre koriste se priručni, kao na slikama lijevo. Blok-ventil ima dva manometra i tri fleksibilne cijevi koje se po potrebi mogu spajati na ventile s dvostrukim sjedištem kompresora, spremnike rezervnog rashladnog sredstva ili vakuumpumpe.</p> <p>Sličica A pokazuje spoj na ventile kompresora s oba ventila zatvorena. Manometri pokazuju radne tlakove.</p> <p>Sličica B pokazuje otvoren lijevi ventil i srednju cijev spojenu na bocu rezervnog sredstva, kao na slici dolje. Radi se o nadopunjavanju uređaja.</p> <p>Sličica C pokazuje otvoren desni ventil i srednju cijev spojenu na bocu rezervnog sredstva. Radi se o pražnjenju uređaja radom kompresora. Spremnik se uranja u veću posudu s hladnom (ledenom) vodom.</p> <p>Sličica D pokazuje metodu vakumiranja vakuumpumom.</p>
 <p style="text-align: center;">GAUGE MANIFOLD</p>	



# PETNAESTA VJEŽBA: automatski rad i zaštita uređaja

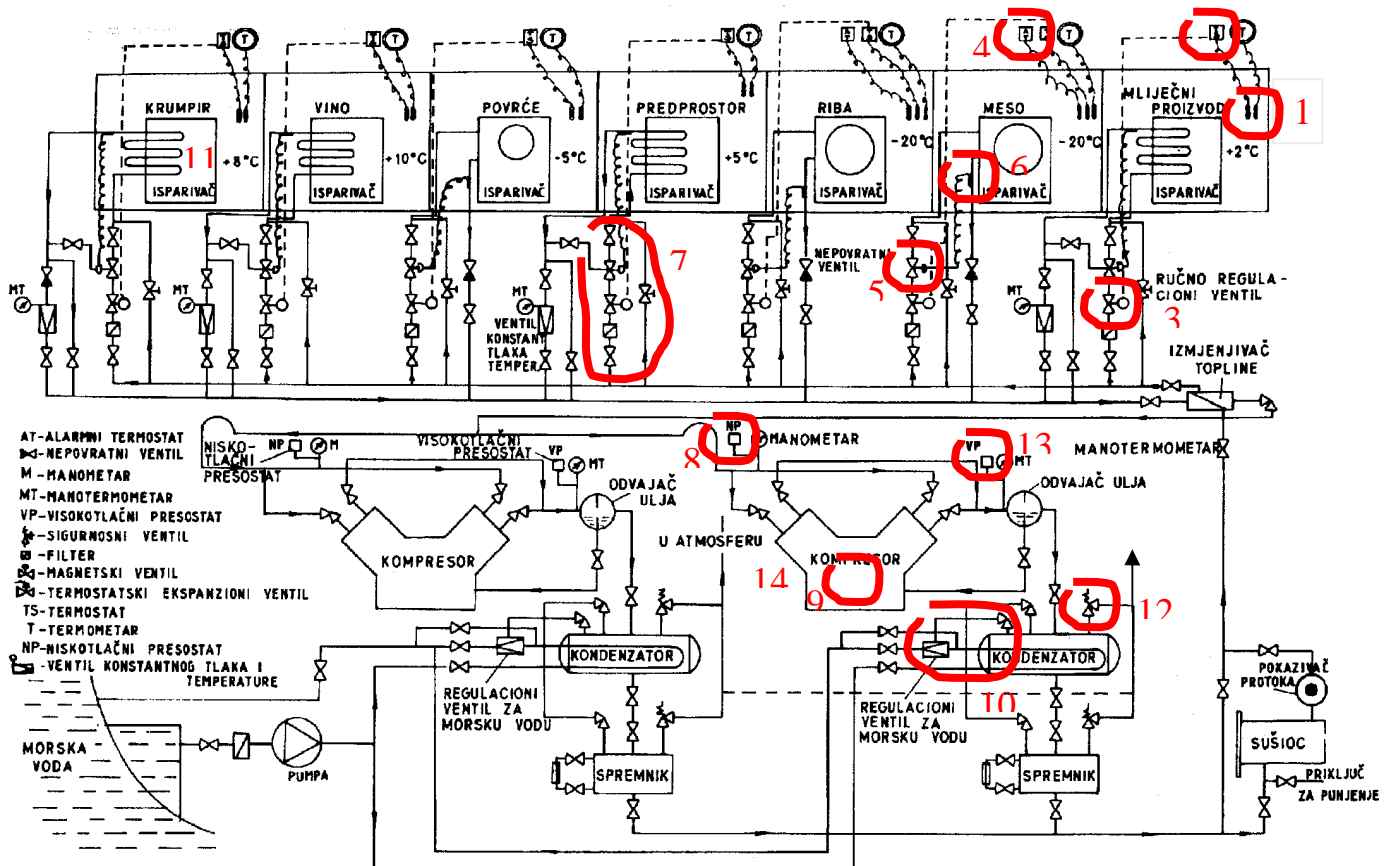
Elementi automatskog rada i zaštite.

Različite primjene.

Postupci.

Koriste se oba uređaja tvrtke *Carrier* i *Electrolux*.

Rashladnom uređaju provijanta prikazanom na slici dolje odgovara približno *Electroluxov* simulator.



1 – osjetnici (bulbovi) temperaturnih prekidača i termometara smješteni su u rashladnim prostorima te detektiraju temperature zraka u njima

2, 3 – temperaturni prekidač djeluje (dvopoziciono) na elektromagnetski ventil (EMV)

4 – neke komore (zaleđeni proizvodi) imaju i temperaturni prekidač alarma visoke temperature

5, 6 – kada je EMV otvoren količinu radne tvari koja ide u isparivač određuje termoekspanzijski ventil (TEV) čiji je osjetnik temperature pričvršćen uz izlaznu cijev komore. TEV može biti s unutarnjim (kakvi su na shemi) i vanjskim izjednačavanjem tlaka

7 – dovod radnog fluida prema svakoj komori ide kroz dio cjevovoda s dva zaporna ventila između kojih su EMV i TEV, a za nuždu se može koristiti ručni regulacijski ventil (igličasti), smješten na mimovodnoj cijevi

8 – kada se zatvore svi EMV dolazi do pada tlaka u usisnom vodu kompresora te ga prekidač niskog tlaka isključuje, a kada se barem jedan EMV ponovo otvori tlak u usisnom

vodu raste te ga isti taj prekidač ponovo uključuje. To je također dvopoziciona regulacija, a tlakovi isključivanja i uključivanja se podešavaju na prekidaču

9 – višecilindrični stapni kompresori obično imaju regulaciju kapaciteta 'isključivanjem' cilindara. Hidraulički sustav ugrađen u kompresoru podiže pločice (prstenaste) automatskih usisnih ventila na parovima cilindara koji tada ne ostvaruju dobavu. Uslijed uzastopnog zatvaranja EMV dolaziti će do smanjenja kapaciteta kompresora, a u situaciji kada radi samo jedan par cilindara te se zatvore svi EMV djelovat će prekidač niskog tlaka. Ovaj sustav omogućuje uključivanje kompresora s najmanjim kapacitetom (jednim parom cilindara), što je važno za dimenzioniranje pogonskog elektromotora, neovisno o broju EMV koji su se možda otvorili istovremeno. Za 'uključivanje' cilindara potreban je hidraulički sustav, a tlak ulja daje u 'karteru' kompresora smještena privješena pumpa ulja.

10 – sustav automatski održava konstantan tlak (presostatski), kako je prikazano na shemi, ili temperaturu (termostatski) kondenzacije, propuštanjem odgovarajuće količine rashladne morske vode kroz kondenzator

11 – periodički se mora vršiti odleđivanje isparivača (otapanje leda koji se stvara na vanjskoj stijenci cijevi koji smanjuje izmjenu topline). Kompaktni isparivači za tu svrhu imaju ugrađene električne grijalice. Vremenski relej uključuje ih npr. jednom dnevno. Istovremeno se zatvara EMV za taj isparivač, isključuje ventilator tog isparivača ukoliko je ugrađen, te uključuje svjetlosna signalizacija funkcije otapanja leda.

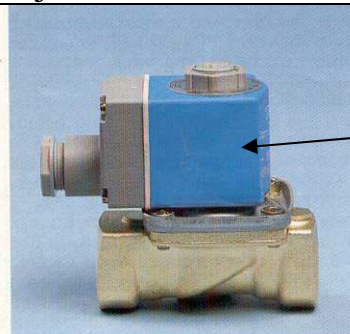
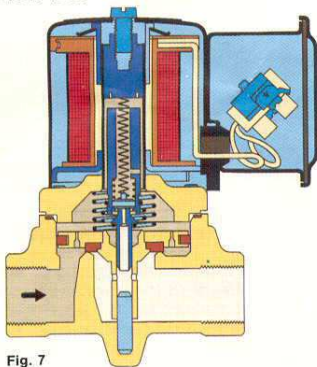
12 – uređaj je zaštićen od previsokog tlaka (kao i sve brodske posude pod tlakom) sigurnosnim ventilom. Sigurnosni će ventil ispustiti radni fluid u atmosferu kod tlaka malo nižeg od ispitnog tlaka uređaja.

13 – prije nego se otvori sigurnosni ventil, tj. na još malo nižem tlaku prekidač visokog tlaka trebao bi siključiti kompresor

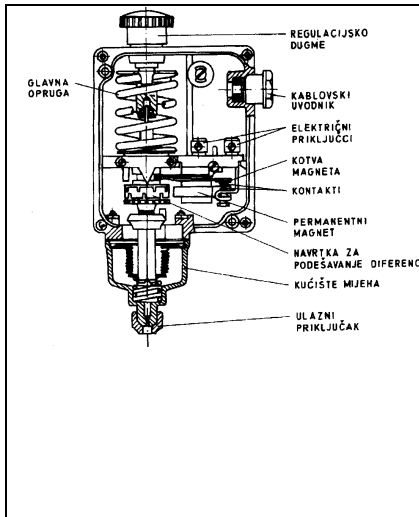
14 – kompresori koji imaju tlačno podmazivanje privješenom pumpom, koja je pored toga potrebna i za hidraulički sustav regulacije kapaciteta, imaju ugrađen i prekidač razlike tlakova. Jedna je strana spojena na usisni vod kompresora ili na sam 'karter' i mjeri u osnovi usisni tlak pumpe ulja, dok je druga strana spojena na tlačnu stranu pumpe ulja. Isključuje kompresor ukoliko je razlika manja od podešene.

Neki sustavi mogu imati zaštitne tlačne ili temperaturne prekidače na cjevovodu vode za hlađenja kondenzatora, pa čak i kompresora, ukoliko je hlađen vodom. Neke rashladne komore imaju i zaštitne funkcije vlažnosti zraka ili udjela nekih štetnih plinova.

EVJHS 15-20



Elektromagnetskim ventilom (engl. solenoid) upravlja temperaturni prekidač (termostat). Pod naponom je otvoren. Toplo kućište zavojnice je način provjere otvorenosti.



Element prikazan na slici lijevo je primjer dvopozicione regulacije. Funkcionalno su tlačni i temperaturni prekidači vrlo slični. Podešava se jedna granična vrijednost i razlika u odnosu na nju.

Kod konkretne izvedbe na kontakte djeluju dvije sile: sila tlaka fluida koja kroz ulazni priključak djeluje na mijeh te sila glavne opruge koja se podešava regulacijskim dugmetom. Na glavnu je oprugu pričvršćen pokazivač koji prema brojčanoj skali naznačenoj na prednjoj maski instrumenta pokazuje podešenu vrijednost. Kada je maska skinuta, kao na slici, može se pristupiti navrtci za podešavanje razlike kojom se u biti širi kanal mehanizma koji pomiče kontakte.

