

PRIRUČNIK ZA LABORATORIJSKE VJEŽBE IZ KOLEGIJA

BRODSKI POMOĆNI SUSTAVI

(Brodski rashladni uređaji)

(Marine refrigerating equipment laboratory exercises manual)

Predmet: **Brodski rashladni uređaji**

Vježbe su laboratorijske, a održavaju se, u skladu s STCW konvencijom, na simulatorima rashladnih uređaja.

Sadržaji koji se obrađuju na vježbama (*content*):

1. Upoznavanje s radom parno-kompresijskih rashladnih uređaja (*Basic knowledge*)

- rad uređaja s termoekspanzijskim ventilom
- rad uređaja s kapilarom
- podešavanje pregrijanja termoekspanzijskog ventila

2. Dijagnostika kvarova (*Basic diagnostics*)

- rad uređaja s predimenzioniranim termoekspanzijskim ventilom
- otpušten bulb TEV-a
- neispravan rad kondenzatora
- neispravan rad isparivača
- manjak rashladnog sredstva u uređaju

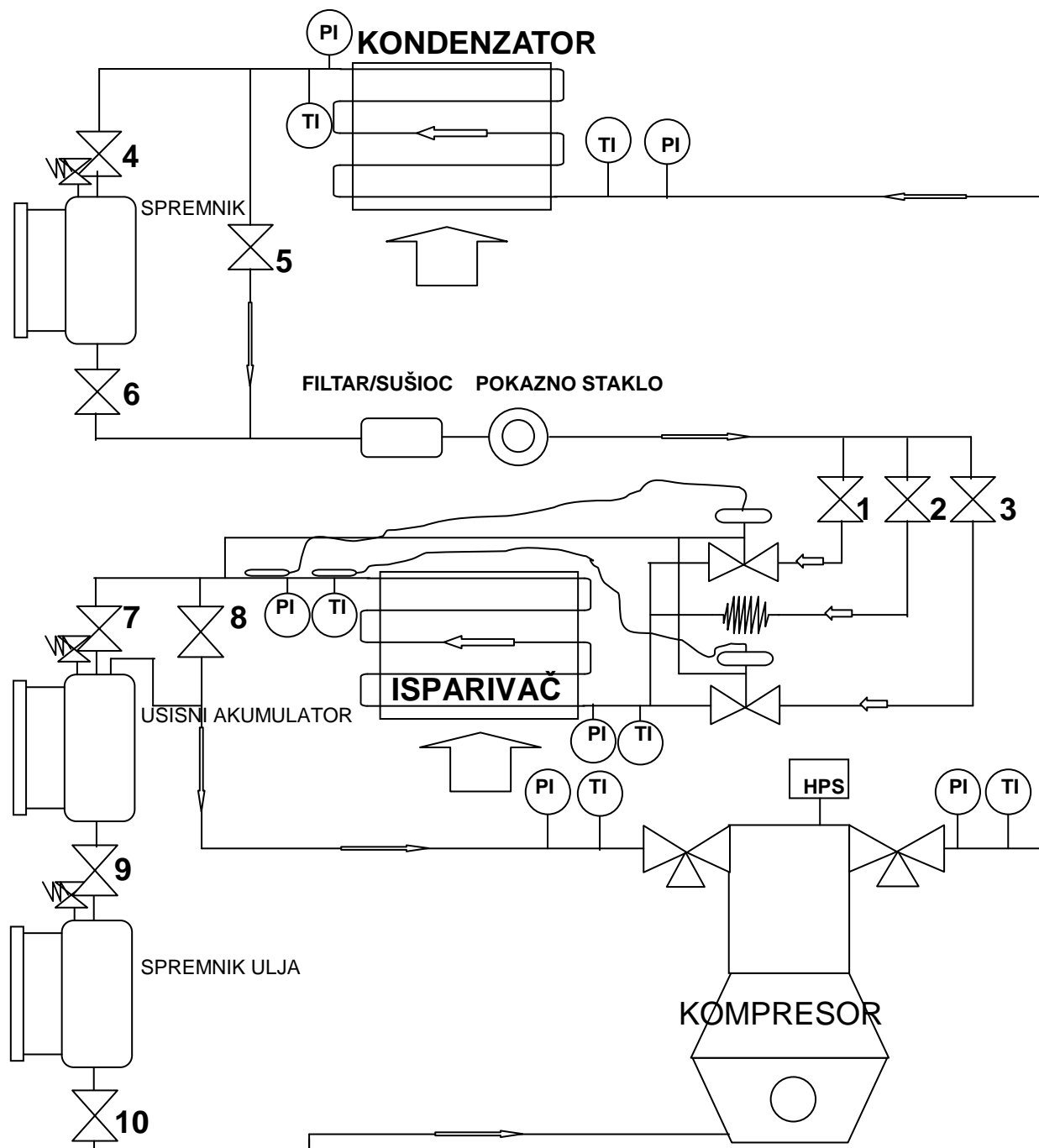
3. Brodski rashladni uređaji (*Marine equipment layout*)

- brodski rashladni uređaj provijanta
- brodski rashladni uređaj klima jedinice
- brodski rashladni uređaj tereta
- automatika
- održavanje brodskih rashladnih uređaja

Svaka laboratorijska vježba traje 1 sat.

Na laboratorijskim vježbama studenti će neposrednim radom s rashladnim uređajem i mjerenjem fizikalnih veličina upoznati fizikalne zakone i pojave, koje su bitne za razumijevanje rada ovakvih uređaja. Upoznat će se sa indikacijom pogrešnih stanja u sustavu, načinima njihovog otklanjanja te sa elementima automatske regulacije i zaštite uređaja. Posebne su vježbe predviđene za upoznavanje s osnovnim zadacima časnika stroja u održavanju rashladnih uređaja.

UPOZNAVANJE S RADOM PARNO-KOMPRESIJSKOG RASHLADNOG UREĐAJA



Slika 1. Shema uređaja

Uređaj prikazan na slici 1 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 znatnije 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.

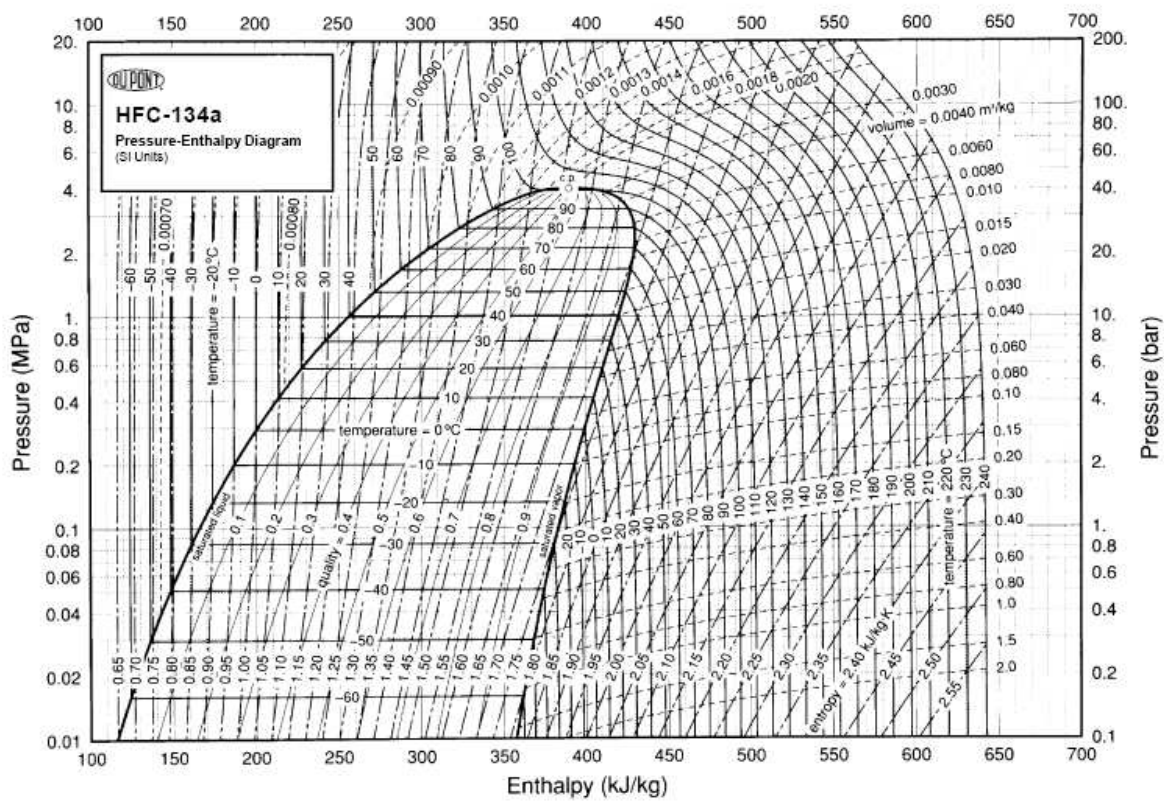
Prigušni element uređaja može se odabrati (otvaranjem zapornih ventila 1 ili 2 ili 3) između: termoekspanzijskog ventila (TEV) odgovarajuće veličine, kapilare te termoekspanzijskog ventila koji je predimenzioniran. Oba termoekspanzijska ventila su s vanjskim izjednačavanjem tlaka.

Kada se odabire rad uređaja s TEV-ima nakon kompresora radni fluid ide u spremnik, a ventil 5 je zatvoren. Kompresor siše radni fluid direktno iz isparivača kroz ventil 8. Kada se odabire konfiguracija s kapilalom, zatvoreni su ventili 4 i 6, a otvoren ventil 5. Kompresor u tom slučaju siše radni fluid iz usisnog akumulatora, dakle ventil 7 je otvoren, a ventil 8 zatvoren.

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.

Osim vježbi upoznavanja s radom parno-kompresijskih uređaja mogu se izvoditi i vježbe dijagnostike kvarova.



Slika 2. $p - h$ dijagram rashladnog sredstva R-134a

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

	ULAZ				IZLAZ			
Mjerene veličine	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: 1, 4, 6, 8

Referentna vježba. Cilj je vježbe upoznavanje s normalnim radom uređaja, veličinama radnih parametara i dr. Većina sljedećih vježbi uspoređuje se s ovom.

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

	ULAZ				IZLAZ			
Mjerene veličine	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: 2, 5, 7

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

3. Laboratorijska vježba: Određivanje pregrijanja TEV-a

Cilj je vježbe upoznavanje s karakterističnom veličinom termoekspanzijskog ventila – pregrijanjem, načinom njegovog određivanja te podešavanja.

1. Odrediti temperaturu na mjestu osjetnika (bulba) – izlaz iz isparivača (rashladne komore)

$$t_{1''} = \underline{\hspace{2cm}} [^{\circ}\text{F}]$$

$$t [^{\circ}\text{C}] = \frac{5}{9} \{ t [^{\circ}\text{F}] - 32 \}$$

$$t_{1'} = \underline{\hspace{2cm}} [^{\circ}\text{C}]$$

2. Odrediti tlak na mjestu osjetnika (bulba) – izlaz iz isparivača (rashladne komore)

$$p_{1''} \cong p_{0'} = \underline{\hspace{2cm}} [\text{psig}]$$

$$1 \text{ psi} \cong 0,07 \text{ bar}$$

$$p_{1''} \cong p_{0'} = \underline{\hspace{2cm}} [\text{barg}]$$

$$p_{1''} \cong p_{0'} = \underline{\hspace{2cm}} [\text{bara}] \quad (= p_{1''} [\text{barg}] + 1 \text{ bar})$$

3. Za određeni tlak (pod točkom 2.) pronađi temperaturu zasićenja
Tablice
Instrukcijska knjiga
Manometri

$$t_{0'} = \underline{\hspace{2cm}} [^{\circ}\text{F}]$$

$$t [^{\circ}\text{C}] = \frac{5}{9} \{ t [^{\circ}\text{F}] - 32 \}$$

$$t_{0'} = \underline{\hspace{2cm}} [^{\circ}\text{C}]$$

4. Pregrijanje termoekspanzijskog ventila predstavlja razliku temperatura određenih pod točkama 1. i 3. (t_1 i t_3)

$$\Delta t = t_{1''} - t_{0'} = \underline{\hspace{2cm}} [^{\circ}\text{C}]$$

Zbog pada tlaka u isparivaču pregrijanje TEV-a nije moguće odrediti kao razliku temperature na izlazu i ulazu u isparivač.

4. Laboratorijska vježba: Rad parno-kompresijskog rashladnog uređaja s predimenzioniranim termo-ekspanzijskim ventilom (TEV)

	ULAZ				IZLAZ			
Mjerene veličine	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: 3, 4, 6, 8

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 promjenama koje će izazvati pogrešno ugrađen (preveliki) termoekspanzijski ventil.

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

Zadaci: 1. rad uređaja treba usporediti s prvom vježbom; 2. objasniti uzroke, načine identifikacije problema te moguće štetne posljedice.

5. Laboratorijska vježba: Otpušten bulb (osjetnik) TEV-a

	ULAZ				IZLAZ			
Mjerene veličine	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: 1, 4, 6, 8

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 promjenama koje će izazvati otpušten osjetnik termoekspanzijskog ventila.

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

Zadaci: 1. rad uređaja treba usporediti s prvom vježbom; 2. utvrditi uzroke, načine identifikacije problema te moguće štetne posljedice.

6. Laboratorijska vježba: Neispravan rad kondenzatora (smanjena površina)

KONDENZATOR	ULAZ kompresora			IZLAZ kompresora			Snaga
	Mjerene veličine	p_g [psig]	p_a [bar]	T [°C]	p_g [psig]	p_a [bar]	
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 ($A=0 A_0$)							

Otvoreni su ventili: 1, 4, 6, 8

Cilj je vježbe upoznavanje s promjenama koje će izazvati prljav kondenzator i utvrđivanje drugih uzroka sličnog ponašanja uređaja.

Smanjivanjem slobodne površine kondenzatora simulira se zaprljanje izmjenjivačkih površina. U tablicu se unose vrijednosti očitane na mjernim instrumentima kompresora, jer su usisni i tlačni manometar nužni prema propisima klasifikacijskih društava.

Zadaci: 1. prema očitanim vrijednostima treba konstruirati dijagram promjena temperatura, tlakova i snage na milimetarskom papiru u mjerilu; 2. opisati promjene kako bi se mogle koristiti kao buduće reference za dijagnostiku kvarova.

7. Laboratorijska vježba: Neispravan rad isparivača (smanjena površina)

ISPARIVAČ	ULAZ kompresora			IZLAZ kompresora			Snaga
	p_g [psig]	p_a [bar]	T [°C]	p_g [psig]	p_a [bar]	T [°C]	
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 ($A=0 A_0$)							

Otvoreni su ventili: 1, 4, 6, 8

Cilj je vježbe upoznavanje s promjenama koje će izazvati prljav (zaleđen) isparivač i utvrđivanje drugih uzroka sličnog ponašanja uređaja.

Smanjivanjem slobodne površine isparivača simulira se zaprljanje izmjenjivačkih površina. U tablicu se unose vrijednosti očitane na mjernim instrumentima kompresora, jer su usisni i tlačni manometar nužni prema propisima klasifikacijskih društava.

Zadaci: 1. prema očitanim vrijednostima treba konstruirati dijagram promjena temperatura, tlakova i snage na milimetarskom papiru u mjerilu; 2. opisati promjene kako bi se mogle koristiti kao buduće reference za dijagnostiku kvarova.

8. Laboratorijska vježba: Manjak rashladnog sredstva u uređaju

	ULAZ				IZLAZ			
Mjerene veličine	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: 1, 5, 8

Dio radnog fluida pohrani se u spremnik te izolira zatvaranjem ventila 4 i 6. Otvara se ventil 5.

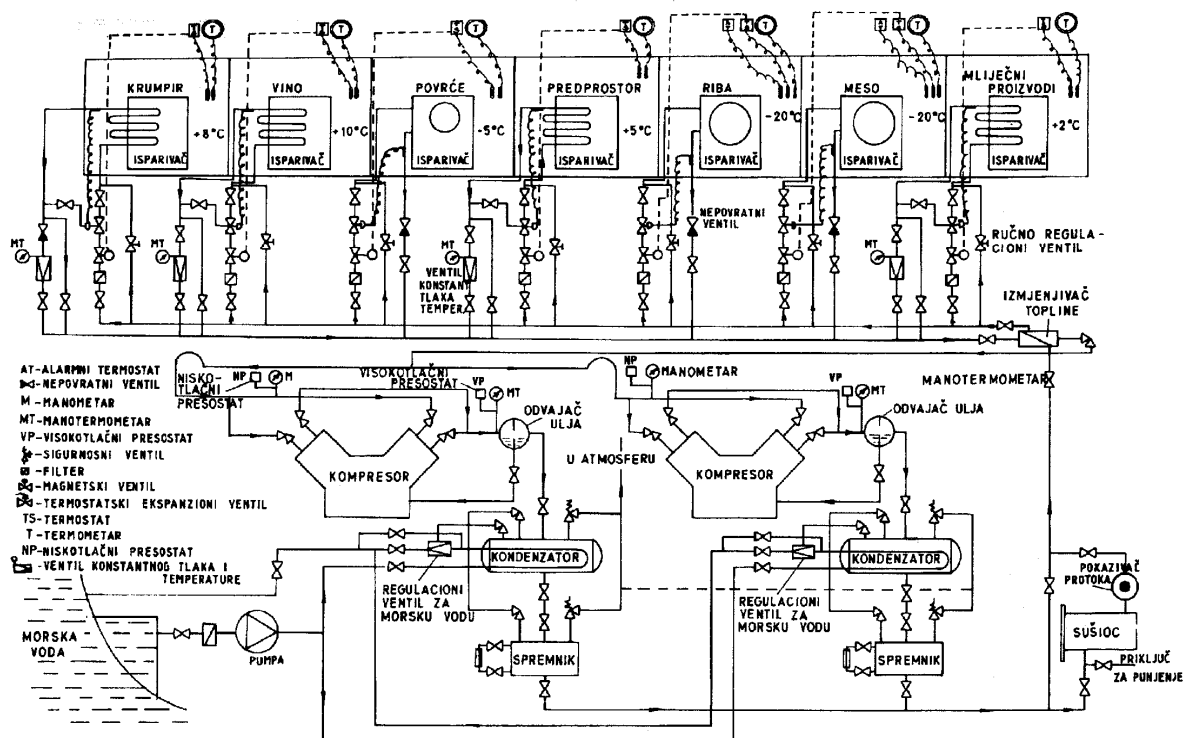
Nakon kraćeg vremena stabiliziranja rada uređaja u tablicu se unose manometarski tlakovi izraženi u *psi* i temperature u °C te električne veličine.

Cilj je vježbe upoznavanje s promjenama koje će izazvati manjak radnog fluida u uređaju.

Na pokaznom staklu cjevovoda uočiti manjak.

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. rad uređaja treba usporediti s prvom vježbom, utvrditi uzroke, načine identifikacije problema te moguće štetne posljedice.

9. Laboratorijska vježba: Brodski rashladni uređaj provijanta



Slika 3. Rashladni uređaj provijanta

Cilj je vježbe upoznavanje s izvedbom rashladnog uređaja provijanta.

Kompresor je otvorenog tipa. Regulacija kapaciteta ostvarena je pomoću mimovodnog ventila (ventila konstantnog tlaka). Pogoni se elektromotorom preko remenskog prijenosa.

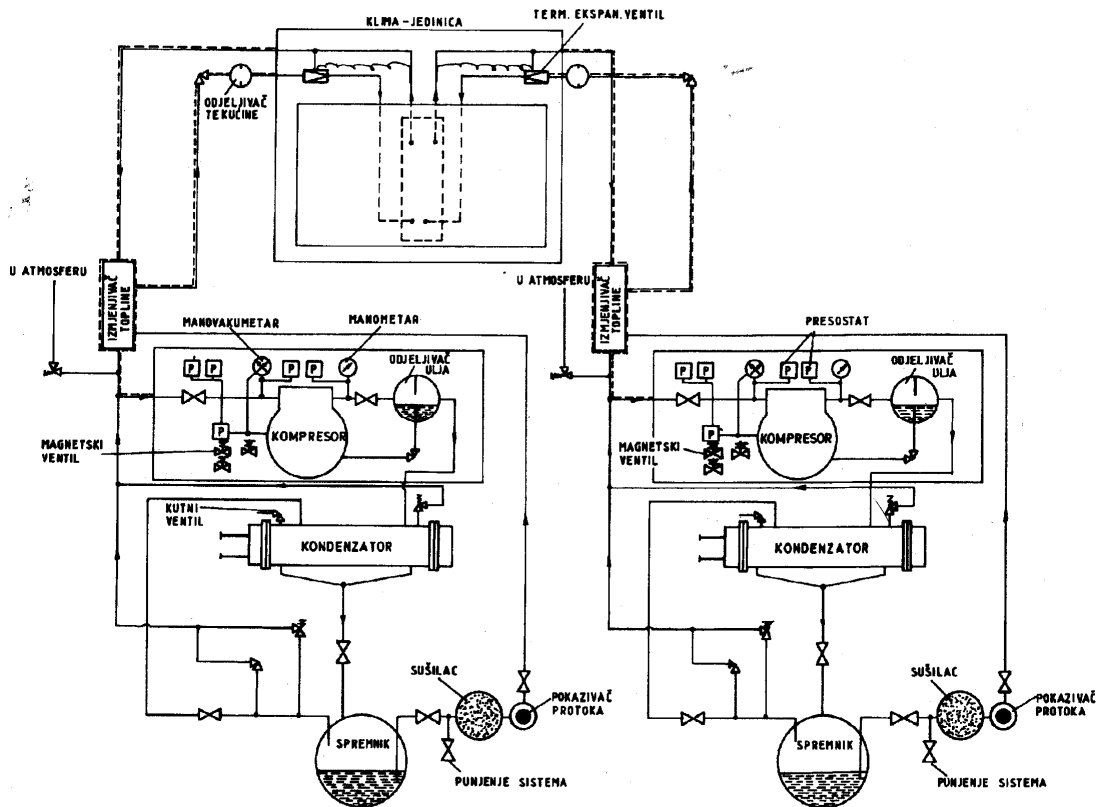
Kondenzator je hlađen slatkom vodom. 'U' cijevi smještene se u cilindričnom plaštu. Regulacija dovoda rashladne vode izvedena je pomoću presostatskog ventila.

Uređaj ima četiri rashladne komore. Na svakom se ogranku, između dvaju zapornih ventila, nalaze elektromagnetski i termoekspanzijski ventil. Ugrađen je i mimovod za hlađenje u nuždi. Komora mesa ima isparivač s prisilnim strujanjem zraka, a komora povrća s prirodnim strujanjem. Na izlazu radnog fluida iz komora viših temperatura ugrađen je ventil konstantnog tlaka na kojega je spojen manometar.

Zbog povećanja rashladnog učina ugrađen je pothlađivač kondenzata.

Zadaci: 1. izvršiti potrebne provjere te uključiti uređaj ispravnim redosljedom radnji; 2. uočiti elemente koji omogućuju automatski rad uređaja; 3. uočiti elemente automatske zaštite uređaja; 4. opisati automatski rad uređaja

10. Laboratorijska vježba: Brodski rashladni uređaj klima jedinice

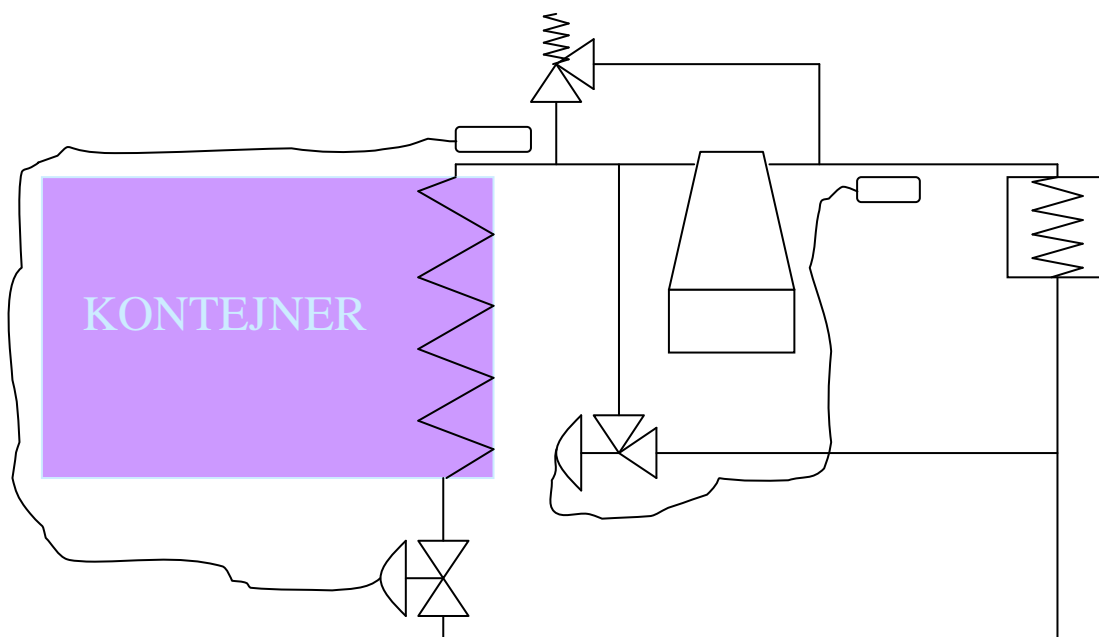


Slika 4. Rashladni uređaj centralne klima jedinice

Cilj je vježbe upoznavanje s rashladnim uređajem centralne klima jedinice ili manjim 'klima' uređajem stambenog prostora.

Zadaci: 1. opisati izvedbu uređaja; 2. ustanoviti razlike uređaja za hlađenje zraka i uređaja koji se zimi može koristiti za zagrijavanje prostora; 3. utvrditi razlike u odnosu na rashladni uređaj provijanta.

11. Laboratorijska vježba: Rashladni uređaj kontejnera

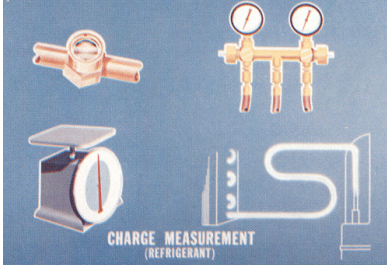
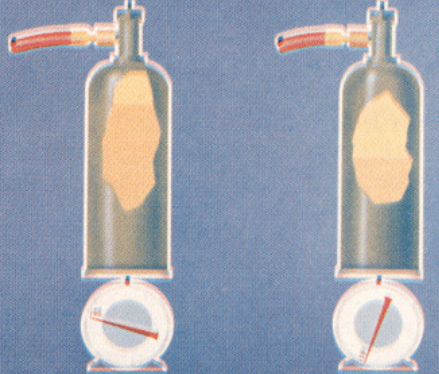
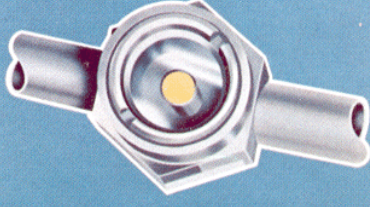
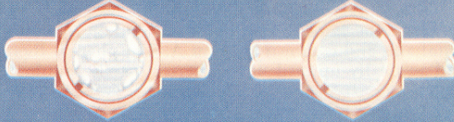
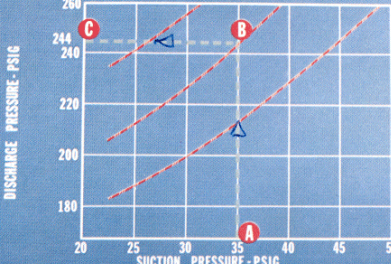
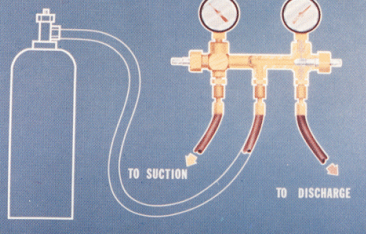
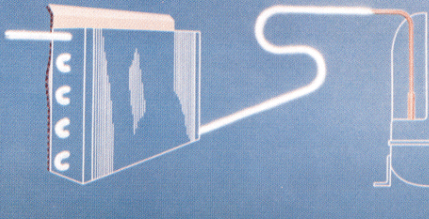
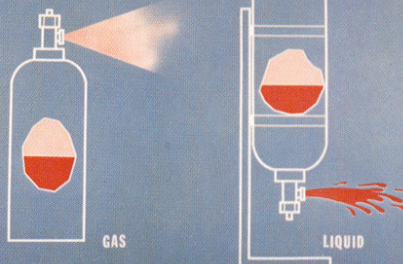
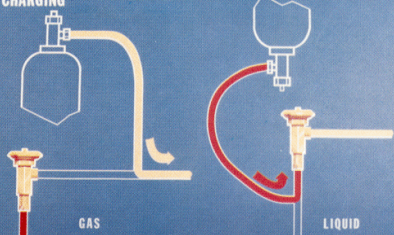
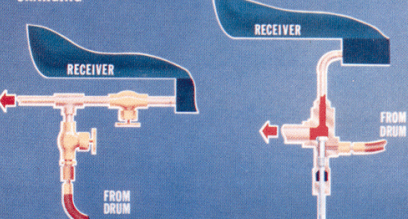
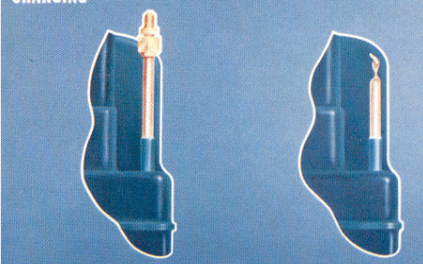
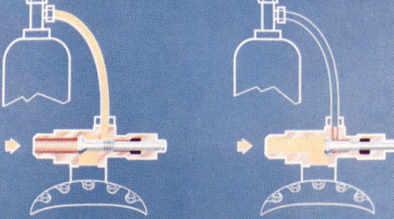
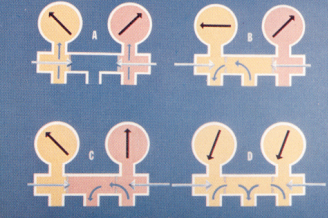


Slika 5. Pojednostavljena shema rashladnog uređaja kontejnera

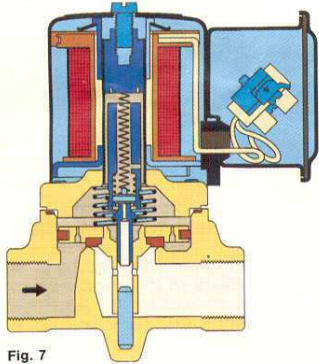
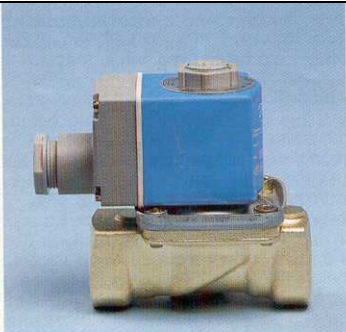
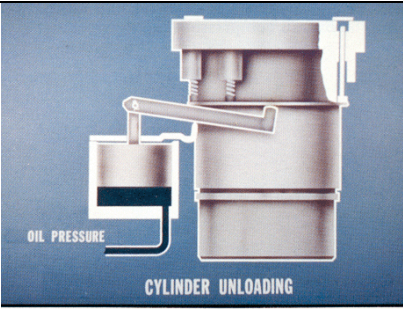
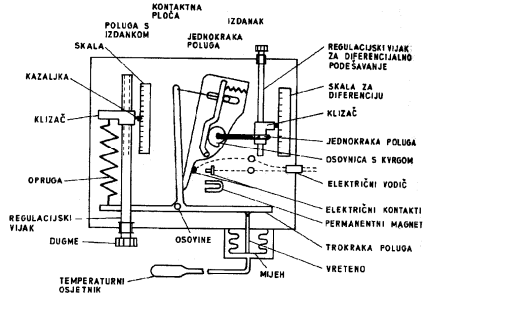
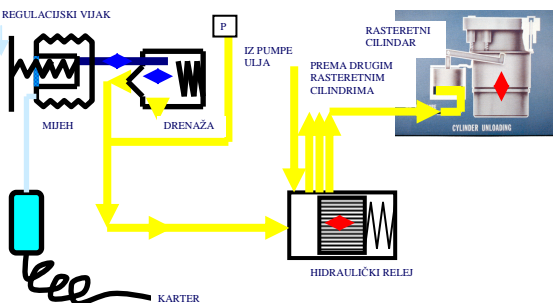
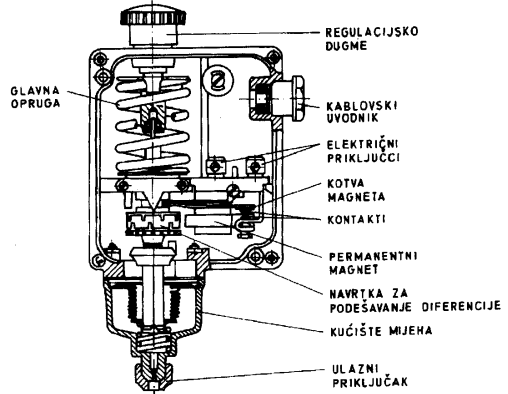
Cilj je vježbe upoznavanje s izvedbom manjeg rashladnog uređaja kakav se ugrađuje na pojedinačne kontejnere.

Zadaci: 1. opisati uređaj; 2. uočiti jednostavnost sustava za regulaciju kapaciteta kompresora te ventil koji štiti kompresor i sustav od pregrijanja

12. Laboratorijska vježba: Brodski rashladni uređaj provijanta – određivanje količine rashladnog fluida te punjenje i/ili nadopunjavanje

 <p>CHARGE MEASUREMENT (REFRIGERANT)</p>		
	 <p>DISCHARGE PRESSURE - PSIG</p> <p>SUCTION PRESSURE - PSIG</p>	 <p>TO SUCTION</p> <p>TO DISCHARGE</p> <p>GAUGE MANIFOLD</p>
	 <p>GAS</p> <p>LIQUID</p>	 <p>CHARGING</p> <p>GAS</p> <p>LIQUID</p>
 <p>CHARGING</p> <p>RECEIVER</p> <p>FROM DRUM</p>	 <p>CHARGING</p>	 <p>CHARGING</p>
 <p>GAUGE MANIFOLD</p>	<p>Cilj je vježbe upoznavanje s načinima mjerenja količine radnog fluida te načinima punjenja ili nadopunjavanja uređaja s radnim fluidom.</p>	

13. Laboratorijska vježba: Brodski rashladni uređaj provijanta – automatski rad i zaštita (regulacija kapaciteta kompresora, hlađenja prostora...)

 <p>EVJHS 15-20</p> <p>Fig. 7</p>	 <p>EVSIT 18 m. 18Z coil, 10 W.</p>	 <p>OIL PRESSURE</p> <p>CYLINDER UNLOADING</p>
 <p>KONTAKTNA PLOČA POLUGA S IZDANKOM IZDANAK JEDNOKRAKA POLUGA REGULACIJSKI VIJAK ZA DIFERENCIJALNO PODEŠAVANJE SKALA ZA DIFERENCIJU KLIZAČ KAZALJKA KLIZAČ OPRUGA REGULACIJSKI VIJAK DUGME TEMPERATURNI OSJETNIK OSOVINE MIJEH ELEKTRIČNI VODIČ ELEKTRIČNI KONTAKTI PERMANENTNI MAGNET TROKRAKA POLUGA VRETERO</p>	 <p>REGULACIJSKI VIJAK</p> <p>MJEH</p> <p>DRENAŽA</p> <p>IZ PUMPE</p> <p>ULJA</p> <p>RASTERETNI CILINDAR</p> <p>PREMA DRUGIM RASTERETNIM CILINDRIMA</p> <p>CYLINDER UNLOADING</p> <p>KARTER</p> <p>HIDRAULIČKI RELEJ</p>	
 <p>REGULACIJSKO DUGME</p> <p>KABLOVSKI UVODNIK</p> <p>ELEKTRIČNI PRIKLJUČCI</p> <p>KOTVA MAGNETA</p> <p>KONTAKTI</p> <p>PERMANENTNI MAGNET</p> <p>NAVRTKA ZA PODEŠAVANJE DIFERENCIJE</p> <p>KUČIŠTE MIJEHA</p> <p>ULAZNI PRIKLJUČAK</p> <p>GLAVNA OPRUGA</p>	<p>Utvrđiti sustav automatskog upravljanja i zaštite rashladnog uređaja provijanta.</p> <p>Ustanoviti vezu termostata rashladne komore – elektromagnetski ventil. Izvedba termostata, način rada i podešavanje. Izvedba elektromagnetskog ventila i provjera ispravnosti.</p>	

Cilj je vježbe upoznavanje s elementima automatskog rada i zaštite uređaja.

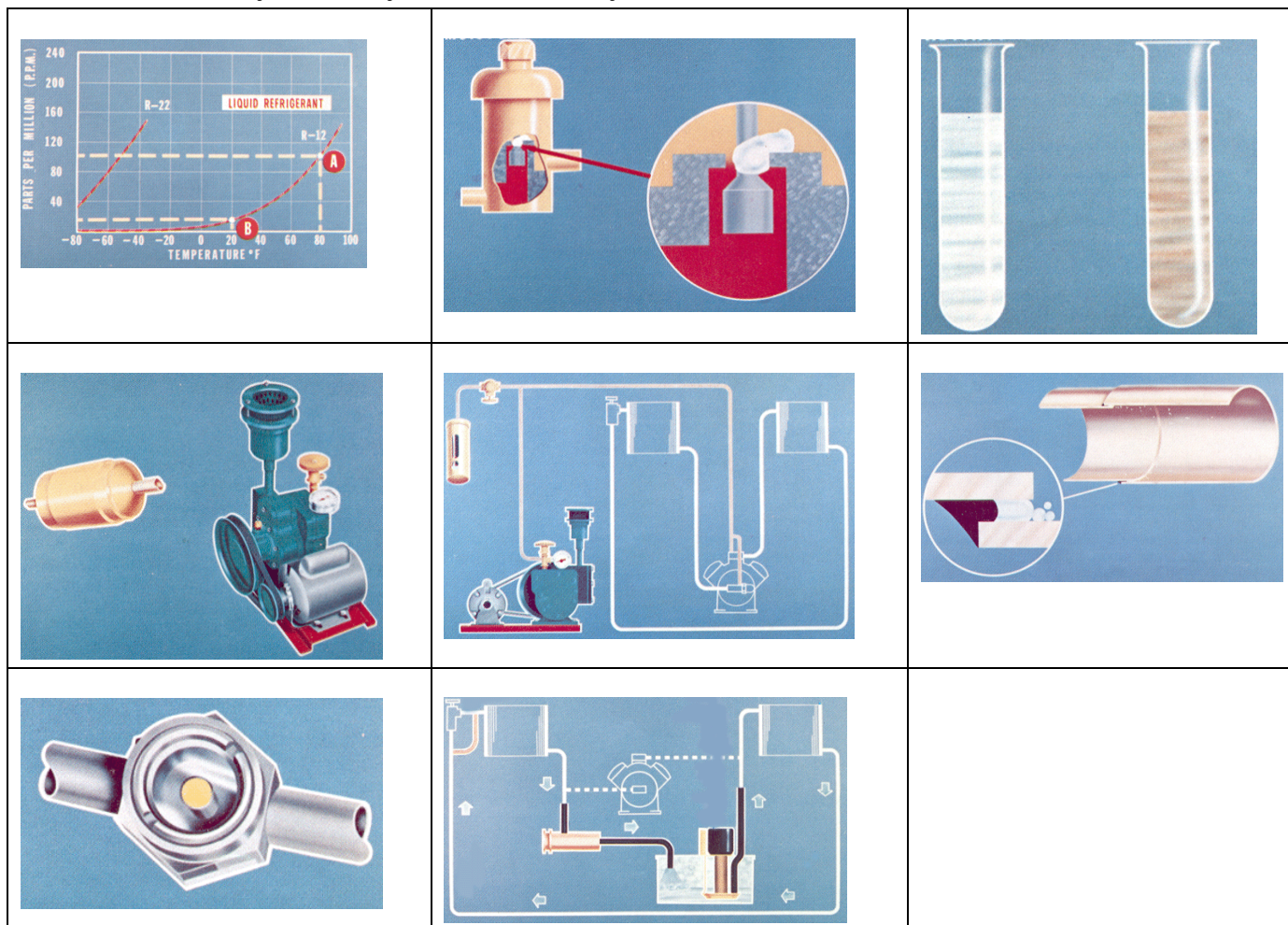
Ustanovljavanje razlika TEV-a s unutarnjim i vanjskim izjednačavanjem tlaka.

Upoznavanje s izvedbom presostata, načinom djelovanja i podešavanja. Utvrđivanje veze niskotlačnog presostata s normalnim uključivanjem i isključivanjem kompresora.

Ustanoviti sustav regulacije kapaciteta kompresora.

Utvrđiti elemente automatske zaštite uređaja te načine djelovanja.

14. Laboratorijska vježba: Brodski rashladni uređaj provijanta – vakuumiranje/sušenje - odvlaživanje



Cilj je vježbe upoznavanje s promjenama koje će izazvati prisustvo vlage te načinima otklanjanja.

Upoznavanje s problemima koje može izazvati prisustvo vlage u uređaju.
 Upoznavanje s metodama sušenja i vakuumiranja uređaja.

15. Laboratorijska vježba: Brodski rashladni uređaj provijanta (simulator) – dijagnostika kvarova

Utvrđivanje uvjeta koji trebaju biti ispunjeni prije startanja broskog rashladnog uređaja (brodska elektrana i napajanje).

Nakon uključivanja uređaja ispravnim redoslijedom radnji i kratkog vremena stabiliziranja radnih uvjeta, automatski se uključuju podešeni (predprogramirani) kvarovi.

Zadatak je studenta promptno reagirati s ciljem sprječavanja težih havarija te detektiranje uzroka.

Cilj je vježbe provjera sposobnosti studenata za aktivan rad s broskim parnokompresijskim uređajem.

Materijali za numeričke (auditorne) vježbe

Mollierov dijagram vlažnog zraka

