



Laboratorijske vježbe - Dizalice topline

Autor

Stjepan Herceg, mag.ing.mech.



www.esf.hr



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.



Sadržaj

1. Uvod	3
1.1. <i>Log(p)-h</i> dijagram	7
1.2. Jednostavan kompresijski rashladni krug ET 101	10
1.3. Dizalica topline ET 102	10
1.4. Cilj vježbi	12
1.5. Zadatak	13
1.6. Pitanja prije vježbi.....	14
2. Ispitne linije	15
2.1. Oprema.....	17
2.1.1. Rashladni sustav ET 101	17
2.1.2. Dizalica topline ET 102.....	22
2.2. Postupak izvođenja vježbi	26
3. Rezultati	27
3.1. Analiza rezultata	29
Literatura	36
Kazalo slika	37
Kazalo tablica	38
Impressum	39

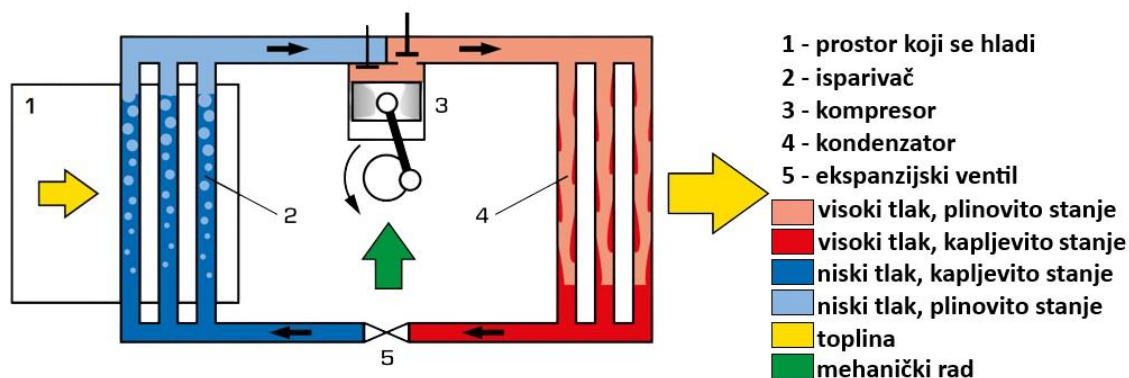


1. Uvod

Dizalice topline koriste se za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode u području stanogradnje i industrijskih procesa. Praktički se s jednim uređajem mogu osigurati sve potrebe za toplinskom i rashladnom energijom nekog objekta. Dizalica topline pogonjena je električnom energijom i pri njezinom radu značajno se smanjuje emisija stakleničkih plinova u odnosu na konvencionalne izvore toplinske energije bazirane na izgaranju fosilnih goriva.

Rad dizalica topline zasniva se na principu ljevokretnog ciklusa. Najpoznatiji primjer ljevokretnog ciklusa predstavlja kućanski hladnjak (rashladni sustav). Rashladnim procesima odvodi se toplina tj. hladi se prostor, materijal ili proizvod (npr. hlađenje hrane za zaštitu od kvarenja, hlađenje prostora ljeti; i dr.). Najčešći je je kompresijski rashladni sustav. Osnovne komponente sustava čine : kompresor, kondenzator, prigušni element i isparivač. On koristi činjenicu da radna tvar ima nisko vrelište pri niskom tlaku. To znači da se isparavanje radne tvari odvija na strani niskog tlaka (niske temperature). Za isparavanje radne tvari potrebna je toplina koja se odvodi od objekta hlađenja čime mu se smanjuje temperatura. Kondenzacija se odvija na visokotlačnoj strani nakon isparivača i kompresora. Tijekom procesa kondenzacije toplina se predaje u okolinu (zraku ili vodi). Ako se ne koristi učinak hlađenja, nego predana toplina na kondenzatoru, govorimo o dizalici topline.

U klasičnom kompresijskom rashladnom sustavu (slika 1) radna tvar prolazi kroz rashladni krug te je podložna različitim promjenama stanja u elementima kruga. Isparivač [2] odvodi toplinsku energiju iz prostora [1] koji je potrebno hladiti. Toplinska energija ponovno se oslobađa kondenzacijom [4] radne tvari. Za povećanje tlaka, uz prikazani stapni kompresor [3] mogu se koristiti spiralni, lamelni, vijčani i turbo kompresori. Za prigušenje radne tvari s tlaka kondenzacije na tlak isparavanja najčešće se koristi ekspanzijski ventil [5].

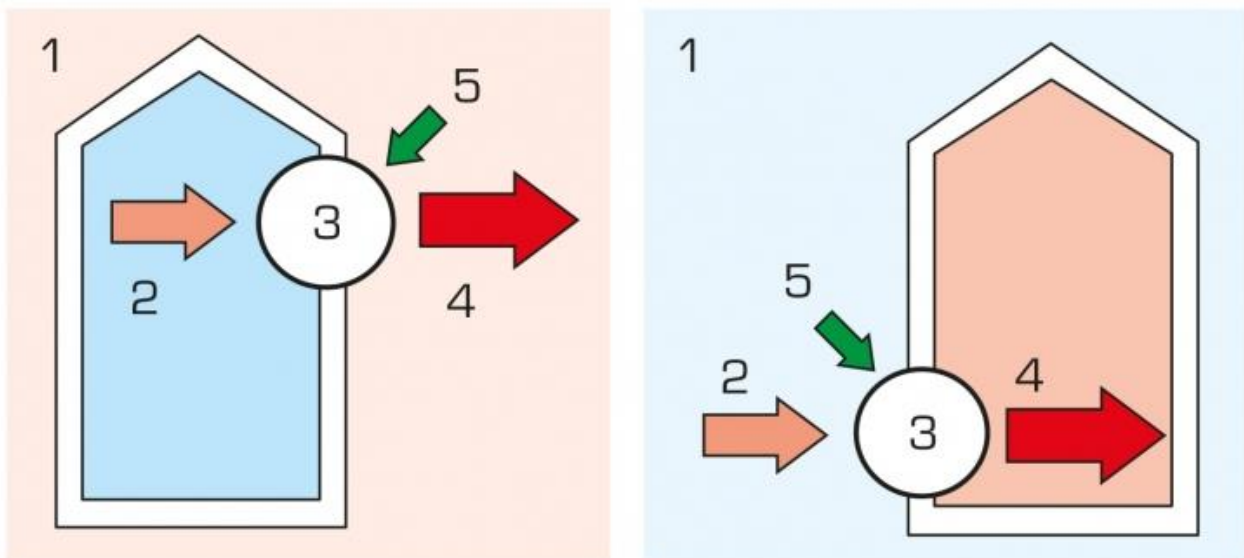


Slika 1. Kompresijski rashladni ciklus

Tehnički gledano, ne postoji razlika između rashladnog sustava i dizalice topline. Oba sustava koriste iste komponente. Razlika je samo u korištenju uređaja:

- Korisna strana **rashladnog sustava** jest **isparivač**. Cilj je ohladiti prostoriju/materiju hlađenja. Prelazak topline s kondenzatora mora se odvijati izvan hlađene prostorije.
- U slučaju **dizalice topline**, korisna strana je **kondenzator**. Ako se zgrada grije dizalicom topline, prelazak topline na isparivač mora se odvijati van stambenog prostora.

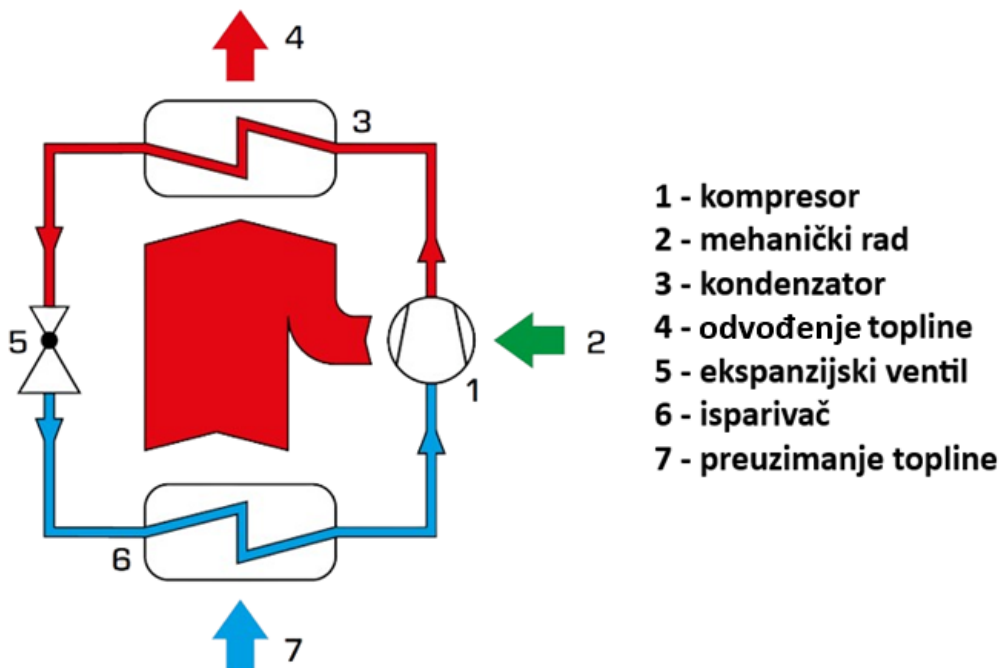
I rashladni uređaj i dizalica topline konstruirani su za opskrbu toplinskom energijom. Korisna toplinska energija dobiva se prelaskom topline s niske na visoku energetska razinu. Kako se takav proces po načelima termodinamike ne može odvijati samostalno potrebno je u sustav dovoditi rad. On obično dovodi u obliku električne energije za pogon mehaničkog kompresora. Na sljedećem dijagram prikazani su rashladni uređaj i dizalica topline.



1 – okoliš; 2 – toplina privedena isparivaču; 3 – rashladni sustav/dizalica topline; 4 – toplina predana na kondenzatoru; 5 – privedeni rad

Slika 2. Princip rada rashladnog uređaja (lijevo) i dizalice topline (desno)

Dizalice topline preuzimaju toplinsku energiju iz okoliša (niža temperaturna razina) te ju uz dodatnu pogonsku energiju (mehaničku ili toplinsku) predaju u prostor (viša temperaturna razina). Uobičajeni izvori topline su zrak, tlo, podzemna voda te ostali oblici vode. Temperatura izvora topline ključna je za učinkovitost uređaj te vrijedi pravilo što je viša temperatura izvora to je bolja učinkovitost sustava.



Slika 3. Princip rada dizalice topline

Dizalice topline rangiraju se u ovisnosti o njihovoj učinkovitosti. Učinkovitost dizalice topline računa se kao omjer toplinskog toka na kondenzatoru i privedene snage za pogon kompresora te se naziva toplinskim množiteljem (engl. Coefficient Of Performance).

$$COP = \frac{\text{toplinski tok izmjenjen na kondenzatoru}}{\text{privedena snaga za pogon kompresora}} = \frac{\phi_{kond} [W]}{P_{EL} [W]}$$

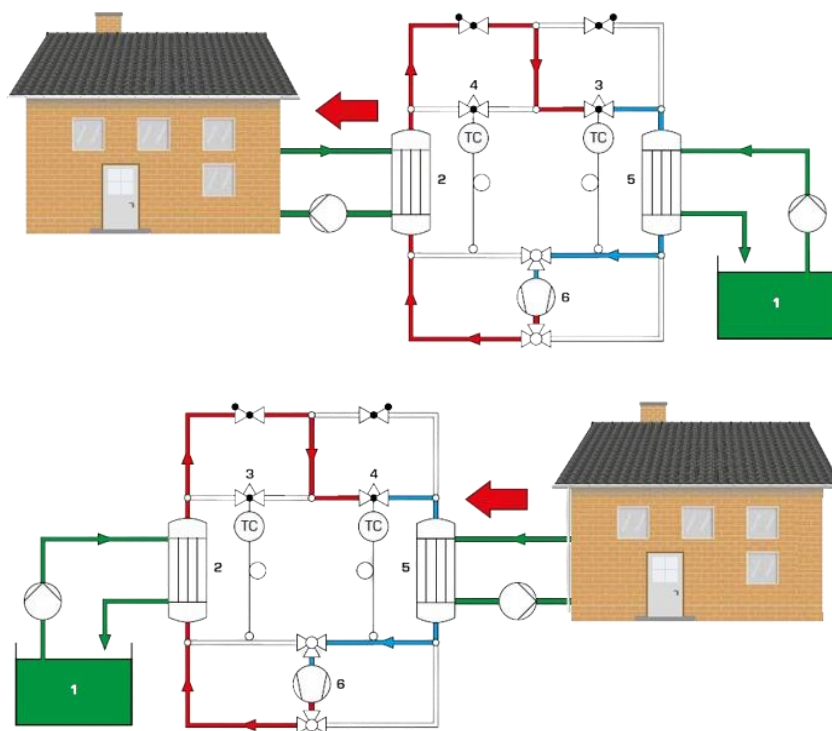
COP je važan pokazatelj za rad dizalica topline jer pokazuje koliko učinkovito radi dizalica topline. Ova vrijednost omogućuje jednostavnu usporedbu između različitih dizalica topline. COP izravno ovisi o temperaturi izvora topline i temperaturi grijanja u zgradi. Stoga se COP mijenja u svakoj radnoj točki dizalice topline. Što je veći COP, dizalice topline je učinkovitija.

Kao što je navedeno, najčešći izvori topline za dizalicu topline jesu zrak, podzemna voda i tlo. Ako se toplina crpi iz zemlje, to je poznato kao plitka geotermalna energija (do 400 metara dubine). Temperatura izvora topline ključna je za visoku učinkovitost. Temperatura izvora topline ne smije se previše smanjiti zimi kada je potrebno osigurati najveći učinak grijanja. Pri odabiru izvora topline potrebno je međusobno odmjeriti čimbenike kao što su troškovi ulaganja, učinkovitost, dostupnost i dobivanje potrebnih dozvola. Korištenje otpadne topline kao što je otpadni zrak ili rashladna voda posebno je isplativo.

Izvor energije	Prednosti	Nedostaci
okolišni zrak 	niska investicija	niski COP zimi
tlo 	konstantna svojstva tijekom godine	visoka investicija, potrebna veća površina zemlje
podzemna voda 	konstantna svojstva tijekom godine	visoka investicija, potrebne dozvole

Slika 4. Najčešći izvori topline za dizalicu topline

Budući da imaju isti princip rada, dizalica topline može funkcionirati i kao rashladni uređaj. Kao takav, moguće je koristiti isti sustav za grijanje zimi i za hlađenje ljeti. Samo su funkcije isparivača i kondenzatora zamijenjene. Okretanje režima rada iz grijanja u hlađenje najčešće se radi na strani radne tvari prebacivanjem s dvaju nepovratnih ventila i drugim ekspanzijskim ventilom ili pak prebacivanjem s pomoću četveroputnog prekretnog ventila. Većina kućnih rashladnih uređaja – klima (tzv. split klima uređaji) za hlađenje prostora već ima uključenu funkciju grijanja (prekretanja procesa).

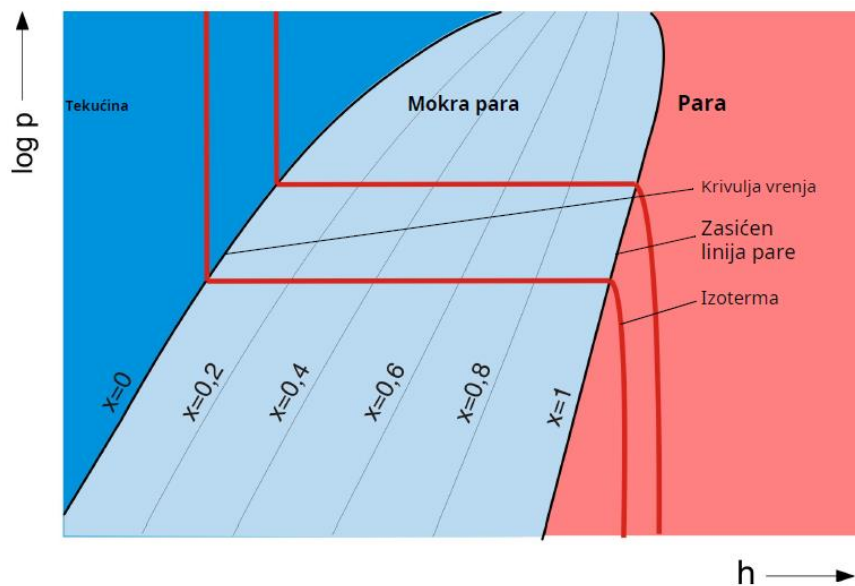


1 – ponor/izvor topline; 2 – kondenzator; 3,4 – ekspanzijski ventil; 5 – isparivač; 6 - kompresor

Slika 5. Dizalica topline u režimu grijanja / zima (gornja slika); dizalica topline u režimu hlađenja /ljeti (donja slika)

1.1. $\log(p)$ - h dijagram

Kružni procesi u rashladnim procesima/dizalici topline prikazuju se grafički u $\log(p)$ - h dijagramu. U dijagramu se razlikuju tri različita područja koje predstavljaju različita agregatna stanja radne tvari (slika 6). Plavo područje predstavlja kapljevito stanje radne tvari, crveno područje predstavlja parovitu radnu tvar, dok je svijetloplavom bojom prikazano područje mokre pare (smjesa kapljevite i parovite faze radne tvari). Krivulje u mokrom području predstavljaju količinu pare u ukupnoj količini radne tvari. Tako, naprimjer, krivulja $x = 0,6$ predstavlja radnu tvar koja sadrži 40% kapljevine i 60% pare. Krivulja $x=0$ naziva se još linijom vrenja (početak stvaranja pare), dok linija $x = 1$ predstavlja 100% parovito stanje (krivulja suhozasićene pare). Crvenom linijom označene su izoterme, tj. krivulje s konstantnom temperaturom.



Slika 6. $\log(p)$ - h dijagram

Specifična entalpija h opisuje energetska stanje jednog kilograma radne tvari. Da bi se mogao konstruirati $\log(p)$ - h dijagram, potrebno je poznavati tlak i temperatura najmanje tri točke procesa. Najčešće mjerne točke su na ulazu u kompresor, izlazu iz kompresora te na izlazu iz kondenzatora.

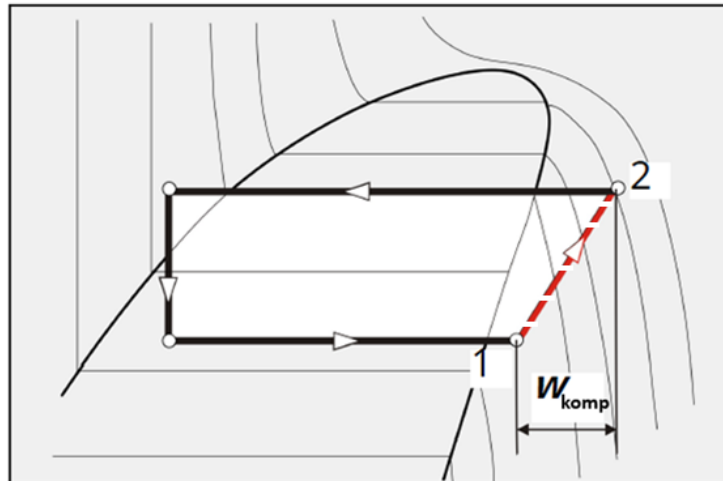
Ljevokretni proces u $\log(p)$ - h dijagramu sastoji se od četiri karakteristične promjene:

1. Kompresija radne tvari
2. Kondenzacija radne tvari
3. Prigušivanje radne tvari
4. Isparivanje radne tvari.

1. Kompresija radne tvari

Gledano idealno, proces kompresije može se prikazati u dijagramu kao izentropska promjena stanja. Izentropsko u ovom slučaju znači da se toplota ne izmjenjuje s okolinom i kompresija se odvija bez gubitaka. Specifični rad kompresije, koji se prenosi po kg radne tvari, odgovara razlici entalpije između početka i kraja kompresije:

$$W_{komp} = h_2 - h_1$$

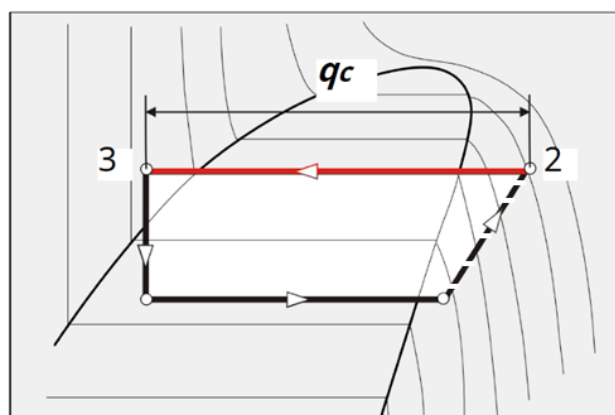


Slika 7. Kompresija u $\log(p)$ - h dijagramu

2. Kondenzacija radne tvari

Za vrijeme kondenzacije toplota se s radne tvari predaje ponoru topline (zrak ili voda). Kondenzacija se provodi pri konstantnom tlaku, a u području mokre pare i na konstantnoj temperaturi. Promjena se u $\log(p)$ - h dijagramu prikazuje kao vodoravna linija. Specifična toplota izmijenjena na kondenzatoru odgovara razlici entalpija na ulazu i izlazu iz kondenzatora:

$$q_c = h_2 - h_3$$

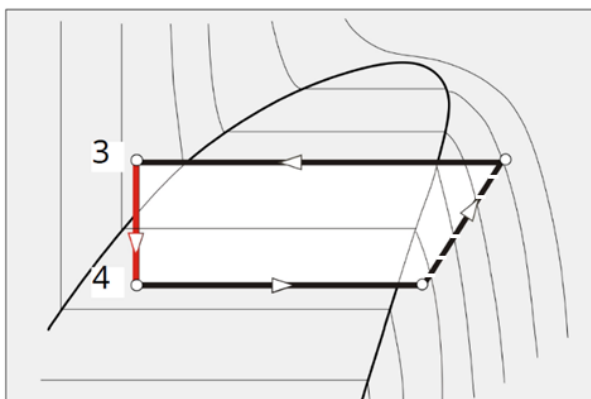


Slika 8. Kondenzacija u $\log(p)$ - h dijagramu

3. Prigušivanje radne tvari

Nakon što kondenzira u kondenzatoru, radna tvar se vodi do isparivača pod niskim tlakom (kako bi mogla ispariti na niskim temperaturama). Proces smanjenja tlaka odvija se pomoću prigušnog elementa (kapilarni/ekspanzijski ventil). Promjena stanja može se smatrati adijabatskom (entalpija ostaje nepromijenjena – nema izmjene topline s okolinom). Stoga se promjena stanja bilježi kao okomita crta od 3 do 4 u $\log(p)$ - h dijagramu.

$$h_3 = h_4$$

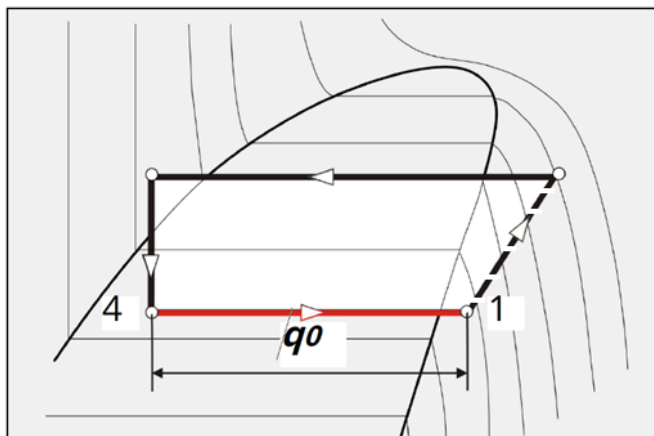


Slika 9. Prigušivanje u $\log(p)$ - h dijagramu

4. Isparivanje radne tvari

Radna tvar nakon prigušivanja ulazi u isparivač gdje može ispariti zahvaljujući toplini koju prima od izvora topline, hlađenog medija. Proces uzrokuje pad temperature okoline. Proces se odvija na konstantnom tlaku stoga se promjena u dijagramu prikazuje kao horizontalna linija. Kao i kod kondenzatora, specifični kapacitet isparivača može se odrediti pomoću razlike entalpija:

$$q_0 = h_1 - h_4$$



Slika 10. Isparavanje u $\log(p)$ - h dijagramu

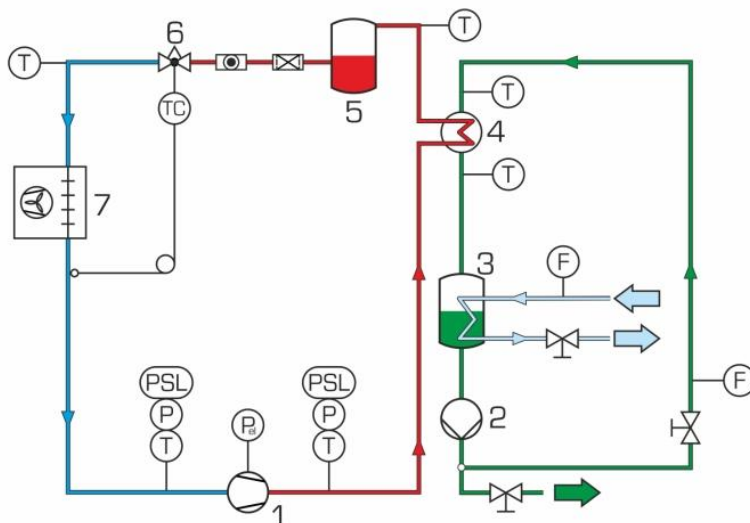
1.2. Jednostavan kompresijski rashladni krug ET 101

Rashladni krug ET 101 predstavlja jednostavan kompresijski rashladni sustav s osnovnim komponentama (kompresor, kondenzator, ekspanzijski ventil, isparivač). Isparivač i kondenzator konstruirani su kao spiralni cijevni izmjenjivač koji su uronjeni u zasebni spremnik napunjen vodom. Voda simulira izvor i ponor topline. Termostatski ekspanzijski ventil služi kao ekspanzijski element. Dva manometra pokazuju dva tlaka sustava na strani visokog i niskog tlaka. Na dodatnoj skali na manometru prikazana je temperatura isparavanja. Dva termometra mjere temperaturu vode u spremnicima.

1.3. Dizalica topline ET 102

Pokazna dizalica topline ET 102 koristi zrak kao izvor topline te toplinu predaje vodi (dizalica topline zrak-voda). Dizalica topline sastoji se od: kompresora (1), isparivača s ventilatorom (7), ekspanzijskog ventila (6), kondenzatora (4) i sakupljača kapljevine (5).

Kroz osnovne komponente sustava prolazi radna tvar R134a. Kompresor usisava pare radne tvari te ih komprimira na viši tlak te ih šalje prema kondenzatoru. U kondenzatoru komprimirana para radne tvari kondenzira (prelazak iz parovitog u kapljevito stanje) u cijevima kondenzatora te se toplina kondenzacije predaje vodi koja struji s vanjske strane cijevi. Radna tvar iz kondenzatora izlazi u kapljevitom stanju te dolazi do prigušnog ventila na kojem se spušta tlak radne tvari (spuštanjem tlaka pada i temperatura radne tvari). Kapljevita radna tvar niskog tlaka i niske temperature zatim ulazi u isparivač gdje radna tvar na sebe apsorbira toplinu iz okolnog zraka. Tijekom prelaska topline sa zraka na radnu tvar, sama radna tvar isparava (prelazak iz kapljevito u parovito stanje). Isparenu ju kompresor usisava čime se ponavlja cjelokupni kružni proces.



Slika 11. Shematski prikaz dizalice topline ET 102

Toplina s radne tvari u kondenzatoru predaje se vodi. Kako bi se mogla regulirati temperatura na kojoj se odvija prijelaz topline dizalica topline ima i krug tople vode. On se sastoji od spremnika (3), cirkulacijske pumpe (2) i kondenzatora (4).

Krugom tople vode toplina s kondenzatora odvodi se preko vanjskog priključka vode za hlađenje. Protok rashladne vode podešava se preko ventila te se isti mjeri.

Sve relevantne izmjerene vrijednosti bilježe se i prikazuju na sučelju. Istovremeni prijenos mjerenja u programski paket za snimanje podataka omogućuje analizu i prikaz procesa u $\log(p)$ - h dijagramu. Softver GUNT pruža točne podatke o stanju rashladnog sredstva koji se koriste za točan izračun masenog protoka rashladnog sredstva. Izračun stoga daje puno točniji rezultat od mjerenja konvencionalnim metodama. Softver također prikazuje varijable ključnih karakteristika procesa, kao što su omjer tlaka kompresora i koeficijent učinka.

1.4. Cilj vježbi

Vježba 1.

Cilj vježbe jest:

- upoznati se sa osnovnim komponentama rashladnog sustava
- biti u stanju identificirati i imenovati komponente sustava
- nacrtati $\log(p)$ - h dijagram procesa
- nacrtati shemu sustava.

Vježba 2.

Cilj je vježbe upoznati se s radnim parametrima i komponentama dizalice topline te vidjeti međusobnu ovisnost radnih parametara te njihov utjecaj na učinkovitost dizalice topline. Kroz vježbu će se pokazati:

- osnovne komponente dizalice topline/proces
- konstrukcija i rad dizalice topline zrak-voda
- energetske bilance
- određivanje karakterističnih točaka procesa
- određivanje COP-a.

Vježba 3.

Cilj je vježbe pokazati:

- ovisnost COP-a o razlici temperatura izvora i ponora topline (zrak-voda)
- radno ponašanje dizalice topline pod opterećenjem.

1.5. Zadatak

Zadatak 1.

Potrebno je identificirati osnovne komponente jednostavnog rashladnog kruga ET 101. Nakon toga je potrebno uključiti sam uređaj te provoditi očitavanje temperature spremnika vode te tlakova isparavanja i kondenzacije prema zadanom vremenskom okviru. Rezultati mjerenja unose se u podloge (tablica 6). Rezultate mjerenja (tlak i temperaturu) potrebno je prikazati na zadanim dijagramima te za mjerenje u 10. minuti nacrtati na $\log(p)$ - h dijagram. Isto je tako potrebno prokomentirati dobivene rezultate mjerenja.

Zadatak 2.

Potrebno je identificirati osnovne komponente dizalice topline ET 102, nakon toga treba uključiti dizalicu topline te namjestiti na maksimum protok zraka na isparivaču te protok vode u kondenzatoru i dobavnoj pumpi.

Nakon što mjereni parametri postanu stacionarni (konstantni u vremenu) potrebno je očitati tlakove i temperature karakterističnih točaka procesa te je potrebno očitati i ostale parametre procesa prema danim podlogama (tablica 7). Na temelju izmjerenih točaka iz tablica iščitati vrijednosti entalpija te nacrtati $\log(p)$ - h dijagram. Isto je tako potrebno izračunati efikasnost (COP) same dizalice topline.

Zadatak 3.

Nakon početnih mjerenja dizalice topline potrebno je odrediti učinkovitost kod:

- a) smanjenog protoka zraka,
- b) smanjenog protoka vode,
- c) smanjenog protoka zraka i vode

te usporediti i analizirati dobivene podatke.

1.6. Pitanja prije vježbi

Vježba 1.

Koje su osnovne komponente rashladnog kruga?

Je li veći: kapacitet kondenzatora ili kapacitet isparivača? Objasnite svoj odgovor.

Koju varijablu regulira termostatski ekspanzijski ventil? Koja je prednost u usporedbi s neregulirajućim prigušnim uređajem?

Kako pothlađenje radne tvari utječe na termodinamički ciklus?

Kako prepoznati nedovoljno napunjen sustav?

Vježba 2.

Koje su osnovne komponente dizalice topline?

Koja je razlika između dizalice topline i rashladnog uređaja?

Koji su najčešći izvori topline za dizalicu topline? Koje su prednosti, a koje su mane pojedinih izvora topline?

Koja komponenta osigurava sustav od nedopuštenih tlakova?

Vježba 3.

Kako se određuje učinkovitost dizalice topline?

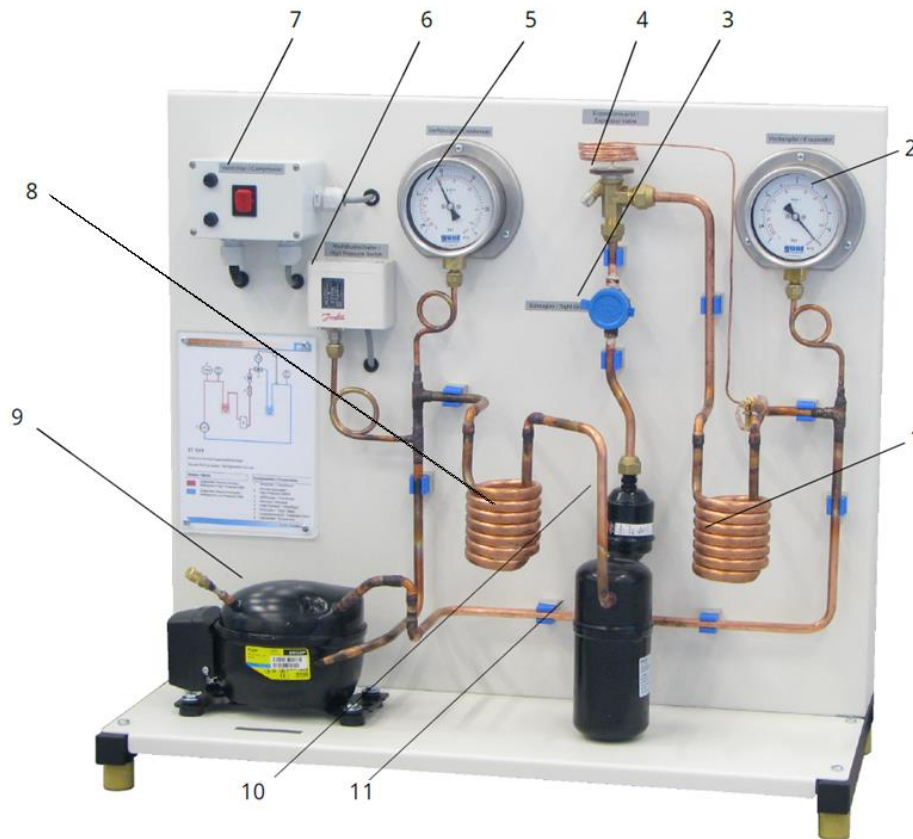
Koji parametri utječu na efikasnost dizalice topline?

Kako se COP ponaša s porastom odnosno padom temperatura toplinskih spremnika? Objasnite svoj odgovor.

2. Ispitne linije

Jednostavni rashladni sustav - ET 101

Prva vježba provodi se na jednostavnom rashladnom krugu prikazanom na sljedećoj slici.



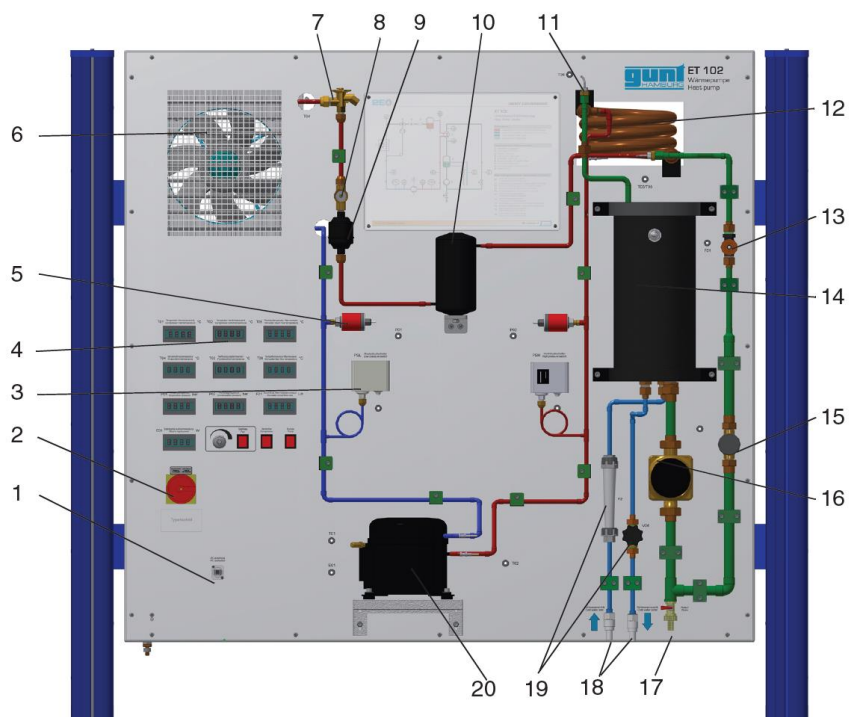
Slika 12. Prikaz jednostavnog rashladnog kruga ET 101

	Naziv komponente		Naziv komponente
1	Isparivač	7	Glavni prekidač
2	Manometar niskog tlaka	8	Kondenzator
3	Ogledno stakalce	9	Kompresor
4	Termoekspanzijski ventil	10	Filter/sušilo
5	Manometar visokog tlaka	11	Sakupljač radne tvari
6	Presostat visokog tlaka		

Tablica 1. Komponente dizalice topline zrak-voda ET 102

Dizalica topline - ET 102

Vježba 2. i 3. provode se na dizalici topline zrak-voda ET 102.



Slika 13. Prikaz dizalice topline zrak-voda ET 102

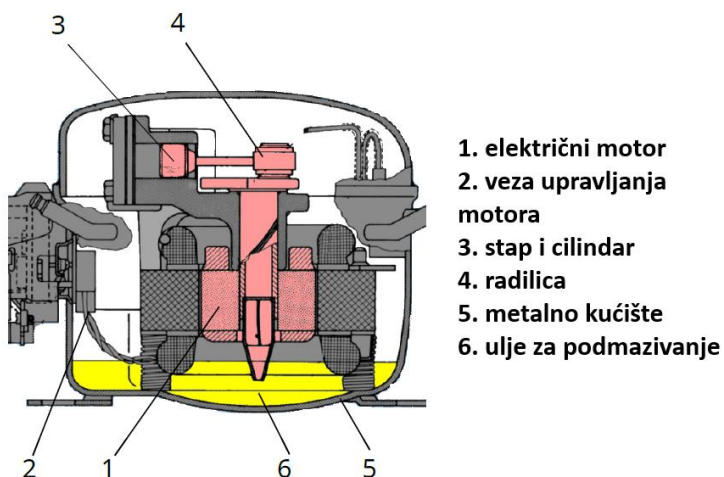
	Naziv komponente		Naziv komponente
1	Prikupljanje podataka	11	Osjetnik temperature
2	Glavni prekidač	12	Kondenzator
3	Presostat tlaka	13	Mjerač protoka vode
4	Digitalni prikaz podataka	14	Spremnik za vodu
5	Osjetnik tlaka	15	Zaporni ventil
6	Isparivač s ventilatorom	16	Cirkulacijska pumpa
7	Ekspanzijski ventil	17	Ispust vode
8	Ogledno stakalce	18	Priključci svježe vode
9	Filter/sušilo	19	Zaporni ventil i mjerac protoka vode
10	Sakupljač radne tvari	20	Kompresor

Tablica 2. Komponente dizalice topline zrak-voda ET 102

2.1. Oprema

2.1.1. Rashladni sustav ET 101

Kompresor

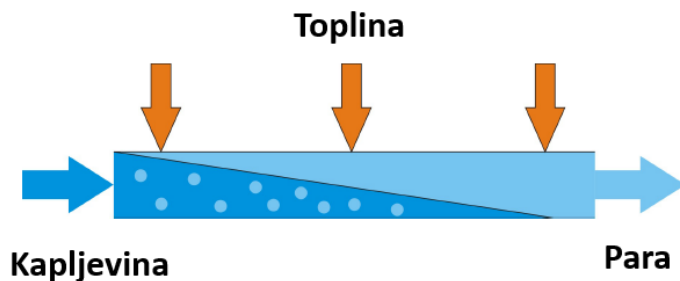


ET 101 opremljen je hermetičkim stapnim kompresorom. Motor i kompresor zatvoreni su u zavareno metalno kućište nepropusno za radnu tvar. Elektromotor se hladi usisanom parom radne tvari. U ovom slučaju govorimo o usisom hlađenom kompresoru. Kompresor također ima termičku zaštitu od preopterećenja. Ako namotaji motora postanu prevrući, prekidač strujnog kruga isključuje kompresor.

Slika 14. Hermetički stapni kompresor

Isparivač

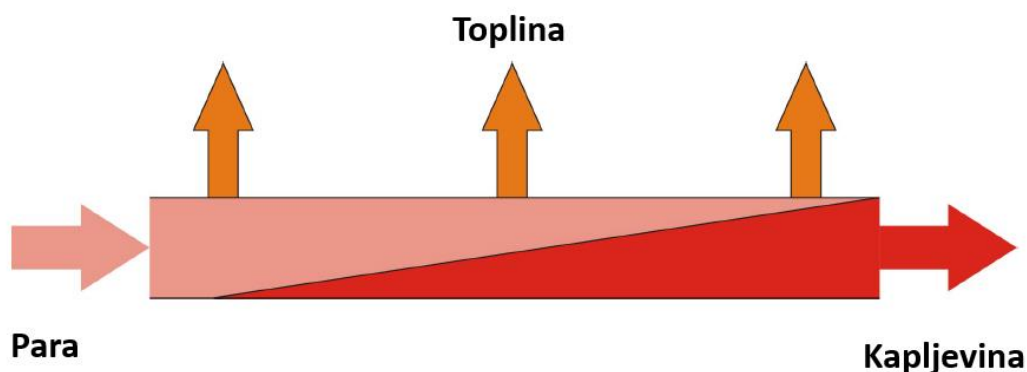
Isparivač je odgovoran za odvođenje topline s objekta hlađenja na radnu tvar. Odvođenje topline postiže se isparavanjem radne tvari u cijevima isparivača. Fazni prijelaz (isparavanje) iz tekućeg u plinovito stanje zahtijeva energiju koja se uzima iz okoline u obliku topline. Odvođenje topline uzrokuje pad temperature okoline. Isparivač ET 101 izveden je u obliku cijevnog svitka pa se toplina odvodi od vode koja se nalazi u plastičnom spremniku.



Slika 15. Isparivač

Kondenzator

Na kondenzatoru se toplina apsorbirana tijekom procesa hlađenja u isparivaču te energija uložena tijekom rada kompresora predaje okolišu. U tu se svrhu radna tvar kondenzira, mijenjajući agregatno stanje iz parovitog u kapljevito. Slično isparivaču, i kondenzator se hladi vodom. U ovom se slučaju odvedena toplinska energija s radne tvari prenosi na vodu koja zagrijava spremnik s vodom što se dulje koristi.

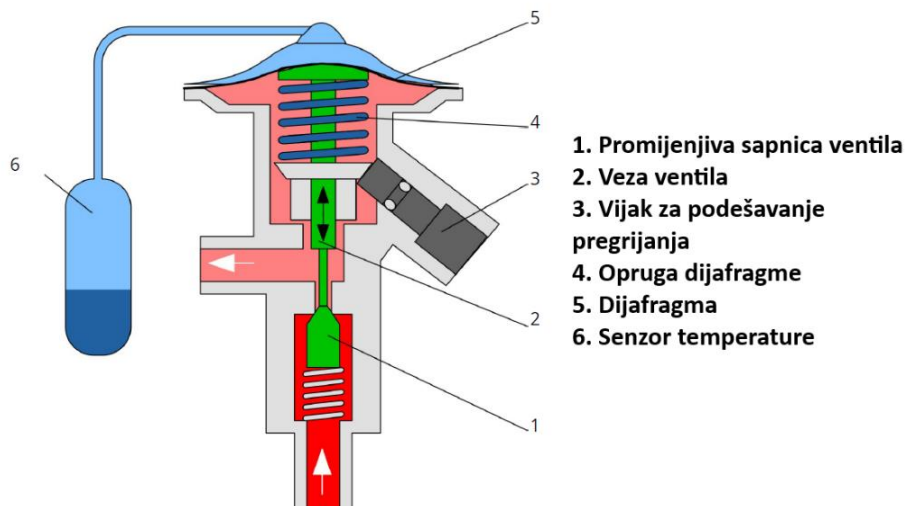


Slika 16. Kondenzator

Termoekspanzijski ventil

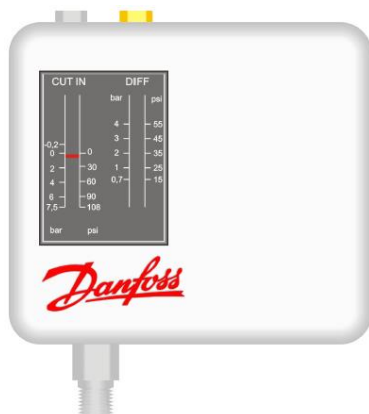
Svrha je termostatskog ekspanzijskog ventila smanjiti tlak radne tvari s tlaka kondenzacije na tlak isparavanja i održavanje pregrijavanja na izlazu iz isparivača na konstantnoj vrijednosti. Termostatski ekspanzijski ventil ugrađen je u ET 101 s unutarnjom kompenzacijom tlaka. Kako bi se pregrijavanje održalo na konstantnoj vrijednosti, na izlazu iz isparivača nalazi se osjetnik temperature koji je kapilarom povezan s ventilom. Ako se pregrijavanje poveća iznad zadane vrijednosti, tlak u osjetniku raste i ventil se dalje otvara. Suprotno se događa ako tlak u osjetniku padne. Slika prikazuje shematski prikaz strukture termostatskog ekspanzijskog ventila. Ubrizgana količina radne tvari stoga je određena trenutnim opterećenjem hlađenja i zadanim pregrijavanjem. Pregrijavanje radne tvari može se regulirati pomoću vijka koji silu preko opruge prenosi na membranu ventila:

- Rotirajući u smjeru kazaljke na satu uzrokuje povećanje pregrijavanja.
- Rotirajući suprotno od kazaljke na satu uzrokuje smanjenje pregrijavanja.



Slika 17. Ekspanzijski ventil

Tlačna sklopka (presostat tlaka)



Visokotlačni presostat koristi se za zaštitu sustava, posebno kompresora, od preopterećenja. Ako visoki tlak prijeđe maksimalnu vrijednost postavljenu na tlačnoj sklopki, aktivira se električni kontakt i isključuje kompresor.

Kompresor se ponovno pokreće samo ako je tlak ispod granične vrijednosti za određeni iznos (histereza). Vrijednost histereze također se može podesiti na tlačnoj sklopki.

Niskotlačni presostat štiti sustav od pojave niskog tlaka. Ako tlak padne ispod minimalne dozvoljene vrijednosti aktivira se električni kontakt koji isključuje kompresor. Slika 18.

Presostat

Sakupljač radne tvari



Sakupljač radne tvari koristi se za njezino skladištenje. Omogućuju ispunjavanje promjenjivih zahtjeva za radnom tvari u različitim radnim uvjetima. Sakupljač također ima funkciju dodatne zaštite. Zbog svog položaja između kondenzatora i ekspanzijskog elementa može odvojiti mjehuriće pare od kapljevite radne tvari.

Slika 19. Sakupljač radne tvari

Filter sušilo



Svrha filtera/sušaa jest odvajanje sitnih nečistoća i zaostale vlage iz kruga radne tvari. Vлага može postati ozbiljan problem jer se može smrznuti i začepiti prigušne ventile na niskim temperaturama. Ona isto tako pospješuje stvaranje kiselina u sustavu.

Slika 20. Filter/sušilo

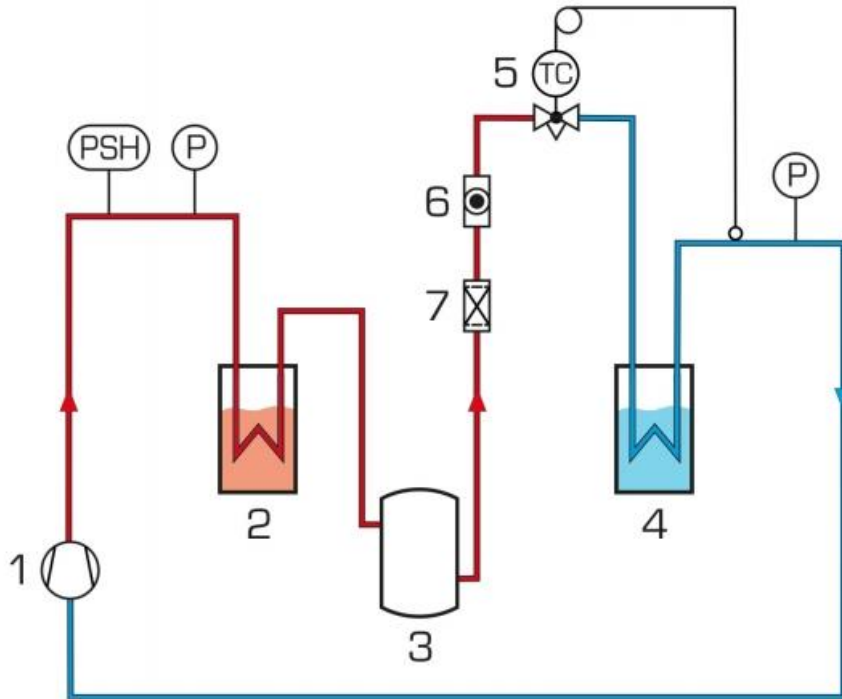
Mjerni instrumenti



Manometri mjere niski i visoki tlak u sustavu. Oba manometra imaju temperaturnu skalu (crvena skala na slici). Osim prikazanog tlaka, oni također prikazuju odgovarajuću temperaturu u području mokre pare radne tvari. Tako je moguće očitati temperaturu isparavanja i kondenzacije procesa iz manometra.

Slika 21. Manometar s termometrom

Na sljedećoj slici shematski su prikazani pojedine komponente jednostavnog rashladnog uređaja ET 101.



Slika 22. Shematski prikaz komponenti dizalice topline - krug radne tvari

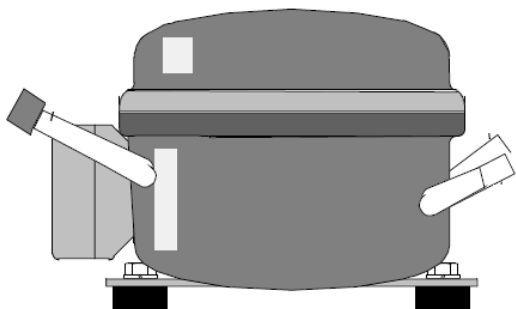
	Naziv komponente		Naziv komponente
1	Kompresor	6	Ogledno stakalce
2	Kondenzator	7	Filter/sušilo
3	Sakupljač radne tvari	8	Isparivač
4	Isparivač	9	Manometar visokog tlaka
5	Termoekspanzijski ventil	10	Manometar niskog tlaka

Tablica 3. Komponente dizalice topline - krug radne tvari

2.1.2. Dizalica topline ET 102

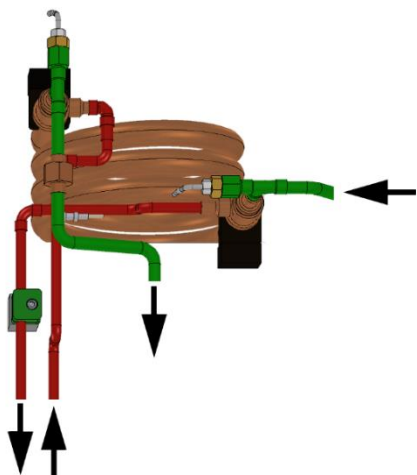
U nastavku slijede karakteristike komponenata dizalice topline:

Kompresor



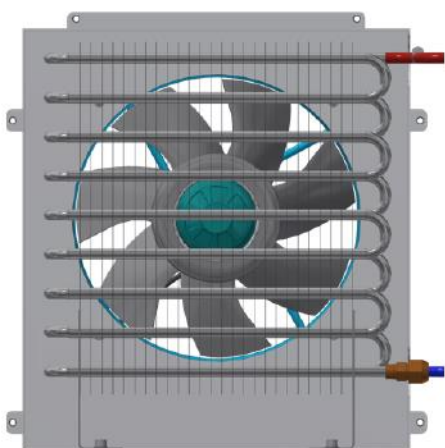
- izvedba: hermetički zatvoren stapni kompresor
- rashladni učinak: 372 W na temperaturnom režimu 7,2/55°C
- električna snaga: 205 W na temperaturnom režimu 7,2/55°C

Kondenzator



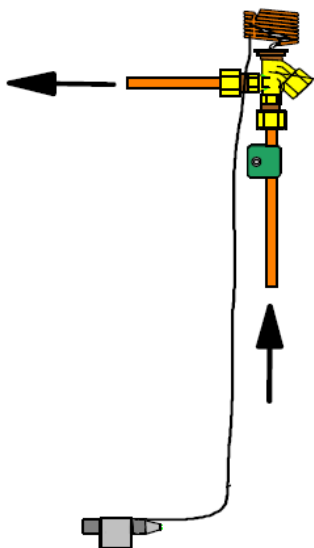
- izvedba: koaksijalni cijevni izmjenjivač topline (cijev u cijevi)
- protusmjerni izmjenjivač topline
- sadržaj radne tvari: 0,55 L
- sadržaj vode: 0,3 L

Isparivač



- izvedba: lamelni (rebrasti) izmjenjivač topline
- površina prijenosa topline: cca. 0,175 m²
- protok zraka: 0...1400 m³/h
- ispod isparivača nalazi se sabirno korito s odvodnim ventilom za kondenzat

Ekspanzijski ventil



-regulacija protoka radne tvari na temelju izlazne temperature iz isparivača (s temperaturnim osjetnikom)

Pumpa

-maksimalni protok: 1,9 m³/h

-maksimalna visina dobave: 1,4 m

Volumen spremnika tople vode: cca. 4,5 L

Radna tvar

R134a, GWP: 1430, zapremina punjenja: 1 kg, CO₂-ekvivalent: 1,43 t

Za potrebe praćenja radnih parametara sustava te izračuna učinkovitosti dizalice topline u nju su ugrađeni mjerni elementi (osjetnici/senzori). Za potrebe vježbe koriste se mjerila temperature, mjerila tlaka, mjerila snage i mjerila protoka. U nastavku su prikazani intervali u kojima mjerila mogu raditi.

Mjerni rasponi

tlak: 1...15 bar

temperatura: 4x 0...100 °C, 2x -100...100 °C

snaga: 0...6000 W

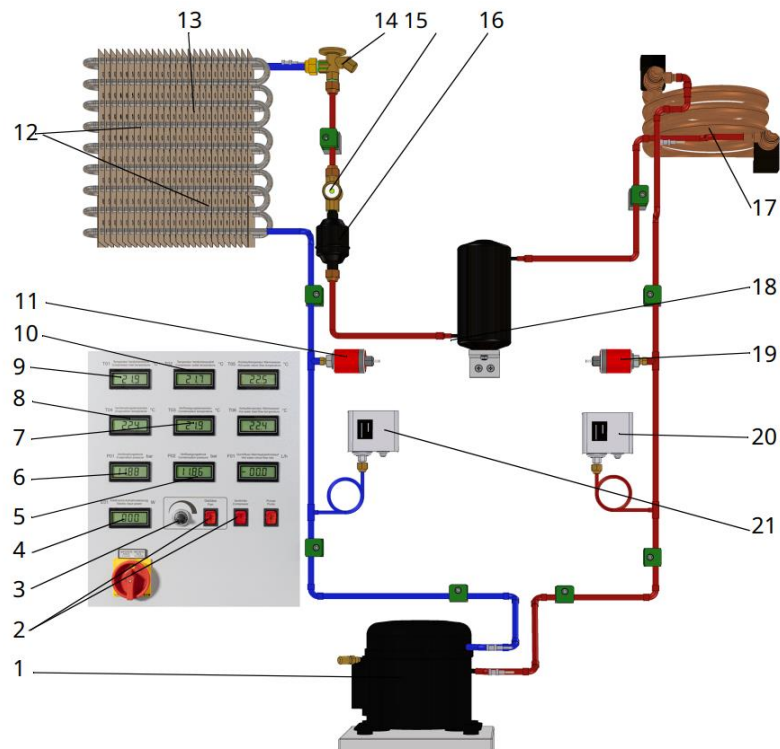
protok:

voda 0...108 L/h

rashladna voda 10...160 L/h

radna tvar 0...17 kg/h (izračunate vrijednosti) – ne mjeri se.

Na sljedećoj slici shematski su prikazani svi dijelovi i mjerni uređaji dizalice topline (krug radne tvari).

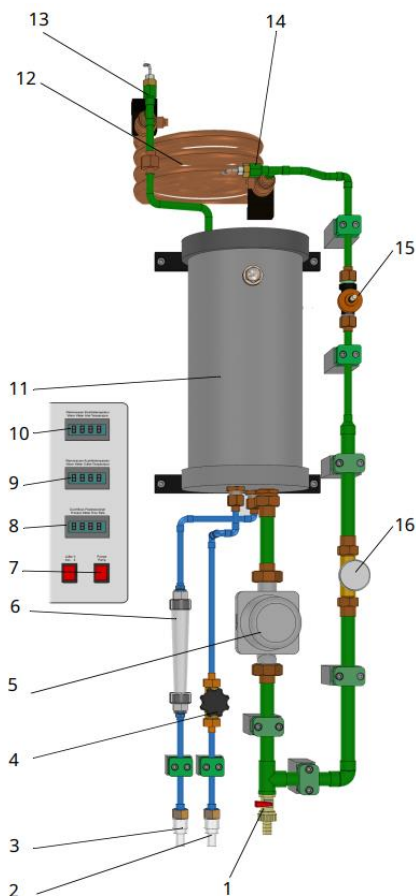


Slika 23. Shematski prikaz komponenti dizalice topline - krug radne tvari

	Naziv komponente		Naziv komponente
1	Kompresor	12	Isparivač radne tvari
2	Uključivanje kompresora/ventilatora	13	Ventilator
3	Upravljanje ventilatorom	14	Ekspanzijski ventil
4	Prikaz potrošnje energije	15	Kontrolno stakalce
5	Prikaz tlaka kondenzacije	16	Filter-sušilo
6	Prikaz tlaka isparavanja	17	Kondenzator
7	Prikaz temperature pregrijanja	18	Sakupljač radne tvari
8	Prikaz temperature pothlađenja	19	Osjetnik tlaka kondenzacije
9	Prikaz temperature na usisu	20	Presostat visokog tlaka
10	Prikaz temperature nakon kompresije	21	Presostat niskog tlaka
11	Osjetnik tlaka isparavanja		

Tablica 4. Komponente dizalice topline - krug radne tvari

Na sljedećoj slici shematski su prikazani svi dijelovi i mjerni uređaji dizalice topline (vodeni krug).



Slika 24. Shematski prikaz komponenti dizalice topline - vodeni krug

	Naziv komponente		Naziv komponente
1	Ispust vode	9	Prikaz temperatura polazne vode
2	Priključak za dolaznu vodu	10	Prikaz temperature povratne vode
3	Priključak za odlaznu vodu	11	Spremnik vode
4	Zaporni ventil dolazne vode	12	Kondenzator
5	Cirkulacijska pumpa	13	Osjetnik temperature povrata vode
6	Mjerač protoka vode	14	Osjetnik temperature povrata vode
7	Uključivanje/isključivanje pumpe	15	Osjetnik protoka vode
8	Prikaz protoka vode	16	Zaporni ventil cirkulacijske vode

Tablica 5. Komponente dizalice topline – vodeni krug

2.2. Postupak izvođenja vježbi

Vježba 1.

Napunite dva spremnika za vodu s po 1,2 L vode. Postavite ih tako da su isparivač i kondenzator potpuno uronjeni u vodu. Uključite kompresor. Mjerite vrijeme od početka eksperimenta i bilježite mjernu točku svake 2 minute tijekom prvih 14 minuta, a kasnije svakih 10 minuta. Prije uzimanja mjernih vrijednosti promiješajte vodu kako biste postigli homogeniju raspodjelu temperature.

Izmjere vrijednosti unijeti u tablicu te na graf.

Vježba 2.

Vježbe počinju spajanjem svježe vode na kondenzatorski krug dizalice topline (spajanje fleksibilnim crijevo – slika 24 komponente 2 i 3) te punjenjem spremnika 11 vodom. Razina vode u spremniku naznačena je plovkom. Nakon spajanja svježe vode na sustav dizalice topline, potrebno je otvoriti zaporni ventil 4 kako bi voda cirkulirala kroz spremnik vode 11. Protok svježe vode postavlja se na maksimalnu vrijednost. Nakon toga potrebno je u potpunosti otvoriti zaporni ventil 16 te uključiti cirkulacijsku pumpu 5 na prekidaču 7 kako bi se ostvario protok vode kroz kondenzator. Nakon što se ostvari protok vode kroz kondenzator, potrebno je uključiti ventilator isparivača na prekidaču 2 te namjestiti protok zraka na ventilatoru na maksimalnu vrijednost. Kad je ostvaren protok zrak na isparivaču te protok vode na kondenzatoru, slijedi uključivanje kompresora na prekidaču 2 (slika 23).

Nakon što se mjerene vrijednosti stacioniraju, potrebno je očitati podatke s kontrolne ploče uređaja te ih upisati u tablicu pod stupac *Mjerenje 1*.

Vježba 3.

Drugi dio vježbe s dizalicom topline odnosi se na promjenu radnih uvjeta. Nakon početnog mjerenja potrebno je smanjiti protok zraka na ventilatoru isparivača na upravljaču ventilatora 3. Dobivene rezultate unijeti u stupac *Mjerenje 2*. Nakon izmjerenih rezultata potrebno je vratiti protok zrak na ventilatoru na maksimalnu vrijednost te smanjiti protok vode na kondenzatoru zatvarajući ventil 16. Dobivene rezultate potrebno je unijeti u stupac *Mjerenje 3*. Zadnje mjerenje (*Mjerenje 4*) provodi se sa smanjenim protokom zraka na ventilatoru te smanjenim protokom vode na kondenzatoru.

3. Rezultati

Zadatak 1.

Vrijeme u minutama	Tlak isparavanja, bar	Tlak kondenzacije, bar	Temperatura hladnog spremnika (isparivač), °C	Temperatura toplog spremnika (kondenzator), °C
0				
2				
4				
6				
8				
10				
12				
14				
20				
30				
40				
50				
60				

Tablica 6. Tablica izmjerenih podataka – jednostavni rashladni sustav

Zadatak 2. i 3.

Mjerena veličina	Oznaka	Mjerna jedinica	Mjerenje 1	Mjerenje 2	Mjerenje 3	Mjerenje 4
Krug radne tvari						
Temperatura pregrijanja RT	T_01	°C				
Temperatura na kraju kompresije	T_02	°C				
Temperatura pothlađenja	T_03	°C				
Temperatura isparavanja	T_04	°C				
Tlak isparavanja	p_01	bar				
Tlak kondenzacije	p_02	bar				
Električna snaga DT	E_01	W				
Krug vode						
Polazna temperatura vode	T_05	°C				
Povratna temperatura vode	T_06	°C				
Protok vode (volumni)	V_w	l/h				

Tablica 7. Tablica izmjerenih podataka – dizalica topline

3.1. Analiza rezultata

Zadatka 1.

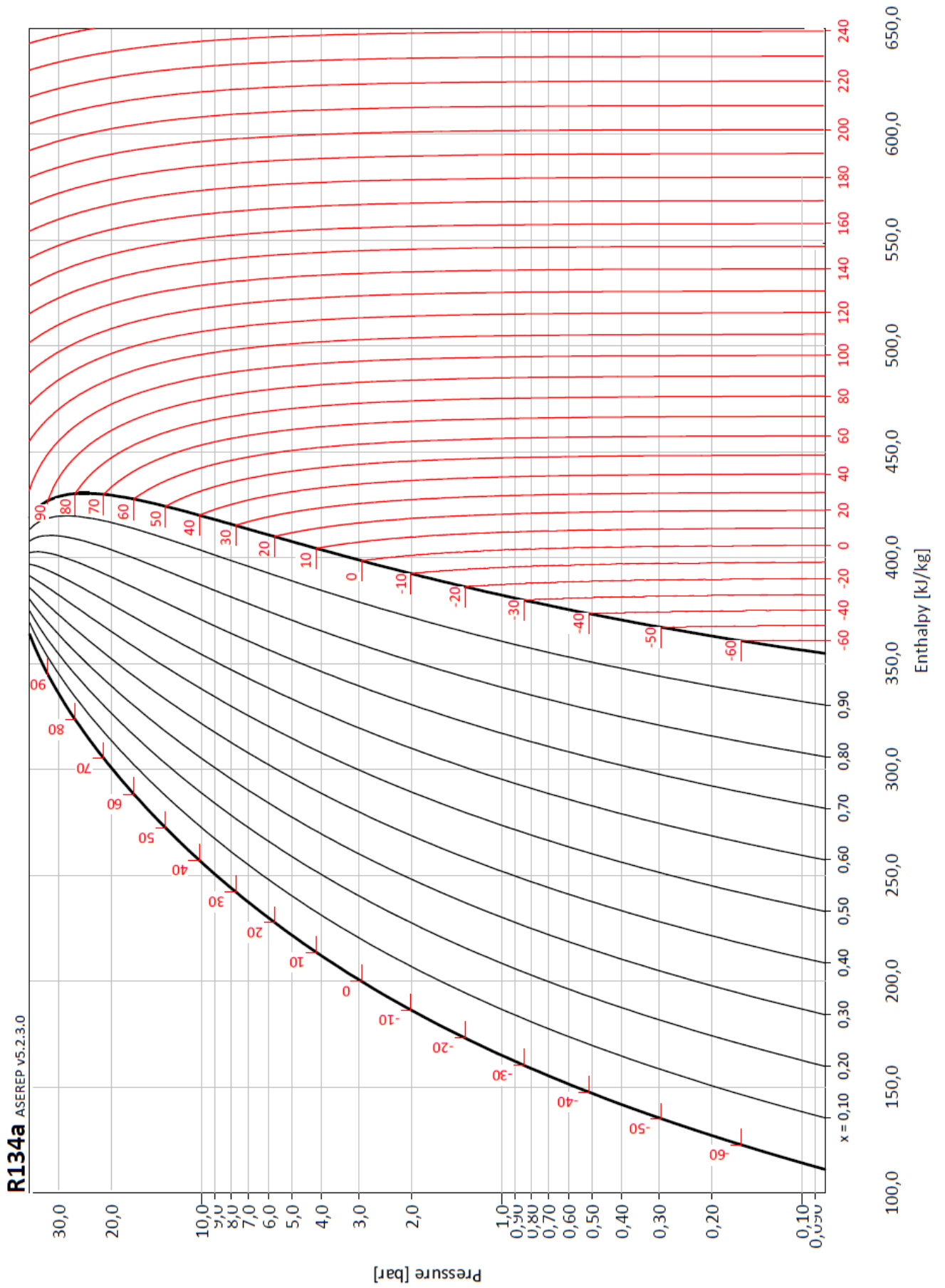
Nacrtati promjenu temperatura i tlakova u vremenu.

Temperatura u °C

Vrijeme u min

Tlak u bar

Vrijeme u min



Zadatak 2. i 3.

Iz dobivenih rezultata za Mjerenje 1 očitavaju se entalpije.

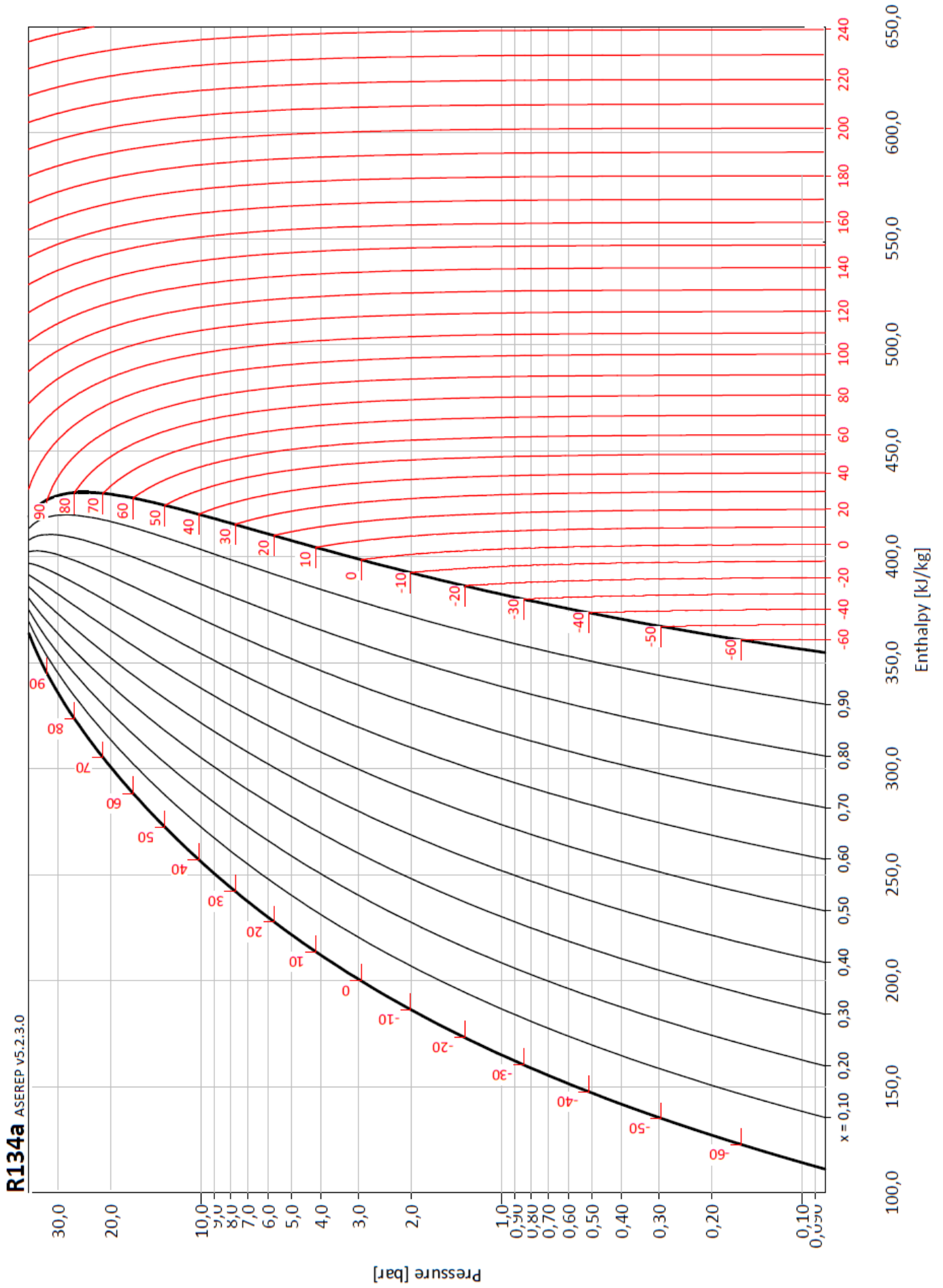
	T [°C]	p [bar]	h [kJ/kg]
01			
02			
03			
03_pothl			
04			

Tablica 8. Entalpije karakterističnih točaka - dizalica topline

Iz mjerenih podataka potrebno je izračunati protok vode na kondenzatoru dizalice topline, učinak grijanja te faktor grijanja.

Proračunske veličine			Mjerenje 1	Mjerenje 2	Mjerenje 3	Mjerenje 4
Protok vode (maseni)	m_w	kg/s				
Učinak kondenzatora/učinak grijanja	Φ	W				
Faktor grijanja	COP	-				

Tablica 9. Izračunate veličine – dizalica topline



R134 a		x=0	x=1	-7	2,25 5	190,6 6	394,4 7	1 8	5,372	224,6 6	408,6 9
T [°C]	p [bar]	h [kJ/kg]	h [kJ/kg]	-6	2,34 3	191,9 9	395,0 6	1 9	5,542	226,0 6	409,2 2
-30	0,844	160,79	380,32	-5	2,43 3	193,3 2	395,6 6	2 0	5,717	227,4 7	409,7 5
-29	0,885	162,07	380,95	-4	2,52 7	194,6 5	396,2 5	2 1	5,896	228,8 8	410,2 7
-28	0,927	163,34	381,57	-3	2,62 3	195,9 8	396,8 4	2 2	6,079	230,2 9	410,7 9
-27	0,971	164,62	382,20	-2	2,72 2	197,3 2	397,4 3	2 3	6,266	231,7 0	411,3 1
-26	1,017	165,90	382,82	-1	2,82 3	198,6 6	398,0 2	2 4	6,458	233,1 2	411,8 2
-25	1,064	167,19	383,45	0	2,92 8	200,0 0	398,6 0	2 5	6,654	234,5 5	412,3 3
-24	1,113	168,47	384,07	1	3,03 6	201,3 4	399,1 9	2 6	6,854	235,9 7	412,8 4
-23	1,164	169,76	384,69	2	3,14 6	202,6 9	399,7 7	2 7	7,059	237,4 0	413,3 4
-22	1,216	171,05	385,32	3	3,26 0	204,0 4	400,3 4	2 8	7,269	238,8 4	413,8 4
-21	1,271	172,34	385,94	4	3,37 7	205,4 0	400,9 2	2 9	7,483	240,2 8	414,3 3
-20	1,327	173,64	386,55	5	3,49 7	206,7 5	401,4 9	3 0	7,702	241,7 2	414,8 2
-19	1,386	174,93	387,17	6	3,62 0	208,1 1	402,0 6	3 1	7,926	243,1 7	415,3 0
-18	1,446	176,23	387,79	7	3,74 6	209,4 7	402,6 3	3 2	8,154	244,6 2	415,7 8
-17	1,508	177,53	388,40	8	3,87 6	210,8 4	403,2 0	3 3	8,388	246,0 8	416,2 6
-16	1,573	178,83	389,02	9	4,00 9	212,2 1	403,7 6	3 4	8,626	247,5 4	416,7 2
-15	1,639	180,14	389,63	1 0	4,14 6	213,5 8	404,3 2	3 5	8,870	249,0 1	417,1 9

-14	1,708	181,44	390,24	1 1	4,28 6	214,9 5	404,8 8	3 6	9,118	250,4 8	417,6 5
-13	1,779	182,75	390,85	1 2	4,43 0	216,3 3	405,4 3	3 7	9,372	251,9 5	418,1 0
-12	1,852	184,07	391,45	1 3	4,57 8	217,7 1	405,9 8	3 8	9,632	253,4 3	418,5 5
-11	1,928	185,38	392,06	1 4	4,72 9	219,0 9	406,5 3	3 9	9,896	254,9 2	418,9 9
-10	2,006	186,70	392,66	1 5	4,88 4	220,4 8	407,0 7	4 0	10,16 6	256,4 1	419,4 3
-9	2,086	188,02	393,27	1 6	5,04 3	221,8 7	407,6 1	4 1	10,44 1	257,9 1	419,8 6
-8	2,169	189,34	393,87	1 7	5,20 5	223,2 6	408,1 5	4 2	10,72 2	259,4 1	420,2 8

43	11,009	260,91	420,70	70	21,17	304,28	428,65
44	11,301	262,43	421,11	71	21,65	306,02	428,77
45	11,599	263,94	421,52	72	22,13	307,78	428,86
46	11,903	265,47	421,92	73	22,63	309,55	428,94
47	12,213	267,00	422,31	74	23,13	311,33	429,00
48	12,529	268,53	422,69	75	23,64	313,13	429,03
49	12,851	270,07	423,07	76	24,16	314,94	429,04
50	13,179	271,62	423,44	77	24,69	316,78	429,03
51	13,513	273,18	423,80	78	25,23	318,63	428,98
52	13,854	274,74	424,15	79	25,78	320,50	428,91
53	14,201	276,31	424,49	80	26,33	322,39	428,81
54	14,555	277,89	424,83				
55	14,915	279,47	425,15				
56	15,282	281,06	425,47				
57	15,656	282,66	425,77				

58	16,036	284,27	426,07
59	16,423	285,88	426,36
60	16,818	287,50	426,63
61	17,219	289,14	426,89
62	17,628	290,78	427,14
63	18,044	292,43	427,38
64	18,467	294,09	427,61
65	18,898	295,76	427,82
66	19,337	297,44	428,02
67	19,783	299,14	428,20
68	20,237	300,84	428,36
69	20,698	302,55	428,52

Entalpije za stanje pregrijanja				h [kJ/kg]							
T [°C]	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20
ρ [bar]	0,844	1,064	1,327	1,639	2,006	2,433	2,928	3,497	4,146	4,884	5,717
-25	384,23										
-20	388,15	387,44									
-15	392,10	391,44	390,63								
-10	396,07	395,46	394,71	393,80							
-5	400,07	399,50	398,81	397,96	396,93						
0	404,11	403,57	402,92	402,14	401,18	400,02					
5	408,18	407,68	407,07	406,33	405,44	404,37	403,07				
10	412,29	411,81	411,24	410,54	409,71	408,71	407,51	406,07			
15	416,43	415,98	415,44	414,79	414,00	413,07	411,95	410,62	409,01		
20	420,62	420,19	419,67	419,06	418,32	417,44	416,39	415,15	413,67	411,90	
25	424,84	424,43	423,94	423,36	422,66	421,83	420,84	419,68	418,30	416,66	414,71
30	429,10	428,71	428,25	427,69	427,03	426,24	425,31	424,22	422,93	421,40	419,60
35	433,40	433,03	432,59	432,06	431,43	430,68	429,80	428,77	427,55	426,13	424,45
40	437,73	437,38	436,96	436,46	435,86	435,15	434,31	433,33	432,19	430,85	429,28
45	442,11	441,78	441,37	440,89	440,32	439,64	438,85	437,92	436,84	435,57	434,09
50	446,53	446,21	445,82	445,36	444,82	444,17	443,42	442,53	441,50	440,30	438,91
55	450,99	450,68	450,31	449,87	449,35	448,73	448,01	447,17	446,19	445,05	443,73
60	455,49	455,19	454,84	454,42	453,91	453,33	452,64	451,83	450,90	449,81	448,56
65	460,02	459,74	459,40	459,00	458,52	457,95	457,29	456,52	455,63	454,60	453,41

70	464,60	464,33	464,00	463,61	463,15	462,61	461,98	461,24	460,39	459,41	458,27
75	469,22	468,96	468,64	468,27	467,83	467,31	466,70	465,99	465,18	464,24	463,15
80	473,87	473,62	473,32	472,96	472,54	472,04	471,45	470,78	469,99	469,09	468,06

T [°C]	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
p [bar]	6,654	7,702	8,870	10,166	11,599	13,179	14,915	16,818	18,898	21,168	23,641
20	417,44										
25	422,46	420,08									
30	427,43	425,24	422,62								
35	432,37	430,34	427,94	425,06							
40	437,29	435,40	433,17	430,54	427,36						
45	442,20	440,43	438,35	435,92	433,02	429,52					
50	447,12	445,44	443,50	441,23	438,57	435,39	431,52				
55	452,04	450,45	448,62	446,50	444,03	441,11	437,62	433,33			
60	456,97	455,46	453,74	451,74	449,43	446,73	443,54	439,69	434,92		
65	461,91	460,48	458,84	456,96	454,79	452,27	449,32	445,83	441,59	436,26	
70	466,87	465,51	463,95	462,17	460,12	457,76	455,02	451,80	447,97	443,29	437,29

Literatura

- Gunt – Equipment for Engineering Education (<https://www.gunt.de/en/>)
- G. Vučković, M Stojiljković, M. Ignjatović, Toplotne pumpe – Zbirka zadataka, Univerzitet u Nišu, 2021.
- V Soldo, Dizalice topline s OIE, podloge za predavanja, FSB, 2023.
- V. Soldo, Rashladni sustavi i dizalice topline, oprema i komponente, poglavlje 9., Priručnik za energetska certificiranje zgrada, V. Zanki, B. Pavković, str. 577-634, UNDP Zagreb, 2010.
- Danfoss (<https://www.danfoss.com/hr-hr/terms/generalinformation/>)

Kazalo slika

Slika 1. Kompresijski rashladni ciklus	3
Slika 2. Princip rada rashladnog uređaja (lijevo) i dizalice topline (desno).....	4
Slika 3. Princip rada dizalice topline	5
Slika 4. Najčešći izvori topline za dizalicu topline	6
Slika 5. Dizalica topline u režimu grijanja / zima (gornja slika); dizalica topline u režimu hlađenja /ljet (donja slika)	6
Slika 6. $\log(p)$ - h dijagram	7
Slika 7. Kompresija u $\log(p)$ - h dijagramu	8
Slika 8. Kondenzacija u $\log(p)$ - h dijagramu	8
Slika 9. Prigušivanje u $\log(p)$ - h dijagramu.....	9
Slika 10. Isparavanje u $\log(p)$ - h dijagramu.....	9
Slika 11. Shematski prikaz dizalice topline ET 102.....	10
Slika 12. Prikaz jednostavnog rashladnog kruga ET 101	15
Slika 13. Prikaz dizalice topline zrak-voda ET 102.....	16
Slika 14. Hermetički stapni kompresor	17
Slika 15. Isparivač	17
Slika 16. Kondenzator.....	18
Slika 17. Ekspanzijski ventil.....	19
Visokotlačni presostat koristi se za zaštitu sustava, posebno kompresora, od preopterećenja. Ako visoki tlak prijeđe maksimalnu vrijednost postavljenu na tlačnoj sklopki, aktivira se električni kontakt i isključuje kompresor. Kompresor se ponovno pokreće samo ako je tlak ispod granične vrijednosti za određeni iznos (histereza). Vrijednost histereze također se može podesiti na tlačnoj sklopki. Niskotlačni presostat štiti sustav od pojave niskog tlaka. Ako tlak padne ispod minimalne dozvoljene vrijednosti aktivira se električni kontakt koji isključuje kompresor. Slika 18. Presostat	19
Slika 19. Sakupljač radne tvari.....	19
Slika 20. Filter/sušilo	20
Slika 21. Manometar s termometrom.....	20
Slika 22. Shematski prikaz komponenti dizalice topline - krug radne tvari	21
Slika 23. Shematski prikaz komponenti dizalice topline - krug radne tvari	24
Slika 24. Shematski prikaz komponenti dizalice topline - vodeni krug.....	25

Kazalo tablica

Tablica 1. Komponente dizalice topline zrak-voda ET 102.....	15
Tablica 2. Komponente dizalice topline zrak-voda ET 102.....	16
Tablica 3. Komponente dizalice topline - krug radne tvari.....	21
Tablica 4. Komponente dizalice topline - krug radne tvari.....	24
Tablica 5. Komponente dizalice topline – vodeni krug	25
Tablica 6. Tablica izmjerenih podataka – jednostavni rashladni sustav	27
Tablica 7. Tablica izmjerenih podataka – dizalica topline	28
Tablica 8. Entalpije karakterističnih točaka - dizalica topline.....	31
Tablica 9. Izračunate veličine – dizalica topline	31

Impressum

Autori: Stjepan Herceg, mag. ing. mech., Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu,
e- mail: stjepan.herceg@fsb.hr

prof.dr.sc. Vladimir Soldo, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu,
e-mail: vladimir.soldo@fsb.hr

Lektor: Jasmina Pazanin

Recenzent: Doc. dr. sc. Luka Boban, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu,
e-mail: luka.boban@fsb.hr

Odgovori na pitanja

Vježba 1.

Koje su osnovne komponente rashladnog kruga?

Osnovne komponente rashladnog kruga uključuju: kompresor, kondenzator, prigušni element, isparivač te radna tvar

Što je veće: kapacitet kondenzatora ili kapacitet isparivača? Obrazložite svoj odgovor.

Kapacitet kondenzatora uvijek je veći od kapaciteta isparivača. Kapacitet kondenzatora je veći jer se na njemu predaja toplina izmijenjena na isparivaču uvećana za energija koju smo uložili preko kompresora tijekom kompresije.

Koju varijablu regulira termostatski ekspanzijski ventil? Koja je prednost u usporedbi s neregulirajućim prigušnim uređajem?

Termostatski ekspanzijski ventil regulira pregrijavanje na izlazu iz isparivača. Pregrijavanje odgovara temperaturnoj razlici između izlazne temperature isparivača i same temperature isparavanja. Prednost u odnosu na neregulirajući uređaj za prigušivanje je u tome što ventil uvijek ubrizgava točnu količinu radne tvari u isparivač, čak i ako opterećenje sustava varira. Rizik od usisavanja kapljevine od strane kompresora (hidraulički udar) je znatno smanjen.

Kako pothlađenje radne tvari utječe na termodinamički ciklus?

Pothlađivanje radne tvari pozitivno utječe na termodinamički ciklus. Razlog za to je taj što pothlađivanje radne tvari dovodi do veće razlike entalpije u isparivaču, čime se postiže veći kapacitet hlađenja.

Kako prepoznati nedovoljno napunjen sustav?

Nedovoljno napunjeni sustav može se prepoznati prvo po niskom učinku hlađenja koji nije karakterističan za sustav, a zatim po mjehurićima pare u usisnom cjevovodu radne tvari, koji se mogu vidjeti kroz kontrolno staklo.

Vježba 2.

Koje su osnovne komponente dizalice topline?

Osnovne komponente dizalice topline identične su komponentama rashladnog kruga: kompresor, kondenzator, prigušni element, isparivač te radna tvar.

Koja je razlika između dizalice topline i rashladnog uređaja?

Termodinamički ne postoji razlika između dizalice topline i rashladnog kruga. Oba sustava baziraju se na ljevokretnom termodinamičkom ciklusu kod kojeg se topline prenosi s jednog temperaturnog spremnika na drugi. Do razlike dolazi samu u izvedbi tj. odabiru koji se toplinski spremnik koristi. Ako se za grijanje koristi topline izmijenjena na kondenzatoru onda govorimo o dizalici topline, a ako koristimo toplinu izmijenjenu na isparivaču za potrebe hlađenja govorimo o rashladnom uređaju.

Koji su najčešći izvori topline za dizalicu topline? Koje su prednosti, a koje su mane pojedinih izvora topline?

Najčešći izvori topline za dizalicu topline su okolišni zrak, tlo, podzemna voda. Glavna prednost zraka je niska investicija dok mu je najveća mana niski učinak zimi. Tlo je izvor topline s konstantnim svojstvima ali zahtijeva visoku investiciju te zahtijeva određenu površinu zemlje (ovisno o izvedbi). Podzemna voda ima konstantan svojstva tijekom godine pa može raditi s visokom efikasnošću, ali kao i tlo predstavlja veću investiciju u odnosu na zrak te zahtijeva dozvole nadležnih tijela za korištenje.

Koja komponenta osigurava sustav od nedopuštenih tlakova?

Tlačna sklopka (presostat) osigurava sustav od nedopuštenih pritisaka. Kada se prekorači unaprijed postavljena granica tlaka, kompresor se isključuje. Kompresor se ponovno pokreće samo ako je granica tlaka ispod određene histereze.

Vježba 3.

Kako se određuje učinkovitost dizalice topline?

Učinkovitost dizalice topline određuje se kao omjer toplinskog toka na kondenzatoru i privedene snage za pogon kompresor te se naziva toplinskim množiteljem (engl. Coefficient Of Performance). COP je važan pokazatelj za rad dizalica topline jer pokazuje koliko učinkovito radi dizalica topline. Ova vrijednost omogućuje jednostavnu usporedbu između različitih dizalica topline.

Koji parametri utječu na efikasnost dizalice topline?

Efikasnost dizalice topline izravno ovisi o temperaturi izvora topline te temperaturi ponora topline (temperatura grijanja u zgradi). Osim toga na efikasnost utječe i kvaliteta pojedinih komponenata, načina vođenja procesa (regulacija). COP se mijenja u svakoj radnoj točki dizalice topline. Što je veći COP, dizalice topline je učinkovitija.

Kako se COP ponaša s porastom odnosno padom temperatura toplinskih spremnika? Obrazložite svoj odgovor.

Promjena temperature izvora topline

Ako se temperatura izvora topline povećava, a temperatura ponora ostaje konstantna, smanjuje se kompresijski omjer koji kompresor dizalice topline mora savladati čime se smanjuje potrebna energija

za pogon kompresora što za posljedicu ima raste efikasnosti dizalice topline. Suprotno tome ako se temperatura izvora topline smanjuje s njime se povećava potrebna energija za pogon kompresora što dovodi do smanjenja efikasnosti.

Promjena temperature ponora topline

S druge strane ako se temperatura ponora topline smanjuje, a temperatura izvora ostaje konstantna, smanjuje se kompresijski omjer koji kompresor dizalice topline mora savladati čime se smanjuje potrebna energija za pogon kompresora što za posljedicu ima raste efikasnosti dizalice topline. Suprotno tome ako se temperatura ponora topline povećava s njome se povećava potrebna energija za pogon kompresora što dovodi do smanjenja efikasnosti.