

# Elementi za upravljanje radom rashladnih uređaja

---

**Rajković, Nikša**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:773370>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-26**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
POMORSKI ODJEL**

**NIKŠA RAJKOVIĆ**

**ELEMENTI ZA UPRAVLJANJE RADOM  
RASHLADNIH UREĐAJA**

***ZAVRŠNI RAD***

**DUBROVNIK, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
POMORSKI ODJEL  
BRODOSTROJARSKI STUDIJ**

**ELEMENTI ZA UPRAVLJANJE RADOM  
RASHLADNIH UREĐAJA**

**ZAVRŠNI RAD**

*Mentor:*

**doc. dr. sc. MATKO BUPIĆ**

*Pristupnik:*

**NIKŠA RAJKOVIĆ**

**DUBROVNIK, 2019.**

Republika Hrvatska  
**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**POMORSKI ODJEL**  
**Preddiplomski sveučilišni**  
**studij BRODOSTROJARSTVO**

Ur. broj:

Dubrovnik, 29. ožujka 2019.

Kolegij: BRODSKI RASHLADNI UREĐAJI

Mentor: doc. dr. sc. MATKO BUPIĆ, dipl. ing.

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Pristupnik: **NIKŠA RAJKOVIĆ**

Zadatak: **ELEMENTI ZA UPRAVLJANJE RADOM RASHLADNIH UREĐAJA**  
***REFRIGERATION CONTROL DEVICES***

Zadatak treba sadržavati:

1. Prekidači za upravljanje.
2. Osjetnici za upravljanje.
3. Ventili za upravljanje.

Osnovna literatura:

1. ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014
2. O. Fabris: TEHNIKA HLAĐENJA, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, 1990.

Zadatak uručen pristupniku: 29. ožujka 2019.

Rok za predaju završnog rada: 29. lipnja 2019.

*Mentor:*

*Pročelnik odjela:*

**doc. dr. sc. MATKO BUPIĆ**

**doc. dr. sc. ŽARKO KOBOEVIĆ**

# **ELEMENTI ZA UPRAVLJANJE RADOM RASHLADNIH UREĐAJA**

## ***REFRIGERATION CONTROL DEVICES***

### **SAŽETAK**

U ovom završnom radu opisani su načini rada elemenata za upravljanje radom rashladnih uređaja. U današnje vrijeme, cilj svakog sustava je da nam omogućuje više dobivenog korisnog rada uz što manji trošak energije. To se postiže raznim elementima za upravljanje čiji je cilj povećati iskoristivost sustava. Osim povećanja iskoristivosti, ovakvi elementi imaju ulogu automatizacije sustava, što omogućuje kvalitetan rad sustava bez prisustva čovjeka.

### **ABSTRACT**

*This paper describes operation of refrigeration control devices. Nowadays, the goal for each system is to give us more useful work with the lowest energy cost. This is achieved by various control elements whose goal is to increase system utilization. In addition to increasing usability, such elements have the role of system automation, which enables high quality system operation without the presence of a human being.*

### **KLJUČNE RIJEČI:**

hlađenje, elementi za upravljanje, upravljanje tlakom, upravljanje temperaturom, automatizacija rashladnih sustava

### **KEYWORDS:**

refrigeration, control devices, pressure control, temperature control, refrigeration system automation

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PREKIDAČI ZA UPRAVLJANJE</b> .....	2
2.1. Općenito o rashladnoj tehnici.....	2
2.2. Prekidači za upravljanje .....	4
2.3. Prekidači s reakcijom na tlak.....	5
2.4. Termostati.....	7
2.5. Diferencijalni prekidači.....	9
2.6. Prekidači s plovkom .....	11
<b>3. OSJETNICI ZA UPRAVLJANJE</b> .....	12
3.1. Pretvarači tlaka .....	12
3.2. Termorezistori .....	12
3.3. Termoparovi.....	14
3.4. Osjetnici razine tekućine .....	14
<b>4 VENTILI ZA UPRAVLJANJE</b> .....	16
4.1. Termostatski ekspanzijski ventili .....	16
4.2. Regulacijski i prigušni ventili.....	18
4.3. Regulacijski ventili tlaka u isparivaču.....	19
4.4. Ekspanzijski ventili konstantnog tlaka .....	22
4.5. Ventili za regulaciju usisnog tlaka .....	23
4.6. Ventili za regulaciju tlaka kondenzatora .....	24
4.7. Zaobilazni ventili za pražnjenje.....	26
4.8. Ventili s plovkom .....	26
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	27
<b>6. LITERATURA</b> .....	28

# 1. UVOD

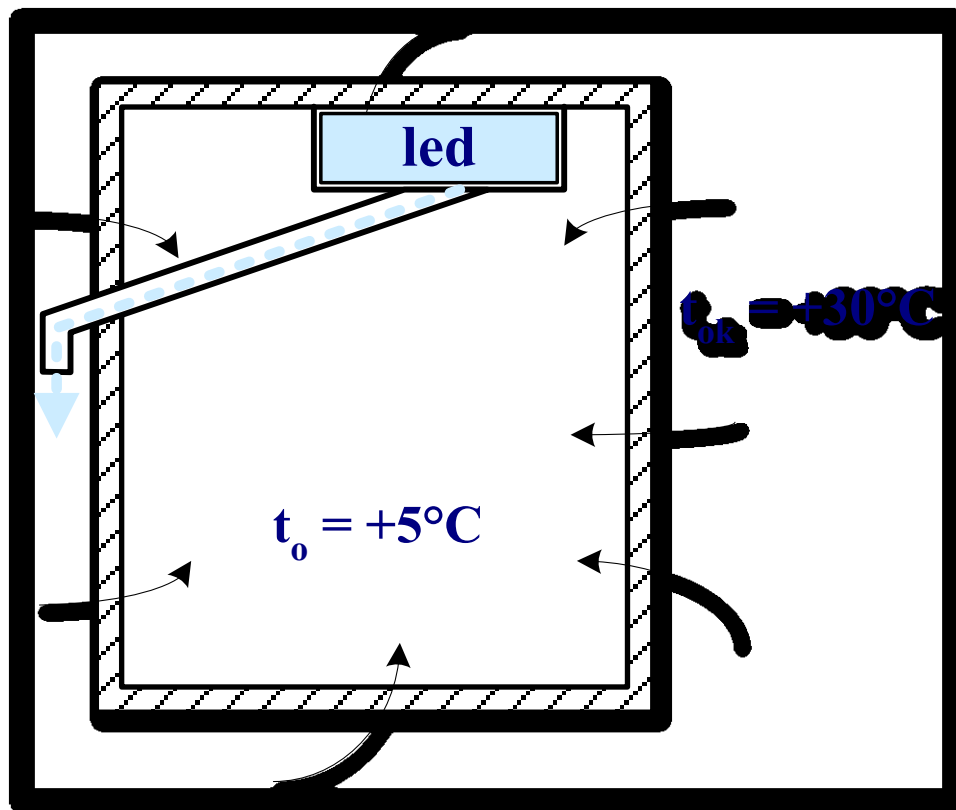
Rashladna tehnika je grana tehnike koja se bavi postupcima hlađenja tijela. Uređaji kojima se hlađenje obavlja zovemo rashladni uređaji. Ovakvi uređaji zahtjevaju energiju za pogon kompresora kako bi smanjili temperature nekog tijela kojeg hladimo. Veliki dio svjetske energije se utroši na rad rashladnih uređaja zbog čega je vrlo bitno da ti uređaji rade što učinkovitije. Također, u današnje se vrijeme teži ka tome da svi uređaji rade uz što manje prisustvo čovjeka pa svi ti uređaji zahtjevaju elemente nadziranja i upravljanja parametrima kako bi se postigla što bolja učinkovitost. Ovo se postiže nizom raznih ventila i senzora koji imaju različite uloge kod rashladnih uređaja.

U ovom radu opisan je proces rashladnih uređaja kako bismo razumjeli njihov rad, a zatim su opisani svi elementi za upravljanje protokom, temperaturama, tlakovima i razinama tekućina. Pod ovakve elemente možemo svrstati neke kao što su termostati, diferencijalni prekidači, prekidači s plovkom, detektori s promjenom otpora ovisno o temperaturi te mnogi drugi. Svi navedeni elementi za nadziranje i upravljanje parametrima potrebni su za automatizaciju rashladnih uređaja, a njihov ispravan rad i ispravno korištenje za postizanje što veće iskoristivosti.

## 2. PREKIDAČI ZA UPRAVLJANJE

### 2.1. Općenito o rashladnoj tehnici

Rashladna tehnika bavi se hlađenjem tijela ispod temperature okoline i održavanjem te temperature na željenoj vrijednosti. Hlađeno tijelo može biti bilo koje tijelo ili medij koji je potrebno hladiti. Rashladni medij je sredstvo kojim se obavlja prijenos topline. Hlađenje se izvodi prenošenjem topline tako da se toplina sa hlađenog tijela prenosi na rashladni medij koji je niže temperature od hlađenog tijela. Hlađenje se temelji na dva fenomena.



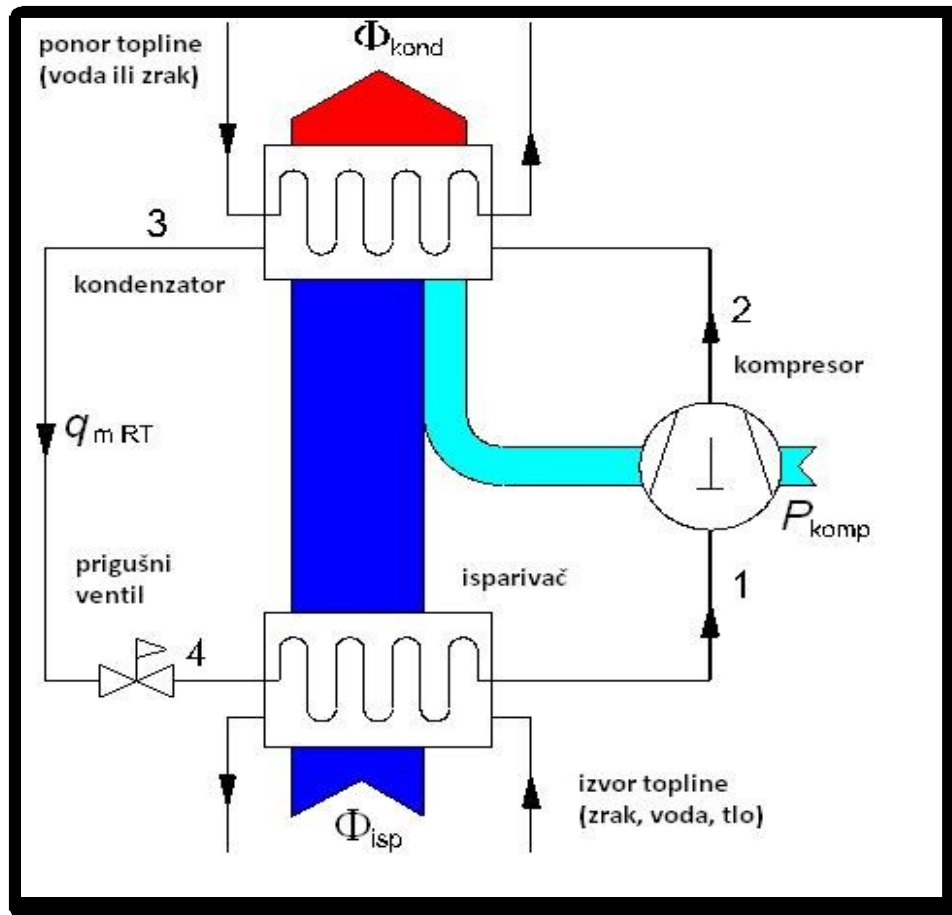
Slika 1. Hlađenje na temelju fenomena topljenja [1]

Prvi fenomen (slika 1) je fenomen topljenja koji se koristio u prošlosti. Ovakav način hlađenja najlakše je objasniti pomoću komada leda koji se nalazi u komori zajedno s hlađenim tijelom. Led na sebe preuzima toplinu s hlađenog tijela i tako održava hlađeno tijelo na niskoj



temperaturi. Sustavi temeljeni na ovom fenomenu vrlo su nepogodni za održavanje zbog čega se danas gotovo nikako ne koriste.

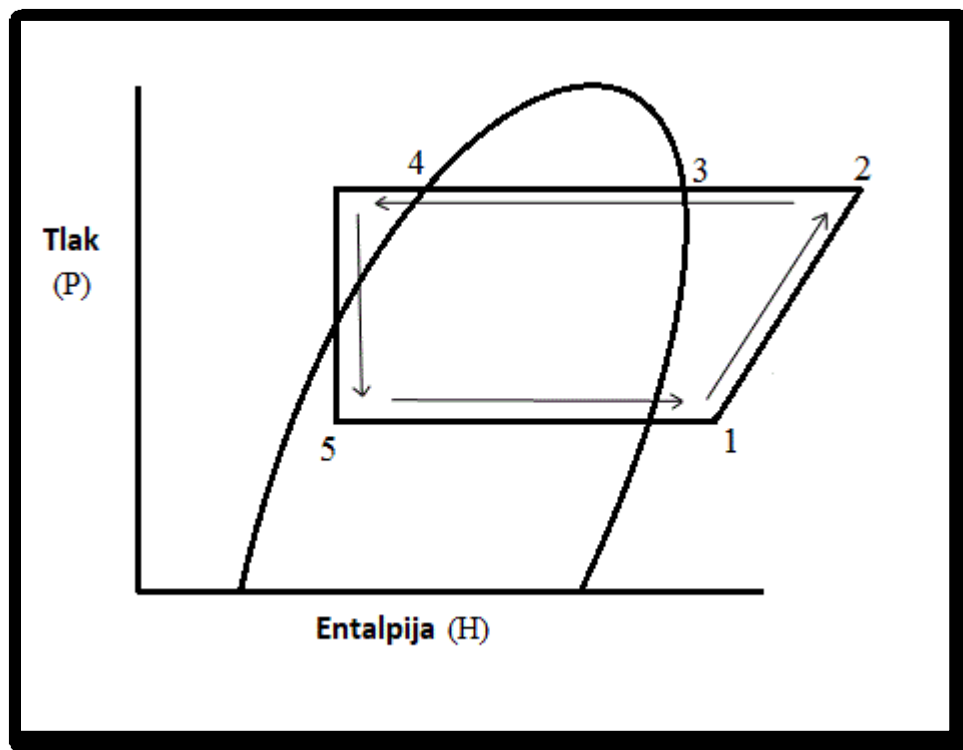
Drugi fenomen (slika 2) je fenomen isparavanja. Svi rashladni uređaji temelje se na ovom fenomenu. Za hlađenje potreban je rashladni medij koji cirkulira kroz zatvoreni sustav rashladnog uređaja i odvodi toplinu.



**Slika 2.** Rashladni ciklus temeljen na fenomenu isparavanja [2]

Rashladni medij prolazi kroz kompresor gdje mu se povećava tlak i njegova entalpija. Nakon kompresora, rashladni medij putuje kroz kondenzator, gdje se pretvara iz pare u tekućinu te u isto vrijeme predaje toplinu pri čemu njegova entalpija opada. Nakon kondenzatora rashladni medij prolazi kroz prigušni ventil gdje mu pada tlak. Nakon prigušnog ventila, rashladni medij ponovno isparava, tj. pretvara se u paru. Nakon toga rashladni medij ulazi u isparivač. U isparivaču rashladni medij preuzima na sebe toplinu i ponovno se pretvara u tekućinu. Nakon što

je preuzeo toplinu na sebe, ukapljeni rashladni medij odlazi u kompresor i ovaj se ciklus ponavlja. Odnos tlakova i entalpija kod rashladnih uređaja temeljenih na fenomenu isparavanja prikazani su na slici 3.



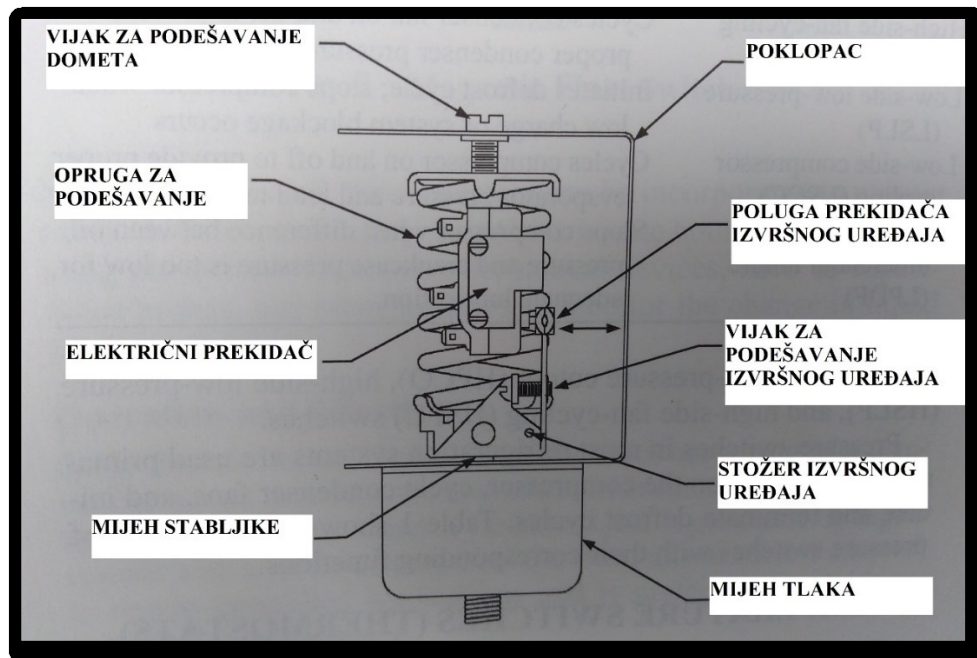
**Slika 3.** Dijagram rashladnog ciklusa temeljenog na fenomenu isparavanja [3]

## 2.2. Prekidači za upravljanje

Prekidači za upravljanje uključuju i osjetnik i mehanizam sposoban za otvaranje i/ili zatvaranje električnog kruga kojim se upravlja određenim parametrom. Prekidač za upravljanje može upravljati jednim ili više setova električnih kontakata, koji se koriste za otvaranje ili zatvaranje solenoid ventila, aktiviranje ili deaktiviranje releja, brojila i slično. Prekidači za upravljanje reagiraju na razna mehanička opterećenja kao što su tlak, temperatura i količina tekućine.

### 2.3. Prekidači s reakcijom na tlak

Prekidači s reakcijom na tlak prikazani na slici 4 i 5 imaju jedan ili više elemenata koji proizvode silu potrebnu za upravljanje mehanizmom. Obično su svi elementi koji reagiraju prema tlaku izrađeni od metala ali u rijetkim slučajevima mogu biti izrađeni i od nemetala, kao što je sintetička dijafragma. Tlak medija kojim upravljamo pritišće element, a zatim taj element pritišće oprugu. Opruga može biti namještena prema željenoj veličini. Ako se upravlja tlakom nižim od atmosferskog ili vakuumom, sila dijafragme ili mijeha je preokrenuta da djeluje u istom smjeru kao i opruga. Sila za obavljanje rada kod ovakvih prekidača ovisi o tlaku i području koji zauzima mijeh ili dijafragma. Kod upravljača s velikim tlakovima, minimalna razlika je relativno velika jer je potreban veliki raspon opruge.



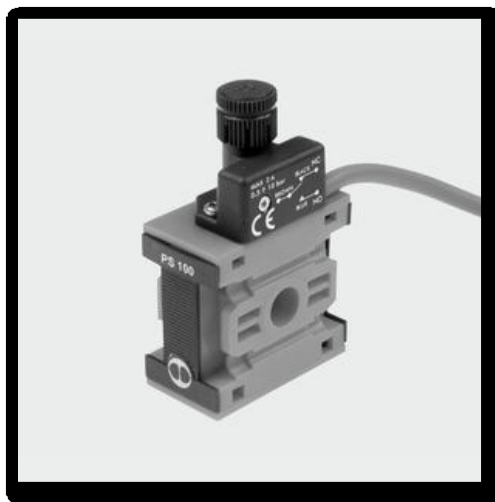
Slika 4. Shema prekidača s reakcijom na tlak [4]



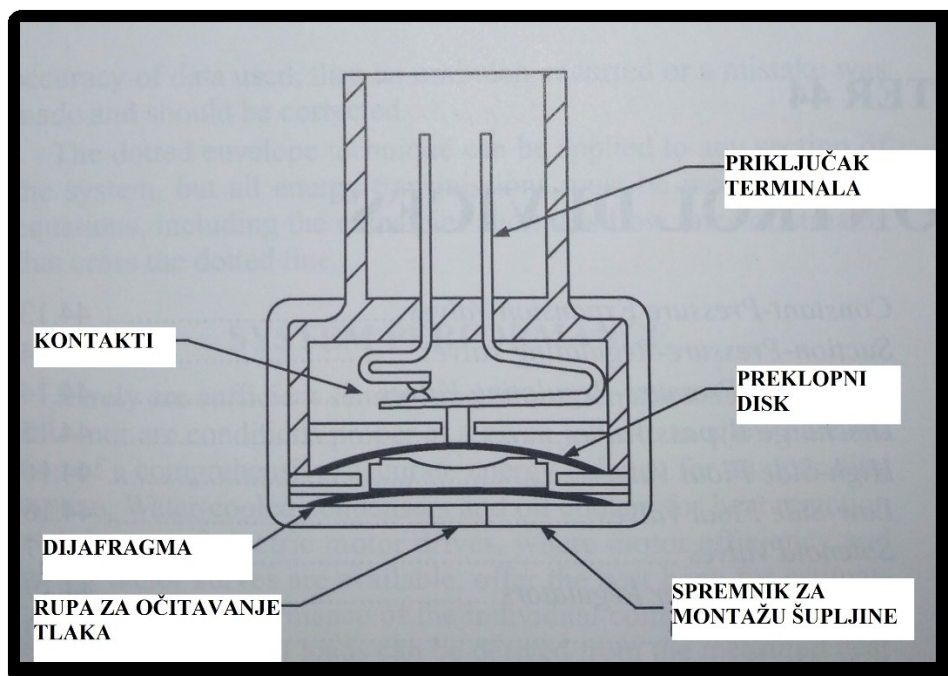
**Slika 5.** Tipični prekidač s reakcijom na tlak [5]

Minijaturni prekidači (slika 6 i 7) koji reagiraju na tlak mogu sadržavati jedan ili više preklopnih diskova, koji omogućuju pozitivno pucketanje električnih kontakata. Konstrukcija preklopnih diskova omogućava dosljednu razliku tlakova između zatvorenog i otvorenog kontakta. Velika prednost kod preklopnih diskova je što bitno smanjuju električna odskakivanja koja mogu naštetiti kompresoru, relejima ili upravljačkim modulima.

Prekidači s reakcijom na tlak u većini rashladnih sustava se koriste uglavnom za pokretanje i zaustavljanje kompresora, ventilatora kondenzatora te pokretanje i zaustavljanje ciklusa zaleđivanja.



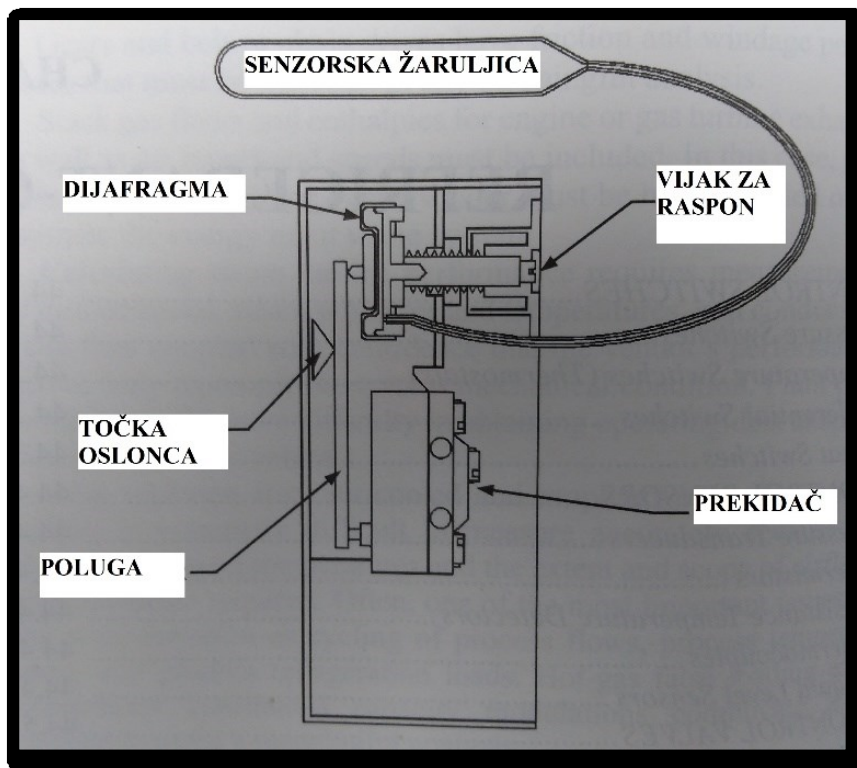
**Slika 6.** Minijaturni prekidač s reakcijom na tlak [6]



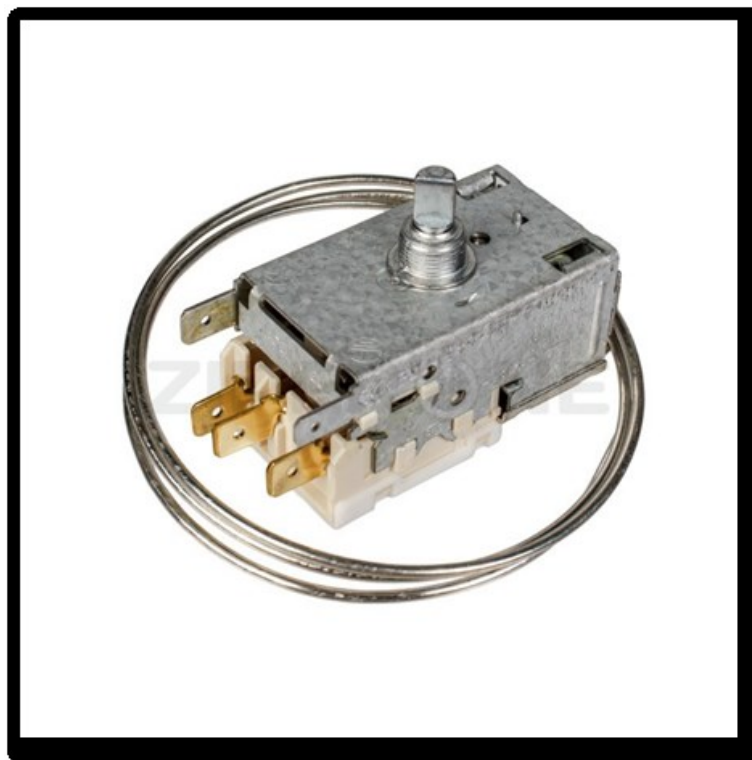
**Slika 7.** Shema minijaturnog prekidača s reakcijom na tlak [7]

## 2.4. Termostati

Prekidači s reakcijom na temperaturu (slika 9) mogu imati jedan ili više elemenata (mijeh, dijafragma, bimetalni diskovi) koji proizvode silu potrebnu za upravljanje prekidačem. Indirektni termostat je prekidač s reakcijom na tlak kod kojeg je element s reakcijom na tlak zamijenjen s elementom s reakcijom na temperaturu. Element s reakcijom na temperaturu je potpuno zabrtvljen sustav (slika 8) koji se sastoji od fleksibilnog elementa (mijeh ili dijafragma) i elementa za osjet temperature (žaruljica ili cijev) koji su u međusobnoj komunikaciji. Zatvoreni sustav sadrži tekućinu koja reagira na temperaturu. Odnos temperature i tlaka ili temperature i volumena koji se koristi u termostatu omogućava osjetniku temperature da ispravno upravlja prekidačem. Promjene u tlaku i volumenu prekidača su proporcionalne promjeni temperature na osjetniku temperature.

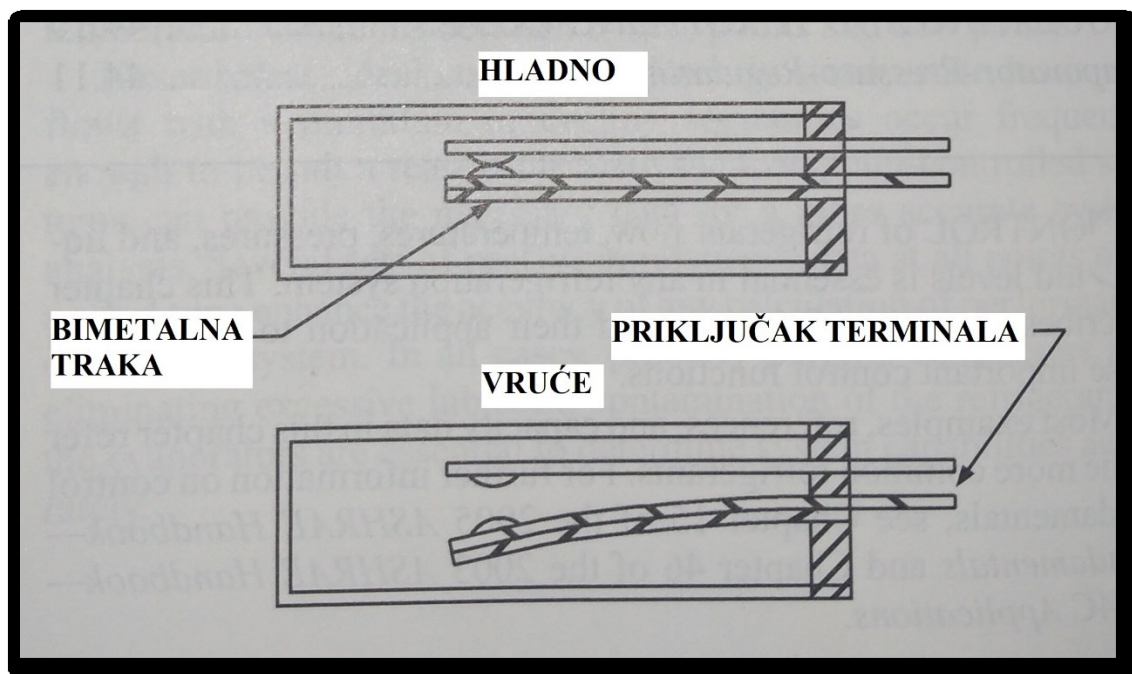


Slika 8. Shema indirektnog termostata [8]



Slika 9. Indirektni termostati [9]

Direktni thermostat (slika 10) obično sadrži bimetalni disk ili traku koji aktiviraju električne kontakte u slučaju promjene temperature. Kako se temperatura smanjuje ili povećava, bimetalni elementi se naprežu jer imaju različite koeficijente temperaturnog otpora, i tako zatvaraju, odnosno ne zatvaraju električne kontakte. Diskovi bimetala omogućuju brzo djelovanje koje dovodi do pozitivnog utjecaja na električne kontakte i tako smanjuje iskrenje i odskakivanje. Također ovakvi termostati imaju sporo kontaktno djelovanje pa se ne preporučuju za svaku električnu mrežu. Ovakvi tipovi prekidača najčešće se koriste samo kako bi se temperatura održavala unutar željenog raspona.

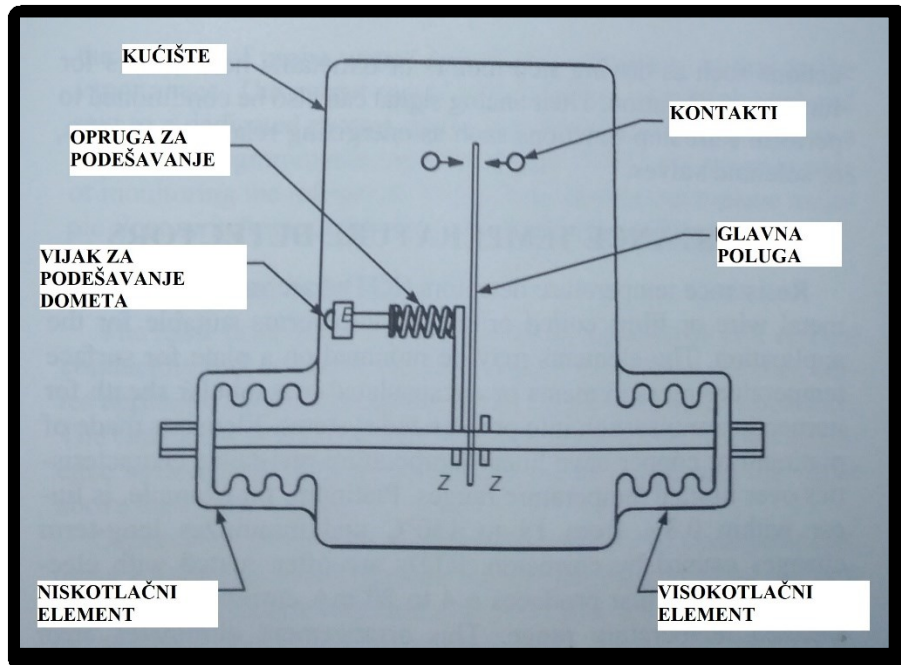


Slika 10. Shema direktnog termostata [10]

## 2.5. Diferencijalni prekidači

Diferencijalni prekidači (slika 11) uglavnom služe kako bi se kontrolirala i održavala željena razlika neke veličine, temperature ili tlaka, između neka dva prostora ili dva opterećenja. Ovakvi prekidači imaju dva radna elementa (s reakcijom na tlak ili reakcijom na temperaturu) koja neprestano očitavaju veličinu s dva mjesta. Dva elementa su povezana letvom tako da pomak jednog elementa utječe na drugi element. Letva spojena s elementima služi za upravljanje kontaktima. Oprugom se namješta željena razlika veličina. Opruga je smještena na stranu gdje se

upravlja tekućinom manjeg tlaka (ili temperature) da bi suma sila opruge i medija nižeg tlaka bila izjednačena sa silom medija višeg tlaka. Razlika instrumenta je razlika tlaka (ili temperature) između niskotlačnog i visokotlačnog elementa za koje je uređaj podešen. Radna razlika je promjena diferencijalnog tlaka ili temperature potrebne za otvaranje ili zatvaranje kontakata prekidača tj. radna razlika je promjena razlike instrumenta iz usječene pozicije u isječenu poziciju.



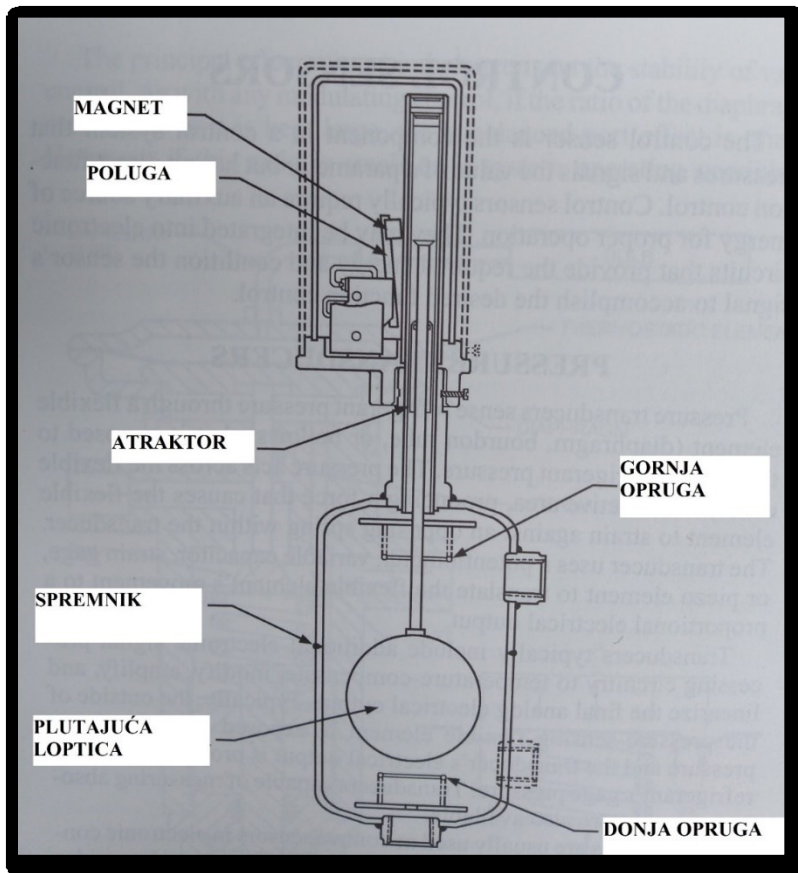
Slika 11. Shema diferencijalnog prekidača [11]

Radnom razlikom se upravlja tako da se postavi još jedna opruga za podešavanje koja djeluje u istom smjeru kao i prva a stupa u snagu samo u usječenoj ili isječenoj poziciji bez utjecaja na drugu oprugu. Druga metoda podešavanje je pomakom oslonaca Z-Z. Veća razlika među osloncima omogućuje veću radnu razliku. Radni elementi mogu biti izrađeni od različitih materijala u slučaju velike razlike temperatura između dva mjesta mjerenja .



## 2.6. Prekidači s plovkom

Prekidači s plovkom (slika 12) sadrže plutajuću lopticu, čiji pomak upravlja jednim ili više električnih kontakata ovisno o promjeni razine tekućine. Prekidači s plovkom spajaju se ujednačavajućim trakama za medij kojem kontroliramo ili održavamo razinu tekućine. Ovakvi mehanizmi su potpuno zabrtvljeni sustavi, a u neke mogu biti ugrađeni čak i mali zagrijači kao dodatna zaštita od vlage.



**Slika 12.** Shema prekidača s plovkom [12]

Prekidači s plovkom mogu služiti za kontrolu i upravljanje razina tekućina, upravljati alarmima, kontrolirati rad pumpa u sustavu i za mnoge druge funkcije. Kombinacija prekidača s plovkom, solenoid ventila i ručnog ekspanzijskog ventila može kontrolirati medij na jednak način kao što to radi ventil s plovkom.

### 3. OSJETNICI ZA UPRAVLJANJE

Osjetnici su komponente u sustavima koji služe za mjerenje određenih veličina, ali njima ne upravljaju. Osjetnici obično zahtjevaju dodatni izvor energije da bi ispravno radili. Mogu biti ugrađeni unutar strujnog kruga nekog sustava kako bi dobivali dovoljnu količinu energije za njihov ispravan rad.

#### 3.1. Pretvarači tlaka

Pretvarači tlaka su osjetilo koje služi za mjerenje tlaka radne tvari, a mjerenje obavljaju preko nekog fleksibilnog elementa, najčešće mijeha ili dijafragme. Tlak radne tvari djeluje na površinu fleksibilnog elementa, a zatim je ta sila prenesena na oprugu koja se nalazi unutar pretvarača. Pretvarač koristi potenciometar, promjenjivi kapacitor ili mjerni uređaj koji silu s opruge pretvara u električni izlaz proporcionalan veličini sile na opruzi. Pretvarači obično sadrže dodatni sklop za obradu signala kako bi se električne vrijednosti mogle podešavati prema želji. Pretvarači tlaka se obično koriste kao kontrolni osjetnici u električno upravljanim sustavima kao npr. kod automobilske klimatizacije, gdje se klimatizacijski sustav poboljšava i omogućuje kvalitetniji i jeftiniji rad motora.

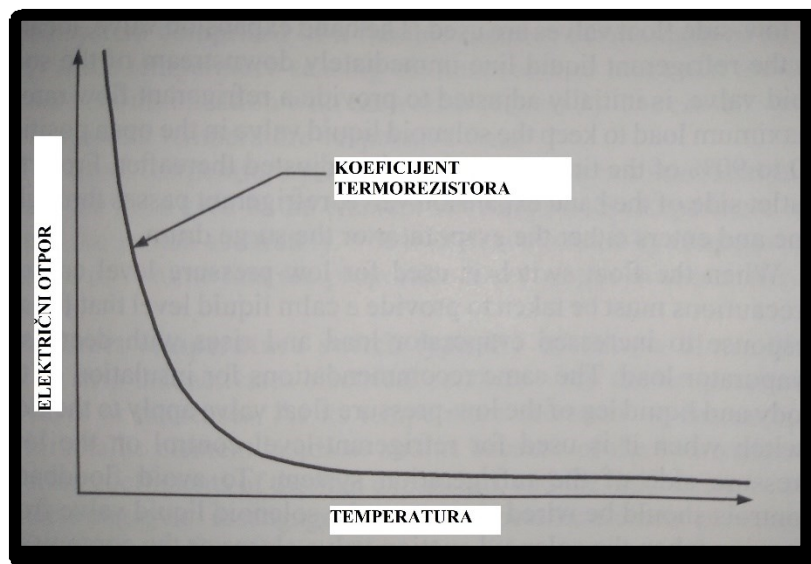
#### 3.2. Termorezistori

Termorezistori su vrlo pouzdani osjetnici kojima mjerimo temperaturu. Oni su obično malih dimanzija i izrađuju se od raznih vrsta materijala. Termorezistori su kuglice izrađene od poluvodiča čiji se električni otpor mijenja s temperaturom. Primjer poluvodiča prikazan je na slici 13.



**Slika 13.** Poluvodič termorezistora s kuglicom [13]

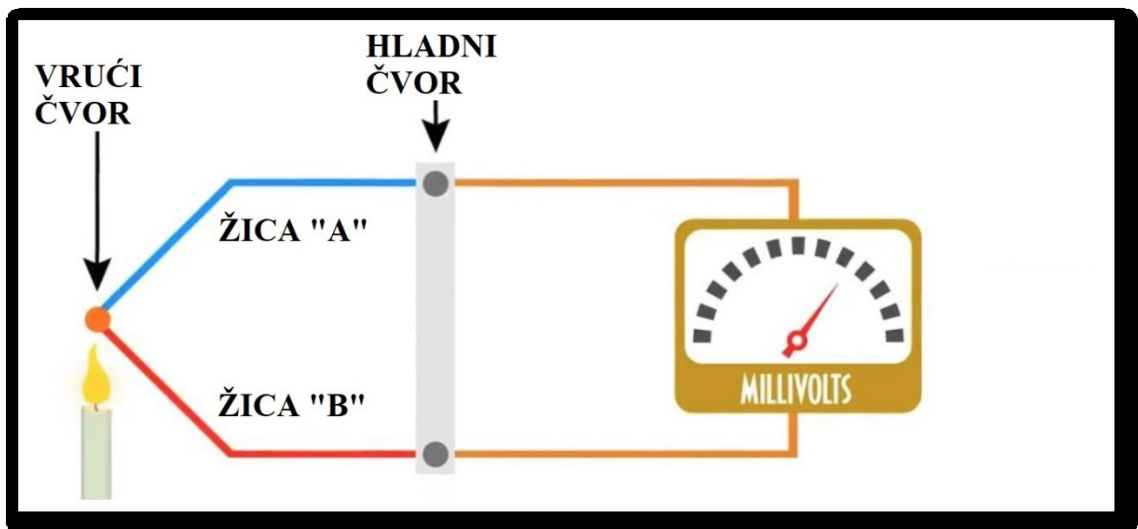
Najčešće se koriste NTC ( negative temperature coefficients ) termorezistori. NTC termorezistori su oni kod kojih se električni otpor smanjuje kako mu se temperatura povećava. Električni otpor NTC termorezistora se najčešće mijenja u puno većem omjeru nego što mu se mijenja temperatura. Na slici 14 je prikazan odnos električnog otpora i temperature NTC termorezistora. Termorezistori se koriste u elektroničkim sustavima koji upravljaju signalom dobivenim s termorezistora i pretvaraju ga u signal kojim se mogu pogoniti pogonski motori, otvarati ili zatvarati sklopnici, releji ili solenoid ventili.



**Slika 14.** Odnos veličina NTC termorezistora [14]

### 3.3. Termoparovi

Termoparovi su uređaji koji služe za mjerenje temperature, a sastoje se od čvora dvaju žica različitih materijala. Elektromotorna sila između žica ovisi o materijalu žice i temperaturi na čvoru. Ako povežemo te dvije žice na obje strane, zatvoriti ćemo strujni krug termopara, kao što je prikazano na slici 15. Kada su dvije žice na čvoru pod različitim temperaturama, električna struja poteče strujnim krugom termopara. Električna struja je proporcionalna razlici temperature dvaju žica. Hladni čvor je čvor kojem je poznata temperatura. Temperatura vrućeg čvora utvrđuje se mjerenjem napona u strujnom krugu. Signalom kojeg dobijemo na voltmetru možemo elektronično upravljati sustavom.



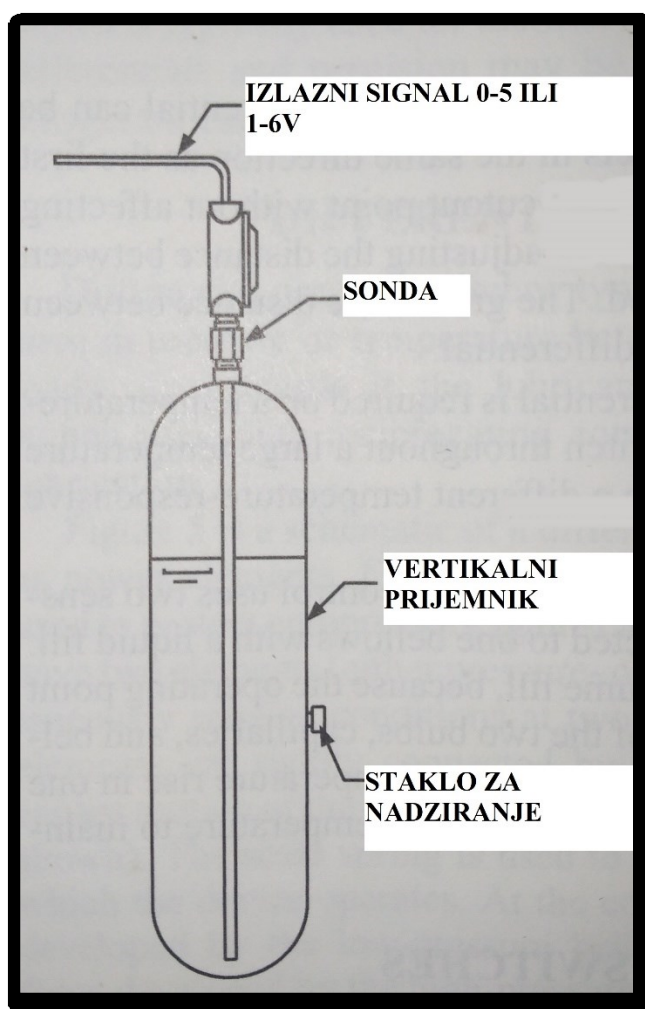
Slika 15. Shema rada termoparova [15]

### 3.4. Osjetnici razine tekućine

Kapacitivne sonde prikazane na slici 16 mogu osigurati kontinuirani raspon praćenja razine tekućine. One uspoređuju količinu otpora dijela sonde koji je uronjen u rashladnu tvar s prostorom u kojem se nalazi para. Izlazna veličina pretvara se u signal koji se može poslati u PLC (programmable logic controller), gdje se taj signal obrađuje i koristi za praćenje razine tekućine. Ovakvi osjetnici rade tako da im je sonda centrirana sa vertikalno postavljenim prijemnikom. Ulogu prijemnika ima provodljivi cilindar unutar kojega se nalazi tekućina.

Osnovni princip je da električni kapacitet vertikalne provodne sonde, centrirane unutar vertikalnog provodljivog cilindra, varira otprilike proporcionalno razini tekućine u kućištu. Ovo

se postiže pomoću znatne razlike dielektričnih konstanti između tekućine i para koje nastaju iznad razine tekućine. Kapacitivne sonde mogu biti različitih oblika i izvedbi, zbog čega su u širokoj upotrebi kod rashladnih sustava. Dužine sondi mogu biti od 150mm do 4m, a veličine izlaznih signala od 0 do 5 ili od 1 do 6 V, od 4 do 20mA itd. Temperature na kojima rade protežu se od  $-73.3$  do  $65.6^{\circ}\text{C}$ .



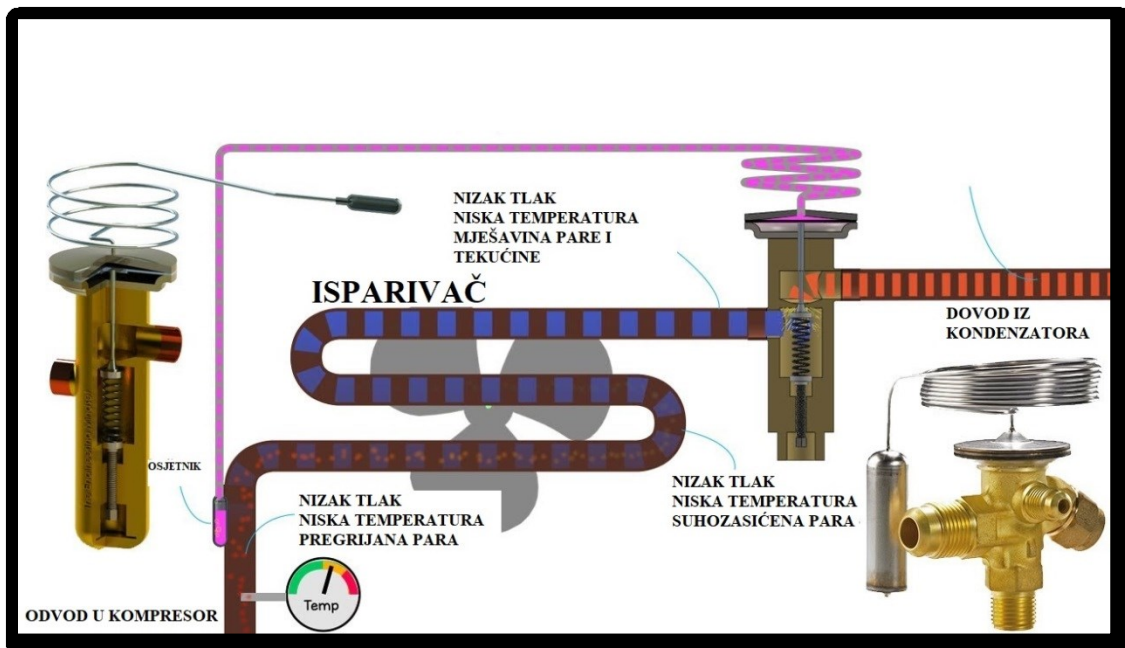
**Slika 16.** Shema osjetnika za razinu tekućine [16]

## 4 VENTILI ZA UPRAVLJANJE

Ventili su elementi rashladnih sustava koji služe za pokretanje, zaustavljanje i preusmjeravanje rashladne tvari kroz sustav da bi se postigle potrebe sustava. Da bi ventili radili, o njima treba ispravno voditi računa zbog čega ventile čuvamo od doticaja stranih tijela, reguliramo vlagu koja se nakuplja na njemu i oko njega te ga zaštićujemo od korozije.

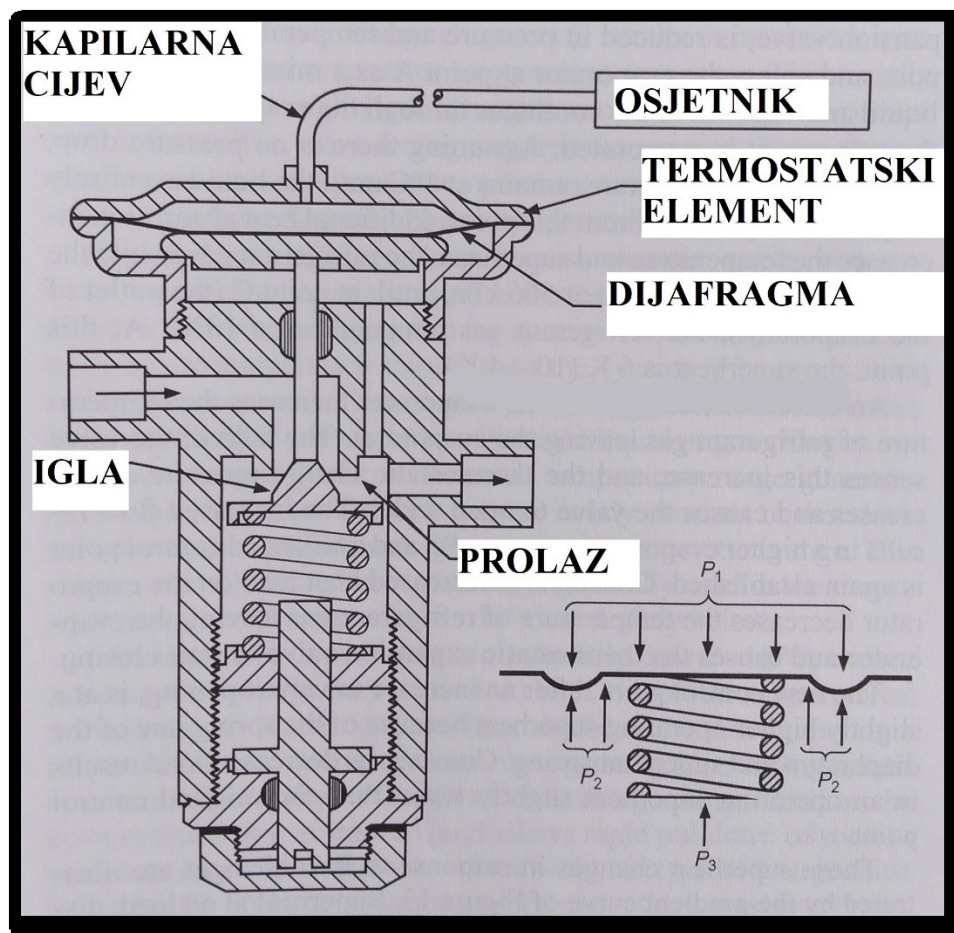
### 4.1. Termostatski ekspanzijski ventili

Termostatski ekspanzijski ventil kontrolira protok rashladnog medija koji ulazi u isparivač u odnosu na količinu pregrijanog medija koji izlazi iz isparivača. Također onemogućuje tekućini ulazak na usisnu stranu kompresora. Budući da ovakvi ventili rade pomoću pregrijanog rashladnog medija, te reagiraju samo na pregrijani medij, dio isparivača se mora koristiti da bi se upravljalo ovakvim ventilom. Ovakvi se ventili, za razliku od ventila konstantnog tlaka, koriste za upravljanje protokom medija kod svih isparivača s izravnom ekspanzijom u klimatizaciji i komercijalnoj upotrebi srednje, niske i vrlo niske temperature.



Slika 17. Shema sustava s termostatskim ekspanzijskim ventilom [17]

Slika 17 prikazuje shemu sustava s termostatskim ekspanzijskim ventilom. Iz kondenzatora se dovodi rashladni medij koji prolazi kroz ekspanzijski ventil i odlazi u isparivač. U isparivaču rashladni medij oduzima toplinu iz prostorije te se zagrijava i tekućina postaje mješavina tekućine i pare. Pred izlazom medij se nalazi u stanju suhozasićene pare, te se do samog izlaza pretvori u pregrijanu paru. Na izlazu je smješten osjetnik, koji se preko kapilarne cijevi povezuje s ventilom. Osjetnik za upravljanje ventilom koristi pregrijani rashladni medij. Ovisno o temperaturi i tlaku medija na izlazu, tj. mjestu gdje se nalazi osjetnik, ventil se otvara ili zatvara. Na primjer ako je potreba za hlađenjem velika, pregrijani medij će u većoj količini dolaziti na osjetnik, koji će preko kapilarne cijevi upravljati ventilom. Suprotno vrijedi u slučaju da je potreba za hlađenjem manja. Ventilom se upravlja tako da pregrijani medij tlači dijafragmu koja zatim upravlja iglom ventila. Presjek termostatskog ekspanzijskog ventila i odnos tlakova prikazan je na slici 18.



Slika 18. Presjek termostatskog ventila i odnos tlakova [18]

$P_1$  – Tlak termostatskog elementa koji je funkcija osjetnika, tlak djeluje u smjeru otvaranja ventila I smješten je na vrhu dijafragme

$P_2$  – Tlak isparivača, djeluje ispod dijafragme I u smjeru zatvaranja ventila

$P_3$  – Tlak ekvivalentan sili opruge, djeluje ispod dijafragme I u smjeru zatvaranja ventila

Kod konstantnog rada ventila, odnos ovih tlakova (sila) je u ravnoteži.

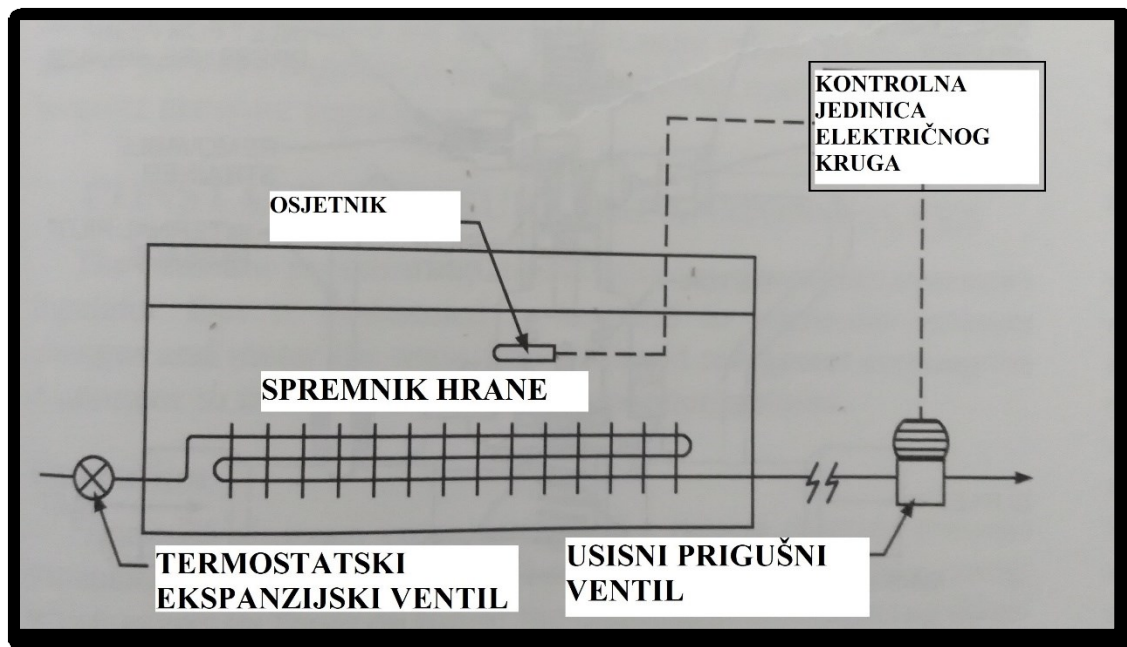
$$P_1 = P_2 + P_3$$

## 4.2. Regulacijski i prigušni ventili

Regulacijski i prigušni ventili imaju razne upotrebe u rashladnoj tehnici. Ventili koji kontroliraju i reagiraju svoj usisni tlak zovu se regulatori uzvodnog tlaka. Ovakvi regulatori su smješteni na izlazu pare iz isparivača i reagiraju na tlak pare na izlazu. U rashladnoj tehnici poznati su i kao regulatori tlaka isparivača. Ventili koji kontroliraju i reagiraju na svoj izlazni tlak nazivaju se regulatori nizvodnog tlaka. Regulatori nizvodnog tlaka smješteni su ispred ulaza u kompresor i reagiraju na tlak usisa u kompresor. U rashladnoj tehnici su poznati kao regulatori tlaka usisa, regulator tlaka radilice ili regulator sa zadržavanjem medija, a ako su smješteni na ulazu u isparivač i napajaju isparivač tekućom rashladnom tvari pri konstantnom tlaku, nazivamo ih ventili konstantnog tlaka ili automatski ekspanzijski ventili. Treća vrsta regulacijskih ventila na tlak je ventil s reakcijom na diferencijalni tlak, koji reagira na razliku tlaka između tlaka na ulazu i tlaka na izlazu.

Elektronički upravljani usisni prigušni ventili napravljeni su za upravljanje temperaturom rashladnog uređaja za hlađenje prostora za smještaj hrane i ostale primjene gdje je potrebno hladiti neki prostor. Ovakvi ventili služe za regulaciju tlaka iako su napravljeni da reagiraju isključivo na temperaturu. Shema električki upravljanih prigušnih ventila prikazana je na slici 19. Sustav se sastoji od osjetnika temperature, električnog kruga za upravljanje koji je programiran od strane proizvođača i električno upravljanih prigušnih ventila. Željena veličina može se namještati lokalno ili daljinski. Ventil reagira na razliku između postavljene temperature i stvarne temperature u prostoru. Ako osjetnik osjeti temperaturu veću od zadane onda šalje signal za otvaranje ventila, te regulira tlak i zasićenje pare. U slučaju da je temperatura manja od zadane, osjetnik šalje signal za zatvaranje ventila. Elektronički upravljani prigušni ventili mogu imati i razne druge namjene kao prigušivanje usisa kompresora, regulacija tlaka na kondenzatoru i sl.

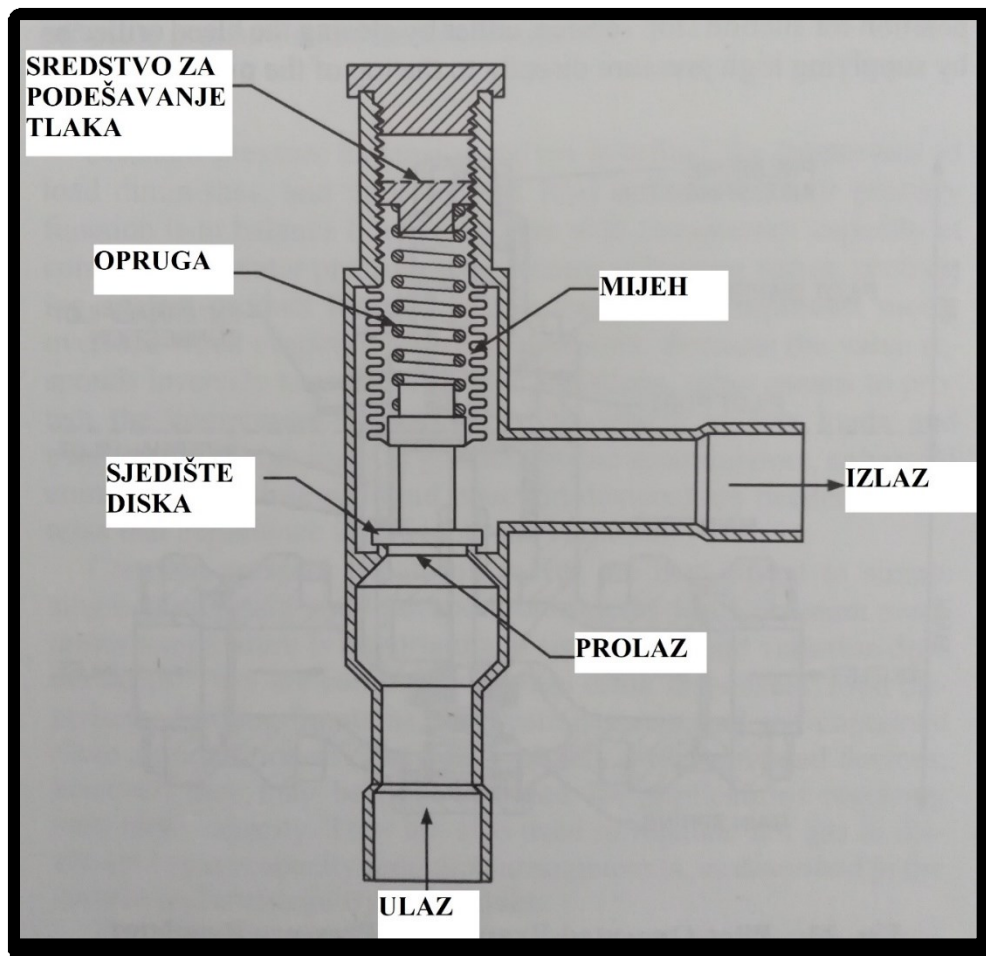




**Slika 19.** Shema rada elektronički upravljanih prigušnih ventila [19]

#### 4.3. Regulacijski ventili tlaka u isparivaču

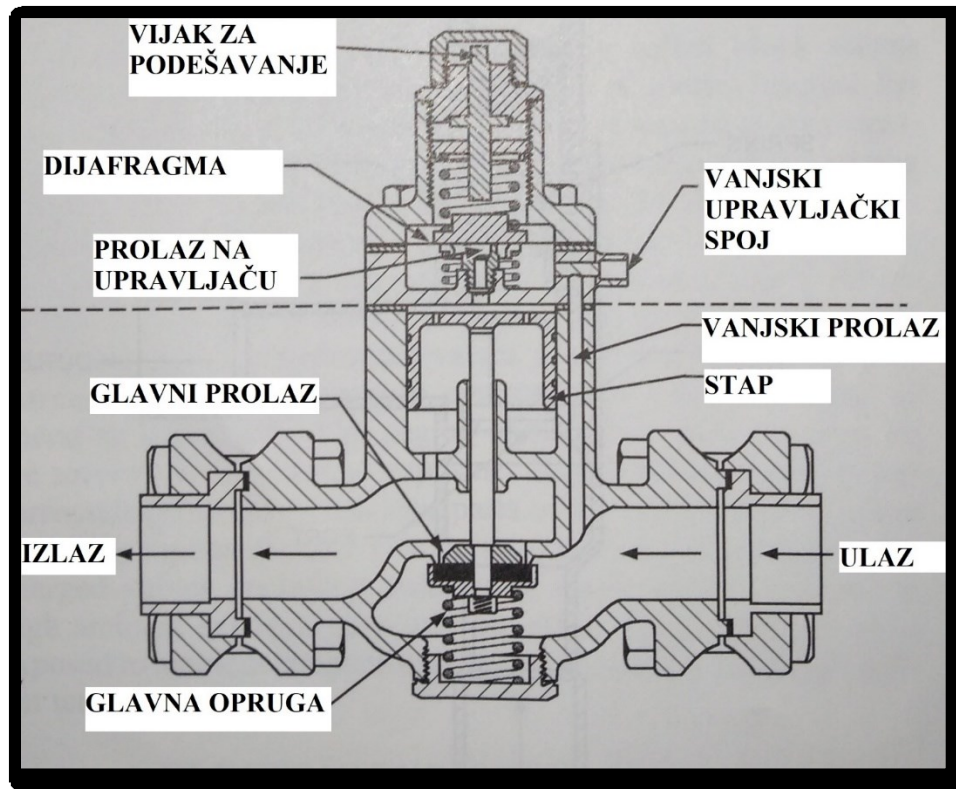
Regulator tlaka isparivača je ventil koji služi za regulaciju svog vlastitog ulaznog tlaka. Ugrađuju se na izlazu iz isparivača i tako reguliraju izlazni tlak iz isparivača. Ovakve regulatore tlaka isparivača često nalazimo pod nazivom regulatori uzvodnog tlaka. Koriste se da bi se spriječilo opadanje tlaka ( i zasićenja ) ispod željene veličine. Medij koji uđe u ventil prigušuje se na željenu veličinu i na taj način mu se regulira tlak i temperatura. Rad potreban za upravljanje ventila dobiva se iskorištavanjem gubitka tlaka koji se dobije prolaskom kroz sami ventil. Ako su potrebne veće snage za pokretanje ventila, onda mogu biti pokretani pomoću rashladnog medija visokog tlaka koji se dovodi sa visokotlačne strane sustava ili se pokreću električki.



**Slika 20.** Direktno upravljani regulator tlaka isparivača[20]

Direktno upravljani regulatori tlaka u isparivaču su vrlo jednostavni, kao što možemo vidjeti na slici 20. Tlak medija koji ulazi u ventil pritišće sjedište diska te svladava silu opruge. Da bi ispravno radili, površine prolaza i dna mijeha moraju biti iste. Kada se tlak na ulazu poveća iznad ekvivalentnog tlaka opruge, ventil se počinje otvarati. Ako tlak opadne, opruga zatvara ventil. Za vrijeme rada ventil pretpostavlja srednji položaj prigušivanja između protoka rashladnog medija i opterećenosti isparivača. Da bi se ventil otvorio, ulazni tlak medija mora biti dovoljno jak da komprimira silu opruge i mijeha.

Ostali regulatori tlaka u isparivaču pokreću se medijem visokog tlaka ili imaju svoj vlastiti pogon (slika 21).

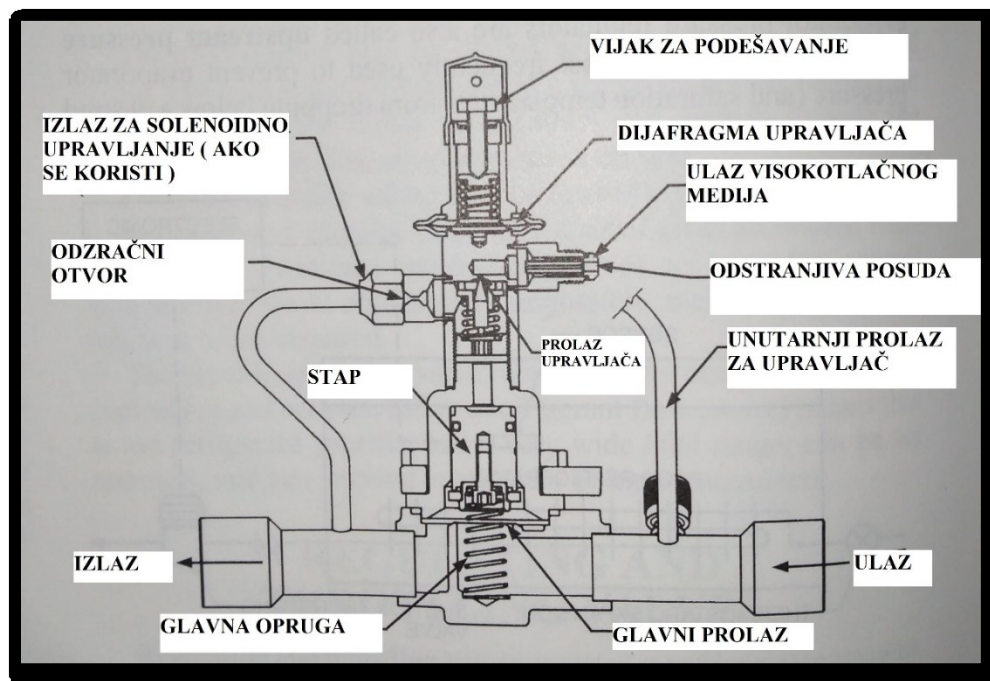


**Slika 21.** Regulator tlaka u isparivaču (s vlastitim pogonom) [21]

Regulator tlaka u isparivaču s vlastitim pogonom počinje se otvarati kada mu je iznos tlaka na usisu ekvivalentan iznosu podešenom na opruzi dijafragme. Opruga se podigne i propušta medij kroz prolaz na upravljačkom dijelu regulatora. Kako je medij ušao u upravljački dio, povećava se tlak te tako gura stap prema dolje. Pomicanjem stapa, glavni se prolaz otvara. Protok kroz otvoreni ventil oslobađa tlak isparivača i šalje ga na usisni vod. Kako se tlak isparivača smanjuje, dijafragma prigušuje protok kroz prolaz na upravljaču, rupa na stapu oslobađa tlak sa stapa na niskotlačnu izlaznu stranu glavnog ventila i glavna opruga zatvara ventil. Glavni ventil pretpostavlja srednju poziciju prigušivanja ovisno o potrebi isparivača. Ovakvi regulatori zahtjevaju padove tlaka za ispravan rad, a padovi tlaka mogu biti do 14kPa.

Regulator tlaka u isparivaču s medijem visokog tlaka je regulator normalno otvorenog položaja i zahtjeva tekućinu ili plin visokog tlaka za dobivanje sile potrebne za zatvaranje ventila. Najveća prednost ovakvih regulatora nad onima s vlastitim pogonom je što nema pada tlaka pri upravljanju. Kada se tlak na ulaznoj strani ventila poveća iznad postavljene željene vrijednosti, dijafragma djeluje na oprugu i omogućava opruzi upravljačkog dijela ventila da zatvori prolaz. Plin ili tekućina sa visokotlačne strane sustava se prigušuje preko upravljačkog ventila i tlak s

vrha komore stapa se odvodi preko odzračnog otvora. Kako se tlak u komori stapa smanjuje, opruga vraća stap u normalno otvoren položaj. Kako se ulazni tlak smanjuje, povećan protok visokotlačnog medija kroz upravljački ventil pokreće stap prema dolje te tako zatvara glavni dio ventila do željene pozicije (slika 22).

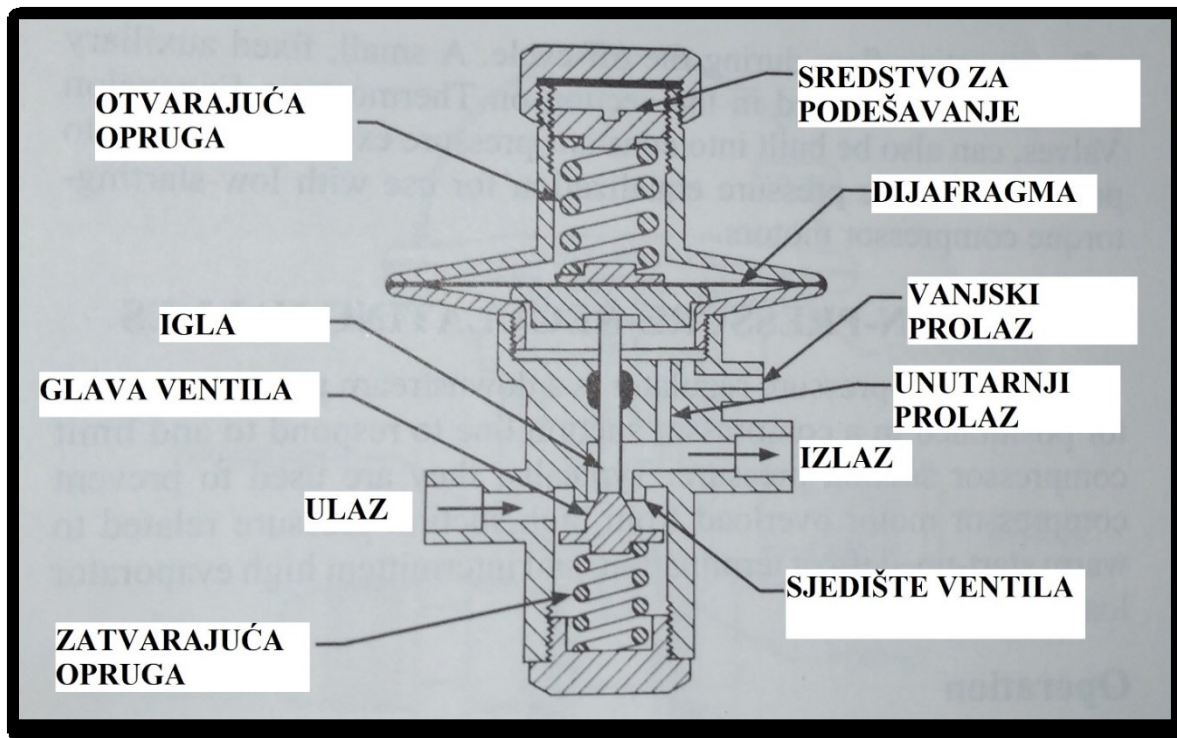


**Slika 22.** Regulator tlaka u isparivaču (pogonjen medijem visokog tlaka) [22]

#### 4.4. Ekspanzijski ventili konstantnog tlaka

Ekspanzijski ventili konstantnog tlaka su regulatori tlaka koji reagiraju na promjenu tlaka u isparivaču i mjere masu rashladnog medija koji ulazi u isparivač te tako održavaju konstantni tlak isparivača. Presjek ventila prikazan je na slici 23. Ventil se sastoji od dvije opruge. Gornja opruga preuzima silu na sebe u smjeru otvaranja ventila a donja opruga silu na sebe preuzima u smjeru zatvaranja. Tlak isparivača, koji na ventil dolazi preko unutarnjeg ili vanjskog prolaza, tlači dijafragmu i zajedno sa zatvarajućom oprugom (gornja na slici) pruža otpor otvarajućoj opruzi i tako drži ventil u ravnoteži. Za vrijeme normalnog rada, mali porast tlaka u isparivaču djeluje zajedno s zatvarajućom polugom i drži ventil u zatvorenom položaju. Na ovaj način ograničava protok medija i tlak isparivača. Kada tlak u isparivaču padne ispod željene vrijednosti,

otvarajuća opruga pomiče iglu ventila u smjeru otvaranja. Kao rezultat, protok rashladnog medija i tlak u isparivaču se povećaju i sve tri sile ventila se vraćaju u ravnotežu.

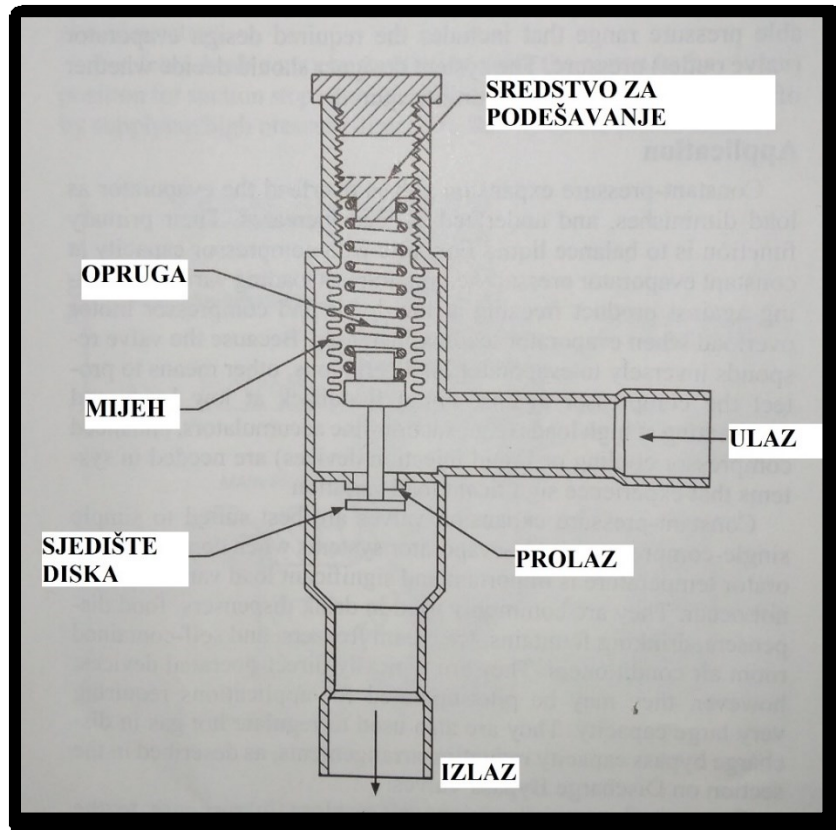


Slika 23. Ekspanzijski ventil konstantnog tlaka [23]

#### 4.5. Ventili za regulaciju usisnog tlaka

Ventili za regulaciju usisnog tlaka su regulatori tlaka smješteni na usisnoj strani kompresora. Služe da bi ograničavali i kontrolirali ulaz medija u kompresor i na taj način produljili i poboljšali njihov rad. Direktni regulatori usisnog tlaka reagiraju na svoj vlastiti izlazni tlak. Radi se o vrlo jednostavnim uređajima a njihov rad prikazan je na slici 24. Izlazni tlak iz ventila djeluje na donju stranu sjedišta diska i vrši silu u smjeru zatvaranja ventila. Sila potrebna da se ventil zatvori namješta se preko sredstva za podešavanje. Ulazni tlak u ventil djeluje s gornje strane diska i s donje strane mijeha. S obzirom da su površine mijeha i prolaza na mjestu sjedišta diska jednakih površina, ventil će djelovati samo na izlazni tlak. Kada tlak na izlazu padne ispod ekvivalentne sile opruge, sjedište diska se pomiče prema otvorenom položaju da bi se održavao potreban tlak na izlazu. Ako tlak na izlazu naraste, sjedište diska se pomiče prema zatvorenom položaju i prigušuje protok rashladnog medija da bi ograničio tlak. Tlak na izlazu

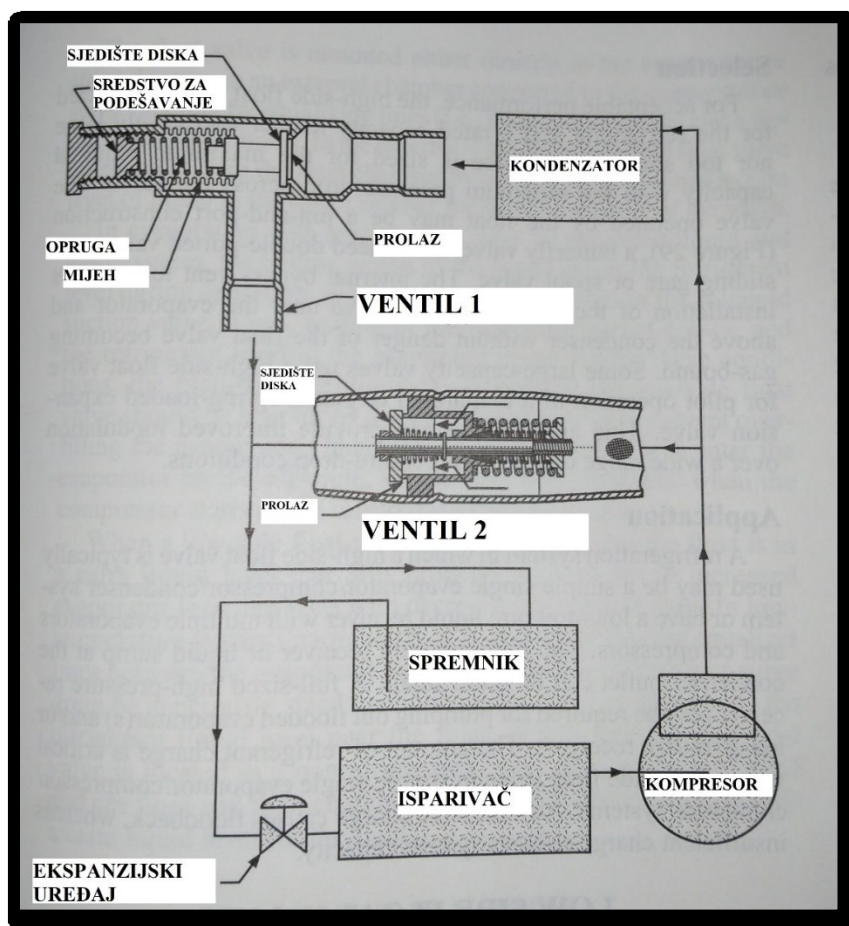
treba pažljivo podesiti ovisno o vrsti pogona jer tlak ne smije biti previsok da bi naštetio kompresoru a ne smije biti ni prenizak da smanji iskoristivost sustava.



Slika 24. Direktni regulator usisnog tlaka [24]

#### 4.6. Ventili za regulaciju tlaka kondenzatora

Razne vrste ventila za regulaciju tlaka se koriste kod održavanja tlaka u kondenzatoru sa zračnim hlađenjem. Ovakvi ventili su posebno potrebni za vrijeme rada s niskim temperaturama. Ventil 1 prema sustavu sa slike 25 je regulator tlaka koji radi na sličnom principu kao i regulatori tlaka sa Slike 20,21 i 22. Ovakav ventil može se postaviti ispred ili iza kondenzatora, ali se češće postavlja iza zato što ventil manjih dimenzija može zadovoljiti sve zahtjeve sustava. Služi za prigušivanje u slučaju pada tlaka medija koji izlazi iz kondenzatora ili kompresora usljed rada na niskim temperaturama.



**Slika 25.** Shema regulacije tlaka kondenzatora (uređenje s dva ventila) [25]

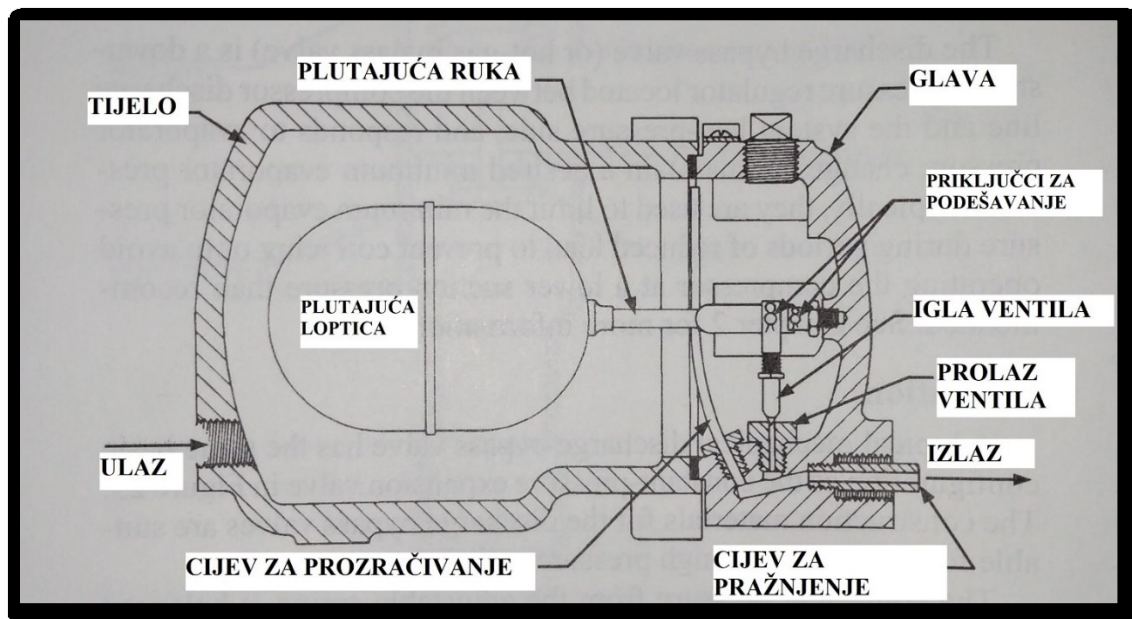
Ventil 2 prema sustavu iz slike 25 je zaobilazni (bypass) ventil. Može biti izvedbe poput direktnog regulatora usisnog tlaka prikazanog na slici 24, ali češće se postavlja diferencijalni regulator tlaka zbog jednostavnosti (na shemi je prikazan diferencijalni regulator tlaka). Kada prvi ventil prigušuje medij zbog pada tlaka, drugi ventil se otvara i omogućuje vrućem plinu da zaobiđe kondenzator te se miješa i grije hladnu tekućinu koja ulazi u spremnik. Na taj način održava željeni tlak zasićenja. Također postoji mogućnost korištenja troputnog ventila za regulaciju tlaka kondenzatora, koji vrši istu funkciju kao i dva spomenuta ventila.

#### 4.7. Zaobilazni ventili za pražnjenje

Zaobilazni ventili za pražnjenje između izlaza iz kompresora i dijela sustava niskog tlaka, a reagiraju na promjenu tlaka u isparivaču kako bi održavali minimalan tlak isparivača. Najčešće se koriste za ograničavanje minimalnog tlaka isparivača za vrijeme smanjenog opterećenja kako bi spriječili zaleđivanje ili izbjegli niži tlak usisa u kompresor. Tipična izvedba ovakvih ventila slična je ekspanzijskom ventilu konstantnog tlaka prikazanog na slici 23. Kada tlak u isparivaču padne ispod željene veličine, opruga otvara ventil.

#### 4.8. Ventili s plovkom

Ventili s plovkom služe da bi kontrolirali količinu rashladne tekućine koja ulazi u isparivač i održavali je jednakom s količinom rashladne pare koja izlazi iz kompresora. Presjek ventila prikazan je na slici 26. Rashladna tekućina protiče iz kondenzatora i ulazi u tijelo ventila. U tijelu ventila tekućina pomiče plovak i pomiče iglu ventila prema otvorenom položaju, dopuštajući tekućini da prođe kroz prolaz ventila koja zatim ekspandira i prolazi u isparivač.



Slika 26. Ventil s plovkom [26]



## 5. ZAKLJUČAK

Kontrola parametara kod rada rashladnih uređaja vrlo je bitna za njihov rad. Svi navedeni uređaji bitni su elementi kod automatizacije rashladnih sustava. Prije svega vrlo je bitan izbor elemenata za kontrolu i upravljanje kod rashladnih sustava. Elementi koje odlučimo koristiti moraju biti što precizniji, ali ne preskupi kako bi se izbjegli preveliki početni troškovi. Vrlo je bitno održavanje jer, iako je većina ovih elemenata vrlo dobro zabrtvljeno, ipak postoji šansa da će nakon dužeg korištenja doći do greške. Osim održavanja elemenata, bitno je i upravljanje samim rashladnim sustavom. Pravilo je da se nikada ne hladi ispod temperature koja je potrebna, pa čak i u slučaju korištenja “idealnog” rashladnog sustava.

## 6. LITERATURA

- [1] Bupić M. (2018), Interna skripta kolegija Brodski rashladni uređaji, Sveučilište u Dubrovniku.
- [2] Research Gate, < [https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-a-typical-single-stage-vapor-compression-refrigeration-cycle-7\\_fig1\\_241122952](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-a-typical-single-stage-vapor-compression-refrigeration-cycle-7_fig1_241122952)>, 12. svibnja, 2019
- [3] ResearchGate, < [https://www.researchgate.net/figure/P-h-diagram-of-the-vapour-compression-refrigeration-cycle-considered-in-Fig-1\\_fig3\\_316144041](https://www.researchgate.net/figure/P-h-diagram-of-the-vapour-compression-refrigeration-cycle-considered-in-Fig-1_fig3_316144041)>, 12. svibnja, 2019
- [4] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.1
- [5] ABC Plumbing and Heating, <<http://abcplumbing.com/waterwellquestions/pressureswitchquestions.html>>, 13. svibnja, 2019.
- [6] Direct Industry, < <http://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/miniature-pressure-switch-141340.html>>, 15. svibnja 2019.
- [7] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2006 str. 44.2
- [8] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2006 str. 44.2
- [9] Amazon, <[https://www.google.com/search?q=temperature+control+switch+refrigerator&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjmnqL\\_xJjiAhWyo4sKHV95At4Q\\_AUIDigB&biw=1536&bih=754#imgdii=qsxzQOIDCvY7OM:&imgrc=zI9nOuRVfSIzwM](https://www.google.com/search?q=temperature+control+switch+refrigerator&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjmnqL_xJjiAhWyo4sKHV95At4Q_AUIDigB&biw=1536&bih=754#imgdii=qsxzQOIDCvY7OM:&imgrc=zI9nOuRVfSIzwM)> ,16. svibnja 2019.
- [10] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.2
- [11] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.3
- [12] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.3

- [13] Sowparnika, <<https://www.sowparnikathermistors.com/bead-type-ntc-thermistor.htm>> , 21. svibnja 2019.
- [14] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.4
- [15] Omega Engineering, < <https://www.omega.com/en-us/resources/thermocouples>> , 21. svibnja 2019.
- [16] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.4
- [17] The Engineering Mindset,  
<[https://www.google.com/search?q=thermostatic+expansion+valve+working&rlz=1C1GCEA\\_enHR805HR805&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiL\\_MK82bHiAhULxoUKHSP6AWIQ\\_AUIDigB&biw=1536&bih=754#imgrc=SWjzo4RwidS2bM:>](https://www.google.com/search?q=thermostatic+expansion+valve+working&rlz=1C1GCEA_enHR805HR805&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiL_MK82bHiAhULxoUKHSP6AWIQ_AUIDigB&biw=1536&bih=754#imgrc=SWjzo4RwidS2bM:>)>, 27. svibnja 2019
- [18] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.5
- [19] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.11
- [20] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.11
- [21] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.12
- [22] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.12
- [23] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.13
- [24] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.14
- [25] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.15

[26] ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014 str. 44.16

Svi navodi u tekstu preuzeti su iz: ASHRAE: 2014 ASHRAE Handbook – Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, USA, 2014

## IZJAVA

S punom odgovornošću izjavljujem da sam završni rad izradio samostalno, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora doc. dr. sc. Matka Bupića.

---

Nikša Rajković