






## NOVI FORMAT

Izdanje

APRIL 2024

### Sadržaj

	PREGREJAČI PARE (III DEO).....	2
	Prema lokaciji pregrejača: unutrašnji i spoljašnji .....	2
	Pregrejači pare kod komornog kotla .....	4
	PRETVARANJE ENERGIJE VETRA U ELEKTRIČNU ENERGIJU .....	5
	Glavne komponente koje se koriste u turbini na vetar .....	6
	Vrste vetrogeneratora .....	7
	Podela vetroturbina.....	8
	Tornjevi za vetroturbine.....	9
	MERENJE PRITISKA U TERMOENERGETSKIM POSTROJENJIMA .....	10
	Opšte o pritisku .....	10
	Instrumenti za merenje pritiska .....	10
	Senzori pritiska .....	10
	RAZVOJ TEHNIKE HLAĐENJA .....	14
	Uvod u tehniku hlađenja .....	14
	Sistemi hlađenja .....	15
	Primena rashladnih postrojenja .....	17
	PROGRAM REHABILITACIJE DALJINSKOG GREJANJA U BEOGRADU .....	19
	3. Savremena tehnička rešenja primenjena u demonstracionim projektima ...	19
	Toplotne podstanice .....	19
	Praćenje rada podstanica .....	21

Izdanje pripremili:

- Dušan Bačić
- Slavko Mikić
- Branko Matajurc
- Slobodan Rakezić
- Radovan Talić

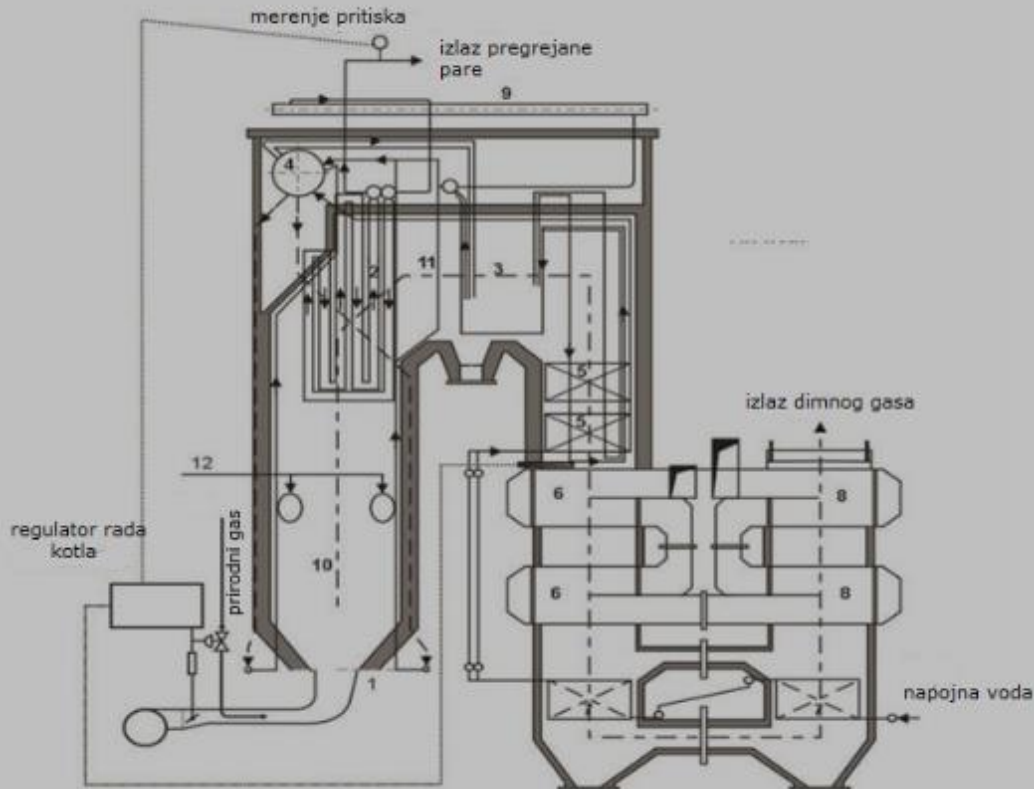


## PREGREJAČI PARE (III DEO)

Nastavak iz izdanja FEBRUAR 2024

Prema lokaciji pregrejača: unutrašnji i spoljašnji

**Unutrašnji pregrejač** smešten je u kotlu u ložištu, ili na kraju ložišta i u konvektivnom delu kotla.



2

Preuzeto sa [researchgate.net](https://www.researchgate.net).

1 gorionik za prirodni gas, 2 sekundarni pregrejač pare, 3 primarni pregrejač pare, 4 kotlovski doboš, 5 sekundarni ekonomajzer, 6 sekundarni zagrejač vazduha, 7 -primarni ekonomajzer, 8 primarni zagrejač vazduha, 9 regulacija temperature pregrejane pare, 10 ložište, 11 konvektivni isparivač, 12 gorionici ulja za loženje

Zasižena para sa vrha kotlovskog doboša (4) struji u primarni pregrejač pare. Iz primarnog pregrejača pare struji u hladnjak pare (9), gde se na osnovu zadate temperature na regulatoru vrši podešavanje količine rashladne vode, do izmerene temperature posle sekundarnog pregrejača pare.

Sekundarni pregrejač pare (2), smešten je u ložištu, a primarni pregrejač pare (3) smešten je u tranzicionom kanalu.

**Spoljašnji pregrejač pare**, je uređaj gde se pregrevanje pare vrši u posebnom izmenjivaču toplote van kotla a koji može biti zagrevan sagorevanjem prirodnim gasom, procesnim gasom ili elektrogrejačem za parametre koji su potrebni naručiocu.

Pregrejač pare ima svoj gorionik čijim radom upravlja regulator koji dobija impuls od izlazne temperature pregrejane pare a korekcija se vrši sa izmerenim protokom zasićene pare na ulazu u

pregrejač. Pregrejač pare izrađen je sa spiralnim cevima u kojima se zasićena para zagreva u pregrejanu paru. Najčešći razlozi za potrebu pregrejane pare su smanjenje rizika od kondenzacije pare pri njenom prenošenju na mesto upotrebe jer kotao koji proizvodi pregrejanu paru je udaljen od mesta korišćenja. To je slučaj u procesnoj industriji. Ovaj tip pregrejača postoji u Petrohemiji u Pančevu.



Na slici je Babcock Wanson France

Drugi tip spoljnog pregrejača je električni.



U pregrejaču pare, (zasićena) para se indirektno pregreva električnim cevastim grejačima. Regulator temperature dobija signal sa izlaza pregrejane pare a u slučaju jako variranja protoka, izmereni protok je korektivna veličina koja ulazi u regulator.

Na ovaj način se kapacitet grejanja optimalno prilagođava procesu i sprečava pregrevanje.

Na slici je prikazan pregrejač pare firme Klöpper-Therm GmbH & Co. KG iz Nemačke koji koristi električne grejače za dobijanje pregrejane pare sledećih karakteristika:

Toplotna snaga el. grejača: do 2 MW

Temperatura pregrejane pare: do 350°C

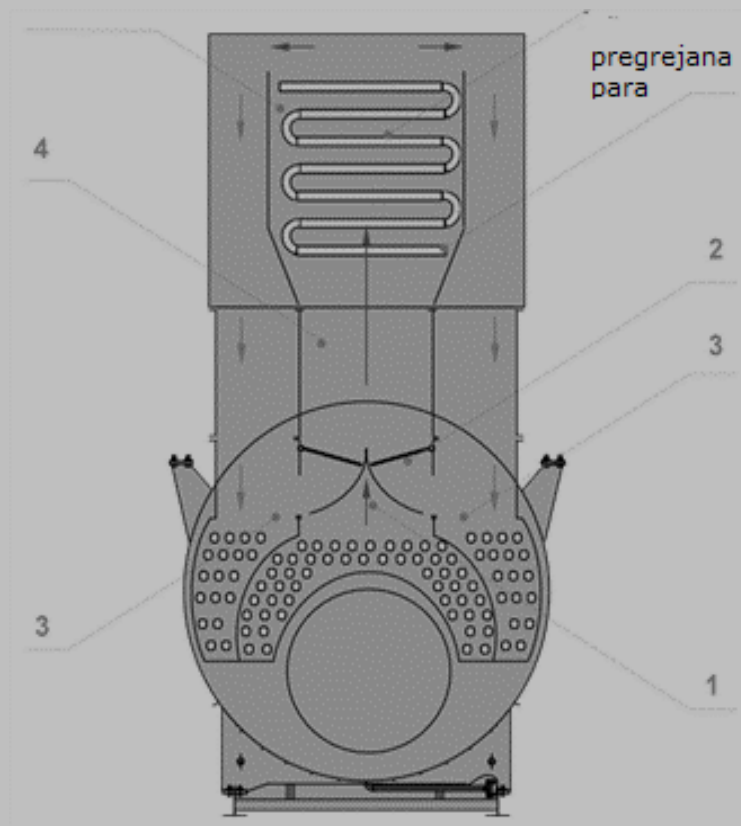
Pritisak na izlazu pregrejača: do 170 bar

Napon naizmenične struje: max. 690 V/AC

## Pregrejači pare kod komornog kotla

Pregrejač pare omogućava pregrevanje pare koju proizvodi kotao do temperature iznad tačke zasićenja pri projektovanom pritisku. Pregrejač je u osnovi izmenjivač toplote napravljen od savijenih cevi koje se drže na jednom panelu. Instalira se iznad prednje komore kotla i povezan je dimnim kanalom na izlaz druge promaje. Dimni gas iz druge promaje ulazi u komoru sa klapnom. U zavisnosti od položaja klapne, dimni gas se usmerava u pregrejač pare ili nazad u treću promaju kotla.

Dimni gas predaje deo toplote pregrejaču pare i vraća se u treću promaju kotla odakle odlazi u dimnjak. Cevi pregrejača pare povezane su sa zasićenom parom koju proizvodi kotao. Para cirkuliše unutra cevnog snopa, pregreva se i odvodi do potrošača. Temperatura pregrevanja može se podesiti da se održava na određenom nivou tokom rada u navedenom opsegu opterećenja. Regulacija, može se vršiti kontrolom protoka dimnog gasa na ulazu pregrejača ili mešanjem zasićene pare sa pregrejanom parom koristeći trokraki mešni ventil.



1. druga promaja
2. komora sa klapnom
3. treća promaja
4. izlaz dimnog gasa

Slika preuzeta sa website entropie.eu.

Temperatura pregrejane pare do 300°C.

Regulacioni sistem omogućava održavanje konstantne temperature pregrejane pare u opsegu kapaciteta od 50 do 100%.

Postoje i verzije sa orebrenim cevima pregrejača pare. Ova verzija omogućava postizanje vrhunske efikasnosti pregrevanja sa minimalnim potrebnim smeštajnim prostorom za pregrejač pare. /DB/



## PRETVARANJE ENERGIJE VETRA U ELEKTRIČNU ENERGIJU

Energija vetra je jedan od najznačajnijih obnovljivih izvora energije. Koristi se tako što se, prvo, kinetička energija vetra pretvara u mehaničku. To se vrši pomoću vetroturbine, koju čine rotaciona glava i kraci, na koje deluje kinetička energija vetra. Kraci su najčešće napravljeni od staklenih vlakana. Velike vetroturbine se pomoću elektromotora usmeravaju da budu u smeru duvanja vetra, a kod manjih se to radi pomoću ugrađenih stabilizatora.

Obrtanje turbine dovodi do obrtanja rotora električnog generatora, u kojem se mehanička energija pretvara u električnu. Postoje generatori čiji je rotor direktno povezan sa rotorom turbine, dok je kod drugih ta veza ostvarena pomoću transmisije.

Turbina i generator se postavljaju na tornjeve, pošto je snaga vetra na većim visinama znatno veća nego na površini. Kada su u pitanju male turbine (do 1 kW), visina tornja je 10 do 20 m. Za snage od 1 do 30 kW, tornjevi su od 20 do 40 m, a za veće snage, visina je i preko 50 m.

U praksi se najčešće koriste turbine srednjih snaga, od 300 do 500 kW. Raspon njihovih krakova iznosi do 60 m. Danas se rade i turbine čija snaga iznosi 10 MW. Kraci ovih rotora imaju raspon do 100 m.



Problem sa proizvodnjom električne energije iz energije vetra je što nema kontinuiteta u proizvodnji, s obzirom da vetrovi ne duvaju konstantno i istom brzinom. Električna energija dobijena na ovaj način je ekološki čista, mada je i ovde potrebno, pri izgradnji vetroparkova, voditi računa o njihovom uticaju na životnu sredinu.

### Kako rade vetroturbine

Vetar je oblik sunčeve energije izazvan kombinacijom tri istovremena događaja:

- neravnomernim zagrevanjem atmosfere od strane sunca
- nepravilnošću zemljine površine
- rotacijom zemlje

Izrazi „energija vetra“ i „snaga vetra“ opisuju proces kojim se vetar koristi za generisanje mehaničke ili električne energije. Ova mehanička snaga se može koristiti za specifične zadatke (rad mlinova ili pumpi za vodu), ili generator može pretvoriti ovu mehaničku snagu u električnu.

Vetroturbina pretvara energiju vetra u električnu energiju koristeći aerodinamičku silu iz lopatica rotora, koje rade kao krilo aviona. Kada vetar struji preko lopatice, pritisak vazduha na jednoj strani lopatice se smanjuje. Razlika u vazдушnom pritisku na obe strane sečiva stvara i uzgon i otpor. Sila uzgona je jača od otpora i to uzrokuje okretanje rotora. Rotor se povezuje sa generatorom, bilo direktno (ako je turbina sa direktnim pogonom) ili preko osovine i niza zupčanika (menjač), koji ubrzavaju rotaciju, što omogućava da generator bude fizički manji. Ovaj prevod aerodinamičke sile u rotaciju generatora stvara električnu energiju.

Vetroturbine će raditi kada je brzina vetra između 11 km/h i 90 km/h. Efikasnost je obično najveća pri brzini od oko 43 km/h.

## Glavne komponente koje se koriste u turbini na vetar

### *Lopatice*

U turbinama na vetar, lopatice apsorbiraju energiju vetra. Najčešće se izrađuju od ojačanih vlakana kompozitnih materijala. Za vreme strujanja vazduha, na lopatici se stvara uzgonska sila koja nastaje zbog razlike pritiska, koja nastaje delovanjem vetra na gornju i donju površinu lopatice. Zbog ove sile, dolazi do okretanja rotora, čime se energija vetra pretvara u električnu energiju.

Cena proizvodnje lopatica vetroturbina je otprilike 15% do 20% ukupne cene turbine. Zbog teških ambijentalnih uslovima u kojima lopatice rade (velike nadmorske visine; atmosferska zračenja; pesak i prašina; munje; pljusak; ledena kiša ili led i sneg; slana atmosfera; tajfuni) može doći do oštećenja i kvara istih. Zbog toga je, da bi se to predupredilo, neophodno da se uspostave sistemi ranog upozorenja i redovno prati njihovo stanje.

### *Sistem nagiba*

Sistem nagiba je centralna komponenta upravljanja svakog velikog sistema vetroturbina. Pomoću njega se postiže, da se, podešavanjem ugla lopatica, na vetroturbinu dovede maksimalna količina energije vetra. U velikoj meri pouzdanost rada vetroturbina zavisi od sistema za promenu ugla lopatica.

### *Menjač*

Menjač se sastoji od zupčanika, ležajeva, vratila i drugih delova. Kvalitet i dizajn zupčanika direktno utiču na pouzdanost, radni vek i efikasnost rada menjača.

Menjač za vetroturbine je obično napravljen od nisko legiranih čelika visoke čvrstoće, kod kojih se, dodatnom termičkom obradom i površinskim ojačanjem zupčanika, poboljšava njihova sposobnost na povećano opterećenje i otpornost na habanje. Menjači vetroturbina su projektovani za radni vek od oko 20 godina, a od njih se zahtevaju nizak nivo buke, niske vibracije i pouzdan rad.

### *Sistem za skretanje*

Sistem za skretanje se koristi za usmeravanje vetroturbine u pravcu vetra kako bi se obezbedilo da vetroturbina uvek bude u najboljem položaju. Sistem za skretanje se sastoji od senzora vetra, upravljačkog sistema i aktuatora. Senzor vetra odgovoran je za otkrivanje pravca vetra. Kontrolni sistem upoređuje signal pravca sa zadatom vrednošću i podešava orijentacioni ugao vetroturbine



pomoću akuatora, tako da se uvek održava određeni ugao pravca vetra, pri kome imamo maksimalno moguću energiju vetra.

## Vrste vetrogeneratora

### *Horizontalne turbine*

Vetroturbine sa horizontalnom osom imaju tri lopatice i rade „uz vetar“, pri čemu se turbina okreće na vrhu tornja tako da su lopatice okrenute ka vetru.



### *Vetroturbine sa vertikalnom osovinom*

Postoji nekoliko varijanti, između ostalih je poznat i Darrieus model, koji liči na „mutilicu“ koja se u domaćinstvu koristi za mućenja jaja. Ove turbine su višesmerne, što znači da ne moraju da se podešavaju na smer vetra, da bi radile.



## Podela vetroturbina

Moderne turbine na vetar mogu se kategorisati prema tome gde su instalirane i kako su povezane sa mrežom

### *Kopnene vetroturbine*

Kopnene vetroturbine su veličine od 100 kilovata do čak nekoliko megavata.

Veće turbine na vetar su isplativije i grupisane su u vetroelektrane (vetroparkove), koje obezbeđuju veliku snagu električnoj mreži.



### *Vetroturbine na vodenim površinama*

Grade se na velikim vodenim površinama, kao što su mora, okeani i jezera.

Prednost im je što se velike komponente mogu transportovati brodovima. Ove turbine su u stanju da uhvate moćne okeanske i morske vetrove i generišu velike količine električne energije.





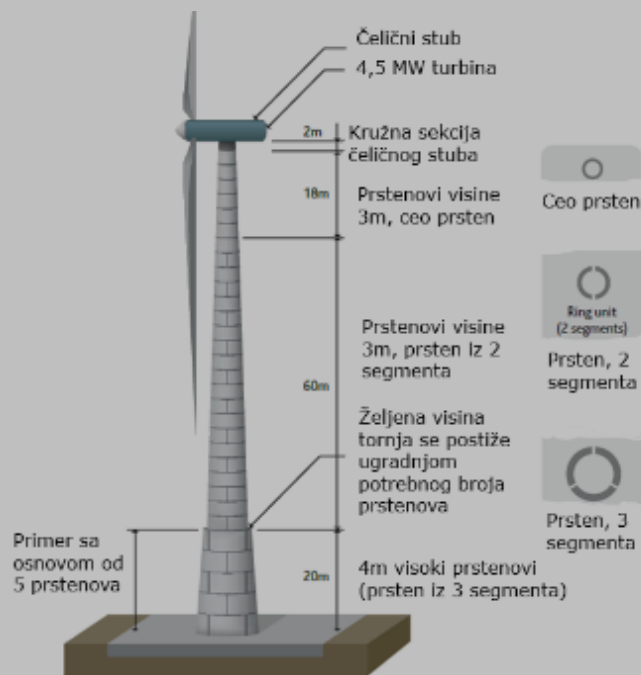
## Distribuisani vetar (distributed wind)

Radi se o malim vetroturbinama (ispod 100kW), koje se koriste za potrebe pojedinačnih stambenih zgrada, manjih poljoprivrednih i industrijskih objekata.



## Tornjevi za vetroturbine

Najčešće se izrađuju kao čelični konusni ili, ređe, kao čelični rešetkasti. Međutim takođe se rade i od prenapregnutog betona, u vidu prefabrikovanih elemenata određene dužine. Ovi elementi mogu biti sastavljeni iz 2 ili 3 segmenta, ili mogu biti izrađeni kao celina u obliku prstena. /BM/



Tipična konfiguracija od prefabrikovanog betona



## MERENJE PRITISKA U TERMOENERGETSKIM POSTROJENJIMA

### Opšte o pritisku

Pritisak je po definiciji količnik sile i površine na koju ta sila deluje. Jedinica za merenje sile je njutn (N), pri čemu je  $1 \text{ N} = 1 \text{ kgm/s}^2$ . Jedinica za površinu je  $\text{m}^2$ . Jedinica za pritisak u međunarodnom sistemu mernih jedinica (SI) je paskal (Pa), pri čemu je  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ . Merna jedinica van međunarodnog sistema mernih jedinica (SI) koja može da se upotrebljava za merenje pritiska je bar (bar). Odnos bara i paskala je:

$$1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa}.$$

#### Atmosferski pritisak

Zemljina kugla obavijena je vazдушnim omotačem koji svojom težinom stvara početni nivo pritiska, reda veličine 105 Pa (1 bar). Ova veličina nije konstantna, nego se menja tokom vremena obično do 5%, a kod promene nadmorske visine za svakih 10 m atmosferski pritisak se promeni za približno 120 Pa. Povećanjem nadmorske visine atmosferski pritisak opada.

#### Apsolutni pritisak

To je pritisak koji se meri od totalnog vakuuma, odnosno, od apsolutne nule. Jednak je zbiru atmosferskog pritiska i natpritiska, odnosno, razlici atmosferskog pritiska i potpritiska.

#### Natpritisak

To je pritisak koji se meri od atmosferskog pritiska naviše.

#### Potpritisak

To je pritisak koji se meri od atmosferskog pritiska naniže, tj. prema totalnom vakuumu. Naziva se još i vakuum.

#### Diferencijalni pritisak

To je razlika pritiska koja se pojavljuje pri istovremenom merenju pritiska u dvema različitim tačkama nekog sistema:

$$\Delta P = P_1 - P_2.$$

### Instrumenti za merenje pritiska

Instrumenti za merenje pritiska nazivaju se manometri. Postoje različite konstrukcije i izvedbe manometara. Prema principu rada manometri se mogu podeliti na tri osnovne grupe:

- mehanički (sa burdonovom cevi, sa elastičnom membranom),
- hidrostatički (U-cev, obrnuta U-cev, prstenasta vaga),
- elektronski (koriste se za daljinska merenja pritiska).

U okviru ovog teksta, posebno ćemo obraditi elektronske manometre, za daljinsko merenje pritiska.

### Senzori pritiska

U termoenergetskim postrojenjima, merni signali iz merila pritiska direktno se koriste za kontrolu procesa i računarsku obradu. Za tu svrhu postoje različiti senzori pritiska koji vrednost pritiska ili razlike pritiska pretvaraju u električne signale.

Prema principu rada najčešće se koriste kapacitivni i piezoelektrični senzori pritiska.

U elektronskom delu koji je sastavni deo svakog senzora pritiska, vrši se obrada mernog signala, tako da se na izlazu senzora dobija signal pritiska (obično strujni signal opsega 4-20 mA) pogodan za prikaz na pokaznom instrumentu i računarsku obradu. Elektronski senzori pritiska su naročito pogodni za merenje brzih promena - oscilacija pritiska.

Tačnost merenja je u granicama od  $\pm 1\%$  do  $\pm 2\%$  od punog opsega merenja.

### Kapacitivni senzori pritiska

Jedan od najčešće korišćenih električnih senzora pritiska radi na principu merenja razlike kapaciteta. Kod ove vrste senzora, osnovni deo je komplementarni par kondenzatora, sačinjen od jedne zategnute metalne membrane (središnja membrana) smeštene na jednakoj udaljenosti između dve nepokretne metalne površine (razdelne membrane).

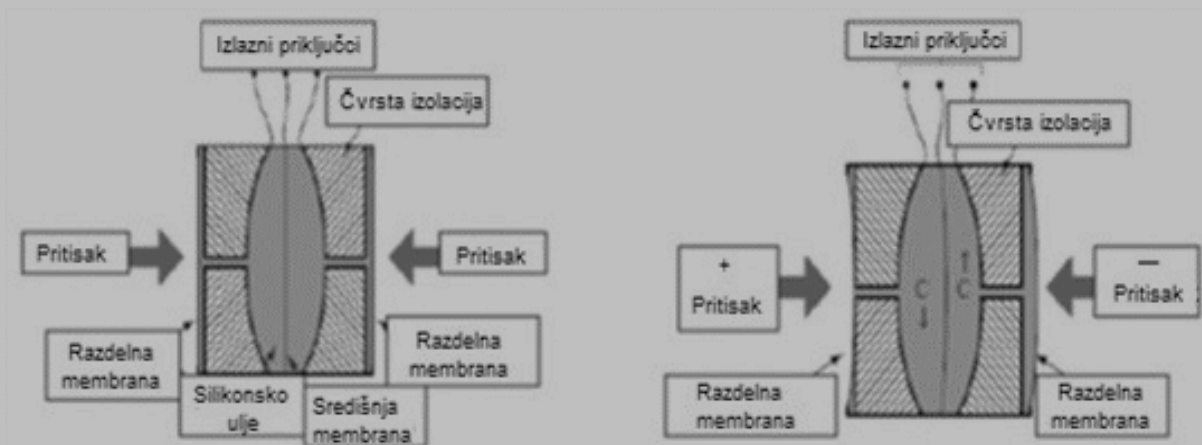
Tečnost za punjenje (obično se koristi tečno silikonsko ulje) koja služi i kao električna izolacija, prenosi pritisak sa razdelnih membrana na osetljivu središnju membranu. Ova tečnost je istovremeno i efikasan dielektrik za dva kondenzatora (Slika 1 i Slika 2).

Viši pritisak fluida (+P) prenosi se preko razdelne membrane i silikonskog ulja na središnju membranu. Na isti način prenosi se i niži pritisak (-P) na drugu stranu središnje membrane.

Svaka razlika pritiska priključenih na senzorsku ćeliju prouzrokuje savijanje središnje membrane u smeru delovanja većeg pritiska. Pomeranje središnje membrane zavisi od primenjene sile. U ovom slučaju imamo dve sile uzrokovane od strane dva pritiska fluida, koje su suprotstavljene, tako da rezultujuća sila koja deluje na središnju membranu zavisi od diferencijalnog pritiska ( $P_1 - P_2$ ) i površine membrane  $S$ :

$$F = (P_1 - P_2) \times S$$

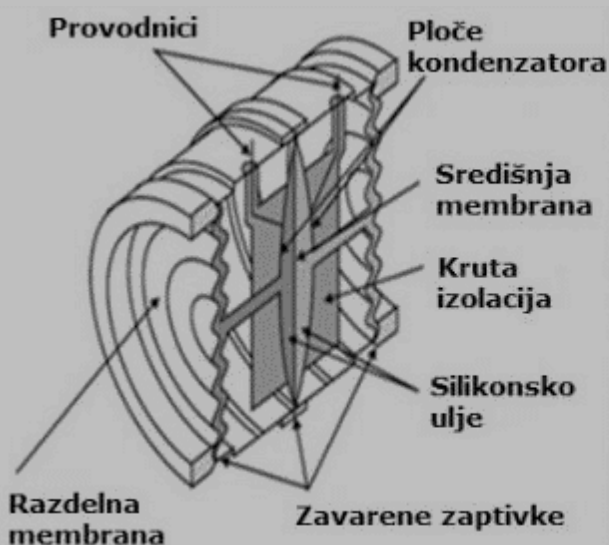
Pošto je površina membrane konstantna, a njeno pomeranje direktno zavisi od rezultujuće sile, sve što nam je potrebno da bismo dobili veličinu diferencijalnog pritiska je da tačno izmerimo pomeranje membrane.



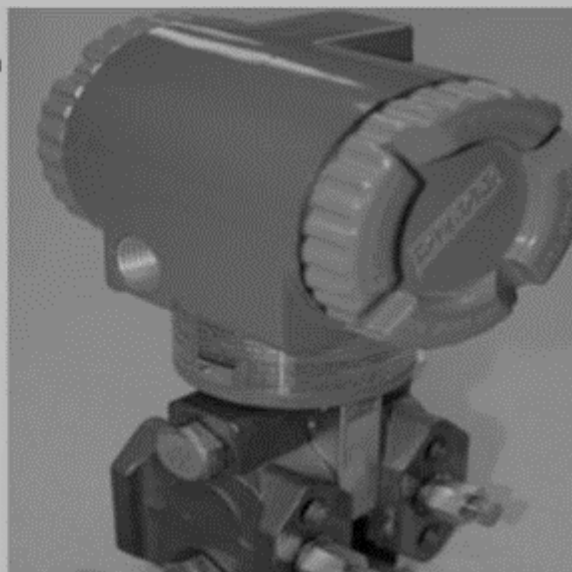
**Slika 1 - Kapacitivni senzor za merenje pritiska**

Na strani visokog pritiska, zbog uvijanja središnje membrane, povećava se razmak između ploča kondenzatora, a na strani niskog pritiska razmak se smanjuje. Pošto je kapacitet između ploča ova dva kondenzatora obrnuto proporcionalan udaljenosti između njih, kapacitet na strani niskog pritiska će se povećati, dok će se kapacitet na strani visokog pritiska smanjiti.

Elektronsko kolo za merenje kapaciteta, povezano na ovu senzorsku ćeliju, meri razliku ova dva kapaciteta, i na izlazu daje signal koji je mera pomeranja središnje membrane, odnosno razlike pritiska koji je doveo do njenog pomeranja. Ako je minus strana otvorena tj. priključena na atmosferski pritisak, onda ovaj pretvarač meri natpritisak.



**Slika 2 - Kapacitivni senzor za merenje pritiska**



**Slika 3 - Izgled kompletnog pretvarača pritiska**

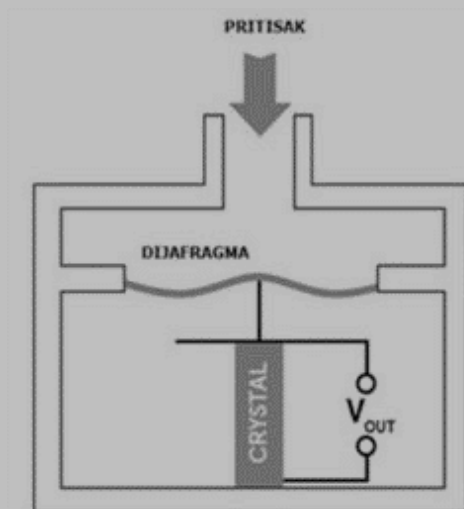
Ovi senzori pritiska su izuzetno precizni, stabilni i robusni. Najveće uvijanje središnje membrane iznosi samo 0,1 mm. Senzor je malih dimenzija, promera koji iznosi samo 30 mm i zahvaljujući tome, moguće ga je zaštititi robusnim kućištem. Raspon merenih pritiska se kreće od 1,2 mbar do 420 bar, što se postiže isključivo promenama debljine središnje membrane, bez promene spoljnih dimenzija i oblika.

Na Slici 3 prikazana je fotografija pretvarača pritiska industrijske izvedbe, kakvi se ugrađuju u termoenergetskim postrojenjima.

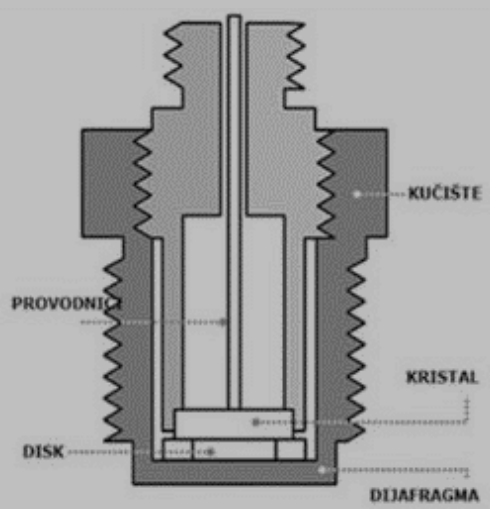
Kada se silom deluje na određenu vrstu materijala, na njegovim krajevima se generiše električni napon. Ovaj materijal se zove piezoelektrični materijal. Primenjena statička sila dovodi do odgovarajućeg naelektrisanja na senzoru sačinjenom od piezoelektričnog materijala. Ovaj napon je proporcionalan veličini pritiska (Slika 4).

### Piezoelektrični senzori pritiska

Kada se silom deluje na određenu vrstu materijala, na njegovim krajevima se generiše električni napon. Ovaj materijal se zove piezoelektrični materijal. Primenjena statička sila dovodi do odgovarajućeg naelektrisanja na senzoru sačinjenom od piezoelektričnog materijala. Ovaj napon je proporcionalan veličini pritiska (Slika 4).



**Slika 4 - Princip rada piezoelektričnog senzora pritiska**



**Slika 5 - Poprečni presek konstrukcije piezoelektričnog senzora pritiska**

Za razliku od kapacitivnih senzora pritiska, piezoelektrični senzori ne zahtevaju spoljni izvor električnog napajanja. Oni generišu izlazni signal direktno iz primenjenog pritiska. Izlaz iz piezoelektričnog senzora je naelektrisanje proporcionalno pritisku. Da bi se ovo iskoristilo, potrebna je dodatna elektronika za pretvaranje signala u napon.

Da bi se postigao piezoelektrični efekat koriste se materijali sa specifičnom kristalnom strukturom. To su prirodni kristali, kao što su kvarc ili turmalin. Pošto su piezoelektrični materijali kruti, potrebna je veoma mala deformacija materijala da bi se dobio upotrebljiv izlazni signal.

Piezoelektrični senzori pritiska se obično smeštaju u cevi sa navojem (Slika 5), da bi se olakšalo njihovo postavljanje na mesta gde treba da se meri pritisak.

U nekim slučajevima, senzori mogu biti izloženi toplotnom šoku zbog iznenadne promene temperature. Ovo dovodi do promene izlaznog signala usled zagrevanja kristala, dijafragme ili kućišta senzora. Efekti toplotnog udara mogu se umanjiti odgovarajućim dizajnom kućišta i načinom montaže senzora.

Izlaz iz senzora je linearan u širokom opsegu, od 0,7 KPa do 70 MPa sa tačnošću od oko 1%. Može doći do malog smanjenja osetljivosti senzora kada se prvi put izloži visokom pritisku i temperaturi. Ovo se može izbeći ako se senzor izloži maksimalno očekivanom pritisku i temperaturi pre normalne upotrebe.

Piezoelektrični senzori pritiska su robusni, imaju brzo vreme odziva i neosetljivi su na elektromagnetne smetnje i zračenje. /SM/



## RAZVOJ TEHNIKE HLAĐENJA

Prvu rashladnu mašinu napravili su u XVII veku engleski hemičar Bojl i nemački fizičar Erik. Zaključeno je da u vakuumu voda isparava na niskim temperaturama, na osnovu čega je Kulen 1755. god. konstruisao uređaj za hlađenje sa vakuum mašinom. Na osnovu ovoga je Lesli 1890. god. konstruisao prvi uređaj za proizvodnju leda.

Praktičnu primenu uređaji za hlađenje su stekli kada su, osim vode, pronađeni i drugi rashladni fluidi. Prvi takav uređaj za hlađenje konstruisao je engleski naučnik Perkins 1834. god. Uređaj se sastojao iz kompresora, kondenzatora, prigušnog ventila i isparivača, odnosno, iz elemenata koje i danas sadrže kompresorska postrojenja za hlađenje – najraširenija rashladna postrojenja u industrijskim primenama. U početku su se uglavnom koristili klipni kompresori dok nisu u američkoj firmi *Kerier* 1922. god. konstruisani turbokompresori.

Edmind Karen je 1950. god. uveo prvu apsorpcionu mašinu za hlađenje a njeno dalje usavršavanje su ostvarili Gepert 1899. god. i Šveđani Munters i Platen 1925. god.

Parsons i Leblanc uveli su 1910. god. u primenu ejektorske rashladne mašine, sa vodom kao rashladnim fluidom.

Može se zaključiti da od 1900. god. rashladna tehnika doživljava puni zamah razvoja i stiče sve širu primenu u industriji.

### Uvod u tehniku hlađenja

Zadatak postrojenja za hlađenje je da ohladi određena tela ili predmete ispod temperature okoline i da ih na toj temperaturi održava. Pod hlađenjem nekog tela podrazumevamo oduzimanje toplote tom telu. Oduzetu toplotu zovemo toplotom hlađenja i merimo je jedinicama za merenje energije (J, kJ, MJ itd.). Hlađenje može biti prirodno, pri čemu hlađeno telo odaje toplotu nekom telu na nižoj temperaturi, npr. prirodnom ledu koji je nastao usled temperaturskih promena u prirodi, ili veštačko, pri čemu se hlađenom telu oduzima toplota i predaje nekom toplijem telu, za šta se neizbežno mora upotrebiti izvestan rad za pogon rashladnog postrojenja.

Količina toplote, koja je oduzeta hlađenom telu, u jedinici vremena, od strane tela koje ga hladi naziva se rashladni kapacitet ili kapacitet hlađenja. Rashladni kapacitet merimo jedinicama za merenje snage (W, kW, MW itd.).

### Termodinamičke osnove tehnike hlađenja

Iz svakodnevnog života znamo da će se neko telo sa višom temperaturom hladiti ako se postavi u sredinu sa nižom temperaturom. Sa gledišta termodinamike, ako se dva tela različitih unutrašnjih toplotnih energija dovedu u dodir, doći će do razmene toplotne energije između ta dva tela, odnosno, toplotna energija će sa tela više toplotne energije (toplije telo), preći na telo niže toplotne energije (hladnije telo). Ova razmena će se vršiti sve dok se toplotne energije ne izjednače, i tada će oba tela imati istu temperaturu. To se može utvrditi pomoću termometra.

Sa gledišta rashladne tehnike, hlađenje određenih materija moguće je, u prirodi, samo do temperature okoline. Međutim, u rashladnoj tehnici potrebno je ohladiti razna tela na temperaturu nižu od temperature okoline, i pri tom održavati tu nisku temperaturu duži vremenski period.

Kako se taj zadatak može izvršiti? Na ovo pitanje odgovor daje II zakon termodinamike, na osnovu koga je moguće hlađenje tela ispod temperature okoline, odnosno, da bi se toplota, koju treba odvesti od tela niže temperature predala telu više temperature, potrebno je utrošiti određenu količinu energije. Ova energija može biti u vidu mehaničkog rada, toplotne energije, električne energije i sl. Prema tome, moguće je hlađenje tela do željenih temperatura, ukoliko se utroši odgovarajuća količina energije.



## Prirodno i veštačko hlađenje

Prirodno hlađenje je moguće ukoliko se poseduju izvori hlađenja sa nižom temperaturom od temperature tela ili okoline koju želimo da ohladimo. Tada imamo prirodnu razmenu toplote, tj. prelaz toplote sa tela više temperature na telo sa nižom temperaturom, sve do trenutka dok se temperature oba tela ne izjednače. Ovakvo hlađenje se može postići pomoću prirodnog leda.

Led se danas dosta primenjuje u transportu. Led se pravi od vode i koristi se za održavanje temperature iznad nule. Mešavine leda i soli se takođe koriste u transportu, i predstavljaju tzv. „akumulator toplote hladnoće“. Kod ove mešavine dolazi do intenzivnog topljenje leda i rastvaranja soli tako da se mešavina rashladi do temperature ispod nule.

Suvi led (ugljiendioksid – CO<sub>2</sub>), u čvrstom je stanju na temperaturi od oko -80°C i koristi se najviše u transportu za smrzavanje namirnica.

Veštačko hlađenje – u zavisnosti od vrste utrošene energije imamo sledeće vrste procesa hlađenja: procese sa utroškom mehaničkog rada (kompresorko hlađenje), sa utroškom toplote (apsorpciono hlađenje) ili otvorene procese trajnom promenom fizičkog ili hemijskog stanja neke materije.

Kod termoelektričnog hlađenja primenjuje se spoj koji se sastoji iz dva raznorodna provodnika. Pri proticanju struje kroz ove provodnike, na mestima spojeva, javljaju se različite temperature i nastaje prenošenje toplotne energije od toplijeg prema hladnijem provodniku. Količina predate toplotne energije zavisi od jačine struje koja prolazi kroz provodnike.

O apsorpcionom i kompresorskom hlađenju će biti više reči u nastavku ovog priručnika.

## Sistemi hlađenja

Za postizanje niskih temperatura primenjuju se dva sistema hlađenja:

- Neposredno hlađenje - hlađenje primarnim rashladnim fluidom, koje se često naziva i sistem sa neposrednim isparavanjem,
- Posredno hlađenje, odnosno, hlađenje sa sekundarnim rashladnim fluidom.

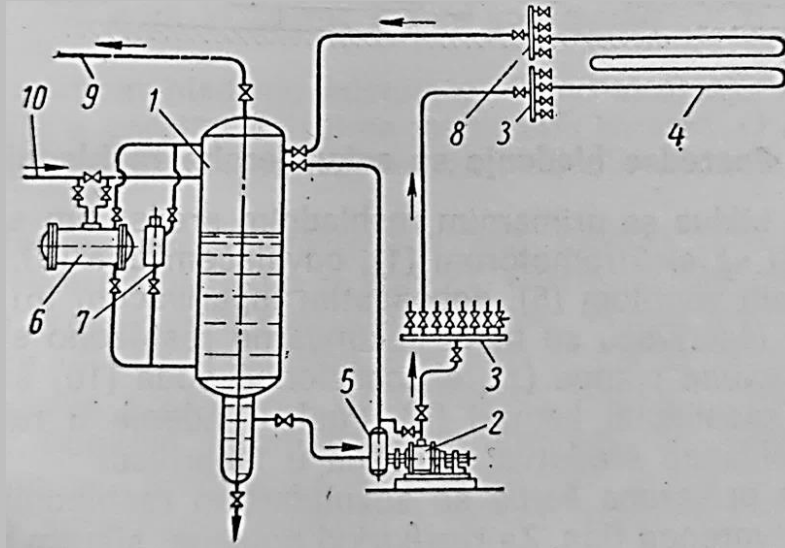
### Neposredno hlađenje

U sistemu neposrednog hlađenja, rashladni fluid isparava u isparivaču koji se postavlja u objektu koji se hladi, bilo da se predaja toplotu obavlja preko isparivača direktno ili strujanjem vazduha preko isparivača. U zavisnosti od vrste primenjenog rashladnog fluida, načina dovodenja rashladnog fluida do isparivača, konstrukcije opreme i sl., postoji više različitih načina hlađenja, koja se u osnovi mogu podeliti u dve grupe: hlađenje bez cirkulacione pumpe i hlađenje sa cirkulacionom pumpom.

Neposredno hlađenje bez cirkulacione pumpe je omogućeno tako što se cirkulacija rashladnog fluida ostvaruje na osnovu razlike između pritiska kondenzacije i pritiska isparavanja. Pri ovom načinu hlađenja znatno je smanjena brzina cirkulacije rashladnog fluida, što otežava primenu kod postrojenja sa većim brojem isparivača. Ovaj način hlađenja koristi se kod hladnjača manjeg kapaciteta.

Neposredno hlađenje sa cirkulacionom pumpom danas se veoma često primenjuje u hladnjačama srednjeg i velikog kapaciteta. Na slici 2 prikazana je šema hlađenja sa cirkulacionom pumpom, koja omogućuje cirkulaciju rashladnog fluida do isparivača (4). Pumpa se napaja iz sakupljača tečnog rashladnog fluida (resivera). Ispred pumpe je postavljen odvajač pare rashladnog fluida (5). Nivo u sakupljaču rashladnog fluida se reguliše pomoću termoekspanzionog ventila sa plovkom (6), a nivo se očitava na nivokaznom staklu (7). Snabdevanje isparivača se odvija preko razvodnog kolektora (3).

Cirkulacija rashladnog fluida u ovom sistemu je intenzivnija u odnosu na sistem hlađenja bez cirkulacione pumpe. Intenzivna cirkulacija rashladnog fluida poboljšava uslove razmene toplote u isparivačima..

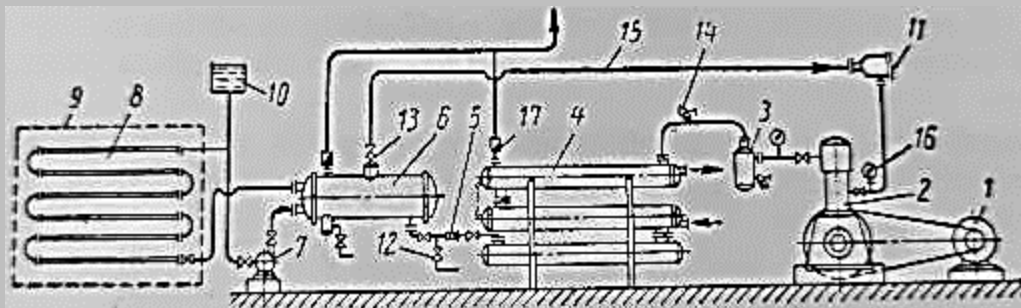


Slika 2 Neposredno hlađenje sa cirkulacionom pumpom

### Posredno hlađenje

Sistem sa posrednim hlađenjem je „podeljen“ na dva dela, na primarni i sekundarni deo instalacije, sa primarnim rashladnim fluidom i sekundarnim rashladnim fluidom. Primarni deo instalacije se sastoji od elektromotora (1), kompresora (2), odvajača ulja (3), kondenzatora (4), prigušnog ventila (5), dobošastog isparivača (6) i filtera (11). Sekundarni deo instalacije se sastoji od cirkulacione pumpe (7), rashladne baterije (8), rashladne komore (9) i ekspanzionog suda (10).

U dobošastom isparivaču (6) dolazi do hlađenja sekundarnog rashladnog fluida, koji se pomoću cirkulacione pumpe (7) šalje u rashladnu bateriju (8), koja se nalazi u rashladnoj komori (9). Posle hlađenja u rashladnoj komori, sekundarni rashladni fluid se vraća u isparivač. Na slici 3 prikazana je šema posrednog hlađenja.



Slika 3 Posredno hlađenje sa sekundarnim rashladnim fluidom

Posredno hlađenje se primenjuje kod hladnjača manjeg kapaciteta, do 700 tona, prvenstveno sa freonskim rashladnim fluidom.

## Primena rashladnih postrojenja

Da bi se sveobuhvatno i objektivno ocenio značaj tehnike hlađenja neophodno je sagledati moguća područja njene postojeće i očekivane buduće primene. U nekim oblastima, primena tehnike hlađenja je teško uočljiva na prvi pogled, npr. često se ne zna da je u mnogim proizvodnim procesima veštačko hlađenje neophodno ili presudno za zahtevani kvalitet proizvoda, a da su često alternativne mogućnosti nedovoljno istražene.

Neka, od mnogobrojnih pogona sa primenom rashladnih postrojenja:

- Proizvodnja sladoleda,
- Mlekare,
- Pivare,
- Sladare,
- Proizvodnja leda,
- Veštačka klizališta,
- Klimatizacija,
- Toplotne pumpe,
- Konzerviranje namirnica hlađenjem,
- Smrzavanje namirnica.

Proizvodnja leda – jedna je od najstarijih primena postrojenja za hlađenje. Veštački led se proizvodi zamrzavanjem vode u specijalnim izmenjivačima toplote. Hlađenje vode se može vršiti preko sekundarnog rashladnog fluida, najčešće sonih rastvora ili direktno u isparivačima specijalne konstrukcije. Led se uglavnom upotrebljava za pakovanje namirnica za transport.

Veštačka klizališta – stvaraju se tako što se zamrzne jedan tanji sloj leda velike površine pomoću cevi položenih u pesak ili u beton. U cevima cirkuliše rashlađeni soni rastvor ili u njima direktno isparava rashladni fluid. Ispod cevi se, kod veštačkih klizališta, postavlja sloj izolacije, da bi se led mogao brzo formirati. Najbolji led za klizanje je led, čija je temperatura izabrana prema sportu, za koji će se koristiti – za rekreativno, umetničko ili sportsko klizanje, za karling ili hokej. Potreban kapacitet hlađenja je od 0.12 do 0.40 kW/m<sup>2</sup> u zavisnosti od tipa klizališta (otvoreno ili zatvoreno).

Suvi led – je, u stvari, ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>) u čvrstom stanju. Naziv „suvi“ potiče od toga što CO<sub>2</sub> ima osobinu da na atmosferskom pritisku pri -78.9°C direktno prelazi iz čvrstog u gasovito stanje. Suvi led se koristi za hlađenje vrednijih proizvoda u transportu i u prodaji, laboratorijama, za ostvarivanje čvrstih sklopova metalnih delova i uopšte tamo gde je potrebna mala toplota hlađenja pri niskoj temperaturi. Suvi led se pravi tako što se gasovita faza CO<sub>2</sub> sabije na visoki pritisak na kome se kondenzuje hlađenjem vodom. Tečna faza CO<sub>2</sub> se prigušuje i ispušta u jednu posudu pri čemu se obrazuju sneg i para. Sneg se sabija u pogodne blokove i skladišti u dobro izolovana skladišta.

Klimatizacija – jedna je od značajnijih oblasti primene tehnike hlađenja, gde se vazduh hladi i suši pomoću rashladnog postrojenja, ili pak greje pomoću toplotnih pumpi. Održavanje zadatih vrednosti temperature i vlažnosti vazduha u klimatizovanom prostoru omogućava optimalno vođenje raznih proizvodnih procesa, čemu služi industrijska klimatizacija, zatim u proizvodnji lekova itd. Hlađenje i sušenje vazduha, koji se uvodi u klimatizovanu prostoriju, izvodi se na jedan od sledećih načina:

- Vazduh prelazi direktno preko isparivača (neposredno hlađenje),
- Isparivač hladi vodu ili neku tečnost sa sniženom tačkom smrzavanja koja potom hladi vazduh (indirektno - posredno hlađenje),
- Vazduh struji preko velike, vodom okvašene površine (evaporativno hlađenje vazduha), pa se hladi na račun toplote isparavanja jednog dela vode; primenjuje se uglavnom tamo

gde je dozvoljena ili potrebna velika relativna vlažnost klimatizovanog vazduha, npr. u tekstilnoj industriji.

Toplotne pumpe su, ustvari, rashladni sistemi kod kojih je od primarne važnosti toplota dobijena u kondenzatoru. Ova toplota se koristi za grejanje prostorija, neke materije u industrijskom procesu i sl. Hlađeno telo, koje je izvor toplote, može da bude vazduh, voda ili zemlja. U industriji je moguće koristiti istovremeno i efekat hlađenja i efekat grejanja. Najširu primenu su našle za grejanje stanova.

Konzerviranje namirnica hlađenjem – proističe iz činjenice da se svi fizički, hemijski i biohemijski procesi usporavaju sa sniženjem temperature. Namirnice se prvo hlade u sabirnim centrima ili u proizvodnim hladnjačama, a zatim se skladište u ohlađenom ili smrznutom stanju. Između pojedinih faza skladištenja ohlađene, odnosno, smrznute namirnice se transportuju hlađenim transportnim sredstvima. Skup svih navedenih faza hlađenja čini tzv. „rashladni lanac“. Ako namirnice izložimo, u nekoj prostoriji, umereno niskoj temperaturi ispod 0°C, proces smrzavanja će trajati duže, obično nekoliko dana. Ali, ako je temperatura mnogo niža, na pr. -40°C, a kretanje vazduha intenzivno, smrzavanje će trajati nekoliko sati u zavisnosti od vrste, oblika i količine namirnica. /LM-SR/



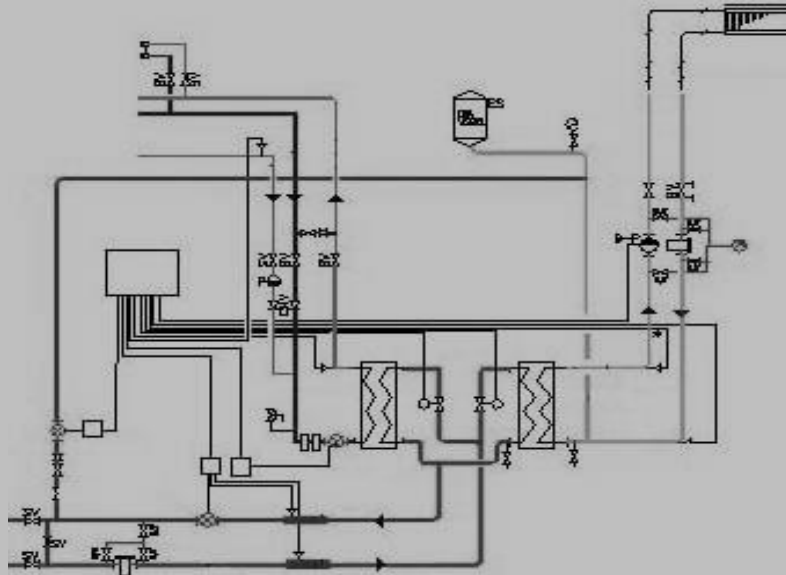
## PROGRAM REHABILITACIJE DALJINSKOG GREJANJA U BEOGRADU

Iskustva stečena tokom vođenja demonstracionih projekata

*Nastavak II iz izdanja Februar 2024*

### 3. Savremena tehnička rešenja primenjena u demonstracionim projektima

#### Toplotne podstanice



19

#### Tehnološka šema

##### 3.1.1 Kvalitativno- kvantitativna regulacija

U ovom projektu je primenjen savremeni koncept toplotne podstanice sa kvalitativno- kvantitativnom regulacijom isporuke toplotne energije za grejanje i pripremu potrošne tople vode (PTV). To znači da se regulacija temperature razvodne vode radijatorskog sistema i PTV-a ostvaruje smanjenjem ili povećanjem protoka kroz razmenjivače toplote na primarnoj strani, na taj način snižavajući ili povećavajući temperaturu na sekundarnoj strani.

Kao izvršni organi za ostvarivanje kvalitativno- kvantitativne regulacije koriste se ventili sa elektromotornim pogonom, što je rešenje koje je opšte prihvaćeno u Švedskoj. Stari princip je radio sa konstantnim protokom na primarnoj strani i regulisao temperaturu na sekundarnoj strani mešanjem sa vodom iz povratne grane, time ostvarujući željenu temperaturu.

##### 3.1.2 Sistem za PTV

Novi koncept sistema za PTV radi sa jednostepenim razmenjivačem toplote (bez predgrejača i dogrejača), bez akumulatora za PTV (što smanjuje rizik od razvitka bakterija), kao i bez trokrakog regulacionog ventila radi mešanja pregrejane vode i svođenja na željenu temperaturu.

Ovo je znatno jednostavniji i efikasniji koncept koji omogućava da se ostvare temperature PTV između 50 i 55 °C, s obzirom da je poznato da se pri temperaturama PTV nižim od 40°C javlja bakterija legionela, tj. da pri temperaturama PTV višim od 60°C dolazi do pojačanog izdvajanja kamenca na razmenjivaču toplote.

Primenjen je magnetni tretman PTV umesto do sada korišćenog sistema sa hemijskom pripremom PTV. Novi princip je u prednosti nad starim zbog:

- jednostavnijeg rukovanja i održavanja (potrebno je povremeno skinuti hvatač nečistoća i očistiti ga)
- velike prednosti sa aspekta ekologije (nema potrošnje hemikalija za tretman PTV)
- znatno jeftinijeg rešenja.

U martu 2007. godine, izvršena je demontaža i sečenje lemljenog razmenjivača toplote za PTV kapaciteta 250 kW iz podstanice Bačka br. 9 sa ciljem da se provere efekti magnetnog tretmana PTV. Razmenjivač je demontiran nakon više od 2 godine rada i uočeno je da je potpuno čist (bez kamenca ili bilo kog drugog depozita). Vizuelnom kontrolom konstatovano je da nije bilo nikakvih naslaga na pločama ni sa primarne ni sa sekundarne strane. Kamenac na pločama na sekundarnoj strani nije indetifikovan, niti je bilo moguće uzeti uzorak naslaga za hemijsku analizu.

Ovo pokazuje da je primena lemljenih razmenjivača potpuno opravdana, kao i da je magnetni tretman vode veoma efikasan i u našim uslovima.

### 3.1.3 Sistem za održavanje pritiska

Za nove podstanice kapaciteta preko 350 kW (u skladu sa standardom JUS M.E6.202), je primenjen "diktir" sistem sa pumpom za održavanje pritiska koji se ugrađuje u samoj podstanici. Sistem se sastoji od pumpe za održavanje pritiska, otvorene ekspanzione posude, obilaznog voda sa elektromagnetnim ventilom, dva senzora pritiska i mikroprocesorskog regulatora, pomoću kojih se održava pritisak u izabranom opsegu i pri različitim radnim režimima. Prednosti ovog sistema nad postojećim su:

- Jednostavnija ugradnja u samoj prostoriji podstanice
- Nezavistan automatski rad i dopunjavanje sistema sa mogućnošću daljinskog upravljanja i kontrole
- Niži troškovi održavanja
- Pouzdanija i preciznija kontrola celokupnog sistema
- Mogućnost precizne regulacije pritiska
- Ekspanzioni sud može biti izrađen od plastike ili nerđajućeg čelika, što mu znatno produžava roka trajanja.

### 3.1.4 Primena cirkulacionih pumpi sa promenljivim brojem obrtaja

U okviru rekonstrukcije toplotnih podstanica na Univerzitetu predviđena je ugradnja cirkulacionih pumpi sa promenljivim brojem obrtaja, što u kombinaciji sa ugrađenim termostatskim radijatorskim ventilima omogućava dobre uslove ugodnosti u prostorijama uz uštedu električne energije i goriva, a uz povećavanje energetske efikasnosti sistema.



### 3.1.5 Primena lemljenih razmenjivača toplote

Upotreba lemljenih razmenjivača toplote olakšava ugradnju i drastično umanjuje cenu podstanice. Takođe se smanjuje mogućnost curenja iz razmenjivača toplote.

Izolacija razmenjivača toplote će umanjiti gubitke toplote i pružiti komfornije uslove za rad unutar podstanice. Moguće je njihovo čišćenje hemijskim sredstvima.

### 3.1.6 Ugradnja paketnih podstanica

Nove podstanice, koje su ugradjene u okviru projekta Zemun, su prefabrikovanog tipa. Ovaj tip podstanica ima rasprostranjenu primenu u zapadnoevropskim zemljama. Prefabrikovane podstanice zauzimaju mnogo manje prostora (20 – 25% od postojećih).

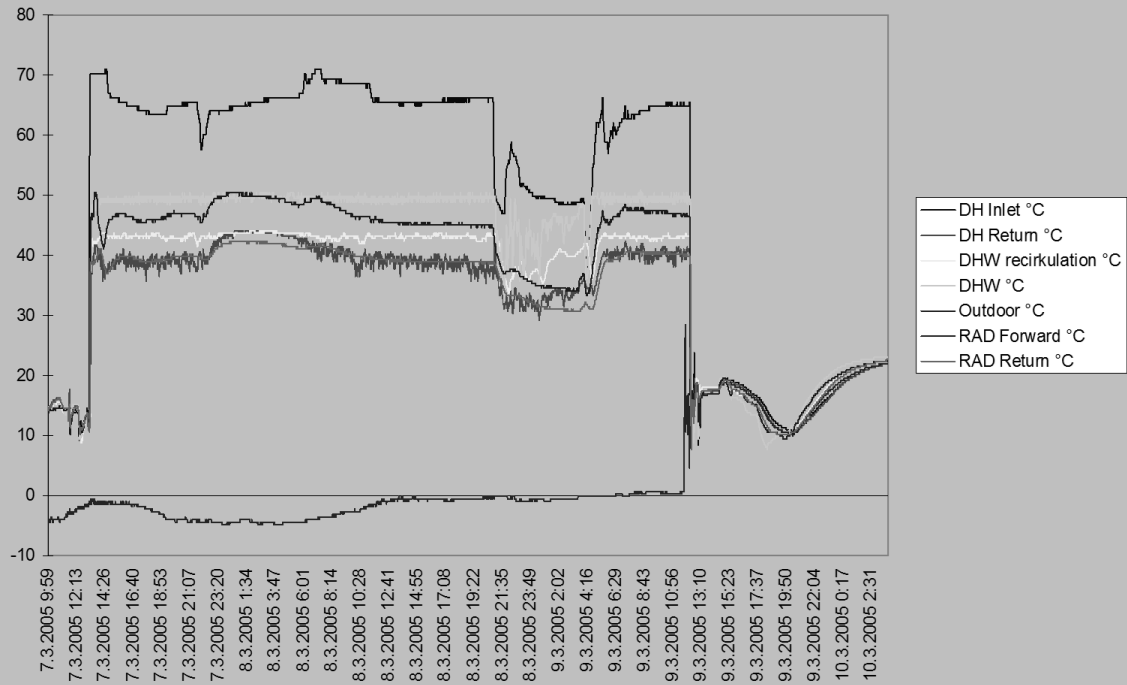


**Prefabrikovana PS Zagorska br. 12**

### 3.1.7 Praćenje rada podstanica

Korišćenjem data logger-a, praćen je rad četiri rekonstruisane podstanice u periodu od 07. do 09.03.2005. godine pri čemu TO Zemun nije prekidala rad u noći između 07. i 08.03.2005. (Data logeri su senzori koji se pričvršćuju za cev i koji mere temperaturu vode svakih 30 sekundi. Nakon skidanja, pomoću posebnog programa se temperature očitavaju i prave se dijagrami). Ovi testovi pokazuju da podstanice funkcionišu odlično pri celodnevnom radu TO Zemun.

### Sremskih Boraca 69



DIJAGRAM za PS Sremskih boraca br. 69

***Nastavak u idućem izdanju ETG***