

PRINCIPI RADA KLIMATIZACIONIH SISTEMA – PRIMER TEHNIČKOG REŠENJA KGH INSTALACIJE**WORKING PRINCIPLES OF AIR CONDITIONING SYSTEMS - AN EXAMPLE OF THE TECHNICAL SOLUTION OF HVAC INSTALLATION**

Dejan Pantić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad predstavlja prikaz principa rada različitih klimatizacionih sistema, funkcionalnost, kao i prednosti i mane. Takođe, radom je dat primer funkcionalnog tehničkog rešenja KGH instalacija u okviru prodajnog objekta. Data su objašnjenja za razloge odabira određenih rešenja, kao i uporedni prikaz potrošnje energije dva različita sistema klimatizacije.

Ključne reči: *Grejanja, ventilacija, klimatizacija, KGH princip rada, KGH tehnička rešenja, VRF*

Abstract – *This paper presents the principles of operation of different air conditioning systems, their functionality, as well as their advantages and disadvantages. Also, the paper provides an example of a functional technical solution of HVAC installations within the retail store. Explanations are given for the reasons for choosing certain solutions, as well as a comparative presentation of the energy consumption of two different air conditioning systems.*

Keywords: *Heating, Ventilation, Air conditioning, HVAC working principles, HVAC technical solution, VRF*

1. UVOD

Rad je sačinjen iz dve glavne celine, od kojih prva predstavlja teorijske osnove rada različitih sistema klimatizacije, dok je druga celina sačinjena iz primera praktičnog tehničkog rešenja sistema klimatizacije. Zadatak rada je da se kroz teorijske osnove približe principi rada, prednosti i nedostaci, primena određenih sistema, kao i potencijalna poboljšanja postojećih klimatizacionih sistema. Poseban akcenat je stavljen na ventilator konvektore i VRF sisteme, pošto sačinjavaju važan segment praktičnog dela rada.

Drugi deo rada predstavlja praktični primer projekta KGH instalacija poslovnog tipa, koji se nalazi u klimatskim uslovima Beograda. Obezbeđeni su priključci sa dovoljnom količinom energije i vazduha za lokal, te je stoga prikazan projekat povezivanja na postojeće instalacije. Rezultat rada predstavlja prikaz mogućnosti kombinovanja različitih KGH sistema poslovnog tipa u skladu sa specifičnim detaljima i zadatim potrebama korišćenja.

U skladu sa različitim zahtevima za sektore po pitanju grejanja i hlađenja, ventilacije, izvlačenja otpadnog vazduha, dat je prikaz kombinovanog rešenja KGH instalacija, uz adekvatan teorijski opis principa rada i praktične upotrebe istih.

2. PODELA I PRINCIPI RADA KLIMATIZACIONIH SISTEMA

Klimatizaciono postrojenje se može definisati kao sistem tehničke namene koji u klimatizovanom prostoru menja i održava ambijentalne uslove i karakteristike. Klimatizacioni sistemi se najviše baziraju na kontroli temperature i vlažnosti vazduha, a u cilju održavanja ugodnih uslova za boravak ljudi, ili u cilju održavanja ambijentalnih uslova neophodnih u određenoj industriji. Usled razvoja tehničkih koncepata objekata za poslovne i privatne namene i potrebe za što ekonomičnijim radom, došlo je i do razvoja elemenata i komponenti koje čine sastavni deo klimatizacionih sistema. Usled ovih potreba su se dalje razvijali različiti klimatizacioni sistemi specifične primene, sa različitim prednostima i nedostacima.

U zavisnosti od prednosti i nedostataka sistema, određuje se i primena istog. Osnovni elementi klimatizacionih sistema su uređaji za grejanje i hlađenje, uređaji za pripremu vazduha, oprema za regulaciju i automatsku kontrolu [1]. Osnovna podela klimatizacionih sistema se može izvršiti na osnovu brzine strujanja vazduha kroz kanale, u zavisnosti da li je brzina strujanja veća ili manja od 12 m/s. Na osnovu ovoga se može izvršiti podela na sisteme niskog i sisteme visokog pritiska. Druga bitna podela se vrši na osnovu radnog fluida koji se koristi za klimatizovanje prostora. Sistemi po ovoj podeli mogu biti vazdušni, i vodeno - vazdušni. U praksi se mogu javiti i određeni sistemi koji kao radni fluid za prenos toplote koriste samo vodu, ali se ovi sistemi uglavnom primenjuju u kombinaciji sa nekim vazdušnim sistemom. Sistemi se dalje mogu podeliti na jednokanalne i dvokanalne, u zavisnosti od broja kanala za razvod vazduha. U zavisnosti od količine vazduha, klimatizacioni sistemi se mogu podeliti na sisteme sa stalnom i promenljivom količinom vazduha. Prema broju cevi u sistemu, mogu se podeliti na dvocevne, trocevne i četvoroccevne [1].

3. VAZDUŠNI SISTEMI KLIMATIZACIJE

Centralna jedinica vazdušnih sistema je klimatizaciona komora. Vazdušni sistemi se karakterišu time što se

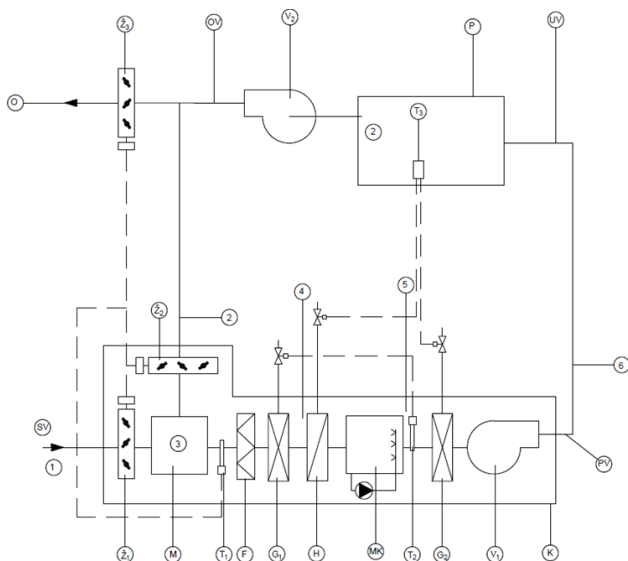
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Aleksandar Anđelković

osnovni fluid za prenos toplote između klimatizacijske komore i klimatizovanog prostora koristi vazduh. Vazdušni sistemi mogu biti jednokanalni i dvokanalni. Pored toga se mogu izvoditi kao sistemi visokog i niskog pritiska, a mogu da rade sa konstantnom ili promenljivom količinom vazduha. Osnovna prednost vazdušnih sistema je centralna obrada vazduha [1].

Osnovne podele vazdušnih sistema svode se na sledeće:

- Centralni
- Zonski
- Jednokanalni visokog pritiska
- Sa promenljivom količinom vazduha
- Dvokanalni nezavisnog dejstva
- Dvokanalni zavisnog dejstva [1].



Slika 1. Šema centralnog klimatizacionog sistema [1]

Na slici 1 vidi šema centralnog vazdušnog sistema. Na šemi su predstavljene osnovne komponente kao što su: žaluzine, predgrejač i dogrejač, filter, komora za mešanje, hladnjak, komora za vlaženje (maglena komora), termostati, ventilatori. Pored komponenti su prikazani i tokovi vazduha: svež (spoljni) vazduh, pripremljen vazduh, dovodni vazduh, odvodni vazduh, recirkulacioni vazduh, otpadni vazduh.

4. VODENO - VAZDUŠNI SISTEMI SA INDUKCIJOM APARATIMA

Osnovna karakteristika vodenog - vazdušnog sistema je ta što su radni fluidi koji su u opticaju vazduh i voda. Za razliku od vazdušnih sistema gde su klimatizovani prostor i centrala povezani putem vazdušne struje, kod vazdušno vodenih sistema se ta veza ostvaruje cevnom vodenom mrežom i vazdušnim kanalima [1].

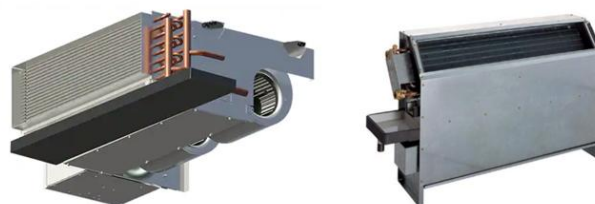
Upravo zbog upotrebe vode kao drugog radnog medijuma, ovi sistemi su ostvarili visok nivo ekonomičnosti. Voda u odnosu na vazduh može preneti veću količinu toplote u malim zapreminama, te stoga zahteva i manje preseke cevovoda. Potrošnja energije za strujanje vode je izuzetno mala, 20 do 100 puta manja od energije potrebne za strujanje vazduha u postrojenjima visokog pritiska, a 3 do 15 puta manja od energije potrebne za strujanje u postrojenjima niskog pritiska [1].

Osnovne podele vodenog - vazdušnog sistema se svode na sledeće:

- Sa indukcijom aparata
- Sa ventilator - konvektorima
- Dvocevni sa prebacivanjem
- Dvocevni bez prebacivanja
- Trocevni
- Četvoroccevni [1].

5. VODENI SISTEMI; VENTILATOR KONVEKTORI (FAN COIL)

Pojava ventilator - konvektora je unela revolucionarne promene u metode regulacije temperature prostora, eliminišući potrebu za konvencionalnim kanalima. Njegove glavne komponente uključuju konvektorski razmenjivač toplote, ventilator koji omogućava da vazduh dobro cirkuliše i integrisani kontrolni sistemi koji prate temperaturu i protok vazduha. Postoje dva glavna tipa - VFC (vertikalni ventilator - konvektorske jedinice,) i HFC (horizontalni ventilator - konvektorske jedinice), od kojih svaki ima različite orijentacije [2].



Slika 2. Prikaz VFC i HFC jedinica [3], [4]

Osnovna odlika vodenih sistema je ta da ne postoji centralna obrada vazduha niti kanali za distribuciju vazduha ka klimatizovanom prostoru, dok se razmena toplote između centrale i prostorija vrši isključivo pomoću vodene cevne mreže. Okosnica ovih sistema su ventilator-konvektori (fan-coil) koji se postavljaju u samu klimatizovanu prostoriju. Osnovni delovi ventilator konvektora su razmenjivači toplote i ventilatori. Cevna mreža na koju se ovi uređaji priključuju može biti dvocevna, trocevna i četvoroccevna. Ukoliko se koristi dvocevna mreža, sistem može biti sa prebacivanjem ili bez njega [1].

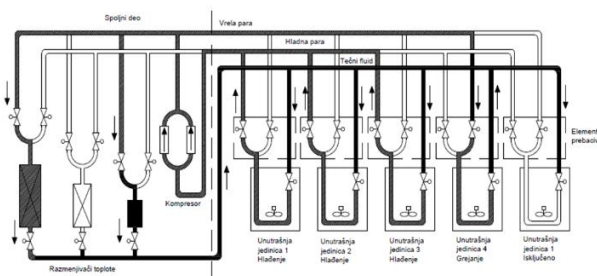
6. VRF SISTEMI

Sistemi sa promenljivim protokom rashladnog sredstva (VRF) menjaju protok rashladnog sredstva do unutrašnjih jedinica na osnovu trenutnih potreba. Ova sposobnost da se kontroliše količina rashladnog sredstva koja se isporučuje za unutrašnje jedinice smeštene u celoj zgradi čini VRF tehnologiju idealnom za aplikacije sa različitim opterećenjima ili gde je potrebno zoniranje. VRF sistemi su dostupni ili kao sistemi toplotne pumpe ili kao sistemi za rekuperaciju toplote za one primene gde je potrebno istovremeno grejanje i hlađenje [5].

U klimatizovanim prostorijama se nalaze jedinice koje su razmenjivači toplote koji u režimu hlađenja imaju ulogu elementa za direktno isparavanje rashladnog fluida, a koji su cevovodom spojeni sa spoljašnjom jedinicom koja se sastoji od kompresora, kondenzatora i ventilatora za hlađenje kondenzatora. Najveći broj ovih sistema su koncipirani da rade kao toplotne pumpe, tako da

unutrašnje jedinice mogu da obavljaju ulogu kondenzatora i da zagrevaju prostor [1].

U slučaju kada je više unutrašnjih jedinica povezano na jednu spoljašnju jedinicu, taj sistema se naziva višestruki razdvojeni sistem (multisplit sistem), i zbog jedne zajedničke spoljašnje jedinice uvek svi rade u istom režimu, grejanja ili hlađenja. Ovakvi sistemi sadrže dve cevi za cirkulaciju rashladnog fluida. Kod dvocevnih sistema je predviđeno da sve unutrašnje jedinice rade u režimu ili hlađenja ili grejanja, zavisno od položaja ventila za prebacivanje smera strujanja rashladnog fluida. Prebacivanje se vrši pomoću najčešće četvorokrakih ventila koji se nalaze u spoljnoj jedinici. Dakle, sve unutrašnje jedinice rade ili kao isparivači, ili kao kondenzatori [1].



Slika 3. Šematski prikaz toka fluida trocevnog sistema sa istovremenim hlađenjem i grejanjem [1]

Ukoliko se javlja potreba da određeni broj unutrašnjih jedinica greju dok ostale hlade, sistem se koncipira sa vezom od tri cevi sa usmeravanjem tečnog fluida odnosno vrele pare u unutrašnje jedinice, zavisno da li postoji potreba za grejanjem odnosno hlađenjem prostorije [1].

7. KOMPARATIVNA STUDIJA O ENERGETSKIM PERFORMANSAMA VRF I VRV SISTEMA U POSLOVNOM OBJEKTU

Ova studija je istraživala VAV i VRF sisteme u pet tipičnih poslovnih zgrada u Kini i uporedila njihovu potrošnju energije za klimatizaciju. Sprovedeno je premeravanje lokacije i terenska merenja kako bi se prikupili podaci o karakteristikama zgrada i šablonima rada u zgradama. Izmerena potrošnja električne energije za hlađenje prikupljena je u postojećim podacima u svih pet zgrada. Podaci merenja, normalizovani klimom i radnim satima, pokazuju da su VRF sistemi trošili mnogo manje energije za klimatizaciju i do 70% od VAV sistema. Ovo je uglavnom zbog različitih načina rada oba tipa sistema što dovodi do mnogo manjeg vremena rada VRF sistema [6].

8. PRIMER TEHNIČKOG REŠENJA KGH INSTALACIJE

Iz sistema KGH objekta obezbeđeno je:

- Grejanje i hlađenje
- Svež i otpadni vazduh
- Izvlačenje vazduha iz toaleta

Realizacija samog tehničkog rešenja je podrazumevala sledeće stavke:

- Proračun količine vazduha po prostorijama
- Proračun količine vazduha po sistemima
- Izbor distributivnih elemenata
- Izbor ventilator konvektora

- Izbor VRF sistema
- Izbor split sistema
- Proračun padova pritiska
- Proračun cevne mreže
- Prikaz odgovarajuće grafička dokumentacija; osnove objekta, šeme VRF sistema i aksonometrije sistema

Dostupna energija za hlađenje:

- dostupno 338 kW, to je oko 140 W/m²

Pošto su kapaciteti hlađenja kroz spoljni omotač mali, a unutrašnji dobici (tj. kapacitet hlađenja po m² površine) su definisani u Projektnom zadatku koje je dao investitor, nisu urađeni dodatni proračuni hlađenja, već su usvojene vrednosti koje su veće od onih koje je odredio investitor.

Usvojeni kapaciteti hlađenja su:

- prodajni prostor: 100 W/m²
- kancelarije: 85 W/m²
- skladišta: 80 W/m²
- Server soba: 500 W (prema podacima dobijenim od električara)

Dostupna energija za grejanje:

- Dostupno 112 kW, odnosno oko 45 W/m²

Sistem	Grejanje (W)	Hlađenje (W)
Ventilator-konvektori	103,160	220,240
VRF	25,200	22,400
Ukupno:	128,360	242,640

Tabela 1. Instalirani kapaciteti

Za grejanje i hlađenje se obezbeđuju topla voda (TV) i hladna voda (HV). Predviđen je četvorocjevni sistem, koji omogućava korisnicima da odluče da li će se lokal grejati ili hladiti, nezavisno od ostalih lokala. Temperatura hladne vode je konstantna 7/12°C, dok protok varira. Temperatura TV je konstantna 45/40°C, dok protok varira.

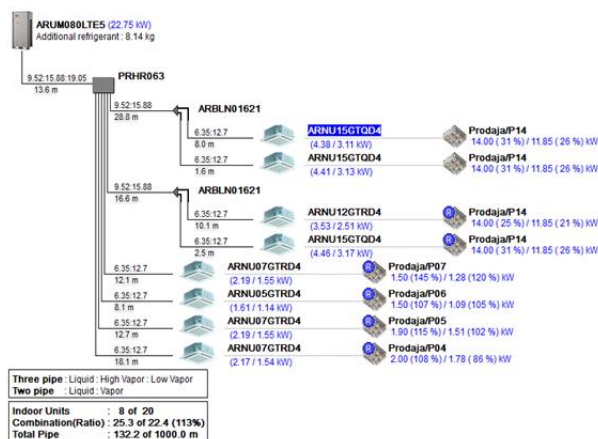
Količina dostupnog svežeg vazduha je 19.290 m³/h. To je više nego traženih 10.700 m³/h, po internim standardima investitora. Raspoloživa količina otpadnog vazduha je 17.555 m³/h. Ova količina vazduha obezbeđuje 10% natpritiska u lokalu, a prema zahtevima internih standarda investitora. Sva količina odsisnog vazduha će se koristiti. Svež vazduh se dovodi a otpadni izvlači preko centralne klima komore, zajedničkom za nekoliko lokala, uključujući i predmetni lokal u projektu. U cilju rekuperacije toplote ugrađeni je regenerativni rekuperator. Klima komora se prebacuje u režim „free-cooling“-a, kada spoljni uslovi to dozvoljavaju. Temperatura vazduha za ubacivanje vazduha zimi je 18 °C, a ljeti je 26 °C. Protok je konstantan.

Odvojeni sistem za izvlačenje je predviđen za toalete. Pošto su toaleti samo na 1. nivou, koristiće se samo kanali na 1. nivou. Dostupni protok vazduha je 405 m³/h.

Predviđen je četvorocjevni sistem ventilator konvektora za grejanje i hlađenje prodajnog prostora, koji obezbeđuje 21 °C zimi i 26 °C u letnjem periodu. Vazduh se dovodi i izvlači preko vrtložnog difuzora. Izabran je najveći raspoloživi ventilator konvektor, kako bi se smanjio broj ventilator

konvektora. Predviđeno je objedinjavanje više ventilator konvektora na jedan termostat. Regulacija se vrši na vodenoj strani, preko prolaznog regulacionog ventila. Svež vazduh se ubacuje direktno u prostor a ne preko sistem ventilator konvektora, što omogućava ventilaciju i noću kada sistem može da bude u režimu free-cooling-a. Otpadni vazduh se izvlači kroz centralni sistem prema centralnoj klima komori i obezbeđuje traženi natpritisak. Ukupna količina ubačenog vazduha (konvektori i svež vazduh) je 49.700 m³/h, i obezbeđuje 8 izmena na čas.

Grejanje i hlađenje pomoćnih prostorija vrši se pomoću trocevnog VRF sistema. Ovaj sistem omogućava drugačije režime rada (grejanje ili hlađenje) u različitim prostorijama. Ovaj sistem se koristi za grejanje i hlađenje kancelarija, prostora za radnike i velikog magacina. Predviđene su kasetne unutrašnje jedinice, sa ugrađenom kondenz pumpom.



Slika 4. Prikaz odabranih VRF jedinica sa cevnim konekcijama

9. ZAKLJUČAK

Ovim radom su predstavljene teoretske osnove i razjašnjenja principa rada različitih klimatizacionih sistema, njihove prednosti i mane, kao i adekvatna primena. U okviru teorijske celine je detaljnije iznet prikaz funkcionalnosti VRF sistema. Kao jedni od trenutno najefikasnijih KGH uređaja na tržištu po pitanju uštede energenata, uzeti su u razmatranje kao deo rešenja tehničkog zadatka. Visoka efikasnost, mala potrošnja, efektna regulacija i kontrola, kao i relativno jednostavna ugradnja ovih sistema, daje im prednost u ne malom broju slučajeva u odnosu na druge sisteme. U okviru druge celine rada su dati primeri kalkulacija i dimenzionisanja KGH sistema, uz primenu prethodno navedenih tehnologija.

Poseban osvrt je stavljen da komparativni prikaz dva sistema, VRF i VAV. Ovim poređenjem je predstavljena energetska efikasnosti VRF sistema u odnosu na VAV sisteme, na primerima poslovnih zgrada u kojima se koriste jedan ili drugi sistem. Cilj rada je bio da se da u skladu sa različitim zahtevima za sektore po pitanju grejanja i hlađenja, ventilacije, izvlačenja otpadnog vazduha, da prikaz kombinovanog rešenja KGH instalacija, uz adekvatan teorijski opis principa rada i praktične upotrebe istih.

10. LITERATURA

- [1] Branislav Todorović: Klimatizacija, SMEITS, Beograd 2005.
- [2] <https://sprsunheatpump.com/everything-you-need-to-know-about-fan-coil-units.html> pristupljeno 10. 7. 2024.
- [3] <https://www.johnsoncontrols.sg/hvac-equipment/air-distribution/terminal-units/fan-coil-units/horizontal-low-profile> pristupljeno 11. 7. 2024.
- [4] http://www.jetex.cn/product_detail.asp?ID=-950712778 pristupljeno 11. 7. 2024.
- [5] <https://www.shreddocs.com/hvac/docs/1001/Public/0B/04-581067-01.pdf> pristupljeno 21. 6. 2024.
- [6] https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/t_hong_-_report_-_a_comparative_study_on_energy_performance_of_variable_refrigerant_flow_systems_and_variable_air_volume_systems_in_office_buildings.pdf pristupljeno 10. 6. 2024.

Kratka biografija:



Dejan Pantić rođen je u Mostaru 1989. god. Osnovne studije na Fakultetu tehničkih nauka na departmanu za energetiku i procesnu završio je 2015. god. Trenutno apsolvent master studija na smeru Energetika i procesna tehnika – Termoenergetika, i zaposlen kao projektant mašinskih instalacija.