

Rekuperacija toplote u supermarketima

J. Lindelov*

Tokom poslednje dve godine, rekuperacija toplote je mnogo češće nego ranije korišćena u supermarketima. Jedan od razloga je što rekuperacija toplote omogućuje uštedu od 50 do 80% ukupne cene grejanja. Ovakvo postrojenje naravno podrazumeva velike troškove ulaganja, ali se tokom vremena uštedi smanjenjem troškova grejanja.

U ovom članku su izložene opšte postavke o opremi za rekuperaciju toplote, zasnovane na rashladnom postrojenju. Reč je i o automatizaciji velikog rashladnog postrojenja u jednom danskom supermarketu.

Rekuperacija toplote u supermarketima za najveći broj ljudi znači korišćenje toplote odvedene zimi iz hladnjača i rashladnih vitrina, za grejanje prodajnog prostora i prostora za skladištenje.

Rezultati detaljne analize troškova investiranja i pogona u različite oblike uređaja za rekuperaciju toplote pokazali su da je za supermarkete u izgradnji moguće u skoro svim slučajevima uravnotežiti ulaganja u postrojenje sa smanjenom godišnjom potrošnjom.

Međutim, za postojeće supermarkete neophodno je imati u

vidu čitav niz uslova pre nego što se donese odluka o tako velikom ulaganju. Na primer, jedan od faktora je i ugovor sa toplanama za daljinsko grejanje. Fiksna cena toplote iz ovog izvora može biti toliko velika — u odnosu na cenu toplote — da čak i znatne uštede u potrošnji toplote ne bi dovele do zadovoljavajućeg prelaska na uređaj za rekuperaciju toplote. Drugi činilac vredan pažnje je da izvesne metode rekuperacije toplote mogu onemogućiti rad rashladnog uređaja; na primer, ako se temperatura kondenzacije poveća preko dozvoljene granice — kako bi se rekuperisao najveći mogući deo toplote. Otuda, u svakom slučaju kada se razmatraju velika ulaganja u rekuperaciju toplote, preporučuje se traženje stručnog mišljenja od prodavca uređaja. Nepoznavanje funkcija rashladnog postrojenja ili pogrešna obaveštenost o pogonskim troškovima postrojenja za rekuperaciju toplote, mogu dovesti do procene znatno većeg dobitka toplote i hlađenja nego što se stvarno može postići.

Rashladni kapacitet naveden na kompresoru ne može biti direktno iskorišćen za maksimalni toplotni kapacitet. Brojka se obično za -10°C usisne temperature za kompresore za hlađe-

nje i -30°C za kompresore za smrzavanje. Ove temperature usisavanja odgovaraju više ili manje temperaturama isparavanja za isparivače za hladnjače za skladištenje i smrzavanje. Nasuprot ovome, najveći deo hladnjaka obično radi na temperaturi isparavanja od -15°C , a zamrzivači na -40°C . Pošto kapacitet jednog rashladnog kompresora postaje manji snižavanjem usisne temperature .kapacitet naveden na kompresoru ne mora biti istovetan sa rashladnim kapacitetom.

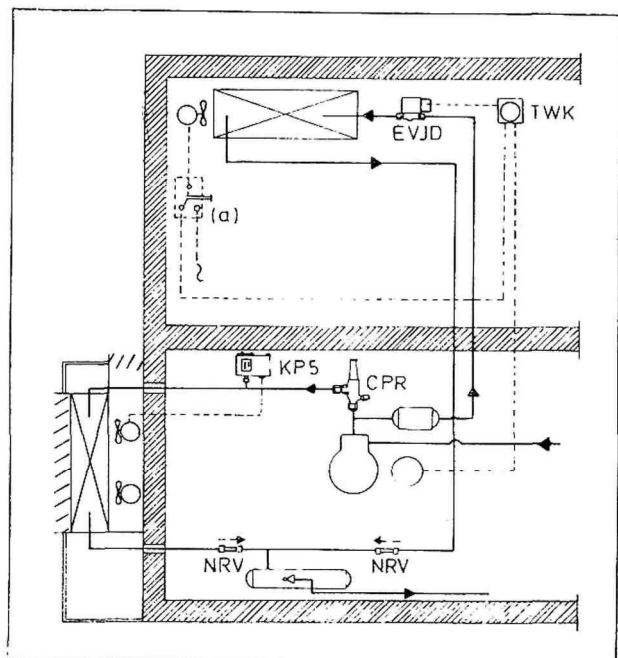
Osim toga, kompresori za rashladne uređaje za prehrambene proizvode obično se dimenzionišu tako da je vreme njihovog rada od 16 do 18 časova dnevno. U ovom smislu se mora izvršiti oduzimanje od rashladnog dobitka datog na kompresoru: približno 30% za hladnjake i oko 60% za zamrzivače. Postoji i toplota od električnog motora kompresora ona iznosi oko 70% od primenjene energije.

Uređaji za rekuperaciju toplote u manjim supermarketima

U manjim supermarketima, gde je i rashladni uređaj relativno mali, najčešće se ne isplati ulagati u modernije instalacije za rekuperaciju toplote. Ali i za

* J. Lindelov, dip], ing., Danfoss, DK 6430 Nordborg, Darunark

Sl. 1. Automatizacija uređaja za rekuperaciju toplote kada je kondenzator smešten u negrejanom prostoru (npr. napolju)



instalacije ovog formata je moguće sa malim ulaganjima koristiti toplotu iz rashladnog uređaja za grejanje zimi, osim što se u najhladnije vreme mora predvideti dodatni izvor toplote.

Sl. 1. prikazuje sistem za rekuperaciju toplote u kome je vazduhom hlađeni kondenzat smešten napolju. U prodavnici, dodatni kondenzator (cevi za grejanje), korišćena za grejanje zimi, može biti smeštena ispod tavanice, iznad vrata. Tada ventilator dovodi topli vazduh u prodavnicu, pa se jednim prekidačem (a) omogućuje i postizanje cirkulacije vazduha u prodavnici tokom leta. Temperatura vazduha se kontroliše sobnim termostatom tipa TWK. On reguliše dovod toplog gasa otvaranjem i zatvaranjem solenoidnog ventila tipa EVJD. U potisnom vodu od kompresora do spoljnog kondenzatora, smešten je jedan regulator pritiska kondenzacije tipa CPR, koji se otvara kada pritisak raste. CPR će se zato otvoriti radi dovoda toplog gasa ka spoljnjem kondenzatoru, ako je potrebna za toplim gasom cevi za grejanje u prodavnici smanjena. Da bi se onemogućila povratna kondenzacija tečnosti iz

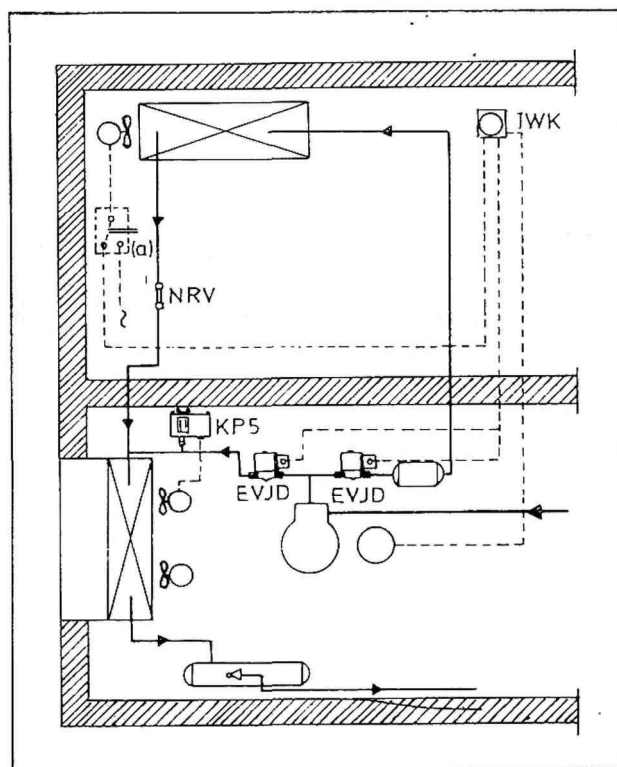
sakupljača do dve cevi za kondenzaciju, postavljen je jedan nepovratni ventil tipa NRV na svakom povratnom vodu od kondenzatora. Presostat tipa KP 5 reguliše kondenzatorski pritisak tokom rada leti.

Ako je vazduhom hlađeni kondenzator postavljen u grejanom prostoru, može se primeniti sistem prikazan na sl. 2. U zavisnosti od potreba za toplotom u prodavnici, sobni termostat tipa TWK kontroliše dva solenoidna ventila tipa EVJD. Na ovaj način topli gas se usmerava ka grejaču u prodavnici ili van, ka vazduhom hlađenom kondenzatoru.

Rekuperacija toplote u većim supermarketima

Društvo za saradnju u danskom gradu Vojensu, zatražilo je stručni savet od konsalting inženjera za izbor naj ekonomičnijeg i najpogodnijeg načina grejanja. Preporučeno mu je postrojenje za rekuperaciju toplote, uprkos činjenici da je toplana sa daljinskim grejanjem imala isključivo pravo isporuke toplote supermarketima. Dobijeno je odobrenje da se daljinsko greja-

Sl. 2. Automatizacija uređaja za rekuperaciju toplote kada je kondenzator smešten u zagrejanom prostoru



nje koristi samo za kafanu, kancelarije i za skladištenje. Međutim, za prodajni prostor — oko 1 500 m² — dozvoljena je upotreba sistema za rekuperaciju toplote.

Stručnjaci su izradili i konačni predlog sistema za grejanje i klimatizaciju prodajnog prostora. Izračunato je da su dodatni troškovi za uređaj za rekuperaciju toplote jednaki visini ušteda u potrošnji energije tokom dve godine.

Konstrukcija uređaja za rekuperaciju toplote

Princip ugradnje uređaja za rekuperaciju toplote je prikazan na sl. 4. i 5. Toplota izdvojena iz prostora za hlađenje i smrzavanje i iz vitrina za hlađenje i smrzavanje vodi se preko kompresora u vazduhom hlađene kondenzatore, a odatle u mašinsku salu.

U mašinskoj sali stvorene su »vruća« zona (A) i »hladna« zona (B); ova druga se nalazi između kondenzatora. Temperaturom u »vrućoj« zoni se upravlja termostatom RT4L, koji je programiran kada počinje odvođenje. Ima šest odvodnih ventilato-

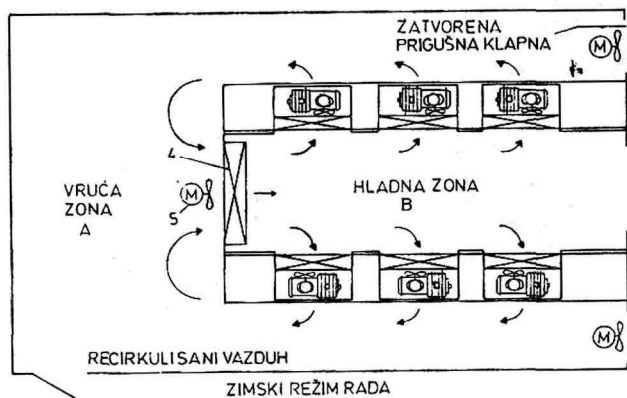
ra (6), te se odvođenje odvija u šest etapa.

Cevi za rekuperaciju toplote (4), koja je deo jednog nezavisnog rashladnog uređaja, ima ulogu kondenzatora leti, a isparivača zimi. Na ovaj način pogonska prostorija se greje leti, a hladi zimi. Sakupljena »hladnoća« ili »toplota« se šalje kroz cevovod uređaja za rekuperaciju toplote napolje, do klimatizacionog sistema na krovu prodavnice. Odatle se distribuiše kroz vazdušne kanale do prodavnice.

Letnji režim rada je prikazan na si. 5. Ovdje cevi za rekuperaciju toplote (4) imaju ulogu kondenzatora. Svež vazduh se spolja uvodi kroz jedan otvor. Vazduh u prostoriji, koji su kondenzatori zagrejali, izbačen je napolje pomoću ventilatora (6). U ovom slučaju, kao cevi za rekuperaciju toplote (4) deluje jedan kondenzator, a odgovarajuća cev za rekuperaciju toplote u klimatizacionom postrojenju igra ulogu isparivača i tako hladi vazduh doveden u prodavnicu.

Zimski režim rada je prikazan na si. 4. Cevi za rekuperaciju toplote (4) ima ovde funkciju isparivača. Smer obrtanja ventilatora (5) se menja i prigušne klapne pozitivnog pritiska (7), u blizini odvodnih ventilatora (6), normalno su zatvorene. Vazduh u prostoriji cirkuliše. Pošto cevi za rekuperaciju toplote (4) ovde deluju kao kondenzator, odgovarajuće cevi za rekuperaciju toplote u klimatizovanom uređaju deluje kao kondenzator i zato može biti korišćena za grejanje vazduha dovedenog u prodavnicu.

Sl. 4. Protok vazduha kroz kondenzatore i cevi za rekuperaciju toplote u pogonskoj prostoriji (zimski režim rada)



Automatizacija uređaja za rekuperaciju toplote

Način na koji je uređaj ugrađen i automatizovan »Danfos-sovom« automatom, upravljanje procesom hlađenja, prikazan je na si. 6. Celokupan uređaj se u stvari sastoji od dva sistema istovetno ugrađena. Evo opisa jednog. Sistem obuhvata četiri paralelno povezana rashladna kompresora, od kojih svaki ima po motor od 4 kW. U letnjem režimu rada, sistem daje ukupno 60 kW pri $t_c = 5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $U = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$. U zimskom režimu rada dobitak je 2 kW pri $u = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $u = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kompresori (A) su četvorocilindrični, V tipa.

Regulacija kapaciteta je u četiri stepena, preko elektronskog termostata. U letnjem režimu rada, svaki kompresor obrazuje jedan stepen. U zimskom radu koriste se samo dva kompresora. Na njima su dva cilindra vezana u četiri stepena.

Pošto su četiri kompresora vezana paralelno, preduzete su mere predostrožnosti.

1) Na svakom kompresoru je smešten kombinovani presostat tipa K 15, za visoki i niski pritisak.

2) Postoji izjednačenje ulja i pritiska u karteru motora (na strani niskog pritiska) između svakog kompresora.

Osim toga, rezervoar za ulje (B) je dovoljno veliki da bi obrazovao deo izjednačenja. Rezervoar ima kapacitet od 30 l i povezan je sa grejačem tako da svaki deo rashladnog sredstva ispari iz ulja.

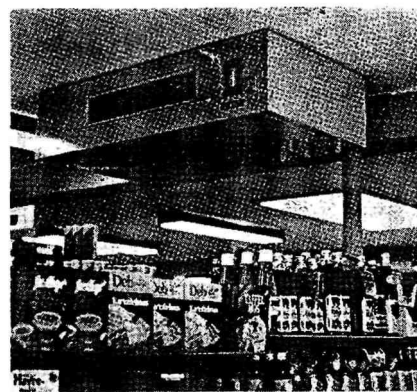
3) Uljni separator tipa OUB je podešen prema svakom kompresoru.

4) Potisni vod svakog kompresora sadrži nepovratni osigurač ventil tipa NRV, da bi se osiguralo da u separatoru ulja ne dođe do povratka kondenzovanog rashladnog sredstva.

5) Potisni vod je konstruisan tako da se gas koji se potiskuje vraća ravnomerno nazad do kompresora.

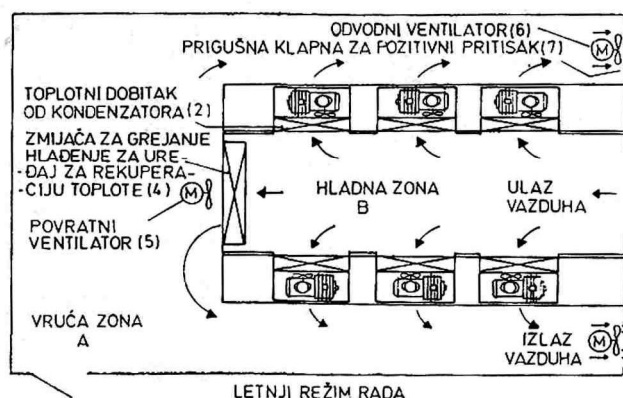
Gas koji se potiskuje iz kompresora vodi se delimično do kondenzatora (C), smeštenog u mašinskoj sali, a delom do dva kondenzatora (D) u klimatizacionoj jedinici (E). U ispuštima iz svakog kondenzatora nalazi se nepovratni ventil, tipa NRV, koji štiti od povratka kondenzovanog rashladnog sredstva iz skupljača (F).

Sl. 3. Dodatni kondenzator je smešten tako da ima ulogu grejne zmi-je na tavanici prodavnice



Solenoidni ventili tipa EVJDA smešteni su u potisne vodove za pražnjenje izvan kondenzatora. EVJDA (1) je leti otvoren, a

Sl. 5. Protok vazduha kroz kondenzatore i cevi za rekuperaciju toplote u pogonskoj prostoriji (letnji režim rada)



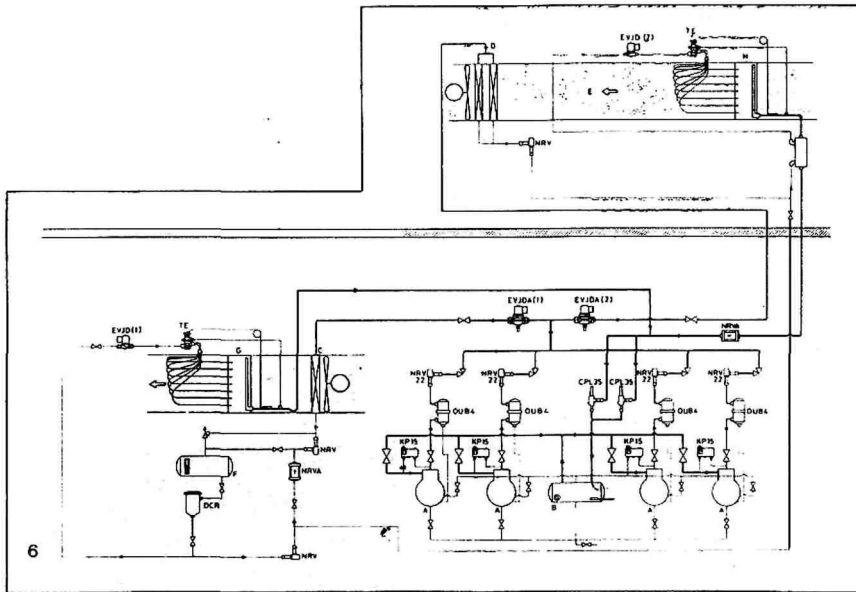
EVJDA (2) je otvoren u zimskom periodu.

U potisnom vodu iz isparivača nalaze se dva regulatora tipa CPL. Oni onemogućuju između ostalog da pritisak u potisu ispred kompresora ne postane suviše visok pri malom kapacitetu.

Distribucija vazduha

Da bi uređaj za rekuperaciju toplote radio na zadovoljavajući

Sl. 6. Šema cevovoda za uređaj za rekuperaciju toplote



način, nije dovoljno da uređaj bude tačnih dimenzija a da rashladni i grejni sistemi i automatizacija budu tačno projektovani i izgrađeni. Važan je i način na koji se vazduh distribui-

še u prodavnicu i kako se on tamo ponaša.

Evo pet osnovnih pravila za distribuciju vazduha u supermarketu

1. Vazduh, pre svega, mora biti doveden do onih mesta u prodavnici gde su najveći gubici hladnoće ili gde dolazi do stvaranja najveće toplote. Ova su mesta skoro uvek kod ulaznih vrata ili oko staklene fasade.

2. Jedinice za dovod moraju imati dovoljno velike presečene površine, da bi se izbegle izuzetno velike brzine vazduha. Važan čini-lac je

dovod sa direktnim upravljanjem i mogućnostima dobrog mešanja, tako da se mogu stvarati niske dovodne temperature bez stvaranja promaje.

3. Rešetke za povratni vazduh moraju biti smeštene što je moguće niže i distribucija tu mora odgovarati položajima dovodnih jedinica. Smeštanje rešetke nisko u mnogim slučajevima će značiti smanjenje troškova grejanja čak do 20% i učiniće klimatizaciju efektivnijom.

4. Svež vazduh se sve vreme mora dovoditi sa nadpritiskom. Na ovaj način će se dobiti ne samo velike količine svežeg vazduha, nego će se izbeći ulaz nekontrolisanih mlazeva vazduha kada su vrata otvorena.

5. Cirkulacija vazduha u ure-daju za povratno dobijanje toplote mora se dopustiti da cirkuliše 24 sata dnevno, da bi se temperatura održala konstantnim tokom cele noći. Količina vazduha koja cirkuliše zavisi od potreba za grejanjem i hlađenjem i od minimuma i maksimuma stvorene temperature. Cirkulacija će biti između najmanje četiri i najviše devet puta na čas.

Zaključak

Da štedi energiju u interesu je i pojedinca i društva. Saradnja između investitora, inženjera i prodavca uređaja za rekuperaciju toplote i automatike je odlučujuća u stvaranju uslova za najpovoljniji izbor sistema i uređaja, kao i njihovu najpovoljniju primenu u svakom određenom slučaju.

i veći broj otvorenih vitrina za hlađenu i smrznutu robu. Izbor bi trebalo napraviti tako da se koriste jedinice za

Sl. 7. Vitrine sa hlađenom i smrznutom robom u supermarketu. Na tavanici se nalaze kanali i napojne jedinice

