Stvarni troškovi curenja rashladnih sredstava

Milan Živković, dipl. inž.
Mašinski fakultet, 11000 Beograd,
27. marta 80

Curenje odnosno propuštanje u jednom rashladnom sistemu se dešava najčešće zbog vibracija koje se prenose na covovod, od kretanja kompresora i od pulsacije pritiska prilikom potiskivanja rashladnog sredstva kroz cevovod. Prema statistici, prosečni rashladni sistem gubi svoje celokupno punjenje rashladnim sredstvom tri puta tokom 10 godina. U periodima curenja rashladnog sredstva, efikasnost pogona i vek kompresora se dramatično smanjenju, bez obzira koliko je sistem savršeno projektovan. Ali nema sumnje da jedan instalisani rashladni sistem, koristeći dobre, osnovne projektne kriterijume i redovno i propisno održavan, koji sprečava curenje rashladnog sredstva, može raditi sa dobrim učinkom i 30 godina, bez zamene kompresora.

Faktori koji utiču na troškove održavanja rashladnih uređaja, mogu se u velikoj meri ukloniti. U sistemima u samouslugama postoji direktna veza između gubitka rashladnog sredstva i kompresorskog gubitka. Isti uslovi postoje i u komercijalnoj primeni u svim industrijama.

Efikasnost pogona i dugi vek kompresora su osnovne brige pri planiranju komercijalnih i industrijskih rashladnih sistema. Izbor opreme utiče na smanjenje pada pritiska, tako da će pojedine komponente raditi pri najvećim mogućim pritiscima usisavanja, pri održavanju željene temperature isparavanja.

Curenje odnosno propuštanje u jednom rashladnom sistemu nastaje najčešće zbog vibracija koje se prenose na cevovod, od kretanja kompresora i od pulsacije pritiska prilikom potiskivanja rashladnog sredstva kroz cevovod.

Primena izolatora vibracija na kompresoru, u sprezi sa sponama za cevi i podupiračima — mogu smanjiti vibracije i tako produžiti vek komponenata, kao i smanjiti curenje rashladnog sredstva u području cevovoda.

Ne postoji zbirka propisa koja može uzeti u obzir sve moguće faktore na datoj instalaciji, koji bi mogli smanjiti propuštanje rashladnog sredstva. Što je linija prekida rashladnog sredstva u procentima veća, to je prečnik cevi u odnosu na njegovu blizinu vibracija manji.

Drugi važan faktor koji treba razmotriti u pogledu curenja rashladnog sredstva je širenje i skupljanje cevovoda i komponenata. Tipična linearna ekspanzija cevovoda od 35 metara pri niskim temperaturama u primeni iznosi 50 mm, za vreme ciklusa odmrzavanja. Imperativ je da držač cevi uzima u obzir ovu ekspanziju, ne dopuštajući cevovodu da dođe u dodir sa praktično bilo kojim objektom, uključujući i drugu cev.

Prema statistici, prosečni rashladni sistem gubi svoje celokupno punjenje rashladnim sredstvom tri puta tokom 10 godina. U periodima curenja rashladnog sredstva, efikasnost pogona i vek kompresora se dramatično smanjuju, bez obzira koliko je savršeno sistem projektovan.

Nema sumnje da jedan instalisani rashladni sistem, koristeći dobre, osnovne projektne kriterije i redovno i propisno održavan, koji nije omogućio curenje rashladnog sredstva, može raditi sa dobrim učinkom 30 godina bez zamene kompresora.

Osnovna merila za projektovanje jednog rashladnog sistema su sledeća:

1. Sistem mora biti čist, suv i oslobođen svih zagađivača.
2. Kompresor mora raditi u okvirima sigurne temperature i u granicama propisane električne snage i pritiska.
3. Sistem mora biti projektovan i pogonjen tako da je omogućeno propisno podmazivanje kompresora u svim periodima.
4. Mora se održavati propisno snabdevanje isparivača rashladnim sredstvima, a prekomerni padovi pritiska u rashladnom sistemu se moraju izbegavati.

Nastajanje curenja

Veoma je važno ispitati kako curenje rashladnog sredstva utiče na vek kompresora i njegov učinak u jednom optimalno projektovanom, instalisanom i održavanom, niskotemperaturskom multipleksnom sistemu. U ovom primeru sistem će koristiti četiri poluhermetička kompresora od 7,5 kW, sa uljnim separatorima i uobičajenim cevovodom za pražnjenje i usisavanje. Cirkulisaće R-502 sa projektovanom temperaturom isparavanja u isparivaču od —32°C. Pojedinačni cevovodni ciklus će biti solenoidno pogonjen i temperatura će biti regulisana termostatima. Kompresori će se u ciklus uključivati presostatima niskog pritiska. Ovakva instalacija je tipična za sisteme u prodavnici hrane.

Neznatno curenje rashladnog sredstva počinje u tečnom vodu, negde ispod vitrine sa smrznutom hranom. Pošto tečno rashladno sredstvo curi u atmosfersku, ono isparava, oduzimajući toplotu sa okolne metalne površine. Temperature

opadaju, metal se krivi i curenje se povećava. Ovaj proces naglo ubrzava količinu ističuće tečnosti za samo nekoliko sati.

Pošto se punjenje rashladnog sredstva smanjuje, sistem neznatno trpi štetu. Igla i ležište ekspanzionog ventila počinju da erodiraju usled kavitacije. Pritisak u vodu opada usled otpora izazvanog kretanjem tečnosti u delimično punom cevovodu. Dugi periodi »flashgasa« se produžavaju i izazivaju ekstenzivno habanje na ekspanzionom uređaju.

Iako rashladno sredstvo curi u visokopritisnom vodu, kapilarna akcija će omogućiti prodor vlage u zaptiveni sistem. Kapacitet sušača u tečnom vodu će se smanjiti za 30%, jer je temperatura u vodu povećana na 52°C. Ovaj porast je uzrokovan pregrejanom parom koja prelazi kroz kondenzator direktno u cevovod. Pošto je filtar sušača imao približan kapacitet pre nego što se temperatura u cevovodu povećala, sada će doći do prodora velike količine vlage u sistem. Podmazivanje kompresora će biti smanjeno. Jedina svrha ulja u jednom rashladnom sistemu je da podmazuje kompresor. U ovom primeru primene, punjenje ulja u svakom kompresoru iznosi 4,3 litra. Stupanj cirkulacije svakog kompresora iznosi 0,056 litra u minuti. Uljni separatori imaju opseg učinka od 80%. Sa samo 20% ulja koje cirkuliše u isparivaču, pitanje je vremena kada će nivo ulja u karteru kompresora biti kritično nizak. Curenje rashladnog sredstva je izazvalo pad pritiska na niskopritisnoj strani sistema, smanjujući tako protok rashladnog sredstva koje vraća ulje u kompresor.

Pad pritiska koji sprečava da se ulje vraća u kompresor, takođe će povećati odnos kompresije. Odnos kompresije je odnos apsolutnog pritiska pražnjenja i usisavanja. Iskustvo govori da kompresioni odnosi iznad 10 prema 1 izazivaju štetu i utiču na smanjenje pouzdanosti kompresora.

Troškovi curenja

Približno 50% potrošnje električne energije u jednom supermarketu odnosi se na troškove hlađenja. Curenje rashladnog sredstva izaziva padove pritiska koji dramatično utiču na te troškove.

Većina proizvođača uređaja za prodavnice kontroliše sisteme koje prodaju da bi radili pri projektnim uslovima sa manje od 0,15 bara pada usisnog pritiska. Za vreme curenja rashladnog sredstva, pad pritska u usisnom vodu se stalno povećava. Najskuplje curenje, sa stanovišta potrošnje energije, je lagano curenje. Učinak kompresora se postepeno smanjuje zahtevajući duža vremena pogona, da bi se postigla željena temperatura.

Pad pritiska od 0,22 bara ispod određenih —32°C predstavlja smanjenje od 1,5 kW učinka kompresora. Svakih 0,07 bara pada pritiska ispod projektovane temperature smanjuje učinak preko 3% i učinak sistema od 8%.

Pored smanjenja koeficijenta hlađenja, troškovi hlađenja se povećavaju produženim vremenom rada kompresora. Pošto je iscurilo dosta rashladnog sredstva, pa je kompresor dostigao svoju tačku prekida usled niskog pritiska, počeće nakratko aktiviranje elektromotora kompresora. Kompresor će povući sedam puta veću struju, sa jednom sekundom između svakog starta. Visoka učestalost startovanja će pregrejati namotaje kompresorskog motora, a možda čak izazvati njegovo pregorevanje.

Preterano veliki kompresioni odnosi uništavaju kompresore zbog pritiska na klipu u vreme kada je on u donjem položaju, koji nastaju usled reekspanzije gasa koji se zadržao u luku cevi u gornjem položaju klipa. Od sile, kompresor se štiti uljem za podmazivanje delâ kolena na nosećoj površini, izazivajući habanje deformacijom u obliku jajeta. Jednom nastalo, ovo deformisanje će se nastaviti i može biti učestano čak i ako se odnos smanji. Drugi kritični zahtev za velike poluhermetičke kompresore je hladan usisni gas koji se vraća iz dela rashladnog postrojenja. Zbog toga što nema hladnog gasa, nema ni odvođenja toplote od pogonskog motora, tela kompresora, ulja rashladnog sredstva i sa zidova cilindra. Pošto se protok gasa i njegova gustina smanjuju, temperatura gasa na potisu raste. Kada temperatura na otvoru ventila dostigne 177°C, ulje u kompresoru će prestati da podmazuje klizne površine. Ulje ne zidovima cilindra će ispariti, proizvodeći ugljenik koji može ograničiti ceđenje u sistemu, izazivajući dalji pad pritiska. U ovim uslovima, kompresori za vrlo kratko vreme otkazuju.

Ovi prethodni događaji su mogući bez povećanja temperature rashladnog prostora, pa se temperaturni alarm ne mora oglasiti. Curenje rashladnog sredstva je učestano, ali kapacitet ekspanzionog ventila je smanjio dovod rashladnog sredstva u isparivače. Umesto da se cela površina isparivača upotrebi za odvođenje toplote pri —32°C temperature isparavanje (8 bara pritiska usisavanja), 50% razmenjivača toplote odvodi toplotu (pri —40°C temperature isparavanja). Termostat u hladnom prostoru drže solenoidne ventile otvorenim duže vreme i kompresori nastavljaju sa radom na nižem pritisku, većem kompresionom odnosu, višoj temperaturi (približno 177°C na potisu), bez odgovarajućeg podmazivanja.

Kada je isteklo dovoljno rashladnog sredstva da bi se pobudio alarm, problem će biti uočen. U nekim fazama se može oglasiti alarm. Vremenom, curenje je otkriveno pomoću ovih uređaja, otkrivena velika šteta i nastali troškovi nisu mali. Sigurno je da su se te velike štete mogle izbeći pravovremenim otkrivanjem curenja rashladnog sredstva.

Na temperaturu hlađenog prostora utiče količina curenja rashladnog sredstva u odnosu na termostat.

Rashladni sistem koji koristi presostat niskog pritiska za pokretanje kompresora uticaće veoma brzo na temperaturu hlađenog prostora.

Kada rashladno sredstvo iscuri, pritisak usisavanja opada sa svakim radnim ciklusom kom-

(Nastavak na 55. str.)

(Nastavak sa 30. str.)

presora. Što je recirkulacija rashladnog sredstva manja, temperatura hlađenog prostora je viša.

Rashladni sistem koji koristi termostat u hlađenom prostoru za regulisanje rada kompresora ili solenoidnog ventila u tečnom vodu, neće uticati na temperaturu dok ne dođe do znatnijeg gubitka rashladnog sredstva.

Preventivno održavanje

Danas je u upotrebi nekoliko tipova alarma za zaštitu gubitaka rashladnog sredstva:

1. Plutajući alarm prijemnika: ovaj tip upozorava kada tečnost u skupljaču padne do izvesne tačke. Pošto obično nivo tečnosti u rezervoarima prijemnika varira do 50 procenata, usled promena temperature okoline, kao i zahteva za toplotom odnosno potrebe za odmrzavanjem, potrebno je kašnjenje od 20 do 40 minuta, pre nego što se oglasi alarm koji štiti od lažnog alarma. U slučaju većeg gubitka rashladnog sredstva, ono će sve isteći do dolaska osoblja koje opslužuje.

2. Elektronski detektor curenja. Ova jedinica je osetljiva na okolni vazduh u uređaju i reaguje na prisustvo halogenog gasa. Vrlo je osetljiv. U slučajevima malog curenja rashladnog sredstva, servisno osoblje je suočeno sa višestruko zasebnim rashladnim sistemima, ne pokazujući malo punjenje rashladnog sredstva.

3. Presostat niskog pritiska. Ovaj alarm se aktivira kada pritisak opadne ispod normalno projektovanih temperaturnih zahteva u usisnom vodu, ukazujući na curenje rashladnog sredstva. On se aktivira i u manje kritičnim okolnostima, kao što su momentani prekid jednofaznog napajanja u ventilatorskom kolu isparivača, ili veliko opterećenje smrzavanja isparivača usled veće vlažnosti od normalne, ili začepljenja odvoda za otapanje isparivača, što dovodi do delimičnog zaleđivanje isparivača i tako smanjujući njegov učinak prenosa toplote.

4. Mikroprocesorski monitor u tečnom vodu. Punj tečni vod skreće svetlo koje emituje elektronsko vidno staklo. Sistem recirkulacije rashladnog sredstva je vidljiv i beleži maksimalno vreme svetlećeg gasa, a alarm se oglašava kada se normalno vreme svetlećeg gasa nadmaši znatnije. Alarm se može takođe upotrebiti i u pojedinačnim kompresorskim temperaturskim ciklusima. U ovakvoj pripremi, svetlost se mora prelomiti u elektronskom vidnom staklu najmanje jednu sekundu u vremenu u kome je kompresor u radnom ciklusu.