

Tekninen artikkeli

Retrofit- ja suuren lämpötilaliukuman kylmäaineet

Danfoss-julkaisu

Laatijat: Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager, John Broughton, Global Application Expert, Commercial Refrigeration, Rasmus Damgaard Poulsen, Specialist, Global Laboratory Technology, Ph.D. Chemistry, Thierry Legay, Application Excellence Manager.

Danfoss Cooling, syyskuu 2016

Tämä artikkelisarja sisältää yleistietoa ja ohjeita retrofit-kylmäaineista ja suuren lämpötilaliukuman kylmäaineista eri käyttötarkoituksissa.

Halusimme koota mahdollisimman yleisluontoisen artikkelisarjan, josta on hyötyä tulevina vuosina kylmä- ja ilmastointiteknikan alalla. Kaikki artikkeleissa mainitut tekniset esimerkit ovat suuntaa-antavia.

Danfossin valikoima sisältää useita tuotteita, joissa voi käyttää alhaisen GWP-arvon kylmäaineita. Näillä aineilla on pienempi vaikutus ilmaston lämpenemiseen. Uusimmat tiedot saat lähimmältä Danfoss-edustajalta.

Retrofit-käsitteellä tarkoitamme tässä vain aiemmin asennettuja järjestelmiä, joiden kylmäaine on vaihdettava uusien vaatimusten mukaiseen kylmäaineeseen. Retrofit-ratkaisuja tarvitaan näissä tilanteissa:

1. Kylmäaineen käyttö ei ole enää sallittu
2. Kylmäainetta ei ole enää saatavilla
3. Kokoonpanon kaikkien osien vaihtaminen uuteen tulee liian kalliiksi

Kannattaa silti muistaa, että retrofit-ratkaisua edullisemmat käyttökustannukset ja suurempi teho saavutetaan käyttämällä uutta järjestelmää, joka toimii ajanmukaisella alhaisen GWP-arvon kylmäaineella.

1. Pikatarkastus ennen retrofit-järjestelmän käyttöönottoa (Norbert Blatz)

Aina ennen vaihtoehtoisen kylmäaineen käyttöä on varmistettava, voiko järjestelmässä käyttää kyseistä kylmäainetta. Järjestelmä saattaa edellyttää muitakin muutoksia.

2. Kylmäaineen vaihtoon liittyvät retrofit-ratkaisut; Komponenttien kemikaalien yhteensopivuus (Rasmus Damgaard Poulsen)

Tämä artikkeli täydentää pikatarkastukseen liittyviä tietoja ja valaisee retrofit-vaihtoehtoja sekä komponentteihin ja materiaaleihin liittyviä vaatimuksia.

3. Kylmäaineen vaihtaminen järjestelmään – retrofit-prosessi (Norbert Blatz, Thierry Legay)

Selkeät vaiheittaiset ohjeet järjestelmän kylmäaineen vaihtoon. Esimerkki pienjärjestelmästä, joka voidaan siirtää monimutkaisempiin järjestelmiin.

4. Suuren lämpötilaliukuman kylmäaineiden käyttö retrofit-ratkaisuissa (Norbert Blatz, John Broughton)

Suurin osa retrofit-ratkaisuissa ja uusissa järjestelmissä käytettävistä kylmäaineista ovat seoksia, joilla on suhteellisen suuri lämpötilaliukuma. Artikkelissa kuvataan suuren lämpötilaliukuman kylmäaineiden käyttöä retrofit-ratkaisuissa, ja niiden vaikutusta järjestelmään. Asiaa pyritään valaisemaan käytännön esimerkein.

1. Pikatarkastus ennen retrofit-järjestelmän käyttöönottoa

Laatinut Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager

Kompressor:

- Voiko kompressoria käyttää uudella kylmäaineella?
- Tarkasta, minkä verran jäähdytysteho muuttuu.
- Pysykö sovelluksen käyttöalue samana? Tarkasta lämpötila- ja painerajat.
- Useimmiten öljy on vaihdettava uuteen.

Lauhdutin:

- Tarkasta, sopiiko lauhduttimen teho kompressorin uuteen tehoon. Suuren lämpötilaliukuman kylmäaineet vaativat suuremman pinta-alan, sillä niiden keskilämpötila ero on pienempi. Tämä saattaa lisätä lauhtumislämpötilaa.

Höyrystin:

- Tarkasta, vastaavatko jäähdytysteho ja ilman suhteellinen kosteus edelleen varastointivaatimuksia. Suuren lämpötilaliukuman kylmäaineita käytettäessä kosteutta voi poistua enemmän.

Venttiilit:

- Magneettiventtiilien ja muiden kumitiivisteillä varustettujen venttiilien tiivisteet on vaihdettava uusiin. Tiiviste turpoo, kun sen materiaaliin imeytyy öljyä/ kylmäainetta. Uusi öljy/kylmäaine huuhtelee aikaisemmin käytetyn väliaineen pois, jolloin tiiviyys heikkenee. Jonkin ajan päästä tiiviste alkaa vuotaa.

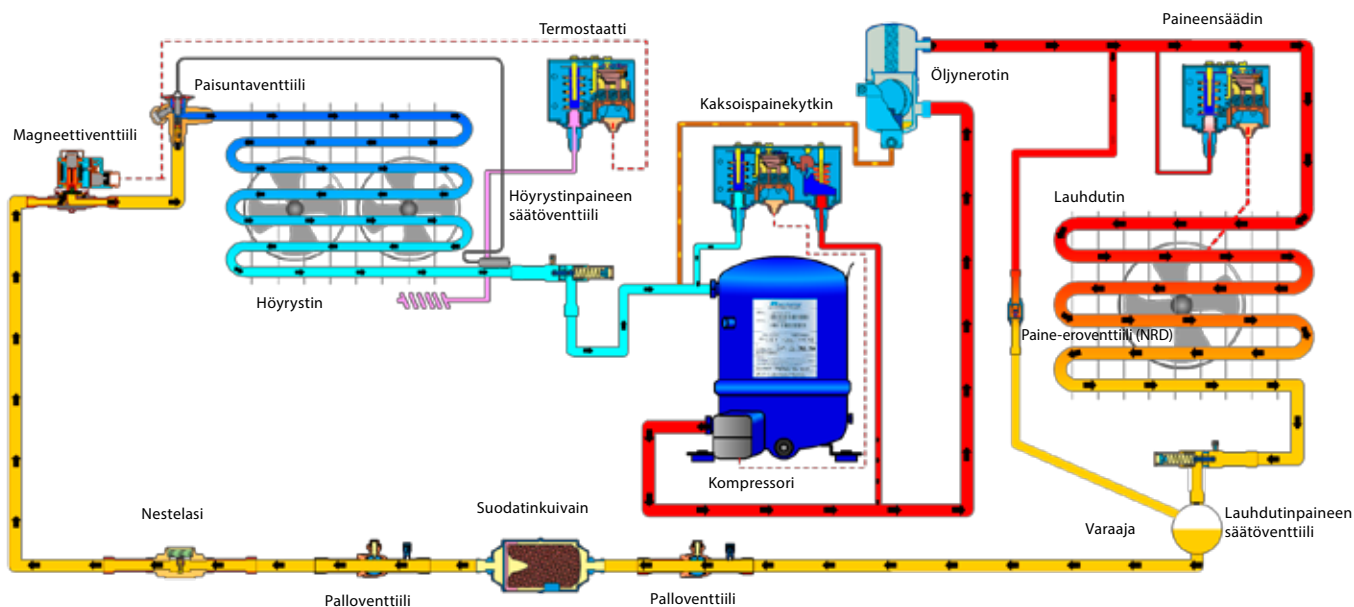
- Termostaattisia paisuntaventtiileitä tai venttiileitä, joiden termostaattiosan täytteenä on tiettyä kylmäainetta ei aina voi käyttää uudella kylmäaineella. Ensimmäiseksi voidaan verrata vanhan ja uuden kylmäaineen paine-lämpötilakäyriä. Jos venttiiliä voi säätää, ja toivottu järjestelmä-lämpötila poikkeaa korkeintaan 3 K:n verran, venttiiliin voi ehkä säätää uudelle kylmäaineelle. Epävarmoissa tilanteissa ota aina yhteys Danfossin asiantuntijaan.
- Muut säätöventtiilit, kuten paineensäätöventtiilit, voivat edellyttää uusia säätöjä. Tarkista, vastaavatko venttiilin asetusalue ja järjestelmän suurin sallittu käyttöpaine uuden kylmäaineen vaatimuksia.

Putkisto:

- Tarkista putkien mitoitus. Uudella kylmäaineella voi olla eri tiheys ja entalpia (lämmönsiirto). Vanhan putkiston käyttäminen johtaa eri virtausnopeuteen ja painehäviöön. Imuputki ja öljyn palautumien voi olla kriittinen piste!

Säädin:

- Tarkista, tarvitseeko säätölaitteiden asetuksia muuttaa. Tulistuksen säätimen asetuksen on pysyttävä ennallaan myös uutta kylmäainetta käytettäessä. Uusi kylmäaine saattaa edellyttää myös muiden lämpötila- ja paineasetusten mukauttamista.



2. Kylmäaineen vaihtoon liittyvät retrofit-ratkaisut; Komponenttien kemiallinen yhteensopivuus

Laatinut Rasmus Damgaard Poulsen, Specialist, Global Laboratory Technology, Ph.D. Chemistry

Jäähdytysjärjestelmien retrofit-ratkaisuilla tarkoitetaan tässä yhteydessä käytössä olevan järjestelmän kylmäaineen tai öljyn vaihtamista. Tiedossa on, että kylmäaineen vaihto vaikuttaa lähinnä tiivisteiden yhteensopivuuteen ja yksittäisten järjestelmien asetuksiin (esim. paisuntalaitteiden ja muiden järjestelmässä käytettävien nimellismitoitettujen komponenttien asetuksiin). Yhteensopimattomuus voi johtaa tiivisteiden vuotoon tai järjestelmän toimintahäiriöihin. Tässä artikkelissa keskitytään materiaalien yhteensopivuusongelmiin, joita jäähdytysjärjestelmien retrofit-komponenttien käyttö voi aiheuttaa. Emme käsittele kompressoriin liittyviä ongelmia tai uudesta termodynaamisesta datasta johtuvia tehon ja hyötysuhteen muutoksia. Tässä artikkelissa ei puhuta myöskään toimintojen muutoksista, kuten paisuntalaitteiden tulistuksen säädöstä eikä sekoittuvuudesta kosteuteen.

Yhteensopivuus on ongelma, sillä yhden kylmäaine/öljyseoksen vaihtaminen toiseen muuttaa kemiallisia

ominaisuuksia ja sen myötä tiivisteiden suorituskykyä merkittävästi. Tämä puolestaan johtaa vuotoihin ja Danfossin komponenttien toimintahäiriöihin. Tekniseltä kannalta riskejä ovat pääasiassa tavallisten ei-dynaamisten tiivistekomponenttien tilavuusmuutokset ja puristusongelmat. Niissä esiintyy myös muita ongelmia, kuten kovuutta, tahmeutta ja venymistä, eivätkä tiivisteet välttämättä toimi oikein maksimi- ja minimilämpötiloissa.

Riskit ovat tiedossa. Siksi tiivisteiden ja retrofit-kylmäaineiden valmistajat kehottavatkin vaihtamaan kaikki tiivisteet, jos järjestelmän kylmäainetta vaihdetaan. Sekin tiedetään, että erityyppiset öljyt voivat muuttaa kylmäjärjestelmien tiivistemateriaalien ominaisuuksia eri tavoin. Retrofit-ratkaisujen yleinen ongelma on se, että hiukkaset ja jäämät voivat erottua järjestelmästä kylmäaineen vaihdoksen takia, kun ne aiemmin pysyivät järjestelmässä. Ne voivat liata järjestelmää tai aiheuttaa mekaanisia ongelmia.

Erityyppisiä retrofit-ratkaisuja on kolme, ja niihin liittyy erilaisia yhteensopivuusongelmia:

Retrofit-tyyppi	Kylmäaineen tyyppi	Öljyn tyyppi	Ominaisuuksiin liittyvää taustatietoa	Riskitaso
1	HFC --> HFC/HFO	POE --> POE PVE --> PVE	Aiemmin käytetyn ja retrofit-kylmäaineen kemikaalien ominaisuudet ovat samankaltaiset	Hyvin pieni
2	HCFC --> HFC/HFO	MO --> MO AB --> AB	Aiemmin käytetyn ja retrofit-kylmäaineen kemialliset ominaisuudet ovat erilaiset	Pieni
2	HCFC --> HFC/HFO	MO --> POE/ PVE AB --> POE/PVE	Aiemmin käytetyn ja retrofit-kylmäaineen kemiallinen yhteensopivuus tiivisteisiin on erilainen. Ominaisuudet saattavat vaihtua myös öljyn vaihdon myötä.	Suuri

Tärkeää: Edellä mainittu riskitaso on voimassa vain, kun kaikki tiivisteet on vaihdettu. Yksityiskohtainen riskiarviointi laaditaan myöhemmin.
Tärkeää: Nimet: Osittain halogenoitu kloorifluorihiihivety (HCFC); fluorihiihivety (HFC); hydrofluoro-olefiini (HFO), polyolesteri (POE); polyvinyylieetteri (PVE); mineraaliöljy (MO); alkylibentseeni (AB)

Kylmäaineen vaihtoon liittyvät retrofit-ratkaisut; Komponenttien kemiallinen yhteensopivuus (jatkuu)

Retrofit-tyyppi 1

Kylmäaine vaihdetaan yhteensopivuusominaisuuksiltaan vastaavaan kylmäaineeseen, eikä öljytyyppi vaihdu

- Kylmäaineen vaihto ei muuta tiivistemateriaalin ominaisuuksia, joten suuria riskejä ei koidu.
- Kylmäaineena käytetty HFC-yhdiste voi vaihtua HFC/HFO-yhdisteeksi, mutta järjestelmässä käytetään edelleen POE-öljyä. Riskit pysyvät alhaisina, jos lämpötila- ja painearvot pysyvät samankaltaisina.
- Tiivisteiden vaihdon jälkeen riski on pieni, sillä kylmäaine poistetaan kokonaan. Jos järjestelmään jää öljyä, se reagoi uuden retrofit-öljyn kaltaisesti, jollei vanha öljy ole krakkautunut tai vioittunut vanhassa järjestelmässä.
- Aiemman kokemuksen perusteella voidaan todeta, että komplikaatioiden riski on erittäin pieni.

Retrofit-tyyppi 2

Kylmäaine vaihdetaan yhteensopivuusominaisuuksiltaan erilaiseen kylmäaineeseen, eikä öljytyyppi vaihdu

- Kylmäaineen vaihto voi aiheuttaa ongelmia kaasun poistuksessa (muodonmuutos) tai turpoamisongelmia.
- HCFC-kylmäaine voi vaihtua HFC/HFO-yhdisteeksi, mutta retrofit-järjestelmässä käytetään edelleen mineraaliöljyä. Riskit pysyvät pieninä, jos lämpötila- ja painearvot pysyvät samankaltaisina.
- Suurin ongelma on se, että tällä hetkellä käytössä olevat tiivisteet sisältävät paljon pehmentimiä, jotka alkuperäinen kylmäaine on voinut huuhdella pois. Retrofit-kylmäaineen yhteydessä tilanne voi olla päinvastainen. Toimintahäiriön tai vuodon riski johtuu siitä, että retrofit-kylmäaine ei kykene ylläpitämään järjestelmän kemiallisia ominaisuuksia täysin samalla tavalla kuin aiemmin käytetty kylmäaine.
- Tiivisteiden vaihdon jälkeen riski on pieni, sillä kylmäaine poistetaan kokonaan. Jos järjestelmään jää öljyä, se reagoi uuden retrofit-öljyn kaltaisesti, jollei vanha öljy ole krakkautunut tai vioittunut vanhassa järjestelmässä.
- Aiemman kokemuksen perusteella voidaan todeta, että komplikaatioiden riski on pieni.

Retrofit-tyyppi 3

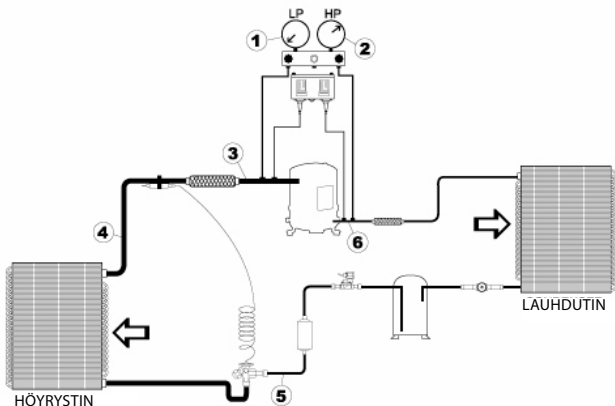
Sekä kylmäaine että öljyn tyyppi vaihdetaan, molemmilla on erilaiset ominaisuudet

- Vaihto muuttaa tiivistemateriaalin ominaisuuksia, joten se aiheuttaa suuria riskejä.
- Kylmäaineena käytetty HCFC-yhdiste voi vaihtua HFC/HFO-yhdisteeksi, ja mineraaliöljy vaihtuu POE-öljyksi. Riskit ovat suuret, varsinkin jos lämpötila- ja painearvot eivät vastaa toisiaan.
- Tiivisteiden vaihdon jälkeen on vain pieniä, kylmäaineeseen liittyviä riskejä, jos kylmäaine poistetaan kokonaan.
- Soveltumattomuusongelmia voi aiheutua, jos järjestelmässä on kahta öljyä, joilla on erilainen yhteensopivuus tiivistemateriaaliin. Vaikka järjestelmä olisikin kemiallisilta ominaisuuksiltaan sopiva HFC/HFO-kylmäaineelle ja POE-öljylle, järjestelmässä oleva mineraaliöljy voi muuttaa tiivistemateriaalien yhteensopivuutta muulla tavalla, mikä puolestaan johtaa vuotoihin ja toimintahäiriöihin. Tässä tilanteessa on otettava huomioon myös termostaattinen paisuntaventtiili, kosteusindikaattori ja kosteudenpoistaja, sillä sekoittumaton öljy voi muuttaa mekaanisia ja kemiallisia ominaisuuksia.
- Jos tiivisteet ja kylmäaine vaihdetaan edellä mainitun kuvauksen mukaisesti, suurin riski on öljytyypin vaihto. Jos öljy voidaan vaihtaa täysin (100 %), riski laskee retrofit-tyypin 2 tasolle. Käytännössä öljyä voi kuitenkin vain erittäin harvoin vaihtaa kokonaan. Tietyillä ennakkotoimilla, kuten öljynpalautusjärjestelmän tehostamisella voidaan vähentää sitä riskiä, että öljyseos kiertää koko järjestelmän läpi. Nämä toimet ovat kuitenkin järjestelmäkohtaisia, eikä niitä tunneta täysin.
- Osa retrofit-kylmäaineista sisältää hiilivetyjä, joihin mineraaliöljy sekoittuu. Teoriassa mineraaliöljyn pitäisi pystyä kiertämään järjestelmässä.
- Komplikaatioiden riski on suuri, koska on useita skenaarioita koneistoon jääneestä vanhasta öljystä ja retrofit-kylmäaineesta. Aiemmaa tietoa ei ole saatavana. Riskitasoa nostavat myös järjestelmän asetuksiin tehtävät muutokset, kuten lämpötilan ja paineen säätö.

3. Kylmäaineen vaihtaminen järjestelmään – retrofit-prosessi

Laatineet Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager ja Thierry Legay, Application Excellence Manager

1. vaihe – Tarkista toimintaparametrit



Mittaa:

1. Kompressorin imupaine
2. Kompressorin painepuolen paine

Mittaa:

3. Kompressorin imulämpötila (esim. kokonaistulustus)
4. Höyrystimen imulämpötila (esim. höyrystimen tulistus)
5. Nestelämpötila paisuntaventtiin tuloaukossa (esim. nesteen alijäähdytys)
6. Kompressorin painepuolen lämpötila

Mittaa:

7. Virtalähteen jännite ja virta
8. Tarkista kylmäaineen virtaus höyrystimeen kaikissa jakoputkissa (tarkista huolellisesti, onko lika tai liete tukkinut putket).

Tärkeää:

- ♦ Turvaluokkien A2, A2L ja A3 palavilla kylmäaineilla täytettyjä koneistoja tulee huoltaa ja ylläpitää noudattaen hyvää kylmäalan käytäntöä ottaen huomioon muutamat työkaluja, varusteita ja menetelmiä koskevat muutokset. Palavilla kylmäaineilla toimivien koneistojen kanssa työskentelevien henkilöiden tulee olla tarkoituksenmukaisesti koulutettu.
- ♦ Työkalujen tulee kuulua ATEX luokkaan 2 tai niiden sopivuus palavien kylmäaineiden kanssa tulee olla testattu.
- ♦ Työalue pitää olla hyvin tuuletettu ja syttymislähteitä ei saa olla 3 m lähempänä koneistosta. Jauho- tai CO₂ sammutin tulee olla saatavilla.
- ♦ Ennen avaamista tulee palava kylmäaine poistaa koneistosta täysin ja koneisto tulee huuhdella typpellä.

2. vaihe – Poista kylmäainetäytös

Käytä kylmäaineen poistoon tarkoitettuja laitteita.



- Sulje nestevaraajan sulkuventtiili tai se nesteputken komponentti, jota käytetään tyhjäksi pumppaukseen.
- Anna järjestelmän käydä, kunnes paine kytkin katkaisee kompressorin.
- Katkaise virta pääkatkaisijasta.
- Eristä (jos mahdollista) kompressorin KP-puoli järjestelmästä sulkemalla painepuolen Rotolock-venttiili.
- Poista kylmäaine järjestelmän KP-puolen liitännästä tai nesteputken venttiilistä.
- Kun olet laskenut KP-puolen kylmäaineen sille varattuun säiliöön, avaa MP-puolen eristeosa.
- Kirjoita muistiin talteenotetun kylmäaineen paino.

Kylmäaineen vaihtaminen järjestelmään – retrofit-prosessi (jatkuu)

3. vaihe – Tyhjennä öljy kompressorista



Danfossin Maneurop®-mäntäkompressorit



Danfossin suurikokoiset scroll-kompressorit

Öljyn tyhjennysputki

- Avaa imuliitäntä tai nestelasin aukko (jos asennettu).
- Käännä kompressorit hitaasti vaakasuoraan ja tyhjennä öljy astiaan kompressorin imuliitännästä tai nestelasin aukosta.
- Tärkeää: Suurikokoisissa scroll-kompressoreissa on valmiina öljyn tyhjennysputki, joten nämä kompressorit voivat olla pystysuorassa voiteluaineen tyhjennyksen ajan. Tässä tapauksessa paineista kompressorin matalapainepuoli (kuivalla tyypellä).
- Ota tarvittaessa öljynäyte analysointia varten (toimintakunnon tarkastaminen).
- Ennen kuin asennat kompressorin takaisin ja kiinnität nestelasin, vaihda tiivisteet uusiin (imu- ja painepuolen liitännän tiivisteet sekä nestelasin tiiviste). Tarkista vanhan voiteluaineen happopitoisuus happopitoisuuden testisarjalla.
- Asenna uusi suodatinkuivain. Jos testi ilmoittaa, että voiteluaine sisältää happoa, asenna järjestelmään DAS- tai DCR-DA-palamisjättesuodatin. Poista palamisjättesuodatin järjestelmästä muutaman päivän kuluttua, kun järjestelmän happopitoisuus on nolla.

Tärkeää:

Järjestelmään voi jäädä pieni määrä öljyä (putkiin, lämmönvaihtimeen jne.). Sitä ei voi poistaa kokonaan tässä prosessissa. Vanhan öljyn määrän vähentämiseksi suosittelemme vaihtamaan öljyn uudelleen muutaman käyttöpäivän kuluttua.

4. vaihe – Voiteluaine: täyttöohjeet

Seuraavissa ohjeissa kuvataan voiteluaineen lisääminen järjestelmään asennettuihin kompressoreihin.

1. Ensimmäiset vaiheet ja tarvittavat laitteet



- Pumppaa kompressorin MP-puoli tavalliseen ilmanpaineeseen. Toimi varovasti. Älä pumpppaa tyhjiöön saakka, jotta ilma ja kosteus eivät pääse kompressorin sisälle täytön aikana.
- Käytä uutta, avaamatonta voiteluainekanisteria ja käsikäyttöistä öljypumppua. Pumpun letku on mitoitettava ¼ tuuman laippaliittimelle, ja letkun päässä on oltava venttiilipuristin, joka avaa kompressorin Schrader-huoltoliitännässä olevan venttiilin.
- Hyväksytty voiteluainetyyppi on merkitty kompressorin tyyppikilpeen. Tarkista, että öljykanisterissa oleva öljy vastaa kompressorin tyyppikilvessä annettua voiteluainetyyppiä.

2. Pumpun ja letkun ilmaus



- Aseta – puhdas – käsipumppu (kuvassa) öljykanisteriin viime hetkellä ja nopeasti niin, että kanisterin kansi on auki vain lyhyen hetken (käyttämällä liitinsovitinta estät voiteluaineen altistumisen ympäristön ilmalle).

Kylmäaineen vaihtaminen järjestelmään – retrofit-prosessi (jatkuu)

- Tyhjennä pumpusta ja letkusta kaikki ilma muutamalla pumpun painalluksella. Pumpun ilmaus on tärkeää. Se huuhtelee letkuun edellisellä käyttökerralla jääneen kosteuspitöisen voiteluaineen.
- Liitä letku kompressorin Schrader-liitäntään heti ilmauksen jälkeen, jotta sinne ei pääse kosteutta.

3. Voiteluaineen pumppaus kompressoriin



- Pumppaa kompressoriin arvioimasi määrä voiteluainetta tai kunnes nestelasissa näkyy oikea voiteluainemäärä.

Tärkeää: Jos kompressorissa ei ole nestelasia, ja siitä on hävinnyt liikaa voiteluainetta, öljymäärää ei voi mitata tai havaita. Oikean määrän voi tarkistaa vain tyhjentämällä kompressorin ja täyttämällä siihen uutta voiteluainetta. Tässä tapauksessa irrota kompressori ensin kokoonpanosta.

Muut suositukset

- Kun öljyä on lisätty, anna kompressorin käydä täydellä teholla 20 minuuttia. Tarkista sitten öljymäärä nestelasista. Nestemäärän on oltava merkintöjen ¼–¾ välissä.
- Älä lisää liikaa öljyä. Liika öljy voi aiheuttaa seuraavia vikoja:
 - Öljyruisku voi aiheuttaa venttiili- tai mäntävikoja tai vioittaa scroll-kompressoria
 - Öljyä poistuu liikaa
 - Höyrystimen teho heikkenee järjestelmän matalapaine puolelle kertyvän öljyn takia

5. vaihe – Tyhjiöpumppaus ja kuivaus

Kun retrofit-järjestelmän komponentit (esim. suodatinkuivain, paisuntaventtiili jne.) on vaihdettu ja kompressori asennettu uudelleen, jäähdytyspiiri on tyhjennettävä kokonaan.

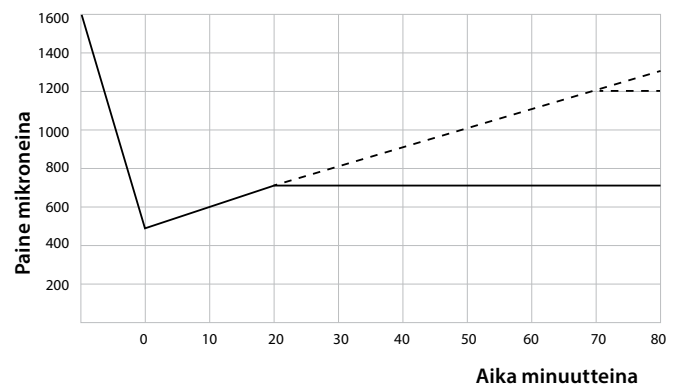
Tässä osassa kerrotaan parhaista menetelmistä järjestelmän tyhjiöpumppaukseen ja kuivaukseen. Jäähdytyspiirin kosteuspitöisyyttä on hankala mitata. Näitä ohjeita noudattamalla saavutetaan turvallinen ja hyväksyttävä kosteuspitöisyys ennen kokoonpanon käyttöönottoa.

Kosteus hankaloittaa kompressorin ja kylmäjärjestelmän toimintaa. Ilma ja kosteus lyhentävät käyttöikä ja lisäävät lauhtumispainetta. Ne korottavat lauhtumispainetta ja -lämpötilan erittäin korkealle tasolle, mikä voi tuhota öljyn voiteluominaisuudet.

Ilma ja kosteus lisäävät myös happojen muodostumisen vaaraa, ja hapot aiheuttavat kuparitoimista ja vaurioittavat moottorin käämieristystä. Nämä ilmiöt voivat aiheuttaa mekaanisia ja sähköisiä kompressorivikoja. Ennakoivana toimenpiteenä suosittelemme tyhjiöpumppausta alla olevien ohjeiden mukaisesti.

Ohjeet

Kompressori on eristettävä järjestelmästä aina, kun se on mahdollista (jos sulkuventtiilejä on). Tyhjiöpumppu on ehdottomasti kytkettävä sekä MP- että KP-puolelle, jotta järjestelmään ei jäisi "kuolleita" osia.



1. Vuodonhaun jälkeen,
2. Tyhjennä jäähdytyspiiri, kunnes absoluuttinen paine on 500 $\mu\text{m Hg}$ (0,67 mbar).
3. Kun absoluuttinen paine on 500 $\mu\text{m Hg}$, piiri on erotettava pumpusta.
4. Odota 30 minuuttia.
5. Jos paine nousee nopeasti, piiri ei ole vuototiivis. Etsi vuotokohtat ja korjaa ne. Aloita uudelleen 1. vaiheesta.
6. Jos paine nousee hitaasti, piirissä on kosteutta. Riko tyhjiöinti typpikaasulla ja toista vaiheet 2, 3 ja 4.

Kylmäaineen vaihtaminen järjestelmään – retrofit-prosessi (jatkuu)

Kompressori, jossa on sulkuventtiilit

7. Kytke kompressori järjestelmään avaamalla venttiilit.
8. Toista vaiheet 2, 3 ja 4 (ja tarvittaessa 5 sekä 6)
9. Riko tyhjiöinti typpikaasulla
10. Toista vaiheet 2, 3 ja 4 koko piirissä

Kompressori, jossa ei ole sulkuventtiileitä

7. Riko tyhjiöinti typpikaasulla
8. Toista vaiheet 2, 3 ja 4 (ja tarvittaessa 5 sekä 6)

Alipaineen on oltava enintään 500 µm Hg (0,67 mbar), ja sitä on pidettävä yllä neljän tunnin ajan. Tällä taataan, että piiri on tiivis ja täysin kuiva. Paine on mitattava koneistosta, ei tyhjiöpumpun painemittarista.

Tyhjöpumppu

Huuhteluventtiilillä varustettua kaksivaiheista tyhjiöpumppua (0,04 mbar tyhjiö käyttämättömänä) käytetään teholla, joka vastaa järjestelmän tilavuutta. Suosittelemme käyttämään suuren halkaisijan liitosputkia ja kytkemään putket sulkuventtiileihin, ei kompressorin Schrader-liitäntään. Tämä estää liian suuret painehäviöt.

Kosteustaso

Järjestelmän kosteuspitoisuus saa olla korkeintaan 100 ppm käyttöönottohetkellä. Käytön aikana suodatinkuivain pitää kosteuspitoisuuden tasolla 20–50 ppm.

Muistettavaa

- Järjestelmän/piirin ensimmäisen tyhjennyksen aikana alle 500 µm Hg:n laskeva paine lisää jäämiseriskiä, jos järjestelmässä on kosteutta (pieniin taskuihin jäävä nestemäinen kosteus jäätyy eikä haihdu). Alhainen paine voidaan virheellisesti tulkita myös niin, että järjestelmässä ei ole kosteutta, vaikka jäätä olisikin. Tämä on suuri riski, jos käytössä on suhteellisen suuri tyhjiöpumppu, mutta piirin kylmäainemäärä on pieni. Yksi tyhjiöpumpun tyhjennyspumppaus 0,33 mbar (250 µm Hg) alipaineeseen ei takaa riittävän alhaista kosteustasoa.
- Alhainen laitteen ympäristön lämpötila – alle 10 °C – haittaa kosteudenpoistoa.
- Ennakoi tilanne ja kytke virta kompressorin kampikammion lämmittimeen.
- Edellä mainittu toimenpide on ehdottoman tärkeä, jos käytössä on HFC-kylmäaine ja polyoliesteripohjainen öljy. Aiemmin käytetyn HCFC-yhdisteen (R22) tai CFC:n sekä mineraaliöljyn yhteydessä toimenpide ei ole ollut yhtä olennainen.

Varoitus

Älä käytä megaohmimittaria tai kytke kompressoriin virtaa, kun järjestelmässä on alipaine. Moottorin kääntäminen voi vaurioitua. Kompressoria ei saa koskaan käyttää alipaineella, sillä se voi rikkoa kompressorin moottorin.

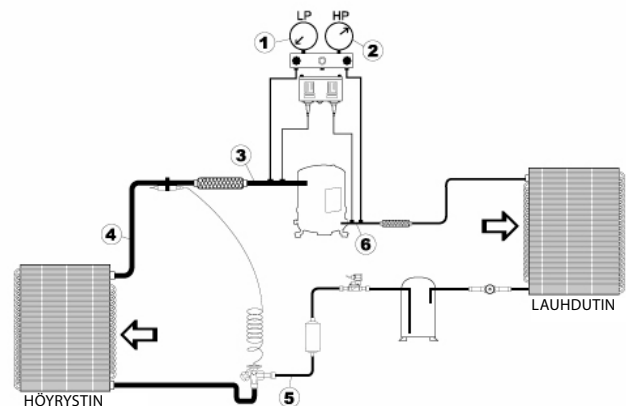
6. vaihe – Kylmäaineen täyttäminen

Tsetrooppiset ja lähes atsetrooppiset kylmäaineseokset, kuten R407C ja R404A on aina täytettävä nestemäisinä. Ennen ensimmäistä täyttökertaa kompressori on pysäytettävä ja huoltoventtiilit on suljettava. Täytä kylmäainetta mahdollisimman lähelle nimellistä täyttömäärää ennen kompressorin käynnistystä. Lisää sitten nestemäistä kylmäainetta matalapainepuolelta, mahdollisimman kaukana käynnissä olevasta kompressorista.

Varoitus

- Jos nesteputken magneettiventtiiliä käytetään, matalapainepuolen alipaine on purettava ennen kuin järjestelmään kytketään virta.
- Kylmäainetäytöksen määrän on sovellettava sekä talvi- että kesäkäyttöön. Tarkista kylmäaineen täyttöraajat kompressorin käyttöohjeen kohdasta, jossa kerrotaan nestemäisen kylmäaineen säädöstä ja täyttörajoista.

7. vaihe – Tarkistukset käynnistyksen jälkeen



Mittaa ja kirjoita muistiin:

1. Kompressorin imupaine
2. Kompressorin korkeapaine
3. Kompressorin imuhöyryn lämpötila (kokonaistulistus)
4. Höyrystimeltä lähtevän höyryn lämpötila (tulistus höyrystimellä)
5. Paisuntaventtiilille tulevan nesteen lämpötila (nesteen alijäähtyminen)
6. Kompressorilta lähtevän kuumakaasun lämpötila

Tarkista, ovatko mittaustiedot arvioidulla/hyväksytyllä alueella ja järjestelmän komponenttien käyttöalueella

Suuren lämpötilaliukuman kylmäaineiden käyttöön liittyy muutamia erikoispiirteitä. Seuraavassa artikkelissa kuvataan näitä vaikutuksia ja annetaan toimintaohjeita:

4. Suuren lämpötilaliukuman kylmäaineiden käyttö retrofit-ratkaisuissa

Laatineet Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager ja John Broughton, Global Application Expert, Commercial Refrigeration

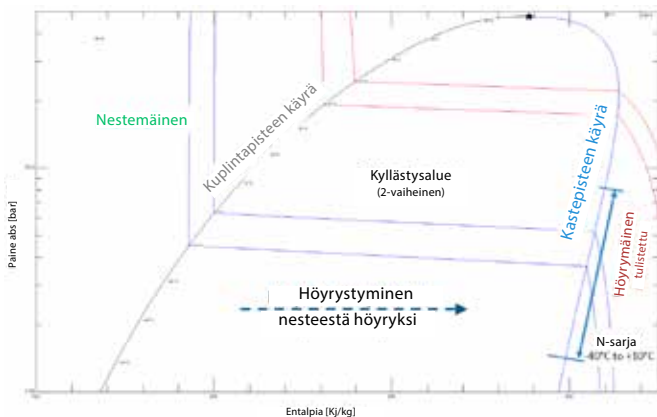
F-kaasuasetuksen vuoksi markkinoille on tuotu ja tullaan tuomaan uusia synteettisiä kylmäaineita, joilla on pienempi GWP-arvo. Useimmat uusista seoksista ovat tseotrooppisia seoksia, joilla on suuri lämpötilaliukuma.

Niiden erot verrattuna atseotrooppisiin (ei lämpötilaliukumaa) kylmäaineisiin näkyvät selkeästi log(p)/h- ja p/t-kaavioissa.

Kylmäaineen eri olotilat on merkitty log(p)/h-kaavioon. Entalpia näkyy x-akselilta, ja y-akseli kuvaa painetta, useimmiten logaritmisella asteikolla. Siirryttäessä vasemmalta oikealle, neste alkaa höyrystyä ylittäessään kuplintapisteen (bubble point) päätyen kyllästysalueelle. Kyllästysvaiheessa seos esiintyy sekä nestemäisenä että höyrynä. Mitä enemmän (lämpö) energiaa lisätään, sitä enemmän nestettä höyrystyy, kunnes kastepisteessä (dew point) neste on höyrystynyt kokonaan. Kastepisteen ohitettuaan höyry tulistuu.

Tulistusarvo saadaan mittaamalla samassa paineessa kastepisteen lämpötilan ja tulistetun höyryn lämpötilan välinen ero, esim. kuivahöyrysteisen höyrystimen ulostulossa. Esimerkissä on käytetty Danfossin N-sarjan termostaattista paisuntaventtiiliä.

Kaavio 1

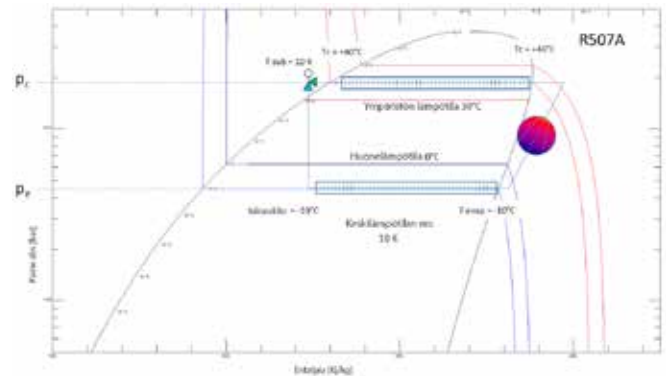


Kyllästysalueen lämpötila riippuu suoraan paineesta. Jos käytetään ns. puhtaita kylmäaineita (kuten R134a:n) ja atseotrooppisia seoksia, lämpötila pysyy samana höyrystymisprosessin ajan. Suuren lämpötilaliukuman seokset = tseotrooppiset seokset, joiden lämpötila vaihtelee merkittävästi höyrystymis- tai lauhtumisprosessin aikana vaikka paine pysyy vakiona.

Suuri lämpötilaliukuma johtuu – yksinkertaistetusti – siitä, että seoksen alimman höyrystymislämpötilan omaava kylmäaine höyrystyy ensin, ja korkeimman höyrystymislämpötilan kylmäaine höyrystyy viimeisenä. Liukuman vaikutusta havainnollistetaan yksinkertaistettuun log(p)/h-kaavioon merkityllä kuivahöyrysteisellä prosessilla. Lämmönvaihtimen lämpötilaero on 10 K suhteessa sekä ympäristön lämpötilaan että kylmähuoneen lämpötilaan.

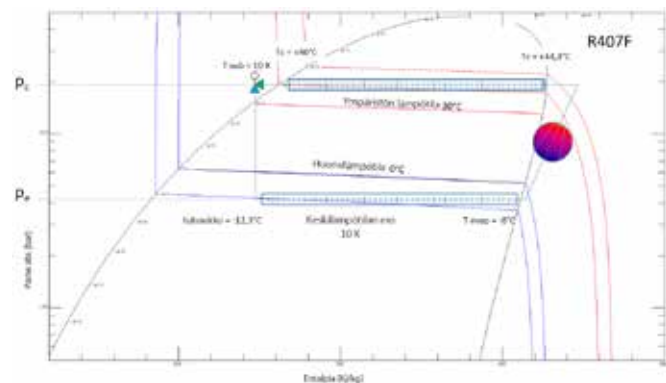
Esimerkkinä kylmäaine, jolla ei ole lämpötilaliukumaa, atseotrooppinen seos, R507A: Lauhtumislämpötila ja höyrystymislämpötila pysyvät samana, kun paine ei muutu.
 p_c = lauhtumispaine ja p_e = höyrystymispaine

Kaavio 2



Sama järjestelmä, mutta kylmäaineena on nyt tseotooppinen R407F: Lämpötilaeroksi saadaan 10 K, kun höyrystymislämpötila muuttuu tuloaukon -12,3 °C:sta -8 °C:n kastepisteeseen.

Kaavio 3



Seuraava artikkeli käsittelee höyrystymislämpötilan muutosta, ja kuinka se vaikuttaa lämmönvaihtimeen ja paisuntalaitteeseen.

Suuren lämpötilaliukuman kylmäaineiden käyttö retrofit-ratkaisuissa (jatkuu)

Suuren lämpötilaliukuman kylmäaineen vaikutukset sovellukseen

Lämpötilan muutoksen myötä myös ilman ja lämmönvaihtimen välinen lämpötila muuttuu. Se on otettava huomioon lämmönvaihtimen mitoituksessa.

Lauhdutin:

Ilman ja lauhduttimen keskilämpötilan välinen ero on alhaisempi, ja siksi tarvitaan suurempi lauhdutin. Retrofit-ratkaisuissa lauhtumislämpötila voi nousta, jos kompressorin teho ei muutu.

Höyrystin:

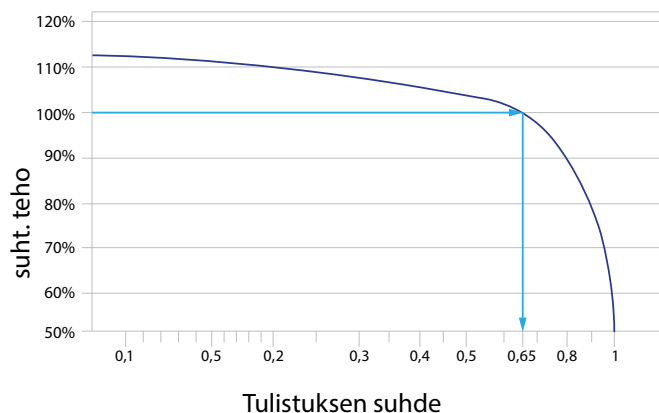
Keskilämpötila nousee ja lisää tehoa. On kuitenkin otettava huomioon kaksi kriittistä tekijää: paisuntalaite ja kosteudenpoistonopeuden muutos.

Tarkastelemme ensin tulistuksen ja lämmönvaihtimen tehon välistä suhdetta.

Tulistuksen säätö:

Perinteisen lamellilämmönsiirtimen teho perustuu tulevan ilman lämpötilaan, DT1:een ja tulistusarvoon. DT1 on tulevan ilman ja höyrystyslämpötilan (kastepiste) välinen lämpötilaero. Esim. tuleva ilma = 0 °C, höyrystyslämpötila (kastepiste) = -10 °C → DT1 = 10 K.

Kaavio 4



Jos höyrystimen tehoksi halutaan 100 %, tulistusarvon on oltava DT1 x tulistuksen suhde: 10 K x 0,65 = 6,5 K. Säädon kannalta 0,65 on lähes optimaalinen arvo. Se on höyrystimen tavoitearvo myös standardin EN 328 mukaan. Kaaviossa 4 näkyy, että jo pienikin tämän arvon nousu (suurempi tulistus) voi heikentää höyrystimen suhteellista tehoa.

Toisaalta pienempi tulistusarvo nostaa suhteellista tehoa vain rajallisesti.

Höyrystimellä on eri tulistusarvot kaavioissa 2 ja 3.

Höyrystimen keskilämpötilan ero kaaviossa 2 ja 3 pysyy samana. R407F-kylmäaineen lämpötilaliukuman takia tulistuksen tavoitearvo on pienempi kaaviossa 3. Se johtuu höyrystyslämpötilasta (kastepiste), joka on -8,1 °C:n lämpötilassa 2 K korkeampi kuin R507A:lla kaaviossa 2. $DT1 = 0\text{ °C} - (-8,1\text{ °C}) = 8,1\text{ K}$. Tulistuksen tavoitearvo = $8,1\text{ K} \times 0,65 = 5,3\text{ K}$.

Suuren lämpötilaliukuman kylmäaineet ja paisuntaventtiilit

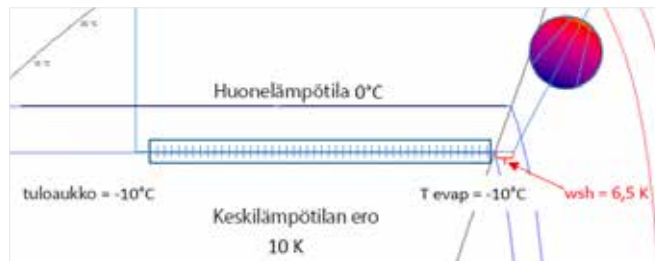
Paisuntalaitteet säätelevät höyrystimen ulostulon tulistusta paineen ja lämpötilan avulla.

Tulistuksen säädössä voi käyttää apuna vain kastepisteen käyrää (100 % höyrystynyt).

Paisuntaventtiilin termostaatti täyttyy väliaineella, joka pitää lämpötilaeron lähes samana laajalla lämpötila-alueella (esim. Danfossin N-sarja: -40 °C...+10 °C). Tulistus voidaan määrittää kastepisteen avulla.

Kaavion 2 esimerkissä R507A:n tulistusarvon on oltava 6,5 K, jotta höyrystin toimii 100 %:n teholla. Tämä johtuu siitä, että keskilämpötilan ero on 10 K.

Ote kaaviossa 2



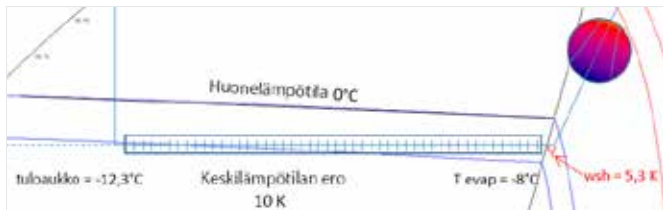
Suuren lämpötilaliukuman kylmäaineiden käyttö retrofit-ratkaisuissa (jatkuu)

Miksi termostaattisen paisuntaventtiilin tulistuksen säätö voi olla tarpeen?

1. Liukumasta johtuen:

Kaaviosta 3 käy ilmi, että R407F:n lämpötilaliukuman takia kastepisteen lämpötila on noin $-8,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja sama höyrystin edellyttää $5,3\text{ K}$:n tulistusarvoa toimiakseen 100% :n teholla myös, kun keskilämpötilan ero on 10 K .

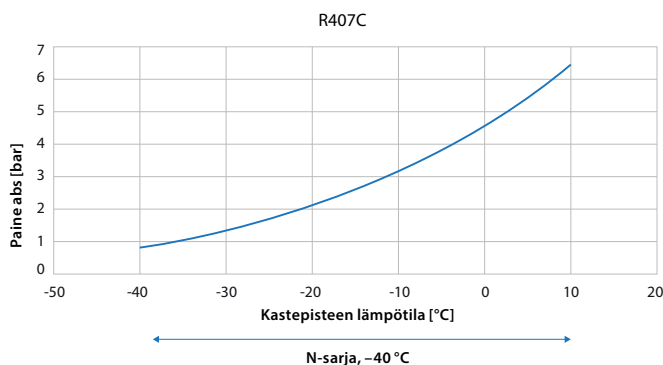
Ote kaaviosta 3



2. Retrofit-ratkaisuun ei välttämättä löydy termostaattista paisuntaventtiiliä, jonka täytös on sopiva:

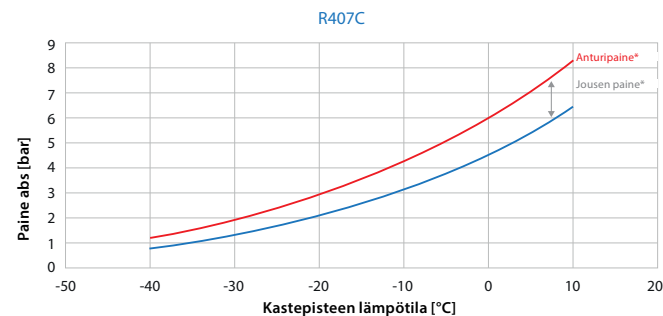
Tässä on kaaviosta 1 tuttu kastepisteen käyrä, mutta muunneltuna tutuksi paine-lämpötilakäyräksi:

Kaavio 5



Venttiilin avaamiseen tarvittavaa anturin tavoitelämpötilaa (tulistettu) nostetaan asentamalla jousi, joka toimii anturipainetta vastaan: Anturipaine + jousen "paine" = tulistus. Jos retrofit-ratkaisuissa käytetään R407F-kylmäainetta,

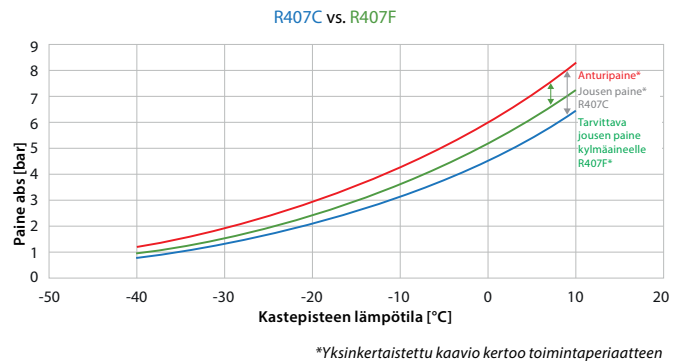
Kaavio 6



*Yksinkertaistettu kaavio kertoo toimintaperiaatteen

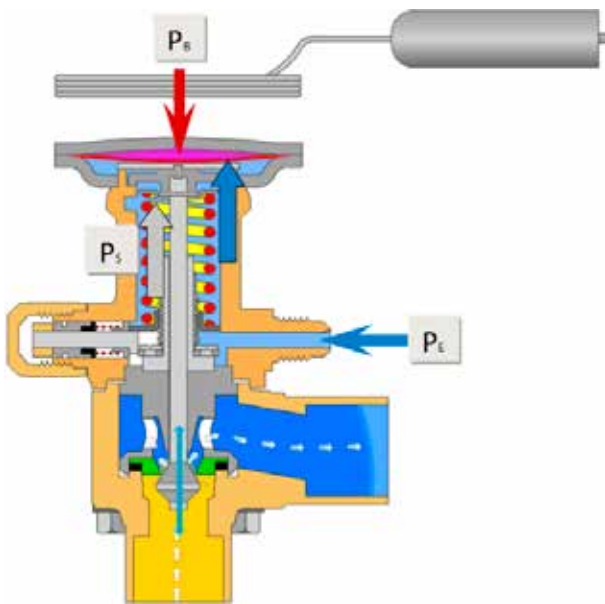
R407C:n täytös + jousivoima/paine nostaa tulistusarvon liian korkeaksi. Siksi jousivoimaa on pienennettävä: Kierrä tulistusasetuksen ruuvia vastapäivään.

Kaavio 7

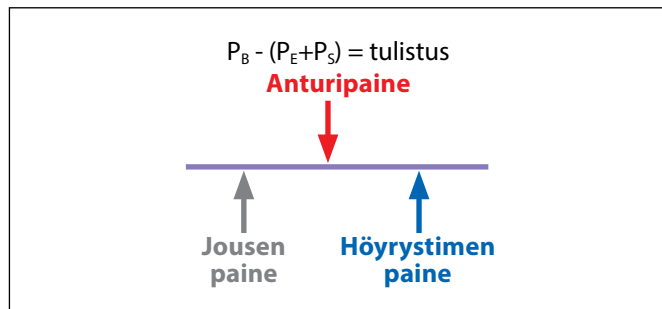


*Yksinkertaistettu kaavio kertoo toimintaperiaatteen

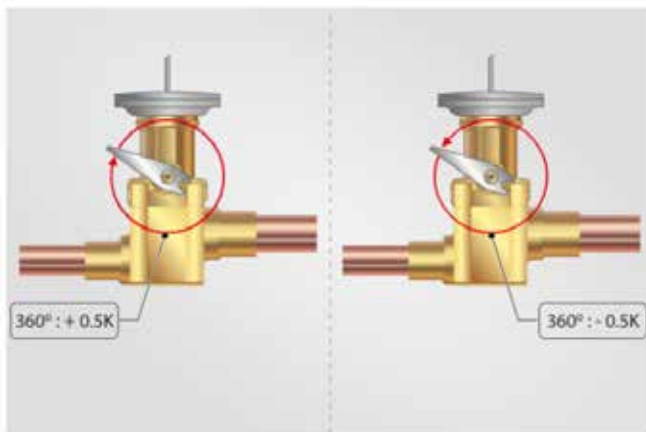
Venttiiliin kohdistuvat voimat ja staattisen tulistuksen palauttaminen



Anturin paineen P_B on oltava suurempi kuin höyrystispaine P_E + jousen paine P_s . Venttiili voidaan säätää muullekin kylmäaineelle sopivaksi säätämällä tulistusasetusta SH , mikä pienentää jousen painetta.



TE 55 tulistus



Huomio! Jos korjausarvo on yli 3 K, säätö ei välttämättä toimi moitteettomasti. Suosittelemme valitsemaan lähempänä tavoitearvoa olevan täytöksen.

Esimerkki:

Staattinen tulistus $SS = 4 \text{ K} / 7,2 \text{ °F}$ (tehdasasetus)

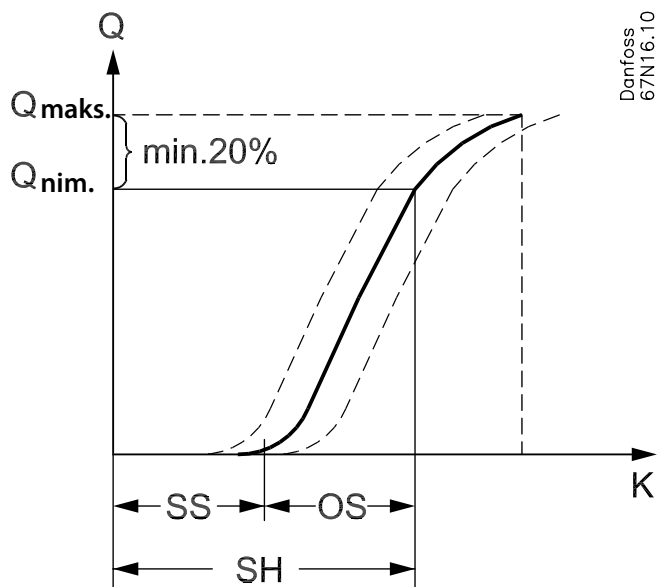
Avautumistulistus $OS = 4 \text{ K} / 7,2 \text{ °F}$

Avautumistulistus on 4 K, eli siinä lämpötilassa venttiili alkaa avautua varsinaiseen tehoonsa. Avautumistulistus määräytyy venttiilin rakenteen mukaan, eikä sitä voi muuttaa.

Tulistus yhteensä $SH = SS + OS$

$$SH = 4 + 4 = 8 \text{ K} / 14,4 \text{ °F}$$

Tulistus yhteensä -arvoa SH voi muuttaa vaihtamalla staattisen tulistuksen arvoa SS (kääntämällä ruuvia)



Höyrystimen teho suuren lämpötilaliukuman kylmäaineita käytettäessä ja vaikutus sovellukseen

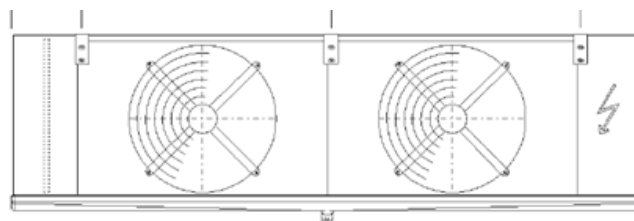
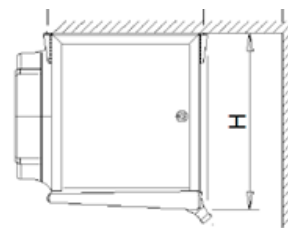
Liukuman takia höyrystimen joidenkin osien pintalämpötila voi olla alhainen, mikä saattaa lisätä kosteudenpoistoa.

Katsotaan ensimmäisen esimerkin arvoja: (katso kaavio 2)

Kylmähuone, R507A, huoneen olosuhteet 0 °C, 80 % suht. kost., keskilämpötilan ero 10 K.

Jäähdytysteho voi olla 10 kW.

Valittu: kattoon asennettu malli, 32,7 m² pinta-ala, 2 puhallinta, joiden virtaus on 6 280 m³/h.



Tarkat tulokset

R507A	Teho	Δtm	DT1	T höyr. kastep.	Wsh	Käyntiaika
	10,1 kW	10 K	10 K	-10 °C	6,5 K	18 h/päivä
Höyrystin:	2 puhallinta / 32,7 m ²					
Ilma sisään:	0 °C	80 % suht. kosteus				
Ilma ulos:	-3,8 °C	95 % suht. kosteus				
Ilmavirtaus:	6 280 m ³ /h					
Kosteudenpoisto	47,75 kg/päivä					

Retrofit-ratkaisu, jossa käytetään R407F-kylmäainetta

Ensimmäinen vaihe: Tulistusasetus ei muutu: 6,5 K

Keskilämpötilan ero on 12 K, joten se nostaa tehon arvoon 12,5 kW ja lyhentää käyntiaikaa. Huonona puolena on kosteudenpoiston arvo, joka kasvaa huomattavasti. Se voi heikentää pakkaamattomien tuoretuotteiden laatua.

R407F	Teho	Δtm	DT1	T höyr. kastep.	Wsh	Käyntiaika
	12,5 kW	12 K	10 K	-10 °C	6,5 K	14,3 h/päivä
Höyrystin	2 puhallinta / 32,7 m ²					
Ilma sisään	0 °C	80 % suht. kosteus				
Ilma ulos	-4,7 °C	95 % suht. kosteus				
Ilmavirtaus	6 280 m ³ /h					
Kosteudenpoisto	60,96 kg/päivä					

Toinen vaihe: säädä paisuntaventtiilin tulistusarvoksi 5,3 K.

Laskettu tulistusarvo on 5,3 K ja kastepisteen höyrystymislämpötilaksi on nostettu -8,1 °C. Näin lämpötilaeroksi saadaan 10 K. (Katso myös kaavio 3.)

R407F	Teho	Δtm	DT1	T höyr. kastep.	Wsh	Käyntiaika
	10,8 kW	10 K	8,1 K	-8,1 °C	5,3 K	16,6 h/päivä
Höyrystin	2 puhallinta / 32,7 m ²					
Ilma sisään	0 °C	80 % suht. kosteus				
Ilma ulos	-4,1 °C	95 % suht. kosteus				
Ilmavirtaus	6 280 m ³ /h					
Kosteudenpoisto	53,32 kg/päivä					

Tärkeää:

Näiden tulosten valossa sellaisissa sovelluksissa, joissa kosteudenpoisto on kriittinen, keskilämpötilan eron pitäisi olla pienempi kuin yksikomponenttisilla kylmäaineilla tai atseotrooppisilla kylmäaineseoksilla.

Erikoisvaikutukset:

Joissakin suuren lämpötilaliukuman kylmäaineita käyttävissä alhaisen lämpötilan tehokkaissa koneistoissa on huomattu, että nestemäinen kylmäaine on vaurioittanut kompressoria. Tämä tilanne edellytti vastakkaisia toimia kuin aiemmassa kuvauksessa. Tulistusasetusta oli nostettava kompressorin suojaamiseksi. Nämä vaikutukset eivät koske matalan lämpötilan kylmäaineita tai kylmäaineita, joilla ei ole lämpötilaliukumaa, jos niitä käytetään matalan lämpötilan sovelluksissa.

Yhteenveto:

Suuren lämpötilaliukuman kylmäaineita käyttävät komponentit on mitoitettava ja valittava keskilämpötilan eron mukaan. Tulistusarvon SH säätäminen voi olla tarpeen jo pelkän lämpötilaliukuman takia.

Kylmäaine, joka toimii tietyllä lämpötila-alueella ei välttämättä toimi yhtä hyvin toisessa lämpötilassa (esim. ilmastointi vs. alhainen lämpötila).

Jokaisen mekaanisen paisuntaventtiilin teho on optimoitu tietylle kylmäaineelle. Jos sitä käytetään toisella kylmäaineella, venttiili ei toimi samalla tavalla eikä sitä voi säätää samalla tavalla.

Jos järjestelmävikojen riskiä halutaan välttää ja järjestelmän säädöt halutaan pitää vakaina, hyvä vaihtoehto saattaisi olla uusi termostaattinen paisuntaventtiili tai sähkötoiminen paisuntaventtiili. Sähkötoimisen paisuntaventtiilin on joustavampi, jos tulistuksen säädin toimii uudella kylmäaineella. Danfoss päivittää säätimet yhteensopiviksi uusien, alhaisen GWP-arvon kylmäaineiden kanssa.

Huomautus:

Tässä artikkelisarjassa mainitut kylmäaineet ja olosuhteet eivät ole yleistettävissä muihin kylmäaineisiin tai olosuhteisiin! Tämän artikkelisarjan tarkoitus on pohtia rakenteellisia näkökohtia ja kylmäaineiden vaikutusta komponentteihin ja järjestelmän rakenteeseen yleisellä tasolla.

Danfossin paisuntaventtiilin soveltuvuuden voi tarkastaa Low GWP-arvon työkalulla.

<http://refrigerationandairconditioning.danfoss.com/support-center/apps-and-software/low-gwp-tool/> Katso myös: ASERCOM, *Refrigerant Glide and Effect on Performances Declaration* (<http://asercom.org/guides>)