

Pasi Suckman

KYLMÄLAITTEISTOJEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄT

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2018

KYLMÄLAITTEISTOJEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄT

Suckman, Pasi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2018
Ohjaaja: Pulkkinen, Petteri
Sivumäärä: 41
Liitteitä:0

Asiasanat: höyrystyminen, lauhtuminen, suunnittelu, opas, ohje

Työn tarkoituksena oli luoda työkalu käytettäväksi kylmäalan- ja sähköalanammattilaisille. Työn on tarkoitus olla helposti luettavissa ja sisäistettävissä.

Työssä perehdyttiin kylmälaitteistojen sähköisiin komponentteihin sekä niiden sovellusmahdollisuuksiin. Näihin perehdyttiin suurimmilta osin kylmäteknisen kirjallisuuden sekä valmistajien tietojen ja dokumenttien avulla.

Työ tehtiin palvelemaan niin kylmäalanammattilaisia siten, että heille kerrotaan teoriaa komponenttien sähköteknisistä ominaisuuksista sekä komponenttien soveltamisesta kylmäteknikassa. Sähköalanammattilaisia työ tutustuttaa kylmäteknikan erikoiskomponentteihin ja niiden soveltamiseen. Heitä työ palvelee myös kertomalla kylmäteknikasta yleispätevästi.

Työssä käytettiin käytännönläheistä tarkastelua yhdistettynä teoriaan siten, että työ on helppolukuinen ja helposti sisäistettävä, niin kylmäalan- kuin sähköalanammattilaisen käsissä. Käytännönläheisen tarkastelun katsottiin olevan työn tekemisessä huomattavasti tärkeämpää, sillä käytännönläheistä materiaalia ei työssä käsitellyissä asioista löydy toisin kuin teoriaa. Työssä pohdittiin useaan otteeseen, että mitkä asiat ovat työn käyttötarkoitukselle kaikkein kriittisimmät tiedot, jotka tulisi esittää mahdollista kohdeyleisöä ajatellen.

ELECTRICAL APPLICATIONS OF REFRIGERATION APPLIANCES

Suckman, Pasi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

March 2018

Supervisor: Pulkkinen, Petteri

Number of pages:41

Appendices:0

Keywords: evaporation, condensing, designing, guide

The purpose of this thesis was to build a guide for both professionals of electrical and refrigeration businesses. Thesis is meant to be easily read and understood.

The work was about getting the refrigeration businesses electrical components and their use in refrigeration appliances known. Getting these known was mostly by refrigeration literature and the information and documents that manufacturers provide.

Thesis was made to serve professionals of refrigeration by telling the theory behind the electrical features of the main components in refrigeration and how to use them in the appliances. The electrical professionals benefit from this thesis by learning main things about refrigeration process, how it works and gives them the knowledge of the special components used in refrigeration business.

Practical observation was used in thesis a lot combined with theory in the way that it is easy to read and understood for professionals in both businesses. The practical observation was thought to be more important since practical material is not easily found anywhere as in theoretical material is. In the work was thought many times that which are the most important information for the usage of thesis that should be presented when thinking about the target audience.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KYLMÄTEKNIikka YLEISESTI.....	7
2.1	Kylmätekniikan historia.....	7
2.2	Nykypäivän kylmätekniikka.....	7
3	JÄÄHDYTYSPROSESSI.....	9
3.1	Adiabaattinen kiertoprosessi.....	9
3.2	Kylmäaineen kierto jäähdytysprosessissa.....	9
3.3	Elintarvikejäähdytys.....	10
4	KOMPRESSORITYYPIT.....	13
4.1	Hermeettinen kompressori.....	13
4.2	Puolihermeettinen kompressori.....	14
4.3	Avokompressori.....	16
4.4	Ruuvikompressori.....	17
4.5	Scroll-kompressori.....	19
5	KONEPÄÄN OHJAUS- JA VAROLAITTEET.....	21
5.1	Pressostaatit.....	21
5.2	Kontaktori ja lämpörele.....	23
5.3	Öljynpainevahti.....	24
5.4	Öljypinnansäädin.....	24
5.5	Vuodonilmaisim.....	24
5.6	Termistori.....	25
6	KYLMÄTILAN OHJAUS- JA TOIMILAITTEET.....	26
6.1	Termostaatti.....	26
6.2	Elektroninen säädin.....	26
6.3	Kellokytkin.....	27
6.4	Magneettiventtiili.....	27
6.5	Elektroninen paisuntaventtiili.....	28
6.6	Höyrystipuhaltimet.....	29
6.7	Sulatusvastukset ja saattovastus.....	29
6.8	Kondenssivesipumppu.....	29
7	KYLMÄLAITTEISTON OHJAUksen TOTEUTUS.....	31
7.1	Konepään ohjaus.....	31
7.1.1	Kompressorin ohjaus ja valvonta.....	31
7.1.2	Lauhdutinpuhaltimien ohjaus.....	32

7.2	Kylmätilan ohjaus	33
7.2.1	Jäähdytyksen ohjaus	33
7.2.2	Höyrystinpuhaltimien ohjaus.....	34
7.2.3	Sulatusten ohjaus	34
7.2.4	Kylmähuoneiden erikoistarpeet.....	35
7.3	Hälytyksien ohjaus.....	36
8	SÄHKÖISTYKSEN TOTEUTUS	37
8.1	Suunnittelu	37
8.2	Toteutus.....	37
9	YHTEENVETO	40
	LÄHTEET.....	41

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on toimia työkaluna kylmälaitteistojen kanssa työskenteleville sähköalan ammattilaisille sekä kylmäasentajille. Opinnäytetyössä tarkastellaan kylmätekniikan pääperiaatteet, jotka auttavat ymmärtämään komponenttien tarkoitusta kylmäjärjestelmässä, komponenttien valintaa, kylmäjärjestelmien sähköistä vianhakua sekä kylmälaitteiston sähköjärjestelmän suunnittelua ja toteutusta.

Kylmätekniikka on nykyisessä muodossaan todella laaja, mielenkiintoinen ja haastava ala. Kylmätekniikan ammattilaisille koulutetaan perusteita sähköopista ja tarkemmin kylmätekniikan sähköjärjestelmiä. Nykypäivänä kylmätekniikan alalla, varsinkin suurimmassa jäähdytysratkaisuissa sähkö- ja automaatiotyöt alkavat olla todella laajoja ja monimutkaisia. Tällöin tarvitaan sähköpuolen ammattilaisia toteuttamaan sähkö- ja automaatioalan ratkaisuja heidän tarpeisiinsa. Valitettavasti kylmätekniikkaa ei opeteta sähköalan koulutuksissa, jolloin kylmäalan sähkötekniset osaajat ovat usein harvassa.

Kylmäteknisen osuuden ymmärtämisessä on hyvä tuntee termodynamiikkaa. On tärkeä ymmärtää termodynamiikan toinen pääsääntö, jonka mukaan lämpötilaerot pyrkivät tasoittumaan. Lämpöenergia siirtyy aina lämpimämmästä kappaleesta kylmempään. Jäähdytysprosessissa kylmää ei tuoda mistään tuotteisiin tai huoneeseen, vaan niissä oleva lämpö kuljetetaan jäähdytystekniikan avulla muualle.

Lähestymistapa aiheeseen on pinnallinen ja käytännönläheinen, jotta työtä on helppo ja nopea käyttää ja sisäistää, riippumatta kokemuksen määrästä kyseisten laitteistojen kanssa.

2 KYLMÄTEKNIikka YLEISESTI

2.1 KylmätekniiKAN historia

KylmätekniiKka on ollut olemassa jo ennen ajanlaskun alkua. Muinoin käytössä on ollut erilaisia kylmähuoneita, jotka kaivettiin maan alle ja niihin varastoitiin talvisin jäätä tai lunta. Jää tai lumi eristettiin oksilla, ruoholla tai heinällä. Kyseisellä tekniiKalla ja riittävän suurella määrällä lunta tai jäätä, niitä pystyttiin säilömään useiden kuukausien ajan. Tämänkaltaisen varastointitekniikka hyödyntää lämpöopin mukaista lämmön johtumista kylmän ja lämpimän materiaalin välillä. (History of refrigeration..., n.d.; The editors of encyclopedia Britannica, n.d.; Barbara Krasner-Khait, n.d.)

William Cullen oli ensimmäinen henkilö, joka alkoi tutkia keinotekoisia jäähdytystä. Hän onnistui tähän pienellä keksimällään koneella. Hän käytti koneessaan dietyylieetteriä, joka höyrystyi alipaineen avulla pumppaamalla säiliöstä ilmaa pois. Vuonna 1805 amerikkalainen keksijä Oliver Evans keksi jäähdytyskoneen joka hyödynsi ensimmäisenä suljettua kiertoa. (History of refrigeration..., n.d.; The editors of encyclopedia Britannica, n.d.)

2.2 Nykypäivän kylmätekniiKka

Nykypäivänä jäähdytystekniikkaa löytyy kaikkialta ympäriltämme. Kaupoista, teollisuushalleista, asunnoista, ajoneuvoista ja jopa tietokoneista ja muusta suuremmasta elektroniikasta. KylmätekniiKka on kehittynyt vuosien saatossa turvallisemmaksi, energiatehokkaammaksi ja ympäristöystävällisemmäksi. Tämän on suurimmilta osin aiheuttanut laadukkaammat ja paremmat ominaisuudet omaavat komponentit, kuten elektroniset valvonta-, hälytys- ja ohjauslaitteet.

Niin kutsutut perinteiset On/Off-kylmälaitteistot ovat huomattavasti enemmän energiaa kuluttavia, kuin nykyaikaiset säätöominaisuudet omaava moderni kylmälaitteisto. Näiden laitteistojen periaate on se, että laitteisto jäähdyttää haluttua tilaa aseteltuun arvoon. Tämän arvon saavuttamisen jälkeen koko laitteisto sammuu ja lämpötila nou-

see tietyn differenssin verran, esimerkiksi kaksi astetta. Asetellun differenssin saavuttamisen jälkeen koko laitteisto menee taas päälle jäähdyttäen tilan aseteltuun arvoon. Differenssi on yleensä termostaattikohtainen, jos käytössä on perinteinen kapillaari-termostaatti. Elektronisissa säätimissä differentiaali on yleensä säädettävissä.

Nykyaikaiset laitteistot jotka omaavat hyvät säätöominaisuudet, säätelevät tehontarvetta jatkuvasti. Tällöin järjestelmässä tulisi olla ainakin jäähdytyksen erillinen siihen soveltuva säädin joka säätää elektronista paisuntaventtiiliä sekä kompressori, joka on varustettu taajuusmuuttajalla ja sitä ohjaavalla automatiikalla. Näin ollen kompressori voi käydä jatkuvasti, mutta huomattavasti pienemmillä kierroksilla, jolloin energiankulutus putoaa ja tilavuusvirta pienenee, vähentäen jäähdytystehoa tarpeisiin soveltuvaiksi.

Energiatehokkuuteen ja ympäristöystävällisyyteen vaikuttaa lisäksi jatkuva kylmäaineiden kehitystyö. Nykypäivänä kiellettyjä kylmäaineita, esimerkiksi R-12 (ODP 1,0, GWP 2400) ja R22 (ODP 0,05, GWP 1700), on vieläkin käytössä joissain vanhoissa kohteissa. Kyseiset aineet ovat olleet hyvin vaarallisia ympäristölle.

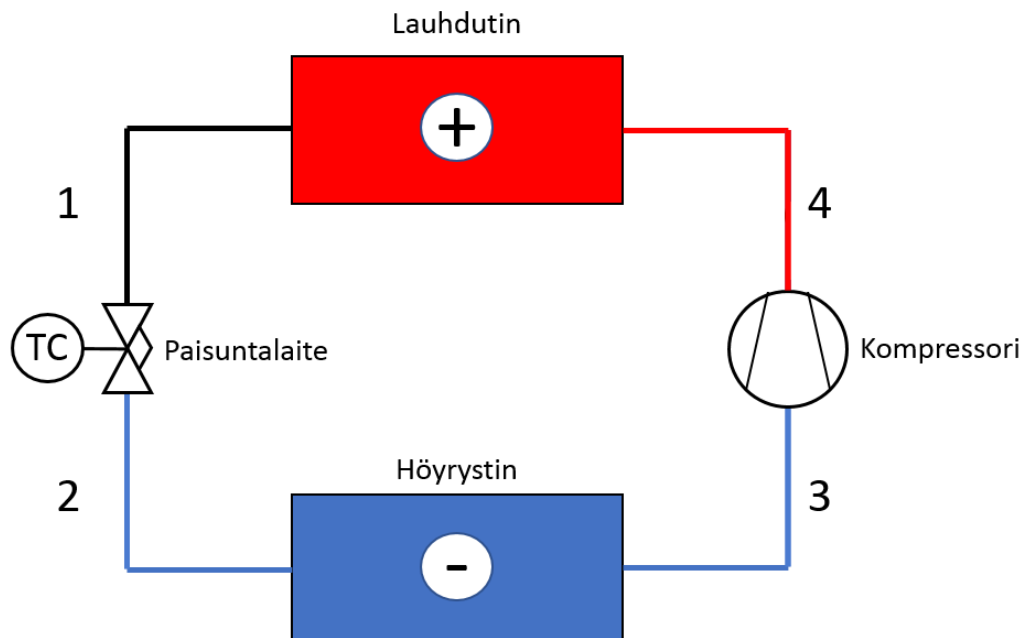
3 JÄÄHDYTYSPROSESSI

3.1 Adiabaattinen kiertoprosessi

”Kylmäteknisessä kiertoprosessissa siirretään prosessiin tehdyn työn avulla lämpöä matalammasta lämpötilasta korkeampaan. Kylmäteknisessä kiertoprosessissa työaineena toimii kylmäaine, jonka höyrystymiseen ja lauhduttamiseen eri painetasoilla koko kiertoprosessi perustuu.” (Kaappola, Hirvelä, Jokela & Kianta 2011, 17)

Adiabaattisessa prosessissa lämpöä siirtyy systeemiin tai poistuu siitä vain mekaanisen työn avulla. Kylmäteknikassa tämän mekaanisen työn tekee kompressor. Kompressorin tekemä mekaaninen työ pitää kylmäaineen kierron ja jäähdytysprosessiin tarvittavat paine-erot yllä.

3.2 Kylmäaineen kierto jäähdytysprosessissa



Kuva 1. Kylmäaineen kierto.

Kuvassa 1 on kuvattu periaatetasolla kylmätekniinen kiertoprosessi. Kohdassa 1 kylmäaine on prosessissa nesteenä, tällä putkivälillä sijaitsee varaaja, jos järjestelmässä on sellainen. Varaajalta kylmäaine siirtyy nesteenä paisuntalaitteelle, jonka toisella puolella on huomattavasti pienempi paine. Ruiskutettaessa kylmäaine paisuntalaitteen suuttimen läpi se alkaa höyrystymään paine-eron johdosta, heti paisuntaventtiilin jälkeen kohdassa kaksi kylmäaine on osittain höyrystynyt ja osittain nestettä. Höyrystimessä tapahtuu lopullinen höyrystyminen ja sen jälkeen kohdassa 3 kaiken kylmäaineen pitäisi olla höyrystynyt. Höyrystimessä tapahtuva kylmäaineen höyrystyminen on endoterminen reaktio, joka sitoo itseensä lämpöä ympäröivästä ilmasta, jolloin tila jäähtyy. Kompressorin imee matalapaineista kaasua höyrystimeltä ja puristaa sen kuumakaasuksi, joka on korkeapaineista kuumaa höyryä kohdassa 4. Kuumakaasun virratessa lauhduttimen läpi, joka sijaitsee pääsääntöisesti ulkona, kuumakaasu jäähdyy, jolloin se nesteytyy ja palaa varaajaan ja kierto alkaa uusiksi.

3.3 Elintarvikejäähdytys

Elintarvikejäähdytyksessä yleisimmät kylmätiskit ovat liha-, kala-, einet-, ja hedelmä- ja vihannetiskit. Maitotuotteet pidetään esillä yleensä erillisessä maituhuoneessa, jossa on erilliset myyntiovet. Erilaisia pakastetiskejä on pakasteallas ja -kaappi ja niin kutsuttu pakastekombi joka sisältää sekä allas- että kaappiosan. Nykypäivänä pakastealtaatkin ovat pääsääntöisesti kannellisia, näin säästetään huomattavasti energiaa.

Elintarvike	Myynti- ja säilytyslämpötila asetus (1367/2011) 7§ Säilytys- ja myyntilämpötilat
-Tuoreet kalastustuotteet, keitetyt äyriäiset ja nilviäiset -Sulatetut jalostamattomat kalastustuotteet -Kylmäsavustetut ja tuoresuolatut kalastustuotteet -Tyhjiö- ja suojakaasupakatut jalostetut kalastustuotteet	+0-3°C
-Jauheliha -Jauhettu maksa	+4°C
-Maito, kerma, idut, paloittelut kasvikset, elävät simpukat, sushi -Muut helposti pilaantuvat kalastustuotteet -Kalakukot	+6°C
-Helposti pilaantuvat maitotuotteet, joiden valmistukseen sisältyy vähintään pastörointi tai sitä vastaava käsittely	+8°C
-Pakasteet	-18°C

Taulukko 1. Säilytys- ja myyntilämpötilat. (Finlex, 2011, (1367/2011) 7§, (165/1994), 9§)

Nykypäivänä pakasteet säädetään toimimaan noin -20...-22°C, sillä jäätelöissä käytetään nykypäivänä pääsääntöisesti pehmeitä kasvirasvoja, jolloin ne tuntuvat pehmeiltä -18°C:ssa ja ihmiset eivät välttämättä osta niitä. Alemmassa lämpötilassa ne pysyvät huomattavasti kovempina.

Elintarvikkeita säilytetään useassa kaupassa erilaisissa kylmähuoneissa, jotka rakennetaan tietyille elintarviketyypille. Yleisimmät huoneet ovat maito-, liha-, pakaste ja hedelmä- ja vihanneshuone.

Jokaisella huoneella on erilaiset tarpeet lämpötiloista ja tuotteista riippuen. Esimerkiksi huomattavasti muita kylmemmät pakaste-, liha- ja kalahuoneet tarvitsevat sähköiset sulatusvastukset, sillä höyrystymislämpötila on niin matala, noin -35°C , että höyrystinpatterit jäätyvät huomattavasti enemmän kuin korkeammassa lämpötiloissa olevat. Lisäksi huoneessa olevan ilman lämpötila on niin matala, että se ei riitä sulattamaan patteria. Maito- ja hedelmä- ja vihanneshuoneessa sulatukseen riittää tarpeeksi kauan pois kytketty jäähdytys, jolloin puhaltimien aiheuttama ilmavirta ja plussan puolella oleva huoneen ilma sulattavat patterin. Näissä pattereissa höyrystymislämpötila on noin -15°C .

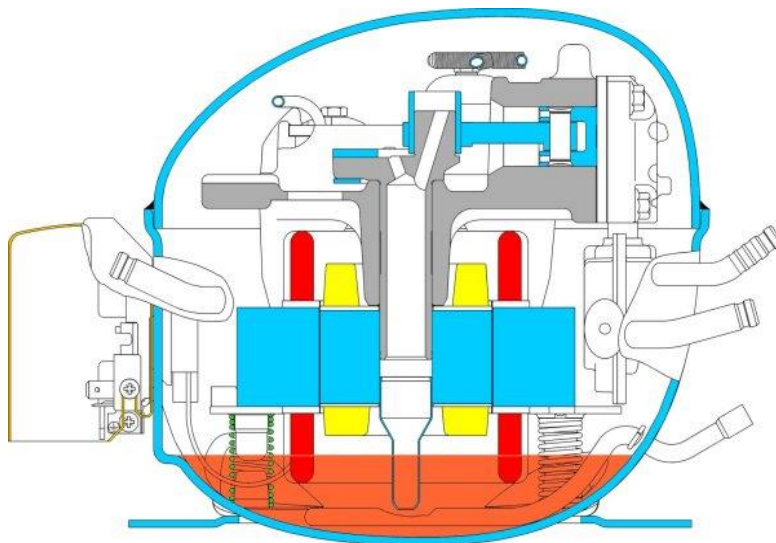
4 KOMPRESSORITYYPIT

Kaikki kompressorit ovat ilmatiiviitä eli hermeettisiä, mutta kompressoreilla on erilaisia nimityksiä niiden rakenteesta riippuen. Tarkoittaen sitä, että vaikka kompressorin rakenne määrittäisi sille muun nimen kuin hermeettinen kompressor, se on siitä huolimatta täysin ilmatiivis.

4.1 Hermeettinen kompressor

Hermeettinen tarkoittaa ilmatiivistä tai suljettua. Kylmäteknikassa hermeettinen kompressor on rakenteeltaan täysin suljettu ja tiivis, hitsattuun metallikuoreen sijoitettu kompressor. Tämän tyyppisiä kompressoreita käytetään pääsääntöisesti pienissä kylmälaitteistoissa, joissa jäähdytystehot ovat pienet. Pieniä kylmälaitteistoja ovat muun muassa jääkaapit, omakoneelliset tiskit ja pakastealtaat.

Hermeettisessä kompressorissa sähkömoottori on sijoitettu joko kompressorin ylä- tai alapuolelle. Sähkömoottoriin käsiksi pääseminen on miltei mahdotonta ja hermeettisten kompressoiden hajotessa lähes ainoa korjausvaihtoehto onkin koko kompressorin uusiminen. Hermeettisten kompressoreiden valmistussarjat ovat suuria ja kompressorit ovatkin huomattavasti halvempia, kuin suuret kompressorit.

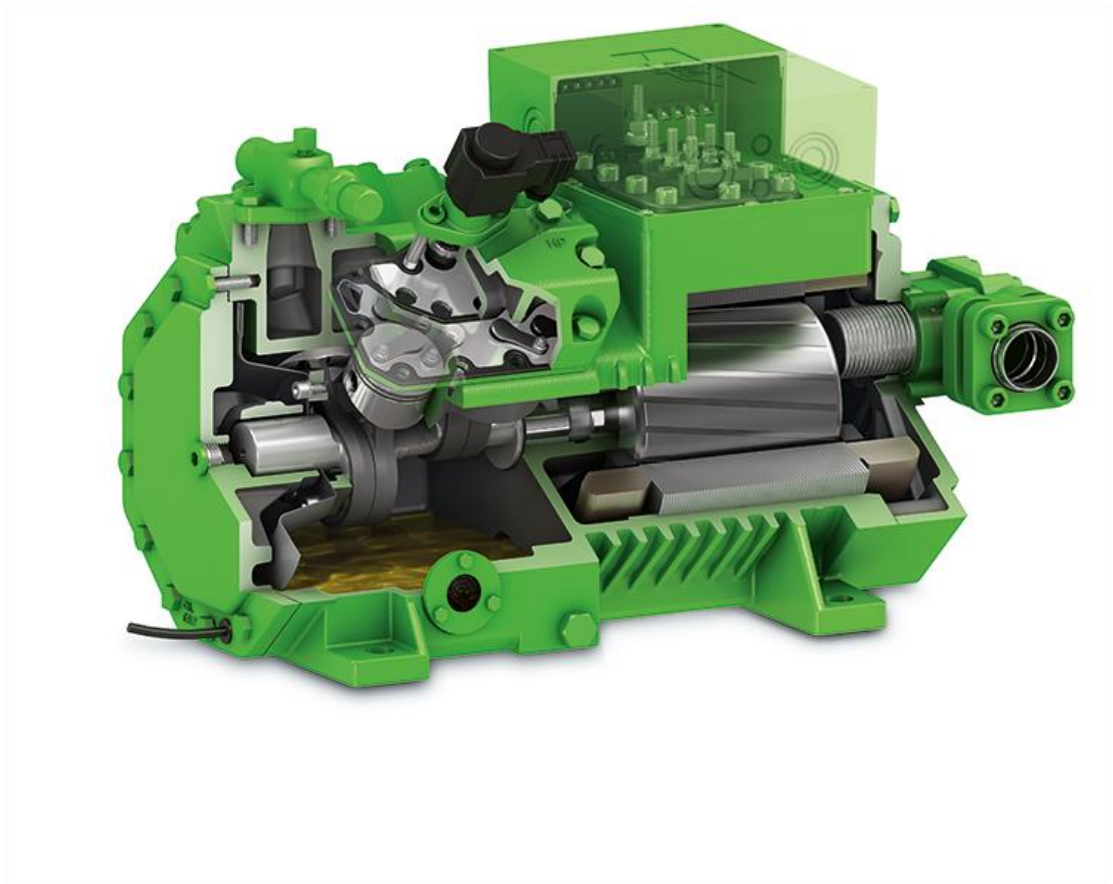


Kuva 2. Poikkileikkaus hermeettisestä kompressorista (Danfoss, 2018)

Kuvassa 2 näkyy sähkömoottori sijoitettuna kompressorin alapuolelle. Hermeettiset kompressorit ovat pääsääntöisesti suojattu lämpösuojalla, joka sijaitsee kompressorin kyljessä olevassa liitänäkotelossa. Joillain hermeettisillä kompressoreilla on erillinen kotelo, jossa sijaitsee käynnistyskondensaattori. Tällaisessa tapauksessa kompressorin syöttö, joka on pääsääntöisesti yksivaiheinen, tuodaan käynnistyskondensaattorin koteloon ja kotelolta lähtee valmistajan sisällyttämä syöttöjohto, joka kytketään kompressorin kyljessä olevaan liitänäkoteloon.

4.2 Puolihermeettinen kompressori

Puolihermeettisestä kompressorista puhuttaessa tarkoitetaan pääsääntöisesti puolihermeettistä mäntäkompressoria. Puolihermeettinen kompressori on yleisin kompressorityyppi kaupan kylmälaitteistoissa ja keskisuurissa teollisuuden jäähdytyksissä. Puolihermeettisen ja hermeettisen kompressorin suurin ero on se, että puolihermeettinen kompressori on mahdollista avata työkaluilla, toisin kuin kiinnihitsattu hermeettinen kompressori. Tämä mahdollistaa kompressorin huoltamisen huomattavasti laajemmin. Puolihermeettisiin kompressoreihin on mahdollista vaihtaa osia, kuten venttiileitä, venttiilikansia, suodattimia ym.



Kuva 3. Puolihermeettinen mäntäkompressor (Bitzer SA, 2018)

Puolihermeettiset mäntäkompressorit ovat teholuokaltaan niin suuria, että ne ovat lähes väistämättä aina kolmivaiheisia. Kuvassa 3 näkyy sähkömoottori sijoitettuna kompressorin perään erilliseen kammioon. Sähkömoottorin yläpuolella näkyy muovinen sähkökotelo, johon kytketään sähkömoottorin syöttö. Puolihermeettisten kompressoreiden mukana tulee valmistajan sisällyttämät kytkentäliuskat, joiden avulla moottori voidaan kytkeä tähti- tai kolmiokytkentäisesti. Kuvassa näkyy myös muita sähkökomponentteja, joita puolihermeettisissä kompressoreissa näkee. Vasemmassa päädyssä näkyvä johto on kampikammion lämmitysvastuksen syöttöjohto. Konehuoneet voivat olla sijoitettuna ulos, jolloin Suomen sääoloissa öljyä joudutaan lämmittämään öljynkierron varmistamiseksi.

Sähkökotelon vasemmalla puolella näkyy tehonsäädön magneettiventtiili. Tehonsäätökansia voidaan käyttää useampi sylinterisissä kompressoreissa sellaisissa ratkaisuissa, joissa kompressorin jäähdyttää esimerkiksi useampaa kylmähuonetta. Tehonsäätökannen magneettiventtiili sulkee toisilta sylintereiltä kylmäaineen virtauksen, jolloin esimerkiksi neljäksylinterisen kompressorin jäähdytysteho tippuu puoleen, kun vain

kaksi sylinteriä ovat käytössä. Tällöin imupaine ei tipu liian nopeasti tilanteissa, joissa kaikki huoneet tai kylmätiskit eivät tarvitse jäähdytystehoa. Ilman tehonsäätökantta kompressori pätkisi imupaineen tippuessa nopeasti ja vahingoittaisi kompressoria pitkällä aikavälillä, kun kompressori kävisi pätkien.

4.3 Avokompressori

Avokompressori voi olla rakenteeltaan esimerkiksi mäntä-, tai ruuvikompressori. Avokompressoriin tuodaan voima erilliseltä sähkömoottorilta avokompressorin kuoren lävistävää akselia pitkin. Sähkömoottori voidaan kytkeä joko suoraan akseliin tai tuoda voima akselille hihnapyörän avulla.

Avokompressoreita käytetään varsinkin ammoniakikylmälaitoksissa. Sähkömoottoreiden käämityksiä ei pystytä rakentamaan ammoniakkin kestäväksi, jolloin avokompressori on isoissa ammoniakkilaitteistoissa ainoa vaihtoehto. Pienempiä puoliherteisiä ammoniakikompressoreita on olemassa, joissa käämitys on suojattu metallikuorella. Ratkaisu on kuitenkin hyötysuhteeltaan huono. (Aalto ym. 2008, 147)



Kuva 4. Bitzerin 6-sylinterinen avokompressori (Bitzer, 2018)

4.4 Ruuvikompressori

Ruuvikompressoreita käytetään suurissa teollisuuden jäähdytysratkaisuissa, sillä niiden tilavuusvirrat ovat hyvin suuria. Ruuvikompressoreiden jäähdytystehot lähtevätkin 30...100kW:sta ylöspäin. (Aalto ym., 2008, 162)

Ruuvikompressoreiden toimintaperiaate on verrattavissa ajoneuvoissa käytettäviin kompressoriahtimiin. Yleisimmät ruuvikompressorit ovat kaksiroottorisia. Roottorit ovat epäsymmetriset ja kaasun puristus tapahtuu näiden roottoreiden pyöriessä toisiaan vasten, kun kaasu puristuu yhä pienenevässä tilassa roottoreiden välissä. Roottoreiden epäsymmetrisyys myös parantaa kompressorin hyötysuhdetta.



BITZER Screw Compressors



www.bitzer.co.za

Kuva 5. Bitzerin ruuvikompressori (Bitzer SA, 2018)

Kuvassa 5 näkyy kaksiroottorinen ruuvikompressori, jonka sähkömoottori on imujäähdytteinen ja sijoitettu kuvasta katsottuna vasempaan reunaan. Ruuvikompressoreissa käytetään yleensä kaksinapaisia sähkömoottoreita, joilla saadaan suuret kierrosnopeudet (3000 r/min). Ruuvikompressoreiden tehonsäätö onnistuu helposti taajuusmuuttajalla. Tehokkaammat avokompressoritkin ovat rakenteeltaan ruuvikompressoreita.

Ruuvikompressori tuo omat haasteensa kylmäjärjestelmän toteutukseen. Öljynerotuksen tulee olla tehokasta, sillä ruuvien toimintaperiaatteella öljyä päätyy kiertoön hyvin runsaasti. Varsinkin ammoniakkilaitoksissa kompressoreilla on omat tehokkaat öljynerottimet ja jäähdytetyt öljysäiliöt. Tällöin öljyn lämpötilaa tulee valvoa ja säätää öljynjäähdytystä tarpeen mukaan. Lisäksi öljysäiliössä on erillinen sähköinen öljypumppu, joka pumppaa öljyä kompressorille. Ruuviavokompressoreiden sähkömoottorit ovat yleensä huomattavasti suurempia kuin itse kompressori, sillä ruuvikompressori vaatii runsaasti tehoa suurella pyörimisnopeudella.

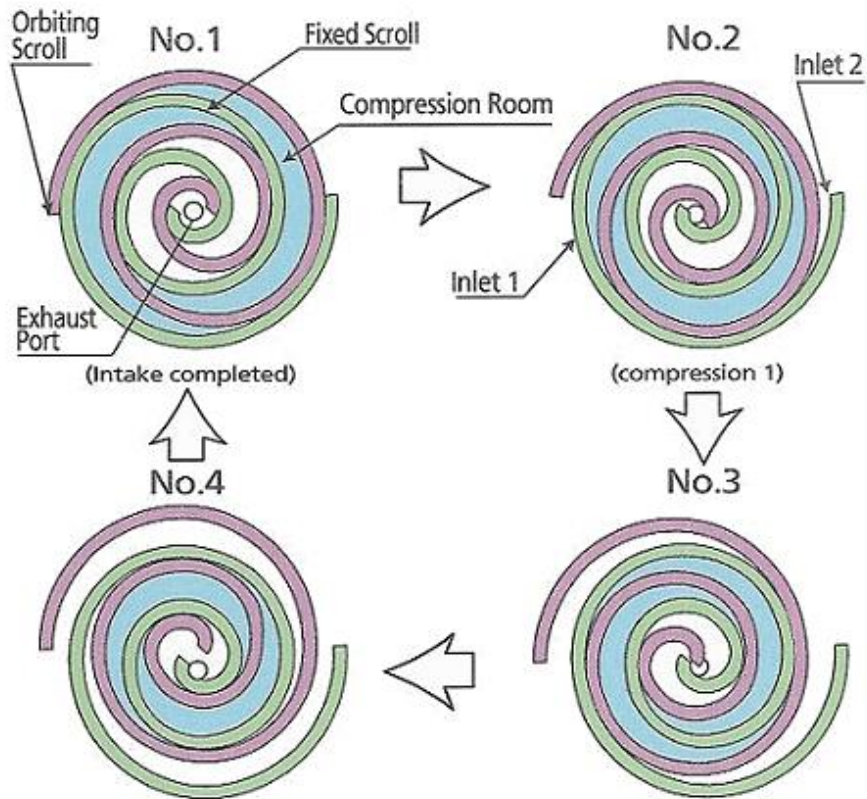
4.5 Scroll-kompressori

Scroll, eli kierukkakompressori on ulkoiselta rakenteeltaan hyvin samanlainen kuin hermeettiset kompressorit. Kompressori ja sähkömoottori on sijoitettu hitsattuun metallikuoreen. Tämän mahdollistaa kyseisen kompressorin toimintaperiaatteen tuoma vakaus ja vähäiset värinät. Kierukkakompressorin rakenne on vanha keksintö, mutta sitä ei olla pystytty valmistamaan vielä kovin pitkään, sillä kierukan koneistuksia ei olla saatu tarpeeksi tarkoiksi. Kierukat vaativat hyvin tarkan työstön liikkuessaan, varsinkin kun kierukkakompressoreita voidaan ajaa jopa 5000r/min kierrosnopeudella.



Kuva 6. Copeland-Emerson Scroll-kompressorin poikkileikkaus (Emerson, 2018)

Scroll-kompressorin kierukoiden pyöriminen luo samanaikaisesti usean perättäisen kammion, joiden tilavuus pienenee liikkuvan kierukan kulkiessa.



Kuva 7. Scroll-kompressorin toimintaperiaate (EnggCyclopedia, 2018)

Kuvassa 7 näkyy, kuinka violetti liikkuva kierukka kiertää ympärä ratakäytävää pitkin paikallaan olevan kierukan ”sisällä” luoden kammioita, jotka pienenevät kiertyessään lähemmäs kierukoiden keskustaa. Tämä kammion pienentyminen puristaa kaasun korkeaan paineeseen. Kierukkakompressorit ovat luotettavia toiminnaltaan, sillä ne ovat venttiilitöntömiä, jolloin venttiilivikoja ei voi ilmetä, jotka ovat yksi kompressorien yleisimmistä vioista.

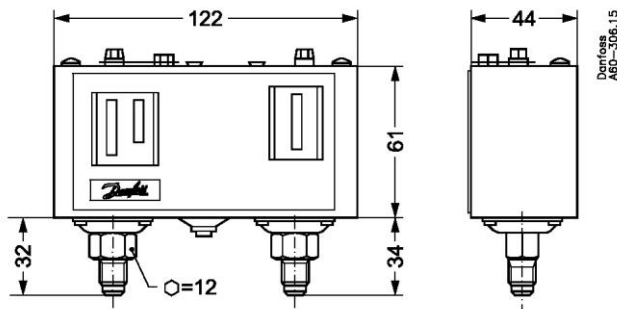
5 KONEPÄÄN OHJAUS- JA VAROLAITTEET

Nämä säätö- ja varolaitteet ovat yleensä sijoitettuna erilliseen kylmäkonehuoneeseen. konehuoneen sähköjärjestelmät ovat pääsääntöisesti täysin riippumattomia kylmätilan sähköjärjestelmistä.

5.1 Pressostaatit

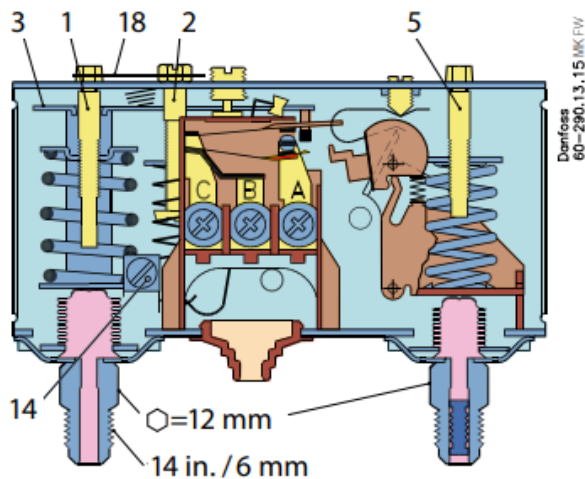
Pressostaatit eli painekeytkimet ovat yleisin kompressoreiden ohjaustapa. Lisäksi niillä ohjataan esimerkiksi lauhdutinpuhaltimia sekä valvotaan öljynpainetta. Pressostaattien rakenne on hyvin yksinkertainen, mutta niiden keskeiset erot ovat suuret, riippuen siitä mihin tarkoitukseen pressostaatti on tarkoitettu.

Kompressoreiden ohjauksessa käytetään pääsääntöisesti kaksoispressostaattia. Tämä pressostaatti hoitaa kompressorin käynnistyksen ja sammutuksen matalapaineen mukaan, sekä katkaisee moottorin käynnin korkeapaineen noustessa liian korkeaksi. Esimerkiksi Danfossin kaksoispressostaatissa KP15 matalapaine sekä sen differenssi on säädettävissä, mutta korkeapainepuolella voi asettaa vain katkaisuarvon ja differenssi on kiinteä 4 baria.



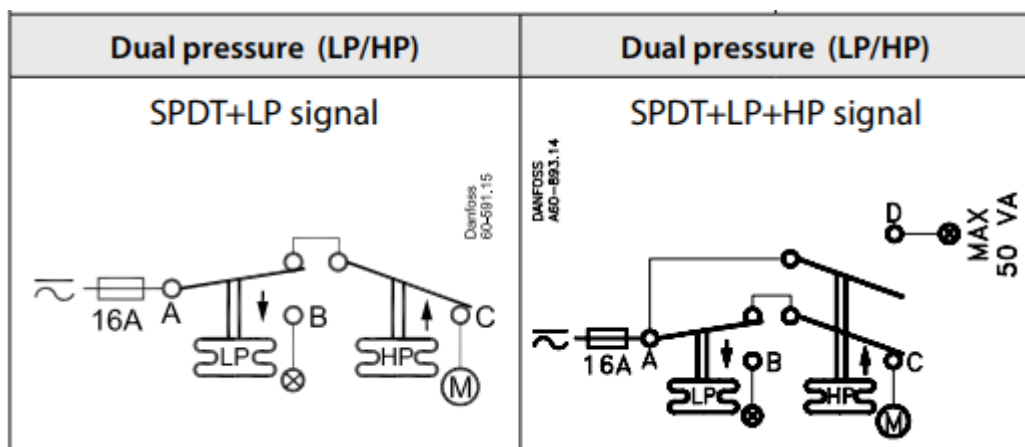
Kuva 8. Danfoss KP15 kaksoispressostaatin mittakuva. (Danfoss, 2018)

Kuvassa 8 näkyvät mitta-asteikot painesäädöille, vasemmalla reunalla sijaitsee matalapaineen säätö sekä sen differenssi ja oikealla reunalla korkeapaineen säätö. Differenssin säätömahdollisuus on matalapainepuolella tärkeää, sillä se vaikuttaa suoraan kompressorin käyntiaikaan kylmälaitteistossa. Lisäksi jos kylmäjärjestelmään syntyy vuoto, voidaan estää kompressorin käynti ilmanpaineen alapuolella, jolloin kompressorin ei ime epäpuhtauksia järjestelmään, jotka vaurioittaisivat komponentteja.



Kuva 9. KP15 poikkileikkaus. (Danfoss, 2018)

Kuvassa 9 näkyy paremmin kaksoispressostaatin rakenne. Jouset liikkuvat paineiden mukaan ja liikuttavat kieliä jotka liikuttavat koskettimia. Koskettimien tehonkesto ei ole kovin suuri, tehonkesto 8A 240V, joten pieniä yksivaihekompressoreita on mahdollista ohjata suoraan pressostaatilla. Tällainen ohjaustapa on kuitenkin hyvin harvinaisen, sillä pienimpiä hermeettisiä kompressoreita voidaan ohjata pääsääntöisesti suoraan termostaatilla. Kolmivaihekompressoreiden kanssa on aina käytettävä kontaktoria ohjaamaan kompressoria, jolloin pressostaatti ohjaa vain kontaktoria. Kontaktoria käytettäessä koskettimien läpi kulkeva virta onkin erittäin pieni, jolloin koskettimet kestävät hyvin. Pressostaattien yleisimmät ongelmat ovatkin mekaanisia, sillä jouset löystyvät ja palkeet saattavat aiheuttaa kylmäainevuotoja.



Kuva 10. KP15:n kytkentäkaavio. (Danfoss, 2018)

Kompressorin tai kontaktorin kytkentä tapahtuu liittimiin A ja C. Liittimeltä B saadaan tieto matalapaineen saavutuksesta ja jos pressostaatti on varustettu korkeapainehälytyksellä, kytketään se liittimeen D. Liian suuri korkeapaine on erittäin epähaluttu tilanne, sillä vaarana on varoventtiilin toimiminen jolloin kylmäaineet pääsevät ympäristöön ja vaurioittavat ilmakehää. Liian suuri korkeapaine saattaa johtua muun muassa tukkoisesta lauhduttimesta, lauhdutinpuhaltimien toimimattomuudesta tai siitä, että järjestelmään on täytetty liikaa kylmäainetta. Hälytys voidaan johtaa esimerkiksi hälytyksen merkkivalolle tai hälytysreleelle, josta hälytys voidaan johtaa eteenpäin.

Yksiosaisia pressostaatteja käytetään pääsääntöisesti lauhdutinpuhaltimien ohjauksessa. Yhdellä pressostaatilla voidaan releiden tai kontaktorien avulla ohjata useampaa lauhdutinpuhallinta. Joissain tilanteissa se saattaa olla lauhdutinpuhaltimille huono, sillä usean puhaltimen pyöriessä samaan aikaan lauhduttimen teho saattaa olla niin suuri, että puhaltimet käyvät todella pätkittäin lauhtumisaineen tippuessa. Tällöin käytetään useampaa pressostaattia ohjaamaan erillisiä puhaltimia portaittain päälle. Tällöin puhaltimien käyntiajat pitenevät ja käynnistysmäärät vähenevät sekä laitteistosta tulee varmempi, kun yhden komponentin hajoaminen ei estä lauhtumista kokonaan.

5.2 Kontaktori ja lämpörele

Kontaktori on sähkömekaaninen kolmivaiheinen kytkin. Kontaktoria ohjataan sähköisesti ja kylmätekniikassa kontaktorien ohjausjännite on pääsääntöisesti 230V. Kontaktoreita käytetään muun muassa kompressoreiden, mahdollisten liuospumppujen sekä kolmivaiheisten lauhdutin- ja höyrystinpuhaltimien ohjaukseen.

Lämpörele on halpa suojalaite suojaamaan kolmivaiheisia laitteita ylivirralla. Lämpöreleet asennetaan lähes poikkeuksetta kontaktoriin kiinni ja niitä valittaessa tulee varmistaa, että lämpörele on suunniteltu juuri kyseiselle kontaktorille, jotta se varmasti sopii sellaisenaan. Esimerkiksi Danfossin kontaktorit pienemmillä virrankestoilla ovat hyvin samannäköisiä, mutta runkokoko on hieman erilainen, jolloin tulee varmistaa, että lämpörele sopii kyseiseen malliin ja runkokokoon. Lämpöreleessä on bi-metalliliuskat, jotka lämmitessään taipuvat ja avaavat koskettimet. Lämpöreleen kuitaaminen on mahdollista vasta sen jäähtyttyä.

5.3 Öljynpainevahti

Öljynpainevahdit tarkkailevat imupaineen sekä kompressorin kampikammion välistä paine-eroa. Tämän paine-eron laskiessa liian pieneksi katkaistaan kompressorin käynnin hajoamisen estämiseksi. Katkaisu kuitenkin tapahtuu vasta tietyn aikaviiveen kulluttua, sillä kompressorin käynnistykset ja mahdolliset olosuhteiden muuttumiset voivat aiheuttaa paine-eron liiallisen putoamisen. Aikaviive on yleensä painekeytkin kohmainen ja sitä ei kyetä muuttamaan jälkikäteen. Öljynpainevahteja on mekaanisia sekä elektronisia.

5.4 Öljypinnansäädin

Nykyiset elektroniset öljypinnansäätimet tarkkailevat ja säätävät kompressorin kampikammiossa olevan öljyn määrää. Nämä elektroniset säätimet voivat toimia sitä kautta kompressorin varolaitteena, katkaisten kompressorin syötön öljypinnan laskiessa liian alas. Öljypinnan säätely on hyvin tärkeää suuremmissa kylmälaitteistoissa, sillä osa öljystä kiertää järjestelmässä kylmäaineen mukana. Pienemmissä laitteistoissa öljynkierto tapahtuu tarkemmin, sillä järjestelmän tilavuus on huomattavasti pienempi.

5.5 Vuodonilmaisin

Vuodonilmaisin asennetaan tilassa käytettävän kylmäaineen ominaisuuksien mukaisesti. Jos kylmäaine on ilmaa raskaampaa, asennetaan vuodonilmaisin mahdollisimman alas ja jos kylmäaine on ilmaa kevyempää, asennetaan vuodonilmaisin mahdollisimman kylmälaitteiston yläpuolelle. Tällöin kylmäainevuodon sattuessa vuodonilmaisin tunnistaa vuodon mahdollisimman nopeasti. Vuodonilmaisin ei yleensä pysäytä laitteiston toimintaa, vaan aiheuttaa vain hälytyksen, sillä laitteiston pysäyttäminen ei vaikuta vuotoon merkittävästi.

5.6 Termistori

Termistori on lähes kaikissa puolihermeettisissä kompressoreissa ja sen rele on pääsääntöisesti kompressorin kytkentäkotelossa. Termistorin anturit ovat sijoitettuna kompressorin sähkömoottorin käämitysten lähelle tarkkailemaan niiden lämpötiloja. Anturit ovat pääsääntöisesti kytketty sähköisesti sarjaan, jolloin minkä tahansa anturin havaitessa liiallisen lämpötilan, rele katkaisee kompressorin syötön. Termistori tarvitsee oman sähkönsyöttönsä toimiakseen ja on varustettu yleensä vaihtokärjellä, jolla saadaan katkaistua kompressorin syöttö sekä aiheutettua hälytys. Termistoreilla on mahdollista saada myös muita toimintoja esimerkiksi kuumakaasun loppulämpötilan seuranta, mutta nämä ominaisuudet ovat valmistajakohtaisia.

6 KYLMÄTILAN OHJAUS- JA TOIMILAITTEET

6.1 Termostaatti

Termostaatit ovat lämpötilan mukaan toimivia kytkimiä. Termostaattien anturi eli ”pulppi” tulee sijoittaa mitattavaan kohteeseen. Termostaatteja löytyy eripituisilla kapillaariputkilla jotka yhdistävät anturin termostaattiin. Lämpötilan noustessa anturissa oleva kaasu laajenee ja paine kasvaa anturissa, tämä paine välittyy kapillaariputkea pitkin termostaatin palkeelle. Palkeessa oleva paine työntää jousia, jonka avulla termostaatin arvo asetellaan, palkeen paineen ylittäessä jousen voiman se liikuttaa vipua joka termostaatista riippuen joko avaa tai sulkee termostaatin koskettimet. Useat termostaatit ovat varustettu vaihtokoskettimilla. Joissain termostaateissa on erikseen mahdollista säätää differenssi, joka tarkoittaa sitä, että kuinka monta astetta sen tarvitsee jäähtyä, jotta palkeen paine häviää taas jouselle ja koskettimet vaihtavat asentoa.

Elektroniset termostaatit toimivat yksinkertaisesti mittaamalla anturilla haluttua lämpötilaa ja ohjaavat relettään aseteltujen parametrien mukaisesti. Suurin etu on se, että elektroniset termostaatit yleensä myös näyttävät lämpötilan tarkasti näytöllä.

6.2 Elektroninen säädin

Elektroniset säätimet tuovat huomattavia määriä ominaisuuksia kylmätilan ohjaukseen. Esimerkiksi säädin Danfoss AK-CC 210 jolla on mahdollista ohjata plussa- tai pakkaspuolen tiloja. Säätimessä on:

- 3 analogista tuloa lämpötila-antureille
- 4 digitaalista lähtöä, joista kaksi on ohjelmoitavissa eri käyttötarkoituksiin
- 2 digitaalista tuloa
- Mahdollisuus verkkokorttiin, väylät LON RS 485 tai MOD-bus

Tällä yhdellä säätimellä on mahdollista ohjata esimerkiksi pakastehuoneessa jäähdytystä (DO1), sulatusvastuksia (DO2), puhallinmoottoreita (DO3) sekä hälytyksiä (DO4). Ohjelmoitavaa lähtöä DO3 voi käyttää puhaltimien tai lisjäähdytyksen oh-

jaukseen ja DO4 hälytyksen, valojen, reunalämmitysten tai kuumakaasusulatuksen ohjaukseen. Elektronisilla säätimillä saavutetaan nykypäivänä hyvin monipuoliset käyttömahdollisuudet ja valvontaominaisuudet. Yhdistämällä säätimet verkkoon etävalvonta ja säädöt helpottuvat, jolloin esimerkiksi sulatettaessa pakastetiskejä voi kylmäliike ottaa tiskit pois päältä etäyhteyden kautta. Lisäksi hälytyksen tullessa voi kylmäliike tarkastaa tilanteen verkon kautta etänä välittömästi.

6.3 Kellokytkin

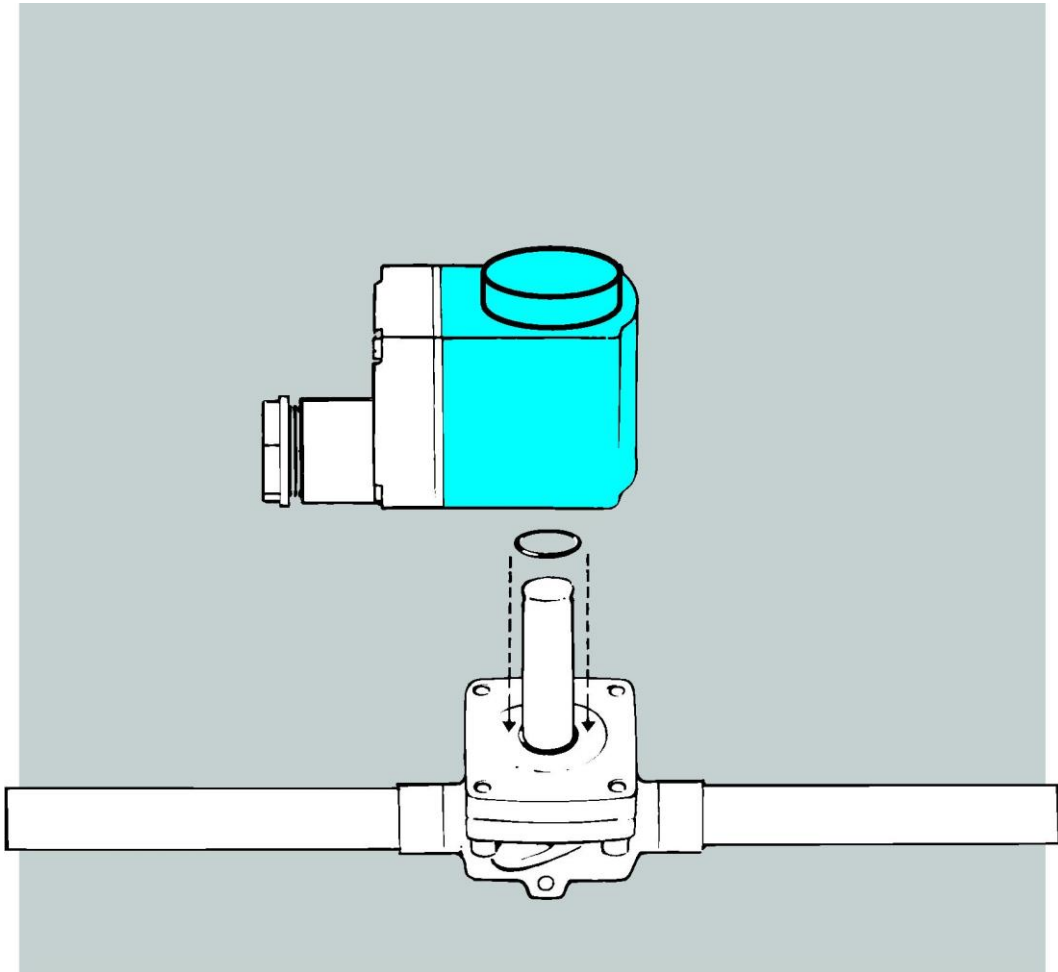
Kellokytkimet ovat reaaliaikakellolla toimivia kytkimiä joita kylmäteknikassa käytetään sulatusten ohjauksiin. Yksipiirisellä kellokytkimellä voidaan ohjata plussapuolen sulatuksia, joissa ei ole sähkövastuksia ja sulavat huoneessa olevan ilman avulla. Näissä tapauksissa kello katkaisee jäähdytyksen ohjauksen ja myös ohjaa sen takaisin päälle asetellun sulatusajan kuluttua.

Sulatusvastuksilla varustetuissa höyrystimissä käytettäessä kellokytkintä, sen tulee olla sitä varten tarkoitettu kahdella piirillä varustettu. Toinen piiri ohjaa puhaltimia ja sen avulla saadaan aseteltua puhallinviive sulatuksen jälkeen.

6.4 Magneettiventtiili

Magneettiventtiileitä käytetään estämään tai sallimaan kylmäaineen virtaus putkistossa. Magneettiventtiileitä on sekä jännitteettöminä auki tai kiinni olevia. Magneettiventtiili päästää kylmäaineen virtaamaan paisuntalaitteelle joka aiheuttaa kylmäaineen höyrystymisen. Kylmäteknikassa käytettävät magneettiventtiilit koostuvat kahdesta osasta. Messinkisestä rungosta joka sisältää ankkurin jossa sulkemisen aiheuttava venttiililevy on kiinni. Ankkuri on jousipalautteinen ja on rungosta ulkonevan ankkuriputken sisällä. Toinen osa on sähkömagneettinen kela, joka tulee ankkuriputken ympärille. Tähän kelaan johdettaessa jännite, se luo sähkömagneettisen kentän, vaikuttaen ankkuriin siten, että se nousee päästään kylmäaineen virtaamaan. Useimmat kylmäteknikassa käytettävät magneettiventtiilit toimivat 230 voltin jännitteellä. Kelassa on joko kiinteä johto, tai pistoke johon syöttö kytketään. On tärkeää muistaa, että kelaa ei tule ikinä poistaa ankkuriputken ympäriltä jännitteisenä, sillä se polttaa kelan. Tämä

johtuu siitä, että ilman rautasydäntä, eli ankkuria, nousee kelan virta huomattavasti.



Kuva 11. Magneettiventtiilin kela ja runko. (Danfoss, 2018)

6.5 Elektroninen paisuntaventtiili

Elektroniset paisuntaventtiilit muistuttavat ulkoiselta rakenteeltaan hyvin paljon magneettiventtiileitä. Erona on se, että elektroninen paisuntaventtiili pitää sisällään suuttimen jonka avulla kylmäaine alkaa höyrystymään. Elektronisen paisuntaventtiilin ohjaukseen tarvitaan sille sopiva elektroninen säädin. Tämä johtuu siitä, että elektronisen paisuntaventtiilin ohjaukseen tarvitaan enemmän lämpötila- ja painetietoja, jotta se pystyy ruiskuttamaan oikein. Perinteisellä paisuntaventtiilillä tämä tapahtuu paisuntaventtiilissä olevilla painemittauksella sekä kaasutäytteisellä lämpötila-anturilla.

6.6 Höyrystinpuhaltimet

Kaupan kylmässä höyrystinpuhaltimet ovat hyvin pieniä. Tiskeissä käytettävät puhaltimet ovat lähes poikkeuksetta 10 tai 16 wattia. Uusimmissa tiskeissä saattaa olla jopa vielä pienempitehoisia energiansäästöpuhaltimia. Puhaltimet ovat varustettu joko metallisella tai muovisella asennuskehällä ja irtoavilla siivillä, jotka tulee tarvittaessa vaihtaa uuteen moottoriin kiinni vanhaa vaihtaessa.

Suurissa kylmähuoneissa höyrystinpuhaltimet saattavat olla kooltaan jo huomattavasti suurempia, kuten 300 tai 400 millimetriä halkaisijaltaan. Tämän kokoluokan puhaltimet ovat valmistajasta riippuen jo pääsääntöisesti kolmivaiheisia.

6.7 Sulatusvastukset ja saattovastus

Sulatusvastukset ovat höyrystinpattereiden sisällä olevia putkimallisia sähkövastuksia. Riippuen höyrystimen koosta sähkövastuksia saattaa olla höyrystimessä hyvin useita ja ne ovat suuritehoisia. Sulatusvastusten kytkentäkotelo on valmiiksi höyrystimessä kiinni ja vastukset ovat valmiiksi kytketty kotelon sisään, jolloin sinne ei tarvitse tuoda muuta, kuin riittävän suuri syöttö. Sulatusvastuksia on 0°C lähellä ja sen alapuolella olevissa huoneissa ja tiskeissä. Alle 0°C olevissa huoneissa tai tiskeissä on myös vastukset lämmittämässä kondenssiveden reittejä varmistaen kondenssiveden poistuminen. Joissain höyrystimissä tämä on toteutettu liimattavalla vastusmatolla, joka on asennettu tippavesikaukalon välipohjan alle, mutta suuremmissa höyrystimissä nämäkin ovat putkimallisia vastuksia.

Saattovastusta käytetään tapauksissa, joissa kondenssivesiputki sijaitsee kylmässä tilassa ja lämpötila on alle 0°C. Saattovastus on pienitehoinen kaapelivastus, joka asennetaan joko kondenssivesiputken alle eristeen alle tai eristetyn putken sisälle.

6.8 Kondenssivesipumppu

Pääsääntöisesti kondenssivesi johdetaan lattiakaivoon tai ulos, mutta tämä ei aina ole mahdollista. Silloin joudutaan käyttämään kondenssivesipumppua, johon kondenssi-

vesi johdetaan ja joka pumppaa sen letkua pitkin kaivoon tai ulos. Kondenssivesipumppua valittaessa suurimmat kriteerit ovat nostokorkeus ja tilavuus. Kondenssivesipumppua käytettäessä esimerkiksi kylmätiskin vedenpoistoon, on sille mahdollista ottaa syöttö tiskin syötöstä helposti.

7 KYLMÄLAITTEISTON OHJAUKSEN TOTEUTUS

7.1 Konepään ohjaus

Konepäällä tarkoitetaan konehuoneessa sijaitsevia toimilaitteita. Näitä ovat muun muassa kompressorin sekä sen erilaiset toimilaitteet kuten öljynpalautus ja kaikki varo- ja säätölaitteet. Lauhdutin ajatellaan tässä tilanteessa konepään komponentiksi, sillä lauhduttimen ohjaus ja syöttö tulee yleensä konehuoneessa sijaitsevalta ryhmäkeskuksesta.

7.1.1 Kompressorin ohjaus ja valvonta

Kompressorin ohjaus tapahtuu perinteisessä kylmälaiteistossa pääsääntöisesti kaksoispressostaatilla. Tämä pressostaatti tarkkailee imupainetta ja ohjaa kompressorin matalapaineen mukaan sekä päälle että pois. Lisäksi kaksoispressostaatti katkaisee tarvittaessa kompressorin ohjauksen, jos korkeapaine nousee liian korkeaksi. Jos kompressorin on varustettu tehonsäätökannella, niin sitä ohjataan matalapaineispressostaatilla. Kompressorin ohjaa myös sen varolaitteet, jotka vikojen ilmetessä katkaisevat syötön ja suojaavat kompressorin. Kompressorille myös usein rakennetaan mahdollisuus ajaa sitä manuaalisesti. Manuaalijäädä muun muassa kylmälaiteiston tyhjentämisestä kylmäaineesta. Kolmivaiheisella kompressorilla ohjaus tapahtuu aina joko kontaktorin tai taajuusmuuttajan kautta.

Kompressorin yleisimpiä varolaitteita ovat korkeapainesuoja, öljynpainevahti tai -pinta-vahti, lämpörele sekä termistori. Useimmassa suojassa on mahdollisuus automaattiseen palautukseen, mutta sen käyttö riippuu tilanteesta ja toimilaitteesta. Esimerkiksi korkeapainehälytys on yleensä itsestään kuittaantuva, sillä yleensä paineen laskuun riittää se, että laiteisto on hetken pois päältä ja kylmäaine jäähtyy luonnollisesti ja paine laskee. Korkeapainehälytyksestä ei tämän takia yleensä edes johdeta hälytystä ulospäin, sillä se aiheuttaisi turhia kustannuksia. Öljynpainevahdin hälytyksen ovat pääsääntöisesti manuaalisesti kuitattavia, tällä pyritään estämään kalliita laiterikkoja, sillä yleensä sen toimiessa kompressorin on vaarassa hajota.

7.1.2 Lauhdutinpuhaltimien ohjaus

Yksinkertaisin lauhdutinpuhaltimen ohjaus tapahtuu pressostaateilla. Kytkevävaihtoehtoja on monia riippuen laitteistosta.

-Useampi yksivaiheinen puhallinmoottori voidaan kytkeä toimimaan suoraan pressostaatin koskettimilla, sillä puhaltimien tehot ovat pieniä.

-Useampi pressostaatti ohjaamaan useampaa puhallinmoottoria, jolloin lauhduttimen tehoa voidaan kontrolloida paremmin ja lauhduttimen toimintaan saadaan varmuutta, kun yhden pressostaatin hajotessa muut toimivat vielä, puhaltimen hajotessa virta pysyy yleensä niin pienenä, että se ei polta sulaketta tai laukaise johdonsuoja-automaattia, jolloin syöttö on yleensä yhteinen.

-Tyristorisäädin säätämään yhden tai useamman yksivaiheisen puhaltimen puhallinnopeutta jolloin energiatehokkuus paranee, kun puhallin käyttää vain tarvittavan määrän sähköenergiaa.

-Pressostaatti ohjaamaan kolmivaiheisten puhallinmoottoreiden kontaktoreita, yhtä tai useampaa kerralla.

Yksivaiheisten lauhdutinpuhaltimien tehot ja virrat ovat hyvin pieniä. Yksivaiheisten puhaltimien suojaksi riittää sulake tai johdonsuoja-automaatti, mutta kolmivaiheiset puhaltimet varustetaan lämpöreleillä.

Usean lauhdutinpuhaltimen ohjaus on mahdollista toteuttaa myös elektronisilla säätimillä, jotka tarkkailevat kuumakaasun painetta ja säätävät tarvittavan määrän puhaltimia päälle. Nykypäivänä näissä säätimissä on runsaasti muitakin ominaisuuksia kuten käyntiaikojen tasaaminen, jolloin puhaltimien käyttöikä pitenee. Tämä toteutus on tarkempi kuin usean pressostaatin käyttäminen, sillä säätimen tarkkuus on huomattavasti pressostaatteja parempi.

Nykypäivänä suurissa laitteistoissa käytetään usein taajuusmuuttajia ohjaamaan kolmivaiheisia puhallinmoottoreita korkeapaineen mukaan, jolloin saavutetaan varsinkin suurissa laitteistoissa suuri säästö sähkökulutuksessa ja huomattavat säästöominaisuudet. Nykyisin markkinoilla on myös EC-puhaltimia, joille tuodaan data halutusta tehosta ja jotka hoitavat itse pyörimisnopeuden säätämisen sisäänrakennetulla elektroniikalla. Taajuusmuuttajat ja EC-puhaltimet tarvitsevat elektroniikan joka tuo niille

datan halutusta pyörimisnopeudesta, kuten ohjelmoitava logiikka tai jotkut elektroniset säätimet, jotka on varustettu analogisella lähdöllä.

7.2 Kylmätilan ohjaus

Kylmätilalla tarkoitetaan jäähdytettävää osaa kylmäjärjestelmästä, kuten kylmätiskiä tai -huonetta.

7.2.1 Jäähdytyksen ohjaus

Pienissä kylmlaitteistoissa, kuten esimerkiksi niin sanotuissa omakoneellisissa kylmätiskeissä tai pakastealtaissa, joiden höyrystys tapahtuu kapillaariputkella, tapahtuu jäähdytyksen ohjaus ohjaamalla suoraan kompressorin käyntiin termostaatin koskettimilla, jolloin tiski jäähdyttää.

Mekaanisella paisuntalaitteella toteutetussa jäähdytyksessä ohjaa jäähdytystä magneettiventtiili, joka sallii kylmäaineen virtaamisen järjestelmässä. Magneettiventtiiliä ohjataan joko mekaanisen termostaatin koskettimilla, tai erillisellä elektronisella säätimellä. Mekaanisen termostaatin etuna on halpa hinta ja yksinkertainen asennus.

Kylmähuoneessa termostaatti voidaan asentaa suoraan huoneen sisälle, jossa magneettiventtiilikin pääsääntöisesti sijaitsee. Kylmätiskeissä käytetään termostaatteja, joissa on pitkä kapillaariputki, jolloin tiskin sisälle viedään vain termostaatin kapillaariputken pää mitattavaan kohtaan.

Elektronisella säätimellä saavutetaan useita ominaisuuksia, mutta kustannukset nousevat runsaasti ja asennus monimutkaistuu, sillä säädin tulee asentaa kylmähuoneen ulkopuolelle tarvittaessa erilliseen koteloon. Tällöin antureiden ja toimilaitteiden kaapelimatkat pitenevät ja tarvitaan useampi anturi käytetyistä ominaisuuksista riippuen. Elektronisella säätimellä saavutetaan paljon tarkempi jäähdytyksen säätö ja valvonta verrattuna mekaaniseen termostaattiin.

Tietyillä elektronisilla säätimillä pystytään myös ohjaamaan elektronista paisuntaventtiiliä, joka korvaa sekä magneettiventtiilin, että paisuntaventtiilin. Elektronisen paisuntaventtiilin ja sen ohjauslaitteiston suurin etu on se, että laitteisto saadaan toimimaan tarkasti ja ruiskutusta voidaan säätää jokaiseen tilanteeseen sopivaksi. Tällöin täydellä kuormalla venttiili on täysin auki ja tilan jäähtyessä ruiskutusta vähennetään. Nämä ratkaisut ovat hintavampia kuin perinteinen magneettiventtiilillä ja paisuntaventtiilillä toteutettu jäähdytys, mutta käyttökustannukset ovat pienempiä.

7.2.2 Höyrystinpuhaltimien ohjaus

Pääsääntöisesti jokaisessa kylmähuoneessa ja -tiskissä puhaltimet pyörivät aina laitteiston ollessa päällä. Höyrystinpuhaltimet ovat kaupan ja pienten teollisuuden jäähdytyskylähuoneissa ja tiskeissä hyvin pienitehoisia, pienimmät vain 10 tai 16W. Tällöin höyrystin sulaa hieman jäähdytyksen ollessa pois päältä ja sulatusvälit voidaan asettaa pidemmiksi.

Kylmälaiteissa jotka ovat varustettu sulatusvastuksilla, tulee puhaltimet pysäyttää aina sulatuksen ajaksi. Jos näin ei tapahtuisi, levittäisivät puhaltimet kuumaa ilmaa ja sulatusvettä ympäri huonetta. Sulatusvastuksilla varustetuissa höyrystimissä puhaltimet kytketään päälle vasta jäähdytyksen oltua muutaman minuutin päällä, näin estetään sulatusvesipisaroiden leviäminen huoneeseen. Esimerkiksi pakastuhuoneissa nämä pisarat voivat pysäyttää tai rikkoa puhaltimet jäätyessään.

Joissain tapauksissa käytetään vapaan ilmankierron höyrystimiä eli niin kutsuttuja ”staattisia pattereita”. Näissä höyrystimissä ilmankierto tapahtuu luonnollisesti lämpötilaerojen liikuttaessa ilmaa huoneen sisällä, näissä höyrystimissä ei ole puhallinmoottoreita.

7.2.3 Sulatuksien ohjaus

Sulatusten ohjaus tapahtuu kellokytkimillä tai elektronisella säätimellä ajan mukaan. Sulatuksissa, joissa ei ole sähkövastuksia, tapahtuu sulattaminen katkaisemalla kylmäaineen syöttö höyrystimeltä. Eli magneettiventtiilin toiminta estetään tietyksi ajaksi,

tai elektronisen paisuntalaitteen ohjaus estetään säätimen asetusten mukaisesti. Kellokytkimet käynnistävät sulatuksen aina tiettyinä kellonaikoina, 2-3 kertaa vuorokaudessa. Sulatusajat tulisi asetella sellaiseen ajankohtaan, jolloin sulatuksesta on vähiten häiriötä, esimerkiksi aamulla ennen myymälän aukeamista ja illalla sen sulkeuduttua. Elektroniset säätimet eivät välttämättä ole varustettu reaaliaikakellolla, jolloin niiden sulatusohjaus tapahtuu tietyn ajan kuluttua, esimerkiksi 8 tai 12 tunnin välein.

Sulatusten synkronointi on tärkeää myymälöissä ja muissa tiloissa, jos käytössä on useampi tiski kiinni toisissaan. Sulatuksen tulee mennä päälle samanaikaisesti kaikissa toisissaan kiinni olevissa tiskeissä, jotta ne kaikki sulavat samanaikaisesti. Muussa tapauksessa sulava tiski saa kylmää ilmaa muista tiskeistä eikä sula kunnolla, tai sulava tiski lämmittää muita tiskejä aiheuttane häiriötä ja mahdollisen lämpötilahälytyksen.

Sähkövastuksilla varustetuissa sulatuksissa estetään kylmäaineen syöttö, pysäytetään puhallinmoottorit sekä asetetaan sulatusvastukset päälle. Sulatusvastuksilla varustettuihin höyrystinpattereihin tulee asentaa sulatussuojatermostaatti tai elektronista säädintä käytettäessä anturi. Nämä ratkaisut estävät lämpötilan kasvamisen liian suureksi ja katkaisevat sulatusvastuksien syötön. Sulatussuojan katkaistessa sulatuksen tai suurimman sallitun sulatusajan kuluttua ohjataan jäähdytys päälle heti. Puhaltimet käynnistetään vasta puhallinviiveen jälkeen, joka on yleisesti noin 3-5 minuuttia. Tämä estää höyrystimeen jääneiden vesipisaroiden roiskumisen huoneeseen, tiskiinkin tai tuotteisiin.

7.2.4 Kylmähuoneiden erikoistarpeet

Kylmähuoneissa tulee varmistaa, että siellä työskentely on mukavaa ja turvallista. Tilaan on tuotava valaistus, jota voi ohjata joko valaisinkytkimellä, ovikytkimellä tai liikkeentunnistimella. Valaisinkytkin on hyvä ratkaisu plussapuolella, kun siinä tilanteessa, kun joku menee työskentelemään huoneeseen, ei tarvita muuta kuin valaistus päälle.

Pakastehuoneissa käytetään valaistuksen, sekä myös puhaltimien ja jäähdytyksen ohjaukseen joko ovikytkintä tai liiketunnistinta. Näillä ratkaisuilla eliminoidaan inhimilliset erehdykset, joita valaisinkytkimen kanssa saattaisi käydä, kun kytkimen unohtuessa päälle ei jäähdytys käynnistyisi. Tällöin henkilön avatessa oven tai viimeistään liiketunnistimen huomattessa hänet, tulee valojen kytkeytyä päälle ja puhaltimien ja jäähdytyksen sammua. Tämä tekee työskentelystä huomattavasti mukavampaa, sekä ennaltaehkäisee höyrytimen jääymistä, kun puhaltimet eivät puhalla kosteaa ilmaa ulkoa höyrytimeen, jossa se jäätyisi. Työskentely suuressa pakastehuoneessa jäähdytyksen ollessa päällä voi palelluttaa hyvinkin nopeasti, sillä höyrytimien puhallusilma on noin -35°C ja puhallus voimistaa kylmyudentunnetta entisestään.

Suuremmissa tiloissa joissa käsitellään elintarvikkeita, kuten lihanleikkuuhuoneessa, jossa siivous on hyvin tärkeää ja siinä kestää kauan, on hyvä olla mahdollisuus siivouskytkimeen. Kytkin sammuttaa jäähdytyksen ja puhaltimet sekä estää hälytykset tietyksi ajaksi, sillä pesussa käytettävä lämmin vesi jäätyisi muuten höyrytimeen.

7.3 Hälytyksien ohjaus

Kylmähälytykset jotka halutaan ohjata eteenpäin ovat yleensä liitettyinä murtohälytintjärjestelmään. Nämä järjestelmät käyttävät pääsääntöisesti avautuvia silmukoita valvonnassa, jolloin kaikki hälytykset tulee tarvittaessa ohjata siihen sopivan releen kautta, että hälytyksestä saadaan avautuva tieto.

Lämpötilahälytykset tulee poistaa käytöstä aina sulatuksen alkaessa ja käynnistää vasta jäähdytyksen alkamisesta tietyn ajan jälkeen, joka on yleisesti noin 45-60 minuuttia riippuen huoneesta tai tiskistä ja siellä vallitsevasta normaalista lämpötilasta.

8 SÄHKÖISTYKSEN TOTEUTUS

8.1 Suunnittelu

“Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.”

(Finlex, 2016, (16.12.2016/1135) 6§)

Kylmäurakkaan sisältyy yleensä ryhmäkeskus, jonka toimittaa kylmäurakoitsija. Kylmäurakoitsijat hoitavat pääsääntöisesti sähkö- ja automaatio suunnittelun itse. Suunnittelu alkaa kartoittamalla asiakkaan tarpeisiin tarvittavat komponentit sekä säädösten ja standardien vaatimat mahdolliset lisäykset, esimerkiksi laitoksen sisältäessä yli 300kg kylmäainetta, tulee järjestelmä varustaa vuodonilmaisinjärjestelmällä. Ryhmäkeskus tilataan pääsääntöisesti kylmäkonetoimittajalta, jolta kylmäkoneikkokin tilataan. Harva kylmäurakoitsija Suomessa rakentaa itse kylmäkoneikkoja, sillä yritykset ovat pääsääntöisesti pieniä tai keskisuuria. Ryhmäkeskuksen ja koneikon hankinnassa tulee ottaa huomioon myös tarvittaessa laajennusmahdollisuudet. Ryhmäkeskukset sijoitetaan pääsääntöisesti konehuoneeseen, jolloin niiden tulee olla vähintään IP34 pölyn ja suodattamattoman ilmanvaihdon vuoksi.

8.2 Toteutus

Kylmälaitteistot luokitellaan sähkölaitekokonaisuuksiksi. Tällöin niiden sähköasennuksiin riittää kylmäasentajan tutkinnossa suoritettava Sähköpätevyys 3, joka oikeuttaa toimimaan sähkötöiden johtajana enintään 1000 voltin vaihtojännitteisten verkkoon liitettävien sähkölaitteiden korjaustöissä. Sähköpätevyys 3 oikeuttaa myös vaihtamaan sähkölaitteiston yksittäisiä komponentteja ja syöttöjohdon vetämisen korjatta-

valle tai uutena verkkoon liitettävälle sähkölaitteelle tai -laitetekonaisuudelle asennusrasialta tai kiinteistön jakokeskukselta kuitenkin keskuksen rakennetta muuttamatta. (Finlex, 2016, (16.12.2016/1135) 69§)

Kompressorin kaapelointi voidaan toteuttaa yksisäikeisellä kaapelilla, esimerkiksi MMJ, jos kompressorin on asennettu kiinteästi konepukkiin. Jos kompressorin asennuksessa käytetään tärinänvaimenninkumeja tai -jousia, tulee kaapelointi toteuttaa monisäikeisellä kaapelilla esimerkiksi MSK. Muut komponentit voidaan pääsääntöisesti kaapeloida yksisäikeisellä kaapelilla, sillä niiden asennukset ovat kiinteitä, eivätkä ne altistu tärinälle normaalissa käyttötilanteessa.

Kompressorin tai puhaltimien toimiessa taajuusmuuttajaohjatusti, tai käytettäessä EC-puhaltimia tulee kaapelin olla sähkömagneettisesti suojattua, esimerkiksi MCMK. Tällöin myös mahdollisten turvakytkimien tulee olla häiriösuojattuja. Tyristoriohjatut puhaltimet eivät tarvitse häiriösuojattua kaapelia, sillä ne eivät aiheuta sähkömagneettista häiriötä, jota kaapelit eliminoivat.

Yksivaiheisten puhaltimien pyörimissuuntaa ei pysty muuttamaan. Näiden puhaltimien aiheuttaman ilmavirran suunta riippuu siihen asennettavista siivistä, jotka ovat yleensä vaihdettavissa olevat. Kolmivaiheisten puhaltimien pyörimissuunta voidaan muuttaa kuten minkä tahansa sähkömoottorin, nimittäin vaihtamalla mitkä tahansa kaksi vaihetta keskenään. Pääsääntöisesti kaikissa kylmäteknisissä ratkaisuissa, niin höyrystin- kuin lauhdutinpuhaltimissa ilmavirran tulee kulkea siten, että puhallinmoottori imee ilmaa höyrystinpatterin lävitse. Tällöin ilma virtaa tasaisesti joka puolelta höyrystintä ja hyötysuhde on huomattavasti suurempi, kun lamellipinta-alaa käytetään enemmän. Joissain erikoisratkaisuissa voidaan joutua käyttämään toisinpäin kulkevaa ilmavirtaa, mutta näissä tilanteissa puhaltimien tulee olla siihen käyttötarkoitukseen soveltuvia, sillä siipien rakenne suunnitellaan ilmavirran mukaan ja väärään suuntaan puhaltava puhallin on äänekäs eikä yhtä energiatehokas kuin oikeinpäin pyörivä.

Kylmähuoneen sisällä kaapeloitaessa komponentteja, tehdään lähes poikkeuksetta kaapeliin pieni lenkki, halkaisijaltaan noin 10 cm, juuri ennen komponenttia. Tämä lenkki antaa kytkentävaraa komponentille mahdollisessa vikatilanteessa, kun kompo-

nentti on vaihdettava uuteen. Kuitenkin lenkin tärkein tehtävä on estää kosteuden päätyminen komponenttiin. Kosteuden tiivistyessä kaapeliin, valuu mahdolliset pisarat kaapelilenkin alareunaan, josta ne putoavat alas, eivätkä ajaudu komponenttiin. Tämä toimintatapa on yleensä monella kylmäasentajalle myös lauhdutinpuhaltimien kaapeloinneissa.

9 YHTEENVETO

Lopputuloksesta tuli hyvin toivotunlainen. Alkuun työ vaikutti jäävän liian suppeaksi, mutta työtä tehdessä, ajatus sen käyttötarkoituksesta sekä kohdeyleisöstä selkiytyi. Työhön onnistuttiin kasaamaan kaikki olennainen sähköisistä komponenteista ja puhtaasti mekaaniset komponentit jätettiin tarkoituksella työn ulkopuolelle, sillä kohdeyleisölle ne todennäköisesti aiheuttaisivat enemmän kysymyksiä kuin vastauksia.

Jos työ innostaa jotakuta, kannattaa perehtyä asioihin tarkemmin, sillä kylmäala on hyvin mielenkiintoinen, haastava ja monipuolinen ala, jossa todellakin pääsee haastamaan itseään ja oppimaan jatkuvasti uutta. Ala kehittyy huimaa vauhtia eteenpäin ja komponentit ja kylmäaineet kehittyvät ja luovat jatkuvasti uusia erikoistarpeita kylmälaitteistojen ja komponenttien valmistajille, urakointiliikkeille sekä yksittäisille asentajille. Kylmäalan kirjallisuutta saa muun muassa ostettua Suomen Kylmäyhdistys Ry:ltä, joka myy kylmäalan opetus- sekä standardikirjoja.

Opinnäytetyöstä toivotaan olevan apua aiheesta kiinnostuneille ja niille, jotka haluavat oppia lisää kylmäalan komponenteista sekä ratkaisuista. Kylmäalan ollessa Suomessa hyvin pieni, on tärkeää, että sähkötekniikan ammattilaisilla on osaamista kylmäteknikasta, sillä se on suuri osa koko alaa.

LÄHTEET

History of refrigeration and refrigerators, n.d., viitattu 14.3.2018, www.historyofrefrigeration.com

The editors of encyclopedia Britannica, n.d., Refrigeration, viitattu 14.3.2018, <https://www.britannica.com/technology/refrigeration>

Barbara Krasner-Khait, n.d., The impact of Refrigeration, viitattu 14.3.2018, <https://www.history-magazine.com/refrig.html>

Kaappola, E., Hirvelä, A., Jokela, M. & Kianta, J., 2011, Kylmätekniiikan perusteet. Helsinki: Juvenesprint Oy

Aalto, E., Alijoki, T., Hakala, P., Hirvelä, A., Kaappola, E., Mentula, J., Seinelä, A., 2008, Kylmätekniiikka, 3.Painos, Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Kotimaisten kielten keskus, 2017, MOT Kielitoimiston sanakirja, viitattu 16.3.2018, <https://mot-kielikone-fi.lillukka.samk.fi/mot/satakunnanamk/net-mot.exe?navbar=frontpage>

Danfoss, 2018, WWW-sivut, viitattu 16.3.2018, products.danfoss.com/home/#/

Bitzer, 2018, Bitzer South Africa Blogi, viitattu 18.3.2018, <https://bitzersablog.wordpress.com>

Bitzer, 2018, WWW-sivut, viitattu 18.3.2018, <https://www.bitzer.de/gb/en/>

Emerson, 2018, WWW-sivut, viitattu 20.3.2018, www.emersonclimate.com/en-ca/pages/default.aspx

EnggCyclopedia, 2018, WWW-sivut, viitattu 20.3.2018, www.enggcyclopedia.com/2012/03/scroll-compressors/

Finlex, 2011, WWW-sivut, asetus (1367/2011) 7§, viitattu 13.4.2018, www.finlex.fi

Finlex, 1994, WWW-sivut, asetus (165/1994) 9§, viitattu 13.4.2018, www.finlex.fi

Finlex, 2016, WWW-sivut, asetus (16.12.2016/1135) 6§, viitattu 4.5.2018, www.finlex.fi

Finlex, 2016, WWW-sivut, asetus (16.12.2016/1135) 69§, viitattu 4.5.2018, www.finlex.fi

Danfoss, 2016, AK-CC 210 asennusohje, viitattu 3.5.2018, products.danfoss.fi