

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Johannes Nikula

Ilmankäsittelykoneen ohjauskeskuksen suunnittelu

Insinööritö 7.12.2009

Ohjaaja: talotekniikan insinööri Pasi Elolampi
Ohjaava opettaja: lehtori Kai Virta

Tekijä Otsikko	Johannes Nikula Ilmankäsittelykoneen ohjauskeskuksen suunnittelu
Sivumäärä Aika	39 sivua 7.12.2009
Koulutusohjelma	automaatiotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	talotekniikan insinööri Pasi Elolampi lehtori Kai Virta
<p>Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella ilmankäsittelykoneelle konekohtainen ohjauskeskus, joka sisältää kaikki koneen ohjaamiseen tarvittavat sähkö- ja automaatiolaitteet, kuten moottorilähdöt, suojalaitteet ja ohjausjärjestelmän. Ohjauskeskuksesta suunniteltiin yhteensä kahdeksan hieman toisistaan poikkeavaa mallia, jotka soveltuvat käytettäväksi erityyppisten ilmankäsittelykoneiden ja eri ohjausjärjestelmien kanssa.</p> <p>Suunnittelutyössä noudatettiin sähkökeskuksia ja ilmankäsittelykoneita koskevia sähkö- ja koneturvallisuusmääräyksiä sekä hyvää työskentelytapaa sähkötyössä. Tietolähteinä suunnittelutyössä käytettiin lähinnä sähkötielähtöä ja Suomen standardisoimisliiton sähköasennuksia ja koneturvallisuutta käsitteleviä standardeja. Ohjauskeskuksen suunnittelussa tavoitteena oli suunnitella mahdollisimman yksinkertainen toimiva laitteisto, joka täyttää sille asetetut toimintavaatimukset ja yleiset määräykset.</p> <p>Suunnittelutyön aluksi kartoitettiin ilmankäsittelykoneen sähköistystarpeet. Kartoituksen pohjalta suunniteltiin ohjauskeskukseen tarvittavat sähkökeskuskomponentit. Tämän jälkeen suunniteltiin ohjauskeskuksen ulkomitat ja keskuksen rakenne. Ohjauskeskuksen komponenttien ja rakenteiden suunnittelun jälkeen keskuksesta piirrettiin tarvittavat sähkökuvat CAD-ohjelmalla.</p> <p>Ohjauskeskuksen suunnittelutyön tuloksena syntyi yhteensä kahdeksan mallikuvasarjaa ilmankäsittelykoneen ohjauskeskuksesta. Kuvat piirrettiin mahdollisimman valmiiksi, ja niistä jätettiin puuttumaan ainoastaan ohjauskeskuksen ja työkohteen nimitiedot sekä kaapeleiden ja sähkökeskuskomponenttien mitoitus tiedot. Mallikuvien tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa ohjauskeskusten suunnittelua ja sähkökuvien piirtämistä.</p> <p>Insinööriyön kirjalliseen raporttiin on koottu suunnittelussa huomioon otettuja ohjauskeskuksia ja ilmankäsittelykoneen sähköistystä koskevia sähkö- ja koneturvallisuusmääräyksiä. Lisäksi raporttiin on koottu ohjauskeskuksen sähkökuvien piirtämiseen, mallikuvien käyttöön ja sähkökeskuskomponenttien mitoittamiseen tarvittavaa tietoa ja ohjeita. Näin on pyritty helpottamaan tiedon etsintää ja tuomaan esille ohjauskeskuksen suunnittelussa huomioon otettavia asioita.</p>	
Hakusanat	ilmankäsittelykone, ohjauskeskus, sähkökuva, sähkösuunnittelu, ohjausjärjestelmä, koneturvallisuus

Author Title	Johannes Nikula Designing a control centre for a air handling unit
Number of Pages Date	39 7 December 2009
Degree Programme	Automation Engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Pasi Elolampi, Engineer of Building Services Technology Kai Virta, Principal Lecturer
<p>The aim of this thesis project was to design a control centre for an air handling unit. The control centre includes the necessary electrical and automation equipment, such as motor outputs, protective devices and a control system. Eight different models of the control centre were designed. The different models can be used with different types of the air handling units and the control systems.</p> <p>During the designing work, the electrical and machine safety regulations on electrical centers and air handling units were followed. The electricity information register and the SFS standards were also used as sources of information. The aim was to design a simple system which fits the bill.</p> <p>At the beginning of the designing work, electrical parts of the control unit were designed. Next, the outside measures of the control centre were designed. After that, the necessary electrical diagrams were drawn with a CAD program.</p> <p>The designing work produced eight series of model drawings for the control centre of the air handling unit. The model drawings were drawn as ready as possible. Only the specifications of the electrical parts and the name information of the control centre and the project were excluded. The aim of model drawings was to help and quicken the process of designing the control centre and drawing the electrical diagrams.</p> <p>The written report compiles information about the electrical and machine safety regulations on the control centres and the air handling units. The same information was utilized in the designing work. Also instructions and information about drawing electrical diagrams, using model drawings and designing electrical parts can be found in this report. The information was compiled to help the designing work.</p>	
Keywords	air handling unit, control centre, electrical picture, electrical designing, control system, machine safety

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät

1	Johdanto	7
2	Ilmankäsittelykoneet	9
2.1	Ilmanvaihto ja moduulikoneet	9
2.2	Ilmankäsittelykoneen osat	10
2.3	Lämmöntalteenotto	10
2.3.1	Ristilevylämmönsiirrin	10
2.3.2	Pyörivä lämmönsiirrin	11
2.3.3	Patterilämmönsiirrin	11
3	Ohjauskeskuksen suunnittelu	12
3.1	Lähtötiedot	12
3.2	Tarpeiden kartoitus	12
3.3	Suunnittelun perusteet	12
3.4	Säännöt ja määräykset	13
3.5	Tietolähteitä	13
3.6	Kustannustehokkuus	13
3.7	Suunnitelmien käytettävyys	13
4	Ilmankäsittelykoneen sähköistys	14
4.1	Sähköistystarpeet	14
4.2	Moottorit ja pumput	15
4.3	Kaapelit	15
4.4	Automaatio	16
4.5	Ohjausyksikkö	17
4.6	Automaation kenttälaitteet	17
4.7	Ohjauskeskuksen sijainti	17
5	Moottorilähtöjen ja sähkönsyöttöjen suunnittelu	18
5.1	Sähkösuunnittelun tietolähteet	18
5.2	Puhaltimien moottorilähdöt	19
5.3	Pumppujen moottorilähdöt	19
5.4	Automaation sähkönsyötöt	20
5.5	Muut sähkönsyötöt	21
5.6	Pääkytkin	21

6	Koneturvallisuus	22
6.1	Koneen määritelmä	22
6.2	Riskienarviointi	22
6.3	Mekaaniset vaaratekijät	22
6.4	Sähköstä johtuvat vaaratekijät	23
7	Ohjauskeskuksen sähkökuvien piirtäminen	25
7.1	Sähkökuvat	25
7.2	Piirustusohjelma	25
7.3	Pääkaavio	25
7.4	Piirikaaviot	26
7.5	Rakenteiden suunnittelu ja layout-kuvat	26
7.6	Täydentävät kuvat	27
8	Mallikuvat	29
8.1	Mallikuvasarjat	29
8.2	Valmiiden mallikuvien käyttö	29
8.3	Mallikuvien käytöllä saavutettavat hyödyt	30
9	Sähköiset mitoitusarpeet	31
9.1	Mitoitusten tarpeellisuus ja tietolähteet	31
9.2	Liityntätehon mitoitus	31
9.3	Sähkökeskuskomponenttien mitoitus	32
9.4	Käyttönottomittaus	33
10	Yhteenveto	35
	Lähteet	38

Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät

LVI	Lämpö, vesi, ilma.
V	Volt. Jännite.
VAC	Volts Alternating Current. Vaihtojännite.
VDC	Volts Direct Current. Tasajännite.
I/O	Input/Output. Tulot ja lähdöt.
GE	General Electric. Sähköalan yritys.
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
CE	CE-merkintä on valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat Euroopan unionin vaatimukset.
A	Ampere. Sähkövirta
KATKO	Sähköalan yritys.

1 Johdanto

Rakennusautomaatio on kasvava tekniikan ala, joka tarvitsee tulevaisuudessa uusia osaajia alan työtehtäviin. Automaatioinsinöörin koulutus antaa hyvät lähtövalmiudet nopeasti kehittyvällä alalla työskentelyyn. Yksi rakennusautomaatiojärjestelmän tärkeimmistä tehtävistä on kiinteistön ilmanvaihdon ohjaus.

Insinöörityö tehtiin Uudenmaan alueella toimivalle vuonna 1987 perustetulle Eleta Talotekniikka Oy:lle. Eleta Talotekniikka Oy on julkisten liike-, teollisuus- ja asuinrakennusten rakennusautomaatioon ja siihen liittyviin sähkötoihin erikoistunut yritys. Yrityksen toimenkuvaan kuuluvat uudis- ja korjausrakentamisen kohteisiin tehtävät urakointi-, asennus- ja huoltotyöt.

Ilmankäsittelykoneen ohjauskeskuksen suunnittelutyölle syntyi tarve, kun ilmankäsittelykoneita maahantuova Teknocalor Oy tilasi Eleta Talotekniikka Oy:lta markkinoimiinsa ilmankäsittelykoneisiin ohjauskeskuksia. Teknocalor Oy on talotekniikkatuotteiden maahantuontiyritys, joka markkinoi muun muassa ilmankäsittelykoneita. Tilatut ilmankäsittelykoneen ohjauskeskukset tulevat käyttöön Teknocalor Oy:n markkinoimiin GEA-merkkisiin moduuleista koottaviin ilmankäsittelykoneisiin.

Ilmankäsittelykoneita ohjataan yleensä keskitetysti, jolloin koneiden kentälaitteet on yhdistetty suuriin sähkö- ja automaatiolaittekaappeihin. Konekohtaisten ohjauskeskusten ideana on hajauttaa ilmankäsittelykoneen ohjausjärjestelmän komponentit kentälle koneiden läheisyyteen. Näköetäisyydellä ilmankäsittelykoneista sijaitsevat konekohtaiset ohjauskeskukset selkeyttävät ohjausjärjestelmän rakennetta sekä helpottavat ilmankäsittelykoneiden käyttö- ja huoltohenkilökunnan työskentelyä. Ohjausjärjestelmän hajautus parantaa myös järjestelmän toimintavarmuutta, koska yhden ohjauskeskuksen vikaantuminen ei vaikuta muiden ohjauskeskusten toimintaan.

Kirjallisen raportin alussa käsitellään suppeasti kiinteistön ilmanvaihtoa, ilmapuhdistuslaitteita sekä ilmapuhdistuslaitteiden ohjausta rakennusautomaatiojärjestelmän avulla. Varsinainen raportti käsittelee ilmapuhdistuslaitteen ohjauskeskuksen suunnittelua. Työn tavoitteena oli suunnitella ja piirtää mallikuvia ohjauskeskuksista erityyppisille ilmapuhdistuslaitteille. Ilmapuhdistuslaitteen ohjauskeskus sisältää kaikki laitteen ohjaamiseen tarvittavat sähkö- ja automaatiolaitteet, kuten moottorilähdöt, suojalaitteet ja ohjausjärjestelmän.

Ohjauskeskuksen mallikuvien tavoitteena on helpottaa ja nopeuttaa ohjauskeskusten suunnittelutyötä. Insinöörityön kirjallisessa raportissa kerrotaan ohjauskeskuksen suunnittelutyöstä, suunnitteluun vaikuttaneista ja huomioon otetuista sähkö- ja koneturvallisuusmääräyksistä sekä ohjauskeskuksen sähköisistä mitoitusarveista. Kirjallisen raportin tavoitteena on toimia tiedon lähteenä ohjauskeskuksia mallikuvien avulla suunnitteleville henkilöille. Kirjalliseen raporttiin on koottu tärkeimmät ohjauskeskusten suunnittelutyössä huomioonotettavat asiat. Raportin lopussa on pohdittu ja esitetty muutamia parannusehdotuksia ilmapuhdistuslaitteiden turvallisuuteen ja ohjauskeskusten käyttöönottoon liittyen.

2 Ilmankäsittelykoneet

2.1 Ilmanvaihto ja moduulikoneet

Koneellisella ilmanvaihdolla on tärkeä osa nykyaikaisessa rakentamisessa. Ilmanvaihdon toteutuksella voidaan vaikuttaa ratkaisevasti kiinteistön ilmanlaatuun, energiatehokkuuteen ja käyttömukavuuteen. Oikein toteutetulla ilmanvaihdolla voidaan myös torjua ja ennaltaehkäistä kosteus- ja homevaurioiden syntymistä kiinteistöön.

Moduuleista kasattavia ilmankäsittelykoneita käytetään monenlaisissa kiinteistöissä. Tyypillisiä käyttökohteita ovat koulut, kauppakeskukset, toimistorakennukset, urheilu- ja uimahallit sekä monet muut tehokasta ilmanvaihtoa vaativat kiinteistöt. Moduulikoneet soveltuvat monenlaisiin käyttökohteisiin, koska ne voidaan rakentaa juuri halutunlaisiksi eri moduuleja yhdistelemällä.

Moduulikoneet ovat valmiita konepaketteja, jotka toimitetaan erillisinä moduuleina työmaalle. Moduulit ovat tyypillisesti kuutionmuotoisia ja kooltaan helposti haalattavia. Moduuleista koottavat ilmankäsittelykoneet rakennetaan valmiiksi työmaalla yhdistämällä erilliset moduulit yhdeksi kokonaisuudeksi. Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen moduuleista rakennettu ilmankäsittelykone.



Kuva 1. Moduuleista rakennettu ilmankäsittelykone [2, s. 3]

2.2 Ilmankäsittelykoneen osat

Ilmankäsittelykone on useista eri moduuleista koostuva kokonaisuus. Nykyaikainen ilmankäsittelykone voisi koostua esimerkiksi seuraavista osista:

- tulo- ja poistoilmapelti
- tulo- ja poistoilmasuodatin
- tulo- ja poistoilmapuhallin
- äänenvaimentimia
- lämmöntalteenottoyksikkö
- lämmityspatteri
- jäähdytyspatteri
- ilman kuivain tai kostutin

2.3 Lämmöntalteenotto

2.3.1 Ristilevylämmönsiirrin

Ilmankäsittelykoneen lämmöntalteenotolla voidaan vaikuttaa merkittävästi kiinteistön energiatehokkuuteen. Ristilevylämmönsiirrin, pyörivä lämmönsiirrin ja patterilämmönsiirrin ovat yleisimmin ilmankäsittelykoneissa käytettäviä lämmöntalteenoton toteutus-tapoja.

Ristilevylämmönsiirrin koostuu ristivirtauskuutiosta, ohituskanavasta ja säätöpelleistä. Ristivirtauskuutio koostuu lohkosta ohuita profiloituja alumiinilevyjä, jotka erottavat tulo- ja poistoilman toisistaan. Kun tulo- ja poistoilma virtaavat ristivirtauskuutiossa toistensa ohi, lämpöenergiaa siirtyy ohuen alumiinilevyn läpi kuumemmasta ilmavirrasta kylmempään. Ristilevylämmönsiirtimen hyötysuhde on noin 45–65 %. Lämmöntalteenoton tehoa voidaan säätää ohjaamalla tulevaa ilmavirtaa ristivirtauskuuton ohituskanavaan säätöpeltien avulla. Ristilevylämmönsiirtimessä tulo- ja poistoilma eivät voi sekoittua keskenään. [1, s. 34.]

2.3.2 Pyörivä lämmönsiirrin

Pyörivä lämmönsiirrin koostuu roottorista, sitä pyörittävästä moottorista ja moottorin nopeudenohjausyksiköstä. Roottori koostuu aaltomuovatusista paksusta alumiinifoliosta, jota on kierretty suureksi kiekoksi eli roottoriksi. Roottori sijaitsee tulo- ja poistoilmakanavien välissä siten, että se on puoliksi poistoilmakanavassa ja puoliksi tuloilmakanavassa. Molemmat ilmavirrat kulkevat roottorin läpi siirtäen lämpöenergiaa roottorin alumiinifolioon. Roottorin pyöriessä lämpöenergiaa siirtyy kuumemmasta ilmavirasta kylmempään alumiinifolion välityksellä. Roottorin pyörimisnopeutta muuttamalla voidaan säätää lämmöntalteenoton tehoa. Pyörivän lämmönsiirtimen hyötysuhde on noin 70–80 %. Pyörivässä lämmönsiirtimessä tapahtuu sekä kosteuden että lämpöenergian siirtoa. Tulo- ja poistoilma voivat sekoittua keskenään jossain määrin. [1, s. 31.]

2.3.3 Patterilämmönsiirrin

Patterilämmönsiirrin koostuu tulo- ja poistoilmakanavissa sijaitsevista pattereista, energiaa siirtävästä nesteputkistosta, kierovesipumpusta ja säätöventtiilistä. Patterit koostuvat kupariputkista ja niihin yhdistetyistä alumiinilamelleista. Lämpöenergiaa siirtyy patterin läpi virtaavasta ilmasta patterin alumiinilamelleihin sekä kupariputkiin ja edelleen kupariputken sisällä virtaavaan nesteeseen. Nestekierron avulla lämpöenergiaa saadaan siirrettyä kuumemman ilmavirtauksen patterista kylmemmän ilmavirtauksen patteriin, josta lämpöenergiaa siirtyy patterin läpi virtaavaan ilmaan.

Nesteputkistossa olevan venttiilin avulla voidaan säätää patterilämmönsiirtimen lämmöntalteenoton tehoa. Nestekierrossa voidaan käyttää vettä tai glykolia. Poiketen muista lämmöntalteenottomenetelmistä, patterilämmönsiirtimen patterit voivat sijaita fyysisesti hyvinkin kaukana toisistaan. Patterilämmönsiirtimen hyötysuhde on noin 45–65 %. Tulo- ja poistoilma eivät voi sekoittua keskenään. [1, s.36.]

3 Ohjauskeskuksen suunnittelu

3.1 Lähtötiedot

Suunnittelutyön tavoitteena oli suunnitella lähtötietojen perusteella sähkökeskuksia ja ilmapöytäkoneita koskevat määräykset täyttävä ohjauskeskus. Lähtötietoina suunnittelutyöhön saatiin tiedot ilmapöytäkoneista ja koneiden toimintatavoista. Ilmapöytäkoneiden tiedoista selvisivät kunkin konetyypin sisältämät sähkölaitteet. Eri konetyyppien sisältämiä sähkölaitteita on esitelty tarkemmin luvuissa 4 ja 5. Koneiden toimintatavat selvisivät säätökaavioista. Liitteestä 1 löytyy mallisäätökaavio pyörivällä lämmönsiirtimellä varustetulle ilmapöytäkoneelle [12].

3.2 Tarpeiden kartoitus

Suunnittelutyön aluksi kartoitettiin ohjauskeskuksen rajapinnat muihin järjestelmiin. Rajapintoja ovat liittynät sähkön syöttöön, ohjausjärjestelmään, ilmapöytäkoneen sähkölaitteisiin sekä käyttäjäliityntä. Seuraavaksi kartoitettiin ilmapöytäkoneen sähkölaitteiden ohjaamiseen ja ohjauskeskuksen rajapintoihin liittymiseen vaadittavat komponentit.

3.3 Suunnittelun perusteet

Ohjauskeskuksen suunnittelussa tavoitteena oli suunnitella mahdollisimman yksinkertainen toimiva laitteisto, joka täyttää sille asetetut toimintavaatimukset ja yleiset määräykset. Yksinkertainen toteutus on käyttäjäystävällinen käyttö-, huolto- ja kunnossapito henkilökunnalle. Yksinkertainen toteutustapa lisää usein myös laitteiston toimintavarmuutta.

3.4 Säännöt ja määräykset

Suunnittelutyöhön vaikuttaneita ja suunnittelussa huomioon otettuja määräyksiä ovat muun muassa konedirektiivi 2006/42/EY, standardi SFS-EN 60204-1 koneturvallisuudesta sekä SFS6000-standardisarjan ohjauskeskuksia ja LVI-laitteistojen sähköistystä koskevat standardit. Sääntöjen ja määräysten lisäksi suunnittelutyössä on noudatettu hyvää työskentelytapaa sähkötoissa.

3.5 Tietolähteitä

Suunnittelun tueksi tarvittavaa tietoa saatiin edellä esitellyistä määräyksistä, sähkötietokortistosta sekä suullisena tietona alan ammattilaisten kanssa käydyistä keskusteluista. Sähkötietokortiston tiedot perustuvat yleisesti voimassaoleviin asetuksiin, määräyksiin ja standardeihin. Sähkötietokortistosta saa ohjeita sähkö- ja tietojärjestelmien suunnitteluun, alan hyviin käytäntöihin sekä määräysten ja standardien soveltamiseen.

3.6 Kustannustehokkuus

Ohjauskeskuksen komponenttien valinnalla on suuri merkitys valmistuskustannuksiin. Ohjauskeskukseen tulevia komponentteja suunniteltiin kohdan 3.2 tarpeiden kartoituksen pohjalta. Laittevalintoja tehtäessä oltiin yhteydessä keskusvalmistajaan, jonka asiantuntemusta hyväksikäyttäen etsittiin sopivia laitteita. Laittevalintojen perusteena oli löytää riittävän laadukkaat ja mahdollisimman edulliset komponentit ohjauskeskukseen, turvallisuuden ja käytettävyyden kuitenkin kärsimättä.

3.7 Suunnitelmien käytettävyys

Työn yhtenä tavoitteena oli suunnitella mallikuvat helposti käytettäviksi. Selkeät, informatiiviset ja havainnolliset mallikuvat helpottavat ja nopeuttavat uuden ohjauskeskuksen suunnittelua. Mallikuvat pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman valmiiksi laitevalintoja myöten, jolloin uutta keskusta suunniteltaessa mallikuviin tarvitsee täydentää vain niistä puuttuvat tiedot. Mallikuvista puuttuvia tietoja ovat esimerkiksi moottorien ja pumppujen tehotiedot sekä moottorilähtökomenttien mitoitus.

4 Ilmankäsittelykoneen sähköistys

4.1 Sähköistystarpeet

Tietoa ilmankäsittelykoneen sähköistykseen löytyi LVI-laitteiden sähköistystä käsittelevästä sähkötietokortista. Ilmankäsittelykone tarvitsee sähkösyötöt pumpuille, moottorien ohjausyksiköille, valoille sekä automaation mittaus- ja säätölaitteille. Kaapelointi, instrumentointi ja sähkölaitteiden kytkennät tehdään vasta, kun ilmankäsittelykone on rakennettu täysin valmiiksi lopulliseen sijoituspaikkaansa. Johtotiet ja kenttälaitteet kiinnitetään ilmankäsittelykoneeseen.

Kaikki kenttälaitteet yhdistetään kaapeleilla ilmankäsittelykoneen omaan ohjauskeskukseen. Konekohtainen ohjauskeskus sijoitetaan ilmankäsittelykoneen välittömään läheisyyteen. Ohjauskeskus sisältää ilmankäsittelykoneen ohjaukseen tarvittavat automaatiolaitteet, moottorilähtöjen komponentit sekä muut sähkökeskuksen kalusteet. Kuva 2 havainnollistaa ilmankäsittelykoneen kenttälaiteasennuksia.



Kuva 2. Ilmankäsittelykone kaapeloituna ja instrumentoituna

4.2 Moottorit ja pumput

Ilmankäsittelykoneen tulo- ja poistopuhaltimien moottorit ovat yleensä taajuusmuuttajaohjattuja kolmivaiheisia oikosulkumoottoreita. Taajuusmuuttajakäyttö mahdollistaa ilmanvirtauksen säädön puhaltimen pyörimisnopeutta muuttamalla. Puhallinmoottorien tehot ovat tyypillisesti välillä 0,5–11 kW, mutta suurissa ilmankäsittelykoneissa voi olla myös useiden kymmenien kilowattien puhallinmoottoreita.

Pyörivällä lämmönsiirtimellä varustetuissa ilmankäsittelykoneissa on lämmöntalteenoton roottorilla oma pieni sähkömoottori ja moottorinohjausyksikkö. Moottorin ja ohjausyksikön tehontarve on tyypillisesti muutamia satoja watteja.

Lämmityspatterin ja lämmöntalteenoton kiertovesipumput ovat yksi- tai kolmivaiheisia. Pumppujen tehot vaihtelevat välillä 0.05–3 kW. Joissakin pumppumalleissa on myös pumpun pyörimisnopeuden säädön mahdollistava ohjauskortti tai taajuusmuuttaja.

4.3 Kaapelit

Puhaltimien moottoreita ohjataan yleensä taajuusmuuttajilla, joten moottorikaapeleina käytetään häiriösuojattuja esim. ÖLFLEX-tyyppisiä asennuskaapeleita. Myös taajuusmuuttajien syöttökaapeleina voidaan käyttää häiriösuojattuja asennuskaapeleita. Kiertovesipumpuille, muille moottoreille ja valoille voidaan käyttää tavallisia MMJ-tyyppisiä asennuskaapeleita.

Automaation kenttälaitteille käytetään häiriösuojattuja ja parikierrrettyjä NOMAK- ja JAMAK-tyyppisiä asennuskaapeleita. 230 VAC:n ja 24 V:n kaapelit asennetaan omille puolilleen johtotietä. Tällä menettelyllä voidaan vähentää häiriöiden siirtymistä esimerkiksi moottorikaapeleista mittalaitteiden kaapeleihin.

4.4 Automaatio

Ilmankäsittelykoneen automaatio koostuu koneeseen asennetuista kenttälaitteista, ohjauskeskuksen automaatiolaitteista ja liittynöistä muihin koneen sähkölaitteisiin. Ohjauskeskuksen automaatio-osa sisältää ohjausyksikön, jäätymisvaaratermostaatin, apureleitä sekä tarvittavat riviliittimet kenttälaitteiden kaapeleiden kytkentöjä varten.



Kuva 3. Computecin ohjausyksiköllä toteutettu ilmankäsittelykoneen ohjaus

4.5 Ohjausyksikkö

Ilmankäsittelykoneen toimintaa ohjataan ohjauskeskuksessa sijaitsevalla ohjausyksiköllä. Ohjausyksikkö sisältää tarpeellisen määrän I/O-liityntöjä kenttälaitteille, kenttäväyläliitynnän tiedonsiirtoa varten sekä prosessorin. Omalla prosessorilla varustettu ohjausyksikkö kykenee ohjaamaan ilmankäsittelykonetta itsenäisesti. Ohjausyksikkö liittyy kenttäväylän avulla kiinteistön automaatiojärjestelmään.

Ilmankäsittelykoneen ohjaamiseen sopivia ohjausyksiköitä on saatavissa monilta eri valmistajilta. Laitevalmistajasta riippuen ohjausyksikkö voi koostua joko yhdestä tai useammasta liityntäkortista, joihin kenttälaitteet liitetään. Ohjausyksikköön liitetään kentältä tulevat ja sinne lähtevät analogiset ja digitaaliset viestit. Ohjausyksiköllä ohjataan ja valvotaan myös ohjauskeskuksen moottorilähtökomponenttien toimintaa. Kuvassa 3 on esitelty eräs ilmankäsittelykoneen ohjaamiseen soveltuva ohjausyksikkö.

4.6 Automaation kenttälaitteet

Ohjausyksikköön liittyviä kenttälaitteita ovat lämpötilan mittausanturit, mittalähettimet, venttiilien toimilaitteet, peltimoottorit, taajuusmuuttajat ja muut moottorinohjausyksiköt. Kenttälaitteet toimivat pääsääntöisesti standardiviesteillä, mutta lämpötilan mittauksiin käytetään yleensä kaksijohdinkytkentäisiä vastusantureita. Kaikki kenttälaitteet liitetään ohjausyksikön I/O-liityntöihin. Älykkäät kenttälaitteet, kuten taajuusmuuttajat, voivat liittyä ohjausyksikköön myös kenttäväylän kautta. Ohjausyksikkö ja kenttälaitteet saavat käyttöjännitteet ohjauskeskuksessa sijaitsevalta muuntajalta. Kenttälaitteet toimivat yleensä 24 VAC:n tai 24 VDC:n jännitteillä.

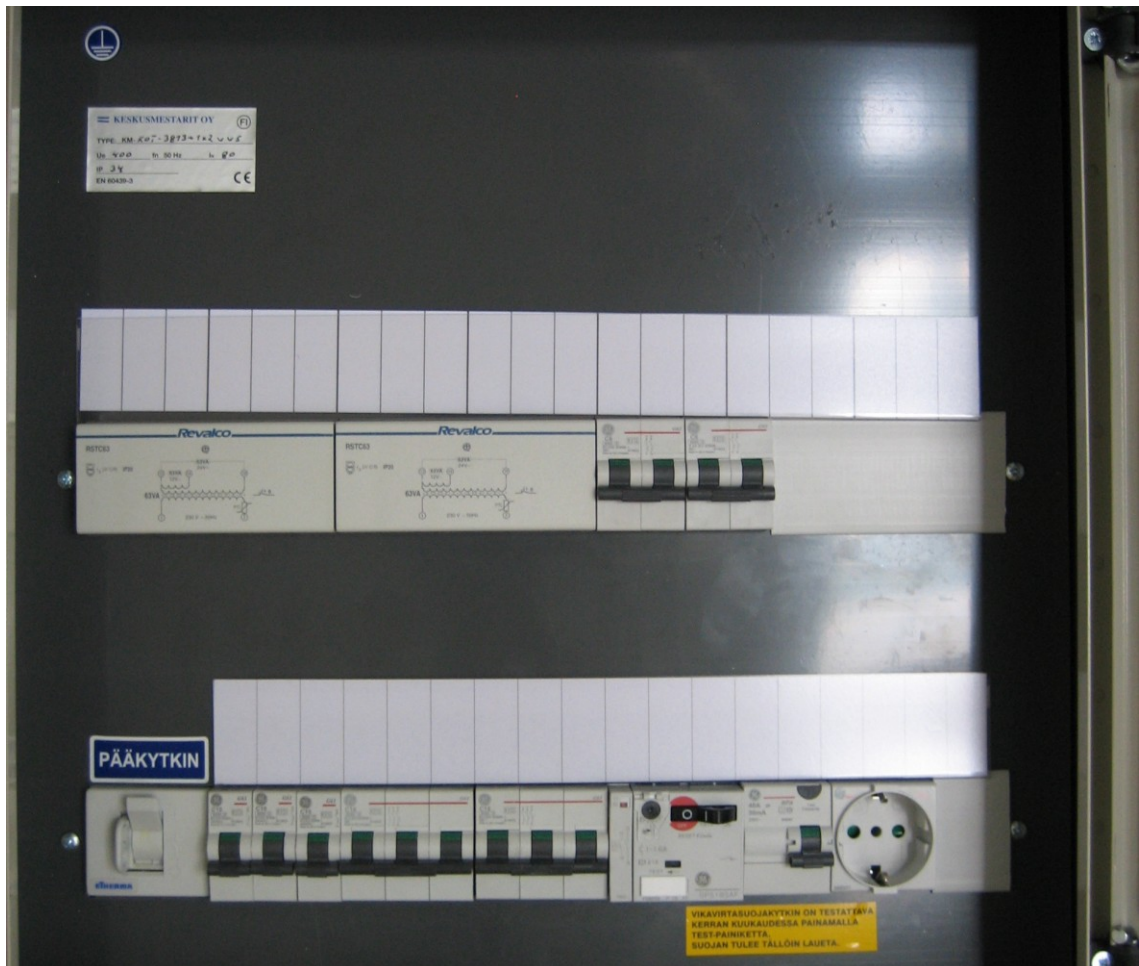
4.7 Ohjauskeskuksen sijainti

Vähintään 63 A:n jakokeskusten sijoitustiloille on olemassa erityisvaatimuksia. Nämä erityisvaatimukset on hyvä ottaa huomioon ohjauskeskuksia suunniteltaessa. Ohjauskeskuksen edessä on oltava esteetön huoltokäytävä, jonka leveys on vähintään 0,8 m ja korkeus vähintään 2,0 m [15]. Vaatimuksilla varmistetaan, että ohjauskeskukselle tehtävät sähkö- ja huoltotyöt voidaan suorittaa turvallisesti.

5 Moottorilähtöjen ja sähkönsyöttöjen suunnittelu

5.1 Sähkösuunnittelun tietolähteet

Ohjauskeskukseen liitettävät sähkölaitteet selviävät luvusta 4. Ohjauskeskuksen 400/230 VAC:n lähdöt suunniteltiin sähkötietokortiston tietoja apuna käyttäen. Suunnittelun apuna käytettiin muun muassa LVI-laitteiden sähköistykseen, taajuusmuuttajakäyttöihin sekä sulakkeettomaan suojaukseen liittyviä sähkötietokortteja. Kuvassa 4 on mallikuvien mukaan suunniteltu ja rakennettu ilmankäsittelykoneen ohjauskeskuksen sähkökeskusosa.



Kuva 4. Ohjauskeskuksen sähkökeskusosa

5.2 Puhaltimien moottorilähdöt

Ilmankäsittelykoneen tulo- ja poistopuhaltimet ovat pääsääntöisesti taajuusmuuttajaohjattuja. Taajuusmuuttajalähdöissä päädyttiin käyttämään C-laukaisukäyrän kolminapaisia johdonsuoja-automaatteja [16, s. 21]. Johdonsuoja-automaattien tarkoitus on suojata taajuusmuuttajan syöttöjohtoa ylikuormitus- ja oikosulkutilanteissa. Taajuusmuuttajat eivät tarvitse ohjauskeskukseen erillistä ylivirtasuojaa, koska niiden oma ylivirtasuojaus on riittävän tehokas. [3; 4.]

Taajuusmuuttajien käynnin eston lukitukset ja ohjaukset päätettiin toteuttaa taajuusmuuttajien ja ohjausjärjestelmän välisillä liittynöillä. Tästä johtuen taajuusmuuttajien päävirtapiireihin ei tarvittu ohjauskomponentteja. Taajuusmuuttajien moottorikaapeleista jätettiin turvakytkimet pois, koska ohjauskeskuksen pääkytkintä voidaan käyttää turva- ja huoltokytkenä. Pääkytkimen käyttäminen ohjauskeskuksen ja taajuusmuuttajien jännitteettömäksi erottamiseen on mahdollista, kun pääkytkin täyttää käyttöluokalle AC23-B asetetut vaatimukset. Lisäksi pääkytkin pitää voida lukita esimerkiksi riippulukolla nolla-asentoon odottamattoman käynnistymisen estämiseksi. [5; 6, s. 50.]

Turvakytkimet haluttiin jättää pois, koska moottorin tehon äkillinen irtikytkeminen aiheuttaa vikatiloja ja hälytyksiä taajuusmuuttajille. Äkillinen tehon irtikytkeminen moottorilta aiheuttaa myös hallitsemattoman alasajon. Tehon poiskytkeminen päävirtapiirin puolelta ohjauskeskuksen pääkytkimellä saa aikaan hallitun alasajon taajuusmuuttajien moottoreille. Hallittu alasajo on mahdollinen, koska taajuusmuuttaja saa energiaa kuluttamalla käytön hitausmomentin liike-energiaa moottorin toimiessa generaattorina. [4.]

5.3 Pumppujen moottorilähdöt

Ilmankäsittelykoneessa käytettävät kiertovesipumput ovat yleensä pienitehoisia. Pumpulähdöissä päädyttiin käyttämään moottorinsuojakytkimiä syöttökaapelien ja moottoreiden ylivirta- ja oikosulkusuojaukseen. Moottorinsuojakytkimiin lisättiin apukärkiyksiköt, joissa on kaksi sulkeutuvaa kärkeä lukitusehtoja ja tilatietoja varten. Moottorinsuojakytkinten valinnassa päädyttiin GE:n valmistamiin SURION-sarjan moottorinsuojakytkimiin, koska ne soveltuvat sekä yksi- että kolmivaiheiseen käyttöön. [3.]

Lämmityspatterin kiertovesipumpulle ohjauskeskukseen suunniteltiin moottorinsuojakytkin apukärkiyksiköllä. Lämmityspatterin kiertovesipumpun pitää pyöriä aina, lukuun ottamatta huoltokatkoksia. Tästä johtuen kiertovesipumpun päävirtapiiriin ei suunniteltu ohjauskomponentteja. Moottorinsuojakytkimen 0/1-painike toimii kiertovesipumpun käyttö- ja huoltokytkenä.

Lämmöntalteenoton kiertovesipumpulle ohjauskeskukseen suunniteltiin ohjauskontaktori ja moottorinsuojakytkin apukärkiyksiköllä. Lisäksi kiertovesipumpun ohjauspiiriin suunniteltiin käsi- ja automaattikäytön mahdollistava 1/0/A-kytkin. Kytkin toimii pumpun käyttötavan valintakytkimenä sekä käyttö- ja huoltokytkenä. Lämmöntalteenoton kiertovesipumppua ohjataan ohjauskeskuksesta tai ohjausjärjestelmästä, joten päävirtapiiri tarvitsee ohjauskontaktorin.

5.4 Automaation sähkönsyötöt

Automaation ohjausyksikkö ja kenttälaitteet toimivat pääsääntöisesti 24 VAC:n käyttöjännitteellä. Ohjauskeskukseen suunniteltiin kaksi suojajännitemuuntajaa automaation sähkönsyötöille. Toinen muuntajista suunniteltiin ohjausyksikölle ja toinen kenttälaitteille. Muuntajat tulisi mitoittaa riittävän suuriksi, jotta niillä voidaan kattaa automaatiolaitteiden tehontarve.

Muuntajien 230 VAC:n ensiöpuolelle ohjauskeskukseen suunniteltiin yksinapainen K-laukaisukäyrän johdonsuoja-automaatti ylivirta- ja oikosulkusuojaksi. Muuntajien 24 VAC:n toisiopuolelle ylivirta- ja oikosulkusuojiksi suunniteltiin molemmille omat kaksinapaiset C-laukaisukäyrän johdonsuoja-automaatit. [16, s. 21.] Muuntajien toisiopuolen johdonsuoja-automaattien on syytä olla kaksinapaisia, koska toisiopuolen jälkeisen virtapiirin jännitteettömyys voidaan varmistaa vain katkaisemalla virtapiirin molemmat johtimet. [3.]

5.5 Muut sähkösyötöt

Muita sähkön syötön vaativia sähkölaitteita ilmapuhdistuskoneessa ovat lämmöntalteenoton moottorin ohjausyksikkö, ilmapuhdistuskoneen valot sekä ohjauskeskuksessa oleva pistorasia. Lämmöntalteenoton moottorin ohjausyksikön ja sen syöttökaapelin oikosulku- ja ylivirtasuojaksi suunniteltiin yksinapainen C-laukaisukäyrän johdonsuoja-automaatti [16, S 21].

Ilmapuhdistuskoneen valojen, valaistuksen kaapeleiden ja ohjauskeskuksen pistorasian ylivirta- ja oikosulkusuojaksi suunniteltiin yksinapainen C-laukaisukäyrän johdonsuoja-automaatti ja lisäsuojaksi vikavirtasuojakytkin [16, s. 21]. Uusien sähköturvallisuusmääräysten mukaan pistorasioille on käytettävä henkilösuojaukseen soveltuvaa A-tyypin 30 mA:n vikavirtasuojakytkintä. Vikavirtakytkimen käyttö on suositeltavaa myös kosteissa tiloissa oleville valoille. Näistä syistä johtuen ohjauskeskuksen pistorasian ja ilmapuhdistuskoneen valojen sähkösyötön lisäsuojaus vikavirtasuojakytkimellä on perusteltua. [3.]

5.6 Pääkytkin

Ohjauskeskuksen pääkytkimen valinnassa päädyttiin KATKOn valmistamaan KUE-sarjan kuormankytkimeen. Kytkin on kolminapainen vipukytkin, joka täyttää avattuna erottimelle asetetut erotusvaatimukset. Kytkin soveltuu ohjauskeskuksen pääkytkimeksi, koska se täyttää kohdissa 5.2 ja 9.3 esitetyt vaatimukset.

6 Koneturvallisuus

6.1 Koneen määritelmä

Koneturvallisuuden kannalta ilmankäsittelykone on kone, jota koskevat koneturvallisuusmääräykset. Ilmankäsittelykone sisältää liikkuvia ja pyöriviä osia, joiden perusteella se voidaan määritellä koneeksi. Koneturvallisuusmääräysten perusteella koneen käyttö pitää olla turvallista sitä käyttäville henkilöille. Koneen turvallisuus voidaan varmistaa tekemällä koneelle määräysten mukainen riskien arviointi ja tarvittaessa koneen turvallisuuden parantaminen. [8.]

6.2 Riskienarviointi

Ohjauskeskusta suunniteltaessa ilmankäsittelykoneelle ei tehty standardin SFS-EN 14121-1 mukaista riskien arviointia, mutta koneen vaaratekijöitä ja niiden poistamista mietittiin riskien arvioinnin menettelytapoja noudattaen [7]. Käyttö- ja huoltohenkilökunnan kannalta tunnistettavia vaaratekijöitä ovat ilmankäsittelykoneen pyörivistä ja liikkuvista mekanismeista aiheutuvat mekaaniset vaaratekijät sekä sähköstä johtuvat vaaratekijät. Sähköstä johtuvat vaaratekijät ovat käyttö- ja huoltohenkilökunnalle samoja edellä mainittuja mekaanisia vaaratekijöitä, mutta sähköisten ohjauslaitteiden aiheuttamia. Koneen odottamaton käynnistyminen on ehkä suurin vaaratekijöiden aiheuttaja.

6.3 Mekaaniset vaaratekijät

Liikkuvia mekanismeja ovat tulo- ja poistoilmapellit sekä lämmöntalteenoton ohjauspellit. Käyttö- ja huoltohenkilökunnalle pellit voivat aiheuttaa lähinnä puristumisvaaroja. Peltejä ohjaavien peltimoottoreiden liikkeet ovat hitaita ja vääntömomentit kohtuullisia. Tästä johtuen peltien aiheuttamat mekaaniset vaaratekijät eivät ole seuraamuksiltaan hengenvaarallisia, vaan lähinnä ikäviä. Peltien aiheuttamat vaaratekijät arvioitiin niin pieniksi, ettei niiden osalta ryhdytty toimenpiteisiin ohjauskeskusta suunniteltaessa.

Ilmankäsittelykoneessa pyöriviä mekanismeja ovat puhallinkammioissa sijaitsevat tulo- ja poistoilmapuhaltimet sekä tulo- ja poistoilmakanavien välissä sijaitseva pyörivä lämmöntalteenoton roottori. Ilmankäsittelykoneen pyörivät osat voivat aiheuttaa käyttö- ja huoltohenkilökunnalle vakavia mekaanisia vaaratekijöitä, kuten iskuja, takertumista, puristumista ja irtileikkaantumista. Pyörivistä mekanismeista aiheutuvat vaaratekijät vaativat parannusta ilmankäsittelykoneen turvallisuuteen.

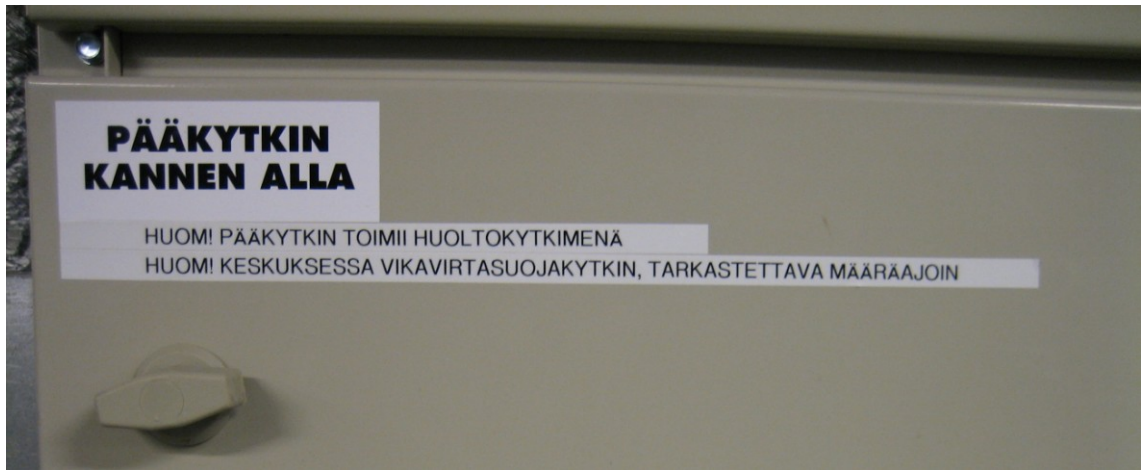
Pyörivistä mekanismeista aiheutuvat vaaratekijät voisi poistaa esimerkiksi estämällä puhallin- ja lämmöntalteenottokammioiden ovien aukaisu koneen käytön aikana. Kammioiden oviin voisi asentaa esimerkiksi lukkiutuvat ovikytkimet, jotka estäisivät ovien aukaisun koneen käydessä ja koneen käynnistymisen kammion oven ollessa auki. Ovikytinten lukitusten ohjaukset voisi liittää ohjausjärjestelmään, joka ohjaa muuta ilmankäsittelykoneen toimintaa. Parempi tapa turvapiirien toteutukseen olisi ovikytkinten liittäminen turvareleisiin tai turvalogiikkaan.

Ilmankäsittelykoneet sijoitetaan lähes poikkeuksetta lukittuihin tiloihin, joihin päästetään vain ilmankäsittelykoneiden toimintaan perehtyneitä tai opastettuja ammattihenkilöitä. Puhallinkammioiden ovissa on pääsääntöisesti mekaanisista vaaratekijöistä varoitettavia tarroja, ja kammioiden ovet ovat yleensä avaimella lukittavissa. Edellä mainituista syistä johtuen ohjauskeskusta suunniteltaessa päädyttiin ratkaisuun, jossa turvalaitteiden lisäksi ilmankäsittelykoneeseen jätettiin toistaiseksi toteuttamatta.

6.4 Sähköstä johtuvat vaaratekijät

Käyttö- ja huoltohenkilökunnan kannalta suurin vaaratekijä ilmankäsittelykoneessa aiheutuu koneen odottamattomasta käynnistymisestä esimerkiksi huoltotöiden aikana. Ilmankäsittelykoneen odottamattoman käynnistymisen estäminen toteutettiin ohjauskeskuksessa valitsemalla pääkytkimeksi nolla-asentoon lukittavissa oleva ja nolla-asennossa erotuskykyinen pääkytkin [6, s. 54].

Ohjauskeskuksen pääkytkimen käyttäminen huoltokytkenä on mahdollista, koska ohjauskeskus sijoitetaan ilmankäsittelykoneen välittömään läheisyyteen ja näköetäisyydelle koneen sähkölaitteista. Pääkytkimen käyttäminen huoltokytkenä on perusteltua myös siksi, että sillä saadaan varmasti kaikki koneen sähkölaitteet jännitteettömiksi. Ohjauskeskuksen kanteen suunniteltiin liimattavaksi kuvan 5 mukainen tarra, joka kertoo huoltokytken sijainnin.



Kuva 5. Ohjauskeskuksen kanteen liimattavat tarrat

Huoltokytkeä ei tulisi käyttää ilmankäsittelykoneen jännitteettömäksi saattamiseen koneen ollessa käytössä muissa kuin hätätapauksissa. Ilmankäsittelykoneen oikein suoritettu huoltotilaan saattaminen aloitetaan hallitulla koneen alasajolla ohjausjärjestelmästä, ja vasta sen jälkeen on suositeltavaa erottaa koneen sähkölaitteet jännitteettömäksi huoltokytkimellä.

7 Ohjauskeskuksen sähkökuvien piirtäminen

7.1 Sähkökuvat

Ohjauskeskuksen sähkökuvat ovat dokumentti, josta selviävät keskuksen kaikki tarvittavat tiedot valmistajalle, asentajille ja käyttäjille. Ohjauskeskuksen sähkökuvien avulla voidaan tilata halutunlaisia keskuksia keskusvalmistajalta. Sähkökuvat kelpaavat myös ohjauskeskuksen mukana käyttäjälle toimitettavaksi dokumentiksi ja ohjauskeskuksen kytkentäohjeiksi sähköasentajille.

Mallisähkökuvien piirtämisessä noudatettiin kohdassa 3.3 esiteltyjä suunnittelun perusteita. Sähkökuvien piirtämiseen käytettiin apuna sähkötietokortistosta löytyviä piirustusohjeita ja mallikuvia. Ohjauskeskuksen sähkökuvissa ohjausjärjestelmän liittynät on esitetty pelkästään yleisellä tasolla, koska ohjauskeskuksissa on mahdollista käyttää useamman eri valmistajan ohjausjärjestelmiä.

7.2 Piirustusohjelma

Sähkökuvien piirtämiseen käytettiin Kymdata OY:n CADS Planner Electric-ohjelmaa. Ohjelma on sähkö- ja automaatiokuvien piirtämiseen tarkoitettu CAD-työkalu, joka sisältää valmiita piirustus pohjia ja symbolikirjastoja helpottamaan kuvien piirtämistä. Ohjelmasta olivat käytössä sähkökeskusten pääkaavioiden ja piirikaavioiden piirtämiseen tarkoitetut osat.

7.3 Pääkaavio

Sähkötietokortiston mukaan keskuksen pääkaaviossa tulee esittää keskuksen tärkeimmät tekniset tiedot, keskuksen rakenne ja lähdöt sekä niihin liittyvät pääkomponentit, kuten kontaktorit ja johdonsuoja-automaatit nimellisvirtoineen. Lisäksi pääkaavioon liitetään tiedot syöttävästä keskuksesta, nousukaapelista sekä ryhmä- ja ohjauskaapeleista. [9.]

Ohjauskeskuksen mallikuvien pääkaavioihin piirrettiin sähkötietokortiston ohjeita noudattaen kaikkien ryhmien pääkomponentit, ryhmien nimellisvirrat ja kaapelointitiedot. Piirtämisessä käytettiin hyväksi suunnitteluohjelman piirustusohjelmia ja symbolikirjastoja. Ohjauskeskuksen mallikuvien pääkaaviot piirrettiin liitteen 2.2 mukaisiksi.

7.4 Piirikaaviot

Sähkötietokortiston mukaan keskusten piirikaavioiden tarkoituksena on esittää keskuksen lähtöjen komponenttien väliset kytkennät ja toiminnot. Piirikaavioissa esitetään valvonta- ja ohjauspiirien lisäksi myös pääpiirien komponentit ja kytkennät tarvittavassa laajuudessa. [9.]

Pääpiirikaaviossa esitetään lähtöön kuuluvat keskuksen sisäiset komponentit sekä päävirtapiiriin kuuluvat ulkoiset komponentit kaapelointitietoineen. Ohjauspiirikaavioissa esitetään komponenttien väliset kytkennät ja riviliittimet. Erillään sijaitsevat komponentit rajataan esimerkiksi pistekatkoviivoin, ja niiden sijainti sekä laitetunnus merkitään piirikaavioon. [9.]

Ohjauskeskuksen mallikuvien piirtämisessä noudatettiin sähkötietokortiston ohjeita. Kaikille moottorilähtöjen ryhmille piirrettiin pää- ja ohjauspiirikaaviot. Piirikaaviot piirrettiin samalle piirustusohjelmalle niin, että pääpiirikaaviot piirrettiin saman kuvan vasempaan reunaan ja ohjauspiirikaaviot oikeaan reunaan. Ohjauspiirikaavioissa esitettiin liitännät ohjausjärjestelmään yleisellä tasolla. Ohjauskeskuksen mallikuvien piirikaaviot piirrettiin liitteiden 2.3–2.6 mukaisiksi.

7.5 Rakenteiden suunnittelu ja layout-kuvat

Ohjauskeskuksen rakenteiden suunnittelussa määriteltiin aluksi tilantarve sähkönsyöttöjen ja ohjausjärjestelmän komponenteille. Tämän jälkeen suunniteltiin sähkökeskuksen ulko- ja sisämitat, jotta keskuksen komponenttien järkevä sijoittelu olisi mahdollista. Koska ohjauskeskus haluttiin lattialla seisovaksi, suunniteltiin keskukselle jalat ja metallinen taustalevy. Taustalevy mitoitettiin riittävän suureksi, jotta puhaltimien taajuusmuuttajat ja ohjauskeskus saatiin sijoitettua taustalevylle käytännöllisesti.

Layout-kuvan tarkoituksena on kuvata komponenttien sijainti ohjauskeskuksessa ja laitteiden sijoittelu taustalevyllä. Layout-kuvan perusteella keskusvalmistaja ja sähköasentaja osaavat rakentaa ja kytkeä ohjauskeskukset suunniteltuun kokoonpanoon. Layout-kuvien suunnittelussa käytettiin apuna laitevalmistajien antamia tietoja ohjauskeskuksen komponenttien ja taajuusmuuttajien mitoista. Laitetietojen perusteella suunniteltiin ja piirrettiin layout- eli laitesijoittelukuva havainnollistamaan ohjauskeskuksen rakennetta. Ohjauskeskuksen mallikuvien layout-kuvat piirrettiin liitteen 2.10 mukaisiksi.

7.6 Täydentävät kuvat

Edellä esiteltyjen kuvien lisäksi ohjauskeskuksen sähkökuvat sisältävät kansilehden, riviliitinkuvan, periaatekuvan puhaltimien lukituksista, taajuusmuuttajien kytkentäkuvan sekä komponenttiluettelon.

Kansilehdellä kerrotaan ohjauskeskuksen sähköteknilliset tiedot ja valmistukseen liittyvät asiat. Mallikuvien kansilehtien piirtämisessä käytettiin apuna piirustusohjelman valmista kansilehden pohjaa, jota täydennettiin ohjauskeskukselle sopivammaksi. Ohjauskeskuksen mallikuvien kansilehdet piirrettiin liitteen 2.1 mukaisiksi.

Riviliitinkuvan tarkoituksena on helpottaa ohjauskeskuksen sähkökomponenttien ohjauksen ja tilatietojen liittämistä ohjausjärjestelmään. Riviliitinkuvassa on esitetty tarkat tiedot sähkökeskuksen komponenttien välisistä johdotuksista sekä yleisellä tasolla liittyntä ohjausjärjestelmään. Ohjauskeskuksen mallikuvien riviliitinkuvat piirrettiin liitteen 2.7 mukaisiksi.

Periaatekuva tulo- ja poistopuhaltimien lukituksista piirrettiin helpottamaan ja havainnollistamaan puhaltimien ohjauspiirien toimintaa sekä kuvaamaan käynninestön lukitusehtoja. Kuva ei ole varsinainen piirikaavio, vaan vapaampi esitystapa puhaltimien käynninestön lukituksista. Ohjauskeskuksen mallikuvien periaatekuvat puhaltimien lukituksista piirrettiin liitteen 2.8 mukaisiksi.

Taajuusmuuttajien kytkentäkuva piirrettiin helpottamaan kentällä tehtäviä taajuusmuuttajien sähköisiä kytkentöjä. Kuva ei ole varsinainen piirikaavio, vaan siihen piirrettiin mahdollisimman havainnollisesti taajuusmuuttajiin liitettävät kaapelit kytkentöineen. Liitynnät ohjausjärjestelmään kuvattiin yleisellä tasolla. Ohjauskeskuksen mallikuvien taajuusmuuttajien kytkentäkuvat piirrettiin liitteen 2.9 mukaisiksi.

Komponenttiluetteloon kerättiin tiedot ohjauskeskukseen suunnitelluista laitteista helpottamaan komponenttihankintoja sekä mahdollisesti myöhemmin tapahtuvia rikkoutneiden komponenttien uudelleen hankintoja. Komponenttiluettelo piirrettiin tyhjälle piirustusohjalle. Ohjauskeskuksen mallikuvien komponenttiluettelot piirrettiin liitteen 2.11 mukaisiksi.

8 Mallikuvat

8.1 Mallikuvasarjat

Suunnittelu- ja piirustustyön tuloksena ilmapuhaltuskoneen ohjauskeskukselle syntyi mallisarja ohjauskeskuksen sähkökuvista. Mallikuvasarjoja piirrettiin yhteensä kahdeksan kappaletta eri koneetyypeille ja eri ohjausjärjestelmille.

Ristilevylämmönsiirtimellä tai pyörivällä lämmönsiirtimellä toteutetun lämmöntalteenoton sisältävien ilmapuhaltuskoneiden ohjauskeskuksille piirrettiin yhteinen mallikuvasarja, koska molempien koneityyppien keskuksat sisältävät samat sähkökeskuskomponentit. Patterilämmönsiirtimellä toteutetun lämmöntalteenoton sisältävän ilmapuhaltuskoneen ohjauskeskukselle piirrettiin oma mallikuvasarja, koska tämän koneityypin keskuksen sähkökeskuskomponentit poikkesivat muista koneityypeistä.

Molemmista mallikuvasarjoista suunniteltiin ja piirrettiin 24 VAC:n ja 24 VDC:n ohjaukseen soveltuvat mallikuvasarjat, koska ohjausjärjestelmästä riippuen kontaktorien ja apureiden ohjaukset on mielekästä toteuttaa joko vaihto- tai tasajännitteellä. Lisäksi edellä mainituista mallikuvasarjoista piirrettiin sekä yksivaiheisille että kolmivaiheisille kiertovesipumpuille soveltuvat mallikuvasarjat.

8.2 Valmiiden mallikuvien käyttö

Mallikuvat suunniteltiin ja piirrettiin helpottamaan ohjauskeskusten käytännön suunnittelutyötä. Kuvat piirrettiin mahdollisimman valmiiksi, ja niistä jätettiin puuttumaan ainoastaan ohjauskeskuksen ja työkohteen nimitiedot sekä kaapeleiden ja sähkökeskuskomponenttien mitoitus tiedot. Puuttuvat tiedot korvattiin mallikuviin XX-merkinnöillä.

Uutta ohjauskeskusta suunniteltaessa mallikuvasarjoista tulisi valita käyttöön mahdollisimman sopiva kuvasarja. Yksinkertaisimmillaan uuden ohjauskeskuksen kuvat on piirretty, kun mallikuviin on täytetty keskuksen ja työkohteen nimitiedot, sähkökeskuskomponenttien ja kaapeleiden mitoitus tiedot sekä kansilehdeltä puuttuvat ohjauskeskuksen tiedot. Mallikuvien täyttöä helpottaa ja nopeuttaa piirustusohjelmasta löytyvä etsi ja korvaa -toiminto. Tällä toiminnolla kuvasarjan kaikki samanlaiset puuttuvat tiedot voidaan täyttää yhdellä kertaa.

Ohjauskeskuksen suunnittelu ja piirtäminen pitäisi onnistua mallikuvasarjoja ja insinööriyön kirjallista raporttia hyväksikäyttäen myös asiaan vähemmän perehtyneiltä henkilöiltä, koska piirikaaviot ja sähköiset kytkennät on suunniteltu valmiiksi. Insinööriyön kirjallista raporttia voi käyttää ohjeena ja tietolähteenä ohjauskeskusten suunnittelu- ja piirtotyössä sekä keskuskomponenttien ja kaapeleiden mitoituksissa.

8.3 Mallikuvien käytöllä saavutettavat hyödyt

Mallikuvien käyttö helpottaa ja nopeuttaa suunnittelutyötä merkittävästi, koska valmiiksi suunniteltuihin pohjiin tarvitsee täydentää vain kulloisenkin käyttökohteen tiedot. Mallikuvien käytöllä saavutettavat hyödyt tulevat parhaiten esille suunniteltaessa useiden ohjauskeskusten tilauksia, koska suunnittelutyötä ei tarvitse aloittaa alusta jokaisen keskuksen kohdalla. Lisäksi mallikuvasarjat ovat hyviä dokumentteja ilmankäsittelykohteiden ohjauskeskusten markkinointiin ja esittelyyn.

9 Sähköiset mitoitusarpeet

9.1 Mitoitusten tarpeellisuus ja tietolähteet

Ilmankäsittelykoneen ohjauskeskuksen mallikuvasarjoista puuttuvat sähkökeskuskomponenttien ja kaapeleiden mitoitus tiedot, koska ilmankäsittelykoneet poikkeavat toisistaan pääsääntöisesti pumppujen ja puhaltimien tehojen osalta. Tämän luvun tarkoitus on helpottaa ja selventää sähkökeskuskomponenttien ja kaapeleiden mitoitusta. Luvussa kerrotaan myös mitoitukseen tarvittavien tietojen ja taulukoiden lähteet. Ohjauskeskuksen sähkökeskuskomponenttien ja kaapeleiden mitoituksessa on käytetty hyväksi SFS6000-standardisarjan sekä sähkötielähtöantamien antamia tietoja ja ohjeita.

9.2 Liityntätehon mitoitus

Ohjauskeskuksen liityntäteho täytetään mallikuvien kansilehdelle sille varattuun kohtaan. Liityntäteho on laskettava, jotta ohjauskeskukselle voidaan määrittää pääkytkimen virtakestoisuus ja nousukaapelin tyyppi. Liityntätehoa käytetään apuna myös mitoittamassa sulakkeita ohjauskeskusta syöttävän keskuksen ohjauskeskukselle varattuun lähtöön.

$$P_n = k \sum P_i \quad (1)$$

P_n on keskuksen liityntäteho

k on prosessille ominainen tasoituskerroin

$\sum P_i$ on ohjauskeskukseen kytkettyjen laitteiden yhteenlaskettu asennettu teho

Liityntätehon laskeminen tapahtuu laskemalla ohjauskeskukseen liitettyjen yksittäisten laitteiden huipputehot yhteen kaavaa 1 noudattaen [10]. Kiinteästi asennettujen sähkölaitteiden verkosta ottamat huipputehot löytyvät laitteiden käyttöohjekirjoista. Ohjauskeskuksen valo- ja pistorasiaryhmän huipputehoksi lasketaan johdonsuoja-automaatin suurin mahdollinen kuormitus. Esimerkiksi 10 A:n johdonsuoja-automaatille suurin kuormitus on noin 2300 W. Ilmankäsittelykoneen prosessin tasoituskerroin k on yksi, koska ilmankäsittelykoneen käynnistyessä kaikki sähkölaitteet voivat ottaa lyhyen aikaa huipputehon verkosta.

9.3 Sähkökeskuskomponenttien mitoitus

Ilmankäsittelykoneen sähkölaitteiden syöttökaapelien pituudet ovat korkeintaan muutamia kymmeniä metrejä, joten kaapeleiden pituuksia ei tarvitse ottaa huomioon kaapeleita valittaessa. Lyhyet etäisyydet sähkölaitteiden ja ohjauskeskuksen välillä eivät vaikuta suojalaitteiden toimintaan tai kaapeleiden kuormitettavuuteen. Mikäli jokin ohjauskeskukseen liitettävä sähkölaite asennetaan huomattavan etäällä ohjauskeskuksesta, on kaapeleiden kuormitettavuus ja suojalaitteiden toiminta suunniteltava ja tarkastettava erikseen.

Ohjauskeskuksen taajuusmuuttajalähtöihin suunniteltiin kohdan 5.1 mukaan kolminapaiset johdonsuoja-automaatit suojaamaan taajuusmuuttajien syöttökaapeleita. Johdonsuoja-automaatti ja nousukaapeli mitoitetaan ja valitaan taajuusmuuttajan suurimman mahdollisen verkosta ottaman virran mukaan liitteen 3 taulukkoa apuna käyttäen [11, s.25]. Taajuusmuuttajan ja moottorin välinen kaapeli mitoitetaan taajuusmuuttajan suurimman moottorille antaman virran mukaan liitteen 3 taulukkoa apuna käyttäen.

Kiertovesipumppujen lähtöihin suunniteltiin kohdan 5.2 mukaan moottorinsuojakytkimet suojaamaan moottoria ja syöttökaapelia. Moottorinsuojakytkin valitaan kiertovesipumpun suurimman verkosta ottaman virran mukaan moottorinsuojakytkimen valmistajan antamasta valintataulukosta. Lämmöntalteenoton kiertovesipumpun ohjauskontaktori mitoitetaan kestävämpään moottorin suurin verkosta ottama virta. Pumppujen syöttökaapelit valitaan suurimman moottorin verkosta ottaman virran mukaan liitteen 3 taulukkoa apuna käyttäen.

Muuntajille suunniteltiin kohdan 5.3 mukaan ensiöpuolen ylivirta- ja oikosulkusuojaksi yksinapainen johdonsuoja-automaatti ja toisiopuolten ylivirta- ja oikosulkusuojiksi kaksinapaiset johdonsuoja-automaatit. Ensiöpuolen johdonsuoja-automaatti mitoitetaan kestävämpään muuntajien täydellä kuormituksella verkosta ottama virta. Mikäli ohjauskeskukseen valituissa muuntajissa on sisäänrakennetut ylivirta- ja oikosulkusuojaukset ensiöpuolella, voidaan muuntajien ensiöpuolta suojaava johdonsuoja-automaatti mitoittaa muuntajien täydellä kuormituksella verkosta ottamaa virtaa suuremmaksi.

Toisiopuolen johdonsuoja-automaatit mitoitetaan kestävämmän muuntajan täydellä kuormituksella toisiopuolella kulkeva virta. Johdonsuoja-automaattien valinnassa voidaan käyttää apuna liitteen 3 taulukkoa. Muuntajien toisiopuolta suojaavat johdonsuoja-automaatit tulisi valita mielellään hieman suurimpia mahdollisia virta-arvoja pienemmiksi tai enintään samansuuruisiksi.

Lämmöntalteenoton ohjausyksikön sekä ilmentäytelykoneen valojen ja ohjauskeskuksen pistorasian suojaksi suunniteltiin kohdan 5.4 mukaan yksinapaiset johdonsuoja-automaatit ryhmien ylivirta- ja oikosulkusuojiksi. Laitteiden johdonsuoja-automaatit ja syöttökaapelit valitaan liitteen 3 taulukkoa apuna käyttäen suurimpien ryhmissä normaalikäytössä kulkevien virtojen perusteella. Lämmöntalteenoton ohjausyksikön suurin verkosta ottama virta löytyy valmistajan käyttöohjeesta. Valo- ja pistorasiaryhmän suurin verkosta ottama virta on 10 A tai 16 A, riippuen ohjauskeskuksessa olevan pistorasian suunnitellusta käyttötarkoituksesta. Valo- ja pistorasiaryhmän vikavirtasuojauksesta on kerrottu tarkemmin kohdassa 5.4.

Pääkytkin mitoitetaan ohjauskeskuksen liityntätehon perusteella. Pääkytkimen on täytettävä kohdassa 5.2 esitetyt vaatimukset. Lisäksi on suositeltavaa käyttää ylivirtaluokan 4 vaatimukset täyttävää pääkytkintä, koska ohjauskeskuksessa on moottorilähtöjä [14].

9.4 Käyttöönottomittaus

Ohjauskeskukselle on tehtävä sähköturvallisuusmääräysten mukainen käyttöönottomittaus asennustöiden valmistuttua ennen ohjauskeskuksen liittämistä kiinteistön sähköverkkoon. Käyttöönottomittauksessa varmistetaan, että ohjauskeskus, siihen liitetyt ilmentäytelykoneen sähkölaitteet sekä asennustyöt on tehty sähköturvallisuusmääräysten mukaan. Mittauksessa myös varmistetaan, että sähkölaitteille ja käyttäjille suunnitellut suojalaitteet toimivat niille asetettujen rajojen puitteissa. Käyttöönottomittauksesta laaditaan määräykset täyttävä pöytäkirja todisteeksi hyväksytysti tehdystä mittauksesta. [13.]

Käyttönottomittaus on hyödyllinen, koska sen avulla voidaan varmistua sähkölaitteiston turvallisuudesta sekä paikallistaa ja korjata mahdolliset virhekytkennät ilman laitevaurioita. Käyttönottomittauksista laadittu pöytäkirja toimii ohjauskeskuksen asentaneelle ja toimittaneelle yritykselle todisteena siitä, että keskus on asennettu ja otettu käyttöön sähköturvallisuusmääräysten mukaan. Asiakkaalle käyttönottomittauspöytäkirja kertoo, että kiinteistöön asennettu ohjauskeskus täyttää sille asetetut sähköturvallisuusmääräykset.

Ohjauskeskuksen mukana toimitettavat ajantasaiset dokumentit sähkölaitteistosta sekä automaattisesti tapahtuva keskusten käyttönottomittaus ja käyttöönoton dokumentointimenettely noudattavat hyvää työskentelytapaa sähkötöissä. Hyvä työskentelytapa sähkötöissä antaa yrityksestä luotettavan ja ammattimaisen kuvan asiakkaille.

10 Yhteenveto

Ilmankäsittelykoneen ohjauskeskuksen suunnittelutyölle syntyi tarve ohjauskeskuksista tehdyn tilauksen seurauksena. Suunnittelutyölle määriteltiin työn alussa tavoitteet, joita tarkennettiin suunnittelun edetessä ja tarpeiden ilmetessä. Lähtötietoina suunnittelutyöhön saatiin tiedot ilmankäsittelykoneeseen kuuluvista sähkökomponenteista ja niille halutuista toiminnallisuuksista. Saatujen tietojen ja tavoitteiden avulla suunnittelutyössä pyrittiin säännöt ja määräykset täyttävään selkeään ja käytännölliseen lopputulokseen.

Suunnittelu- ja piirustustyön edetessä ohjauskeskuksen komponenttien tarve ja vaaditut ominaisuudet tarkentuivat. Sähkö- ja koneturvallisuusmääräykset asettivat ohjauskeskukseen valituille komponenteille omat lisävaatimuksensa. Lopulliset komponenttivalinnat ja päätökset ohjauskeskuksen rakenteesta sekä laitesijoittelusta tehtiin yhteistyössä työtovereiden sekä keskusvalmistajan kanssa.

Ohjauskeskuksen suunnittelutyö ja työn tuloksena syntyneet mallikuvasarjat saavuttivat työlle asetetut tavoitteet. Mallikuvasarjojen tarpeita sekä kuvien sisältöä tarkennettiin ja suunniteltiin useaan otteeseen työn edetessä. Lopulta ohjauskeskuksen mallikuvasarjoja syntyi yhteensä kahdeksan kappaletta erilaisiin käyttökohteisiin.

Insinööriyön kirjallinen raportti toimii tietolähteenä mallikuvien käyttäjille. Kirjalliseen raporttiin on koottu keskeisimmät ohjauskeskusten suunnitteluun vaikuttavat määräykset, suunnittelussa huomioon otettavat asiat sekä ohjeet kuvien käyttämiseen. Kirjalliseen raporttiin kerättiin tietoa muun muassa sähkökomponenttien mitoitukseen, turvallisuusasioiden huomioon ottamiseen sekä käyttöönottomittauksiin liittyen.

Insinööriyön tekemisen aikana ilmapäästelykoneen ohjauskeskuksia ehdittiin suunnitella, valmistaa ja asentaa joitakin kappaleita oikeisiin käyttökohteisiin. Mallikuvien käyttö helpotti ja nopeutti suunnittelutyötä odotetusti. Ohjauskeskuksista saadut käyttökokemukset ovat olleet pääsääntöisesti positiivisia. Käytännön kokemusten perusteella ohjauskeskusten mallikuvasarjoista löydettiin ja korjattiin joitakin suunnitelmapuutteita. Käytännön kokemukset mallikuvien perusteella toimitetuista ohjauskeskuksista olivat korvaamaton apu suunnittelutyössä. Kuvassa 6 on mallikuvien perusteella valmistettu ja käyttökohteeseen asennettu ilmapäästelykoneen ohjauskeskus.



Kuva 6. Mallikuvien perusteella tehty ilmapäästelykoneen ohjauskeskus

Ohjauskeskuksen suunnittelutyön aikana ilmeni muutamia insinööriyön aiheen ulkopuolelle jääneitä asioita, jotka vaativat tulevaisuudessa lisäsuunnittelua. Asennustöihin liittyviä sähköturvallisuusmääräyksiä tutkittaessa ilmeni tarve ohjauskeskusten käyttöönottomittauksille. Käyttöönottomittauksista olisi hyvä laatia määräysten mukainen toimintaohje ja valmis käyttöönottomittauspöytäkirjan pohja ohjauskeskuksille.

Toinen huomiota ja jatkosuunnittelua vaativa asia ovat ilmapölykoneeseen liittyvät koneturvallisuusmääräykset. Koneturvallisuusmääräysten edellyttämä riskien arviointi ja turvallisuuden parantaminen jätettiin insinööriyössä osin toteuttamatta luvussa 6.2 esiteltyjen perustelujen nojalla. Määräysten mukainen riskienarvioinnin tekeminen ja ilmapölykoneen turvallisuuden parantaminen olisi tulevaisuuden kannalta huomionarvoinen asia. Koneasetuksessa 400/2008 vaadittujen ehtojen täyttäminen ja vaatimustenmukaisuusvakuutuksen kirjoittaminen oikeuttaisivat CE-merkinnän käyttöön ohjauskeskuksessa. Riskienarviointi on yksi koneasetuksessa 400/2008 valmistajalle määritellyistä tehtävistä.

Lähteet

1. GEA EXOS EXK-tuoteluettelo. (WWW-dokumentti.) Teknocalor Oy.
<http://www.teknocalor.fi/images/stories/pdf_iv/tekniset_tiedot_exk_fi.pdf>.
Luettu 21.11.2009.
2. GEA EXOS EXM-tuoteluettelo. (WWW-dokumentti.) Teknocalor Oy.
<http://www.teknocalor.fi/images/stories/pdf_iv/tekniset_tiedot_exm_se.pdf>.
Luettu 21.11.2009.
3. ST 53.45. Sulakkeeton suojaus. Espoo: Sähkötieto ry, 2004.
4. ST 51.32. Taajuusmuuttajakäytöt. Espoo: Sähkötieto ry, 1995.
5. ST51.31. Ohjeet LVI-laitteiden ja laitteistojen sähköistyksestä. Sähkötieto ry, 2003.
6. SFS-EN 60204-1. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2006.
7. SFS-EN 14121-1. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 1: Periaatteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2007.
8. SFS-EN ISO 12100-1. Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Peruskäsitteet ja menetelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2003.
9. ST-esimerkit 4. Esimerkkipiirustukset, toimisto- ja liikerakennus. Espoo: Sähkötieto ry, 2004.
10. ST 830.70. Moottorilähtöjen ja keskusten syöttökaapeleiden mitoitusaulukot. Espoo: Sähkötieto ry, 1994.
11. Koivuniemi, Keijo. Johdon määrittäminen suunnitteluvaiheessa ylivirtasuojan mukaan liite 1. Sähkämiehen kalenteri. Nummela: Suomen kalenterit Oy, 2009.

12. Hokkanen, Jyrki. Ilmankäsittelykoneen säätökaavio. Espoo: Eleta Talotekniikka Oy, 2009.
13. SFS 6000-6. Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2007.
14. SFS 6000-5-53. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-53: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2007.
15. SFS 6000-8-810. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-810: Eräitä asennuksia koskevat täydentävät vaatimukset. Jakokeskukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2007.
16. Koivuniemi, Keijo. Ylikuormitussuojaus. Sähkömiehen kalenteri. Nummela: Suomen kalenterit Oy, 2009.