

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Imatra  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Ahola Lauri

# **Suurnopeuskompressorin sähkökoonpanon ohjeistaminen**

Opinnäytetyö 2011

## **Tiivistelmä**

Lauri Ahola

Suurnopeuskompressorin sähkökokoontamisen ohjeistaminen, 25 sivua, 5 liitettä  
Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Imatra

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

Opinnäytetyö 2011

Ohjaajat: Lehtori Timo Loukiala Saimaan ammattikorkeakoulu, Tuotesuunnitteluvastaava Petri Kettunen, Cardo Production Finland Oy

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda kokoonpano-ohje sähkökokoontamiseen suurnopeuskompressorien tuotannossa. Ohjeen tuli olla yleispätevä eli sen täytyi kattaa kaikki viisi eri kompressorityyppiä. Tavoitteena oli, että ohjeen ylläpito olisi helppoa. Ohje tehtiin vuoden 2011 aikana Cardo Production Finland Oy:lle Lappeenrannan tehtaalla. Ohjeen käyttäjät tulevat olemaan koulutettuja sähköasentajia.

Työ suoritettiin kolmessa erillisessä osassa. Ensimmäisessä osassa määritettiin sähkökokoontamisen työvaiheet ja kokoonpanossa tarvittavien dokumenttien alkutila. Toisessa vaiheessa luotiin runko ohjeistukselle ja määritettiin dokumenttien tavoitetila. Kolmannessa vaiheessa kaksi edellistä vaihetta yhdistettiin, ja lopputuloksena saatiin valmis kokoonpano-ohje.

Työssä käsitellään suurnopeuskompressorien rakennetta, suurnopeuskompressorinkokoontamisosprosessin kulkua ja luodun ohjeen rakennetta ja sen luomisen prosessia. Lisäksi työssä käsitellään lyhyesti suurnopeustekniikkaa yleisesti.

Asiasanat: sähkökokoontamisen ohje, suurnopeuskompressorit

**Abstract**

Lauri Ahola

Electrical assembly manual for high speed compressor, 25 pages, 5 appendices

Saimaa University of Applied sciences

Technology Imatra

Degree Programme in Electrical Engineering

Electrical Power Engineering

Final Year Project, 2011

Tutor: Mr. Timo Loukiala, Senior Lecturer, Saimaa UAS

Supervisor: Mr. Petri Kettunen, Cardo Production Finland Oy

The purpose of this project was to create a manual for electrical assembly of high speed compressors. The manual should be valid for all of the five different compressor types. The aim was that upkeep of the manual should be easy. The manual was made at year 2011 for Cardo Production Finland Oy at Lappeenranta factory. Users of that manual will be educated electricians.

Project was made in three different parts. At first part all stages of electrical assembly were defined and also stage of all assembly documents were determined. The second part includes two tasks, which are the creation of manuals body and the definition of assembly documents, which are needed. At third part first two parts were combined and the outcome was assembly manual.

In this final year project the structure of high speed compressor, the stages of assembly and the creation and the structure of assembly manual were discussed. Also the high speed technology in general was briefly discussed.

Key words: electrical assembly manual, high speed compressor

## Sisältö

1 Johdanto .....	5
1.1 Opinnäytetyön hankinta .....	5
1.2 Tavoitteet .....	5
2 Yritysesittely .....	6
3 Suurnopeustekniikka .....	7
4 Kompessoreiden erityispiirteet .....	7
4.1 Magneettilaakerit .....	8
4.2 Massiviroottori .....	9
4.3 Impelleri .....	9
4.4 Käyttöjännite .....	10
4.5 Suurnopeusyksikkö .....	10
4.6 Kompressorityypit .....	10
5 PROJEKTIN KULKU .....	11
5.1 Ensimmäinen vaihe .....	11
5.2 Toinen vaihe .....	12
5.3 Kolmas vaihe .....	14
6 Kokoonpanoprosessi .....	15
6.1 Sähkökokoonpano .....	15
6.2 Mekaniikka- ja loppukokoonpano .....	21
6.3 Testaus .....	21
6.4 HST40 .....	21
6.5 Viimeistely ja pakkaus .....	23
7 Yhteenvedo ohjaavista dokumenteista .....	23
8 Yhteenvedo .....	24
Kuvat .....	26
Kuviot .....	26
Lähteet .....	27

## Liitteet

- Liite 1 Projektisuunnitelma
- Liite 2 Esimerkki tarkemmasta ohjeesta 1
- Liite 3 Loppuraportti
- Liite 4 Sähkökokoonpanon työvaihekaavio
- Liite 5 Esimerkki tarkemmasta ohjeesta 2

# **1 Johdanto**

Työn tarkoituksena on ohjeistaa Cardo Production Finland Oy:n suurnopeuskompressorien sähkökokoonpano. Kokoonpano-ohjetta tulevat käyttämään koulutetut sähköasentajat.

Ohjeistuksessa ei tulla ottamaan huomioon työmenetelmiä vaan ainoastaan työvaiheet, koska ohjetta käyttävien asentajien oletetaan olevan ammattitaitoisia. Oletuksena on myös se, että uudet työntekijät perehdytetään ennen töiden aloittamista, jolloin heille annetaan perustiedot kompressoreista.

## **1.1 Opinnäytetyön hankinta**

Olen työskennellyt kesän 2010 ja sen jälkeen osa-aikaisena Cardo Production Finlandin palveluksessa. Joulukuussa 2010 kysyin tuotantopäällikkö Sami Kontiolta, olisiko yrityksellä tarjota aihetta opinnäytetyöhön.

Yrityksen toimintatapojen mukaan työ laitettiin yleiseen hakuun, ja minut valittiin tekemään se. Pääsin aloittamaan työn helmikuussa 2011.

## **1.2 Tavoitteet**

Tavoitteena oli luoda yleispätevä kokoonpano-ohje suurnopeuskompressorien sähkökokoonpanoon Lappeenrannan tehtaalle. Aiempaa kirjallista kokoonpano-ohjetta ei ollut olemassa. Kokoonpano-ohjeen on katettava kaikki kompressorityypit optioineen. Valmistettavia kompressorityyppejä on nykyään viisi, jotka ovat HST2500, HST6000, HST9000, HST9500 ja HST40. Lisäksi jokaisesta kompressorityypeistä on niin sanottuja alatyyppejä. Sähkökaappeja on kolmea erilaista mallia. Sähkökaapin malli määrittää eniten sähkökokoonpanoa, koska komponenttien sijoittelu määrittyy kaapin mukaan. HST 6000, HST9000 ja HST9500-tyypeillä on kaikilla samanlainen sähkökaappi. HST 40 ja HST2500-tyypeillä on kummallakin oman tyyppiset kaapit.

Kokoonpano-ohjeen avulla laadun tulisi parantua entisestään, ja ohjeen tulisi helpottaa uusien asentajien perehdyttämistä. Oletuksena voidaan pitää, että ennen asennustyön aloittamista uudet asentajat saavat koulutuksen kompressorien rakenteesta. Ohjeen tulisi olla selkeä, ja sen ylläpidon tulisi olla helppoa.

Projektin olisi kehitettävä tuotantoprosessia ja saatava kokoonpanoprosessista läpinäkyvä. Kokoonpano-ohjetta tulisi myös pystyä käyttämään runkona muiden toimintojen ohjeistamiseen. Projektisuunnitelmasta (Liite 1) voidaan havaita projektin kulku aikatauluineen. Projekti aloitettiin helmikuussa 2011, ja sen oli tarkoitus valmistua toukokuussa samana vuonna. Projektia tekemään ei ollut käytettävissä muita työntekijöitä kuin tämän työn kirjoittaja. Yritys antoi kaikki aiemmat tähän työhön tarpeelliset dokumentit tekijän käyttöön.

## **2 Yritysesittely**

Cardo Production Finland Oy on osa sveitsiläistä Sulzer-konsernia. Cardo Production Finlandin liikevaihto on ollut noin 10 miljoonaa euroa viime vuosina. Aiemmin yritys tunnettiin nimellä High Speed Tech Oy, joka perustettiin vuonna 1988.

Cardo Production Finlandin toimipaikat ovat Lappeenrannassa ja Espoossa. Lappeenrannassa on kokoonpanotehdas ja lisävarustevarasto. Espoossa on suunnitteluosasto. Tuotteita ovat suurnopeuskompressorit ja ilmastimet. Ilmastimien valmistus on kokonaan siirretty alihankkijoille. Vuonna 2010 valmistettiin noin 200 kompressoria. Tämä opinnäytetyö on tehty Lappeenrannan tehtaalla.

Kompressorien pääasiallinen käyttökohde on jätevedenpuhdistuslaitoksissa. Kompressoreja käytetään jäteveden ilmastukseen. Kompressorit myydään ABS-tuotemerkillä, ja niiden myynnistä vastaavat erilliset myyntiyhtiöt, joita on ympäri maailmaa.

Työntekijöitä on noin neljäkymmentä, joista yhdeksän on Espoossa ja loput Lappeenrannassa. Työntekijöiden määrä vaihtelee muun muassa määräaikaissuuksista ja tilauskannasta johtuen.

### **3 Suurnopeustekniikka**

Yleisesti suurnopeustekniikalla tarkoitetaan järjestelyä, jossa sähkökone ja toimilaite on kytketty yhteen ilman vaihdetta pyörimisnopeuden ollessa suurempi kuin verkon taajuuden määräämä synkroninopeus. Tyypillisesti suurnopeuden rajana pidetään 10000 1/min, joka on huomattavasti suurempi kuin 50 Hz verkon synkroninopeus, joka on 3000 1/min. Sähkökone voi olla moottori tai generaattori, ja toimilaite voi esimerkiksi olla kompressori tai pumppu. Usein käytössä on öljyttömät kaasu- tai magneettilaakerit. Suurnopeussähkökäyttöön liittyy lähes aina tehoelektroninen taajuusmuuttaja, jolla sähkökonetta ohjataan. (Larjola, Arkkio & Pyrhönen 2010, 7.)

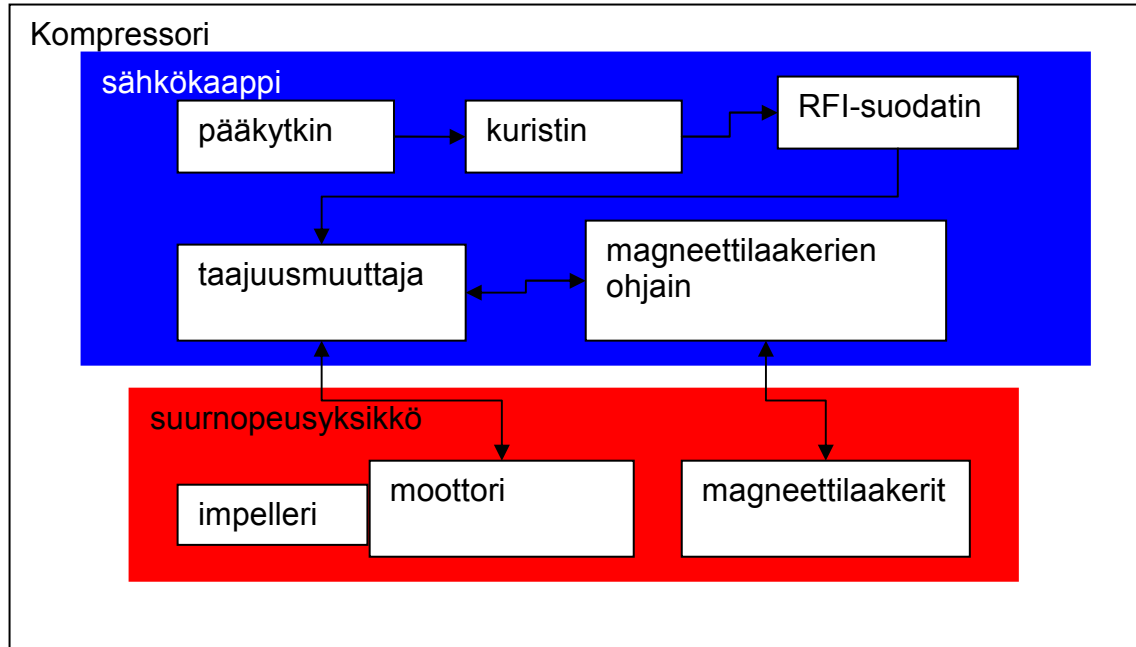
Cardo Production Finlandin kompressorit toimivat suurnopeusalueella. Kompressorien sähkömoottoreissa käytetään massiiviroottoreita suurista pyörimisnopeuksista johtuen.

### **4 Kompressoreiden erityispiirteet**

Cardo Production Finlandin kompressoreiden maksimipyörimisnopeudet vaihtelevat 30000 rpm:n ja 50000 rpm:n välillä. Suurista pyörimisnopeuksista johtuen kompressoreissa käytetään magneettilaakereita ja massiiviroottoreita. Kompressoreiden pyörimisnopeus säädetään taajuusmuuttajalla nostamalla taajuutta. Taajuusmuuttajat toimittaa Vacon. Kompressoreiden leimatut tehot vaihtelevat 63 kW:n ja 400 kW:n välillä.

Cardo Production Finlandin kompressorit ovat ilmastuskompressoreja. Tarkoituksena ei ole tuottaa suurta painetta vaan mahdollisimman suuri ilmamäärä. Jätevedenpuhdistusprosessissa tarvitaan ilmaa veden ilmastamiseen, jolloin bakteeritoiminta pysyy yllä.

Kompressoreista on pyritty tekemään mahdollisimman kevyitä. Materiaalina käytetään paljon alumiinia. Esimerkiksi sähkömoottorin runko on valettu alumiinista. Kompressorien painot vaihtelevat 750 kg:n ja 1850 kg:n välillä.



Kuvio 4.1 kompressorin yksinkertaistettu rakenneperiaate

Kuvio 4.1 havainnollistaa kompressorin rakennetta yksinkertaistettuna. Lyhenne RFI-suodatin tarkoittaa radiotaajuussuodatinta.

#### 4.1 Magneettilaakerit

Magneettilaakerit mahdollistavat suuremmat pyörimisnopeudet kuin perinteiset laakerit. Magneettilaakereita käyttämällä saadaan mekaaninen kitka poistumaan lähes täysin moottorin pyöriessä. Magneettilaakeri pitää pyörivän osan irti pyörimättömästä osasta magneettikenttiä käyttäen. Magneettilaakerin yleisiä ominaisuuksia ovat hyvät vaimennusominaisuudet, vähäinen huoltotarve ja pitkä käyttöikä. Magneettilaakereiden ohjaus vaatii nopean säätöjärjestelmän. (Larjola ym 2010, 101–102.)



Cardo Production Finlandin kompressoreiden moottorissa käytetään magneetti-laakereita, jotka koostuvat sähkömagneeteista eli itse laakereista, asema-antureista ja laakeriohjaimesta. Yhteen moottoriin tulee kaksi magneettilaakeria ja asema-anturia sekä yksi laakeriohjain. Vikatapauksien takia johtuen moottorissa on oltava myös mekaaniset turvalaakerit. Vikatapauksessa roottori tippuu turvalaakereiden varaan.

## **4.2 Massiiviroottori**

Massiiviroottoreita käytetään kahta eri tyyppiä. Roottoreita on kuparipinnoitteisia ja kestromagneeteilla varustettuja. Suurista pyörimisnopeuksien takia roottoreiden tasapainotuksen on oltava tarkka.

Kuparipäällysteiset roottorit valmistetaan räjäytyshitsauksella. Kupariputki saadaan kiinnittymään teräksisen akselin pintaan räjäytyksen avulla. Räjäytyshitsauksen jälkeen roottorit koneistetaan alihankkijan toimesta. Kestomagneeteilla varustetut roottorit kasataan Lappeenrannan tehtaalla. Roottoreihin asennetaan kehys, johon magneetit kiinnitetään. Lopuksi roottorin päälle asennetaan hiilikuituiset pannat ja tukirenkaat, jotta magneetit eivät lähde liikkeelle roottorin pyöriessä.

## **4.3 Impelleri**

Ilma tuotetaan pyörittämällä impelleriä eli siipipyörää. Impellerin muodolla saadaan tuotettua erisuuruinen paine tarpeen mukaan. Paineen tarve määräytyy käyttökohteen ja jätevesialtaan mukaan.

Cardo Production Finlandilta löytyy kompressorivaihtoehto 4 metristä 12 metriä syviin jätevesialtasiin. Altaan syvyyden lisäksi putkisto vaikuttaa paineen tarpeeseen.

#### **4.4 Käyttöjännite**

Kaikki Cardo Production Finlandin kompressorit toimivat vaihtosähköllä. Kompressoreja valmistetaan kolmella eri jännitetasolla. Tasot ovat 400 V, 500 V ja 690 V. Jännitetaso ei vaikuta suuresti asennustyöhön. Ainoana erona on se, että 690 V:n koneissa taajuusmuuttajan tasasähkövälipiiristä ei voida tuoda varasyöttöä magneettilaakerien ohjaimelle.

Jännitetaso vaikuttaa käytettäviin komponentteihin. Asiakkaan verkon taajuus voi olla 50 tai 60 Hz.

#### **4.5 Suurnopeusyksikkö**

Suurnopeusyksikkö koostuu sähkömoottorista, magneettilaakereista ja impelleristä. Suurnopeusyksikkö kokonpanaan yhdeksi kokonaisuudeksi ja asennetaan laiterungolle.

Laiterunko on terästä ja varsin massiivinen, ja suurnopeusyksikkö kiinnitetään siihen tärinänvaimennuskumien välityksellä. Suurnopeusyksikkö täytyy asentaa rungolle vaakasuoraan.

#### **4.6 Kompressorityypit**

Kompressorityyppejä on nykyään viisi, ja ne ovat HST2500, HST6000, HST9000, HST9500 ja HST40. HST40 ja HST9500 ovat suuritehoisimpia luokkaa 250–400 kW, ja ne ovat varustettuja kestomagneettiroottoreilla.

Lisäksi jokaisesta tyypistä on useita alatyyppejä. Eri alatyyppien välillä on eroja tuottopaineessa ja tehossa. Alatyyppien erot ovat enimmäkseen mekaanisia.

## **5 PROJEKTIN KULKU**

Työ tehtiin projektimuotoisena. Projekti jaettiin kolmeen vaiheeseen. Ennen projektin aloittamista tehtiin projektisuunnitelma (Liite 1).

Projektisuunnitelmassa on määritetty alkuperäinen aikataulu. Projekti aloitettiin 21.2.2011. Jokaisen projektin vaiheen jälkeen yritykselle tehtiin väliraportti.

### **5.1 Ensimmäinen vaihe**

Ensimmäisessä vaiheessa määritettiin sähkökokoospanon työvaiheet ja ohjaavien dokumenttien alkutila. Työvaiheita on kymmeniä, ja ne ovat riippuvaisia sähkökaapin mallista, joten ne täytyi määrittää jokaiselle mallille erikseen. Sähkökaappeja on kolmea eri mallia, ja ne eroavat toisistaan fyysisiltä mitoiltaan. Erot sähkökaappien mitoissa vaikuttavat komponenttien sijoitteluun. Ohjaavia dokumentteja ovat kokoonpano-ohjeet, osa- ja rakenneluettelot, piirustukset ja tarkistusmääräykset. Dokumenttien alkutilan määrittäminen tapahtui etsimällä kaikki mahdolliset ohjeet, piirustukset ja luettelot.

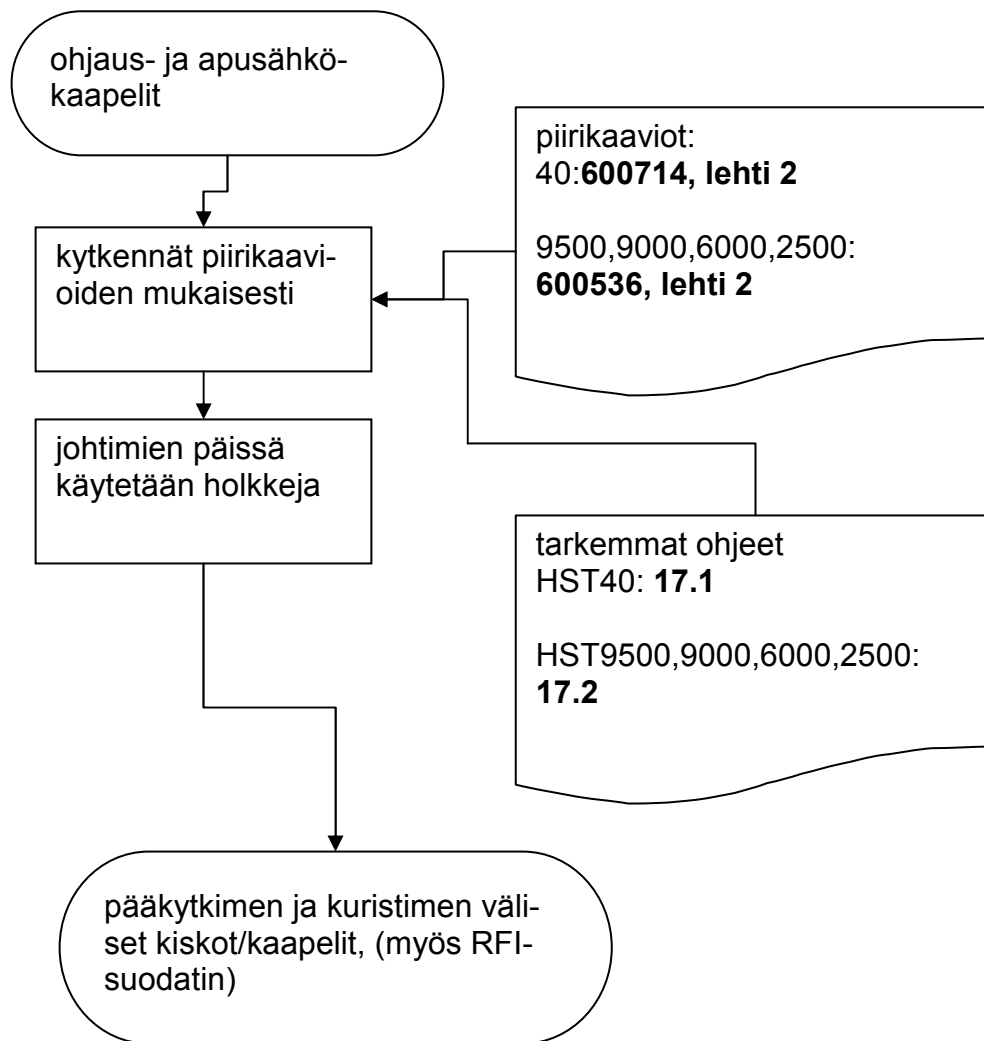
Asennustyö täytyi aluksi jakaa työvaiheisiin. Työvaiheet määritettiin seuraamalla sähköasentajien työtä. Työvaiheista laadittiin lista tehtyjen muistiinpanojen perusteella. Muistiinpanoissa olevia työvaiheita pystyi yhdistämään, ja lopulliseksi työvaiheiden lukumääräksi tuli 28 kpl. Työvaiheet on määritelty liitteessä 2. Työvaiheita ovat liitteen suorakaiteiset laatikot. Asentajat pystyivät antamaan myös vinkkejä, mitä ohjeessa tulisi olla. Tämä vaihe toteutettiin maaliskuussa 2011.

Ohjaavien dokumenttien alkutilan määrittäminen tapahtui samanaikaisesti asennustyön seuraamisen kanssa. Sähköasentajat käyttivät tiettyjä dokumentteja asennustyön apuna. Ohjaavista dokumenteista luotiin lista. Alkutila oli varsin vaihteleva. Varsinaisia osakokoonpano-ohjeita ei löytynyt kuin yksi, joka koski kierrosnopeusanturin liittimen juotosta. Osa- ja rakenneluettelot löytyivät jokaiseen kompressorityyppiin. Piirustukset eli piirikaaviot löytyivät myös jokaiselle kone-tyypille optioineen. Tarkistusmääräyksiä oli yksi, joka liittyi jännitekokeeseen.

## **5.2 Toinen vaihe**

Toisessa vaiheessa luotiin runko ohjeistukselle ja tutkittiin ohjaavien dokumenttien tilaa. Ohjeen rungon luomisen haasteena oli saada siitä yleispätevä eli käyttökelpoinen jokaiselle kompressorityypille optioineen. Ohjeen runko tehtiin prosessivuokaaviotyypiksi. Ohjeeseen työvaiheet on laitettava sellaiseen järjestykseen, että kokoonpano onnistuu seuraamalla ohjetta suoraviivaisesti.

Ohjeen rungon rakentamisen perustana käytettiin ensimmäisen vaiheen tietoja. Työvaiheet oli saatava oikeaan järjestykseen. Runko muodostuu moduuleista, joista kukin kattaa yhden työvaiheen. Ensimmäisessä vaiheessa työvaiheita määritettiin 28 kpl, ja myös ohjeeseen tuli saman verran työvaiheita. Runko luotiin huhtikuussa 2011. Ohjeen rungon työjärjestys ei ole ainut vaihtoehto. Kun uudella asentajalla kokemus karttuu, niin hän voi kasata sähkökaapin muillakin tavoilla. Ohjeen työjärjestys perustuu suurilta osin yhden kokeneen sähköasentajan työjärjestykseen.



Kuvio 5.1 Esimerkki yhden työvaiheen ohjeesta, ohjaus- ja apusähkökaapelien asennus

Kuviosta 5.1 voidaan havaita ohjeen rungon rakenne. Työvaiheessa kuljetaan suoraviivaisesti eteenpäin, ja työvaihe päättyy seuraavan työvaiheen alkuun, joka tässä tapauksessa on pääkytkimen ja kuristimen väliin tulevien kiskojen tai kaapelien asennus. Tarkemmissa ohjeissa viitataan erillisiin dokumentteihin 17.1 ja 17.2. Tarkemmat ohjeet luotiin vasta projektin kolmannessa vaiheessa. Ohjeessa olevat numerot 600714 ja 600536 viittaavat piirikaavioihin. Lisäksi voidaan huomata, että työvaiheet on jaettu useammiksi osiksi. Osien määrä yhdessä työvaiheessa voi vaihdella yhden ja kymmenen välillä.

Ohjaavien dokumenttien tavoitteilaksi määritettiin se, että varsinainen kokoonpano-ohje on kirjoitettava kokonaan. Muiden dokumenttien alkutila on riittävällä tasolla. Aiempiin ohjaaviin dokumentteihin ei tarvinnut tehdä muutoksia, ja niitä

liitettiin varsinaiseen kokoonpano-ohjeeseen. Ainoastaan rakennetaulukkoita muokattiin paremmin kokoonpano-ohjeeseen liitettävään muotoon.

### **5.3 Kolmas vaihe**

Kolmannessa vaiheessa kaksi edellistä vaihetta yhdistettiin. Lopputuloksena saatiin valmis kokoonpano-ohje. Lopulliseen kokoonpano-ohjeeseen runkoon lisättiin tarkempia ohjeita jokaisesta työvaiheesta.

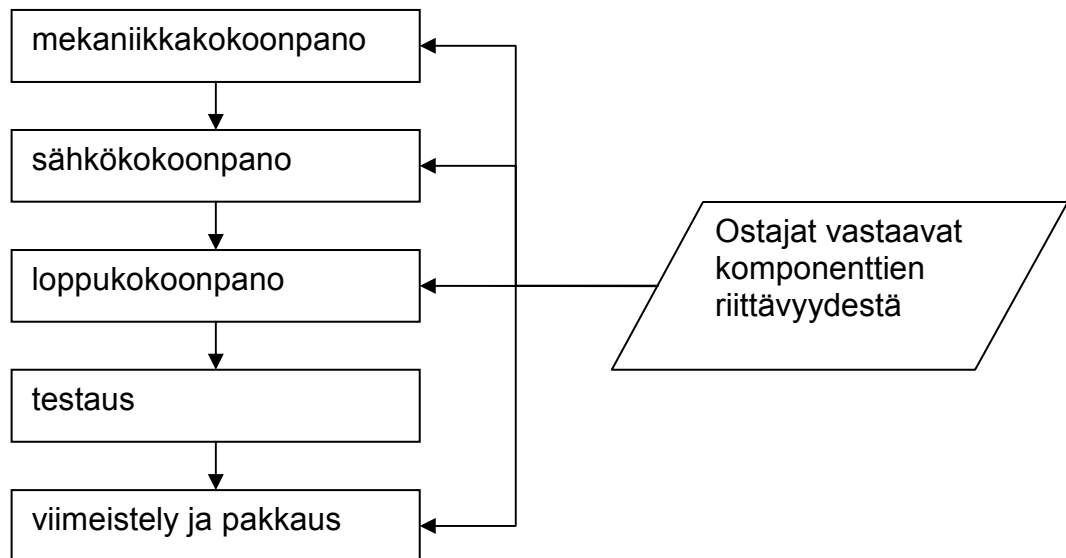
Ohjetta tehtäessä oli vielä kerran tehtävä yhteistyötä sähköasentajien kanssa. Täten varmistettiin, että ohje on varustettu oikein tiedoin. Pääasiallisesti ensimmäisessä vaiheessa kerätty tieto kokoonpanon kulusta oli oikeaa.

Kolmas vaihe oli projektin työläin vaihe. Tarkempia ohjeita tuli yhteensä 58 kpl. Tarkemmat ohjeet kattavat työvaiheet tarkemmin kuin ohjeen runko, ja niihin on lisätty kuvia, jotka helpottavat ohjeen ymmärtämistä. Tarkempien ohjeiden pitäminen erillään rungosta pitää ohjeen luettavuuden parempana, ja tällöin vältetään väärän kompressorityypin ohjeen lukemiselta. Liite 2 on esimerkki tarkemmasta ohjeesta. Liitteessä 2 on tarkempi ohje pääkytkimen ja vääntimen asennuksista HST 6000, 9000 ja 9500-tyypeille. Tässä ohjeessa on määritetty tarkkaan pääkytkimen ja sen käyttövääntimen asennus. Lisäksi siinä on pääkytkimen valintataulukko ja kuva pääkytkimestä.

Kolmannen vaiheen jälkeen yritykselle tehtiin loppuraportti (Liite 3), jossa arvioidaan ainoastaan projektin onnistuminen. Loppuraporttiin liitettiin koko projektin aikana tehty materiaali mukaan lukien valmis sähkökokoonpano-ohje.

## 6 Kokoonpanoprosessi

Suurnopeuskompressorien kokoonpanoprosessi koostuu kahdesta erillisestä osasta mekaniikka- ja sähkökokoonpanosta. Lisäksi kokoonpanoprosessiin kuuluu loppukokoonpano, testaus, viimeistely ja pakkaus.



Kuvio 6.1 Suurnopeuskompressorin kokoonpanoprosessin kulkukaavio

Kuviosta 6.1 voidaan havaita kokoonpanoprosessin työjärjestys. Mekaniikkakokoonpano kattaa suurnopeusyksikön ja laiterungon kasaamisen. Lisäksi tyhjän sähkökaapin asennus laiterunkoon sisältyy mekaniikkakokoonpanoon. Sähkökokoonpanoon kuuluu sähkökaapin kalustaminen

### 6.1 Sähkökokoonpano

Sähkökokoonpanoon tullessa suurnopeusyksikkö sekä tyhjä sähkökaappi on asennettu laiterungolle. Sähkökokoonpanon voi myös aloittaa ilman suurnopeusyksikköä, mutta silloin moottorin ja magneettilaakerien kaapelit täytyy kytkeä myöhemmin. Tällöin kompressoria täytyy siirtää kahteen otteeseen ympäri tehdasta, ja kokoonpanoprosessi hidastuu. Ennen sähkökokoonpanon aloitta-

mista on tarkistettava, onko sähkökaappiin asennettu tarvittavat niittimutterit ja porattu reiät oikeisiin kohtiin. Sähkökaapit ovat alihankkijan kokoamia. Sähkökoonpanon alkutilaa havainnollistaa kuva 6.2. Sähkökaapin lattialla ovat moottorin syöttökaapelit ja magneettilaakerien kaapelit. Sähkökomponenttien ostaja vastaa komponenttien riittävydestä. Sähköasentajat näkevät toimitusmääräyksestä, minkä tyypin kompressorin sähkökaappi tulee kalustaa.



Kuva 6.2 Sähkökoonpanon alkutila HST6000



Sähkökoonpano koostuu seuraavista työvaiheista:

- riviliitinmoduulin asennus
- kaapelikourujen ja kiinnityskiskojen asennus
- pääkytkimen asennus
- taajuusmuuttajan asennus
- radiotaajuussuodattimen asennus
- kuristimen asennus
- magneettilaakerien ohjaimen asennus
- kaapelointi
- jännitekoe magneettilaakereille ja ohjaimelle

Komponenttien sijoittelua sähkökaappiin havainnollistaa kuva 6.3. Kuvassa on HST 6000-tyypin kompressori. Komponenttien sijoittelu ei käytännössä muutu kompressorityypeittäin.

Riviliitinmoduuli tulee valmiina alihankkijalta. Siinä on riviliittimiä, releitä ja sulakepesiä. Riviliitinmoduuli asennetaan sähkökaappiin kuusiokoloruuveilla. Lisäksi tavanomaiset sulakkeet asennetaan sulakepesiin.

Kaapelikouruja asennetaan 8 -12 kpl konetyypin mukaan. Kaapelikouruja on kolmea paksuutta, ja ne ovat koodeiltaan 20T, 30T ja 40T. Kaapelikourut täytyy aluksi sahata oikeaan mittaan ja kiinnittää sen jälkeen vetoniiteillä. Yli 500 mm pitkät kaapelikourut joudutaan tekemään kahdesta eri osasta. Kiinnityskiskoja ovat niin sanotut C-kiskot. Ne aluksi sahataan oikeaan mittaan ja kiinnitetään paikalleen kuusiokoloruuveilla. Myöhemmissä vaiheissa C-kiskoihin kiinnitetään kaapeleita kaarikiinnikkeillä.

Pääkytkintä asennettaessa täytyy oikea pääkytkintyyppi valita taulukkoa käyttäen. Seuraavaksi pääkytkimeen asennetaan tarvittaessa kahvasulakkeet. Pääkytkin kiinnitetään sähkökaappiin kuusiokoloruuveilla. Viimeiseksi pääkytkimen väännin kiinnitetään sähkökaapin oveen.

Taajuusmuuttajan asennus koostuu useista työvaiheista. Aluksi taajuusmuuttajasta poistetaan kosketussuojat. Seuraavaksi taajuusmuuttaja nostetaan paikoil-

leen nosturilla ja kiinnitetään pulteilla sähkökaappiin. Sen jälkeen taajuusmuuttajan päälle asennetaan ilmanohjauspelti jäähdytysilman ohjaamista varten. Ilmanohjauspelti kiinnitetään kuusiokoloruuveilla. Lopuksi taajuusmuuttajan tulo- ja lähtöliittimiin kiinnitetään OL-yleisliittimet kaapeleita varten. Kosketussuojat asennetaan takaisin alkuperäisille paikoilleen kaapeloinnin yhteydessä. Lisäksi asennusprosessin lopuksi taajuusmuuttajaan ladataan uusi ohjelmisto tietokoneelta.

Radiotaajuus- eli RFI-suodatimen tyyppi valitaan ohjeessa olevan taulukon perusteella. Taulukko on luotu rakenneluetteloiden tiedoista. Suodatin kiinnitetään sähkökaappiin kuusiokoloruuveilla.

Kuristinta asennettaessa on aluksi tarkistettava, että nostolenkkien kohdista maali on hiottu pois, koska maadoituskaapeli asennetaan nostolenkin paikalle. Kuristin nostetaan sähkökaapin lattialle nosturilla ja kuristin kiinnitetään sähkökaappiin pulteilla.

Magneettilaakerien ohjain on valmis komponentti. Ohjain asennetaan sähkökaappiin kuusiokoloruuveilla. Kiinnityksen jälkeen ohjaimen päälle asennetaan pelti, johon kiinnitetään ruuveilla kolme pienitehoista jäähdytyspuhallinta. Puhaltimien virtajohto kiinnitetään ohjaimessa olevaan liittimeen. Lopuksi ohjaimen alapuolelle sähkökaapin lattiaan kiinnitetään kuusiokoloruuveilla akkupaketti, joka toimii magneettilaakerien ohjaimen varasyöttönä. Akkupaketissa on neljä 12 V akkua sarjassa. Akut kiinnitetään pannalla laatikkoon pannalla, ja akkujen navat kytketään yhteen alihankkijalta tulevilla johtoseteillä.

Kaapelointi kattaa syöttö-, maadoitus-, ja ohjauskaapeleiden asennuksen. Syöttökaapelit kulkevat pääkytkimeltä radiotaajuussuodattimen ja kuristimen kautta taajuusmuuttajalle. Moottorilta tulevat kaapelit täytyy myös kytkeä taajuusmuuttajaan ja magneettilaakereilta tulevat kaapelit magneettilaakerien ohjaimeen. Syöttökaapeleita asennettaessa on tärkeää kiristää liittimet oikeaan momenttiin liittimen ja pultin paksuuden mukaan. Momentin arvo näkyy käytettävistä pulttipusseista, ja liittimissä momentti on stanssattu liittimeen. Oikean momentin saamiseksi käytetään momenttiavainta. Komponenteilta tulevat maadoituskaa-

pelit kytketään alumiiniseen päämaadoituskiskoon. Päämaadoituskiskolta vietään kaapeli haaroitusalustalle, johon asiakas kytkee maadoituksen. Ohjauskaapeleiden asennus on eniten aikaa vievä työvaihe. Ohjauskaapeleita on kaikissa konemalleissa yhteensä 11 kappaletta kussakin. Ohjauskaapelit kytketään piirikaavioiden mukaisesti. Ohjauskaapeleiden päissä käytetään eristettyjä tinattuja kuparisia pääteholkkeja kaapelin poikkipinta-alan mukaan. Kaapeloinnin jälkeen pääkytkimeen, radiotaajuussuodattimeen, kuristimeen ja taajuusmuuttajaan kiinnitetään kosketussuojat.

Jännitekokeen magneettilaakereille suorittavat koulutetut henkilöt, ja jännitekoete suoritetaan eristetyssä tilassa. Eristys suoritetaan laittamalla ketjut koestettavan laitteen ympärille. Jännitekoete tehdään magneettilaakereille, ja se suoritetaan erillisen testausohjeen mukaisesti. Aluksi tehdään eristysvastusmittaus päävirtapiiirille. Mittaus suoritetaan 1000 V:n tasasähköllä, ja vastuksen täytyy olla yli 1 M $\Omega$ . Seuraavaksi testataan laakerien sähkömagneetit. Testi suoritetaan 1000 V vaihtojännitteellä, ja vuotovirran suuruus saa olla maksimissaan 10 mA. Kolmanneksi tehdään jännitekoete asema-antureille 500 V:n vaihtojännitteellä. Vuotovirran arvo saa olla enintään 10 mA. Viimeisenä tehdään jännitekoete kierrosnopeusanturille 500 V:n vaihtojännitteellä. Vuotovirran suuruus saa olla maksimissaan 0,30 mA. Kaikissa vaihtojännitteellä tehtävissä mittauksissa jännitettä pidetään päällä yhden sekunnin ajan. Jännitekokeen tuloksista tehdään testauspöytäkirja. Vikatapauksissa komponentit vaihdetaan, ja vialliset osat yritetään korjata joko tehtaalla tai alihankkijan toimesta. Cardo Production Finlandin kompressorit ovat joko CE- tai UL-hyväksytyjä.

Liitteessä 4 on kaikki sähkökokoospanon yksittäiset työvaiheet vuokaavio-muodossa. Koko ohjeistus perustuu kyseisen vuokaavion työjärjestykseen ja –vaiheisiin.



Kuva 6.3 Kokoonpantu HST6000-tyyppin sähkökaappi

Kaikkiin malleihin ei tarvitse asentaa radiotaajuussuodatinta ja kuristinta. Näissä malleissa ne on integroitu taajuusmuuttajaan. Lisäksi asiakas voi haluta optioita. Tyypillisiä optioita ovat seisontalämmittimet ja lisäjähdytyspuhaltimet. Optiot näkyvät toimitusmääräyksestä, jota pidetään kompressorin mukana kokoonpanoprosessin ajan. Optioita koskevat asennusohjeet ovat tarkemmissa ohjeissa. Liitteessä 5 on esimerkki optioita koskevasta ohjeesta. Kyseinen ohje käsittelee riviliitinmoduulin asennusta. Riviliitinmoduulin asennuksiin liittyvät optiot ovat seisontalämmittimen ja lisäjähdytyspuhaltimen kontaktorien asennukset.

Kokoonpanoprosessia helpottaa se, että taajuusmuuttaja ja kuristin tulevat samassa paketissa alihankkijalta ja ne ovat tilattu projektikohtaisesti. Tällöin väärän komponentin asentaminen on käytännössä mahdotonta. Lisäksi monet komponentit ovat samoja kaikissa kompressorityypeissä.

Sähkökokoonpanoon tarvittava aika on riippuvainen kompressorityypistä. HST2500-kompressorin sähkökokoonpanoon kuluu aikaa yhdeltä asentajalta

noin 10 tuntia. HST 40-kompressorin sähkökokoontamiseen kuluu aikaa yhdeltä asentajalta noin 20 tuntia. Muiden kompressorityyppien sähkökokoontamiseen käytettävä aika vaihtelee 10 ja 20 tunnin välillä.

## **6.2 Mekaniikka- ja loppukokoontaminen**

Mekaniikkakokoontamisessa kasataan suurnopeusyksikkö ja laiterunko. Lisäksi mekaniikkakokoontamisen lopuksi runkoon asennetaan sähkökaappi, ja suurnopeusyksiköltä tulevat kaapelit tuodaan läpivientien kautta sähkökaappiin. Mekaniikkakokoontamisen suorittavat mekaniikka-asentajat.

Loppukokoontaminen suoritetaan sähkökokoontamisen jälkeen. Loppukokoontamisen työvaiheita ovat suurnopeusyksikön seinien ja äänieristeiden sekä impellerin imu- ja lähtökartioiden asennus.

## **6.3 Testaus**

Varsinaisen kokoontamisprosessin jälkeen jokainen kompressorit testataan. Testauksella varmistetaan kompressorien toiminta. Testauksessa tulevat ilmi sähköiset ja mekaaniset viat.

Tyypillisiä havaittuja vikoja ovat esimerkiksi roottorin epätasapaino tai vika taajuusmuuttajan optiokorteissa. Vikatapauksissa kompressorit palaa takaisin kokoontamiseen, ja siinä olevat viat korjataan.

## **6.4 HST40**

HST40-tyyppien kompressorien kokoonpano eroaa muista tyypeistä. HST40-Kompressorin toimintaperiaate on sama kuin muissakin malleissa. Suurin rakenteellinen ero on se, että suurnopeusyksikkö on vaakatasossa. Muissa tyypeissä se on pystyasennossa. HST40:ssä ei ole varsinaista sähkökaappia,

vaan komponentit on sijoitettu ympäri laiterunkoa. Suurnopeusyksikkö on keskellä runkoa. Vaikka HST40 eroaa muista tyypeistä mekaanisesti, niin sähköiset kytkennät ovat pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta samat kuin muissa malleissa. Kuvassa 6.4 on kokoonpantu HST40-tyypin kompressorin runko. Kuvan kompressorista puuttuu sivuseinät. Seinien laitton jälkeen se on valmis testattavaksi. Kuvasta voidaan havaita, että kompressorin runko eroaa ulkonäöltään huomattavasti muista tyypeistä.



Kuva 6.4 HST40-tyypin kompressorin runko

HST40-kokoonpano täytyy aloittaa sähkökokoonpanolla, tosin suurnopeusyksikkö voidaan kasata valmiiksi. Sähkökokoonpanossa laiterungon lattialle asennettavat kaapelit on asennettava ennen suurnopeusyksikön asentamista. Käytännössä sähkökokoonpano tehdään melkein valmiiksi. Suurnopeusyksikön asentamisen jälkeen kytketään vain sähkömoottorin ja magneettilaakerien kaapelit, jotka ovat valmiiksi kytkettynä suurnopeusyksikköön.

Loppukokoonpano jää kokonaan pois, koska teräksinen laiterunko tulee kokonaisena alihankkijalta.

## **6.5 Viimeistely ja pakkaus**

Viimeistely on viimeinen työvaihe, jossa kompressorit laitetaan kuljetuskuntoon. Viimeistelyssä liimataan tarrat ja korjataan mahdolliset ulkonäölliset virheet. Kompressoreihin asennetaan kuljetustuet ja ne pakataan puuhäkkeihin.

Viimeistely koskee kaikkia kompressorityyppejä. Lähetyslistoista ja muista lähe-tyksen mukaan tulevista dokumenteista vastaavat konttorilla olevat viestiassis-  
sistentit.

## **7 Yhteenveto ohjaavista dokumenteista**

Sähkökokoonpanoon liittyvien ohjaavien dokumenttien alkutila oli varsin vaihteleva. Valmiita ohjeita ei ollut käytännössä laisinkaan poisluettuna kierrosnopeusanturin liittimen juotosohje. Piirustusten eli piirikaavioiden alkutila oli hyvä, joten niihin ei tarvinnut tehdä korjauksia. Osa- ja rakenneluetteloiden tila oli myös kelvollinen. Tarkistusmääräyksiä ei ollut kuin jännitekokeeseen liittyvä ohje. Läpikäytyjen dokumenttien lukumäärä oli noin kaksikymmentä. Dokumentit ovat moniosaisia, joten läpikäytyjen dokumenttien yhteismäärä on noin viisikymmentä.

Ohjaavien dokumenttien tavoitetilaksi määritettiin se, että on laadittava täysin uusi sähkökokoonpano-ohje ja muut siihen liittyvät dokumentit ovat riittäväällä tasolla. Osa- ja rakenneluetteloita luotiin kuitenkin uudelleen vanhojen taulukoiden perusteella, jotta ne saatiin kokoonpano-ohjeeseen paremmin liitettävään muotoon.

Varsinaisessa kokoonpano-ohjeessa viitataan aiempiin dokumentteihin. Etenkin piirikaaviot ja komponenttiluettelot ovat tärkeitä asennustyössä. Asentajilla on

käytössä paperiversiot dokumenteista. Asentajilla olevat ohjaavat dokumentit olivat ajan tasalla, eikä niitä tarvinnut päivittää.

## 8 Yhteenveto

Projektin haasteena oli lähtötietojen vähyys. Työn tekeminen olisi helpottunut huomattavasti, jos työvaiheista olisi ollut edes jonkinlainen lista. Toisaalta tyhjältä pöydältä aloittaminen toi opinnäytetyöprosessin vaatimaa haastetta. Sähköasentajien positiivinen asenne työtä kohtaan helpotti projektin käynnistystä ja läpivientiä. Aikaisempi työhistoriani yrityksessä antoi hyvän pohjan projektin aloitukselle.

Suurimpana sähkökokoontamishuoneen ohjeen ongelmana voidaan pitää sen testaamisen puutetta. Olisi ollut hyvä, että uusi asentaja olisi päässyt käyttämään ohjetta, jolloin sen mahdolliset virheet olisivat tulleet havaituiksi. Lisäksi sähkökokoontamishuoneen testaamisella olisi varmistuttu ohjeen selkeydestä. Voidaan todeta, että kokoontamishuoneen käytettävyyttä tullaan huomaamaan vasta silloin, kun yritys palkkaa uusia sähköasentajia. Yritys on hyväksynyt projektin kaksi ensimmäistä vaihetta. Yrityksen edustajat ovat siis hyväksyneet sähkökokoontamishuoneen työjärjestyksen.

Projekti oli varsin opettavainen kokemus. Ohjeen kirjoittaminen oli tämän työn tekijälle uusi kokemus. Koko projektin läpivieminen vei paljon aikaa ja vaati suuren työpanoksen. Tiedonkeruun ja ohjeen kirjoittamisen lisäksi projekti vaati paljon ajatustyötä. Yrityksen yhtenä tärkeimpänä lähtökohtana oli se, että yhden ja saman sähkökokoontamishuoneen tulisi kattaa kaikki kompressorityypit. Ohjeen yleispäteväksi laatiminen vaati kompromisseja ja oli kuitenkin huolehdittava siitä, että ohje on toimiva. Varsinkin HST40-tyypin saaminen ohjeeseen vaati muutoksia työvaiheiden järjestykseen. Kuitenkin ohje kulkee sellaisessa järjestyksessä, että kaikkien kompressorityyppien kokoontamishuone onnistuu.



Projektia ei voida pitää täysin onnistuneena, koska se ei pysynyt aikataulussa. Ohjeen valmistuminen myöhästyi kolme kuukautta. Suurin syy myöhästymiseen oli HST40-tyyppin ohjeen tekemisen hankaluus. Projektin aikana HST40-kompressoreja oli tuotannossa todella vähän, jolloin kokoonpanoprosessin valokuvaaminen ja työvaiheiden oikeellisuuden tarkastaminen vaikeutuivat. Muiden tyyppien ohjeet myöhästyi kuukauden alkuperäisestä aikataulusta. Projektin myöhästymiseen vaikutti myös työskentelyni yrityksessä muissa tehtävissä, joten en laatinut ohjetta täyspäiväisesti.

Tulevaisuudessa yritys voi lisätä sähkökokoonpano-ohjeeseen lisää kompressorityyppejä ja optioita varsin helposti. Lisäksi työvaiheiden järjestystä on mahdollista muuttaa, jos yritys haluaa kehittää kokoonpanoprosessia. On myös mahdollista, että yritys käyttää ohjeen muotoa mallina muidenkin kokoonpanovaiheiden ohjeistamiseen.

## **Kuvat**

Kuva 6.2 sähkökoonpanon alkutila HST6000, s. 16

Kuva 6.3 kokoonpantu HST6000 tyyppin sähkökaappi, s. 20

Kuva 6.4 HST40 tyyppin kompressori, s. 22

## **Kuviot**

Kuvio 4.1 Kompressorin yksinkertaistettu rakenneperiaate, s. 8

kuvio 5.1 Esimerkki yhden työvaiheen ohjeesta. ohjaus- ja apusähkökaapelien asennus s. 13

Kuvio 6.1 Suurnopeuskompressorin kokoonpanoprosessin kulkukaavio s.15

## **Lähteet**

Larjola, J. Arkkio, A & Pyrhönen, J. 2010. Suurnopeustekniikka – High Speed Technology in Finland. Helsinki: Yliopistopaino.

Cardo Production Finland Oy. Sähkökoonpanoon liittyvät dokumentit.

## **Suurnopeuskompressorin sähkökoonpanon ohjeistaminen**

Projektin tavoitteet:

- laadun varmistaminen
- ylläpidon selkeyttäminen ja helpottaminen
- uusien työntekijöiden perehdyttämisen nopeuttaminen ja helpottaminen
- mahdollistaa valmistusprosessin edelleen kehittäminen ja läpinäkyvyys
- luoda pohja/runko myös muiden toimintojen ohjeistukseen

Projekti koostuu kolmesta kohdasta.

1. Sähkökoonpanon työvaiheiden määrittäminen ja olemassa olevien ohjaavien dokumenttien nykytason selvittäminen. Ohjaavia dokumentteja ovat koonpano-ohjeet, piirustukset, osa- ja rakenneluettelot, tarkistusmääräykset ja lisäksi muut mahdolliset dokumentit.
2. Ohjaavien dokumenttien tavoitetilan määrittäminen ja yleispätevän sähkökoonpano-ohjeistuksen rungon luominen. Otettava huomioon CE- ja UL-hyväksynät. Ohjeistuksen esittäminen prosessivuokaavioin.
3. Edellisten kohtien perusteella luodaan yleispätevä sähkökoonpano-ohjeistus, joka otetaan käyttöön tuotannossa.

Raportointi:

Väliraportti tehdään jokaisen kolmen kohdan jälkeen. Loppuraporttina esitetään jokainen väliraportti yhdistettynä sekä arviointi projektin onnistumisesta. Raportit esitetään projektin ohjausryhmälle.

Aikataulu:

Vaihe 1	21.2-31.3.2011
Vaihe 2	1.4-30.4.2011
Vaihe 3	1.5-20.5.2011
Loppuraportti	27.5.2011

## Esimerkki tarkemmasta ohjeesta 1

Liite 2

### Pääkytkimen asennus + väännin (pitkä), Kompressorityypeille HST6000,9000,9500

- 1 Kiinnitä kahvasulakkeet tarvittaessa. Katso taulukko.
- 2 Kiinnitä pääkytkin pulteilla 4kpl M8X20 tai kuusiokoloruuveilla M5X16 riippuen kytkimen koosta.
- 3 Kohdista oveen tehtävä vääntimen reikä akselin avulla.
- 4 Pora alkureikä oveen.(5-8 mm)
- 5 avarra reikä prässillä kokoon 20,4 mm. Avarra toiseen kertaan lopulliseen kokoon 32,5 mm.
- 6 Merkitse sapluunan avulla oveen vääntimen kiinnitys ruuvien kohdat ja poraa merkittyihin kohtiin 4,8 mm reiät (pop-niitti terä)
- 7 Kiinnitä väännin oveen paketissa olevilla ruuveilla. Akseli jätetään asentamatta.
- 8 Liimaa varoitustarra. Kieli riippuen toimitusmaasta

Kompressorityyppi: HST 6000

alatyyppe	pääkytkimen malli	sulakkeen tyyppi
1-L-4	OT 315 E03	ei sulakkeita
1-L-5	OT 250 E03	ei sulakkeita
1-L-6	OT 200 E03	ei sulakkeita
1-H-4	OS 400 D03	6,9 URD 2 PV 0700
1-H-5	OT 315 E03	ei sulakkeita
1-H-6	OT 250 E03	ei sulakkeita
2-L-4	OS 630 D03	6,9 URD 2 PV 1000
2-L-5	OS 400 D03	6,9 URD 2 PV 0700
2-L-6	OS 400 D03	6,9 URD 2 PV 0700
2-H-4	OS 630 D03	6,9 URD 2 PV1000
2-H-5	OS 400 D03	6,9 URD 2 PV 0700
2-H-6	OS 400 D03	6,9 URD 2 PV 0700

Kompressorityyppi: HST 9000

alatyyppe	pääkytkimen malli	sulakkeen tyyppi
1-L-4	OS 400 D03	6,9 URD 2 PV 0700
1-L-5	OT 315 E03	ei sulakkeita
1-L-6	OT 250 E03	ei sulakkeita
1-H-4	OT 630 D03	6,9 URD 2 PV 1000
1-H-5	OS 400 D03	6,9 URD 2 PV 0700
1-H-6	OS 400 D03	6,9 URD 2 PV 0700

Kompressorityyppi: HST 9500

alatyyppe	pääkytkimen malli	sulakkeen tyyppi
1-L-4	OT 400 E03	ei sulakkeita
1-L-5	OT 315 E03	ei sulakkeita
1-L-6	OT 250 E03	ei sulakkeita
1-H-4	OT 630 D03	6,9 URD 2 PV 0700
1-H-5	OT 400 E03	ei sulakkeita
1-H-6	OS 400 D03	6,9 URD 2 PV 0700

Taulukko. Pääkytkimen ja sulakkeiden valintataulukko



Kuva Pääkytkin

## **SUURNOPEUSKOMPRESSORIN SÄHKÖKOKOONPANON OHJEISTAMINEN**

Projektia ei voi pitää täysin onnistuneena, koska aikataulu petti pahasti. Projektin valmistuminen venyi kolme kuukautta. myöhästymisen suurin syy oli se, että kevään ja kesän 2011 aikana HST 40 kompressorien tuotanto oli vähäistä. Tästä johtuen ohjeen kirjoittaminen oli lähes mahdotonta. Muiden mallien ohje oli valmis kesäkuussa, joten niiden ohjeen valmistuminen oli hyvin lähellä aikataulua.

UL-hyväksyntä oli vaikea ottaa huomioon, mutta lisäämällä ohjeeseen komponenttiluettelon tämän ongelman voi ratkaista. Projektin aikana ei valmistettu UL-hyväksytyjä malleja.

Ohje on luotu sellaiseen muotoon, että sen ylläpito pitäisi olla varsin vaivatonta. Lisäksi mahdollisten uusien mallien lisääminen ohjeeseen on suhteellisen helppoa.

Ohjeen käytettävyys selviää vasta käytännössä, mutta en näe periaatteellista syytä miksi se ei olisi toimiva. Kuitenkin on suositeltavaa, että uudet sähköasentajat aloittavat vanhemmista kompressorityypeistä.

Ohjeen runko on varmasti käyttökelpoinen malli muidenkin kokoonpanotoimintojen ohjeistamiseen. Henkilökohtaisesti suosittelisin sitä loppukokoonpanon ohjeistamiseen.

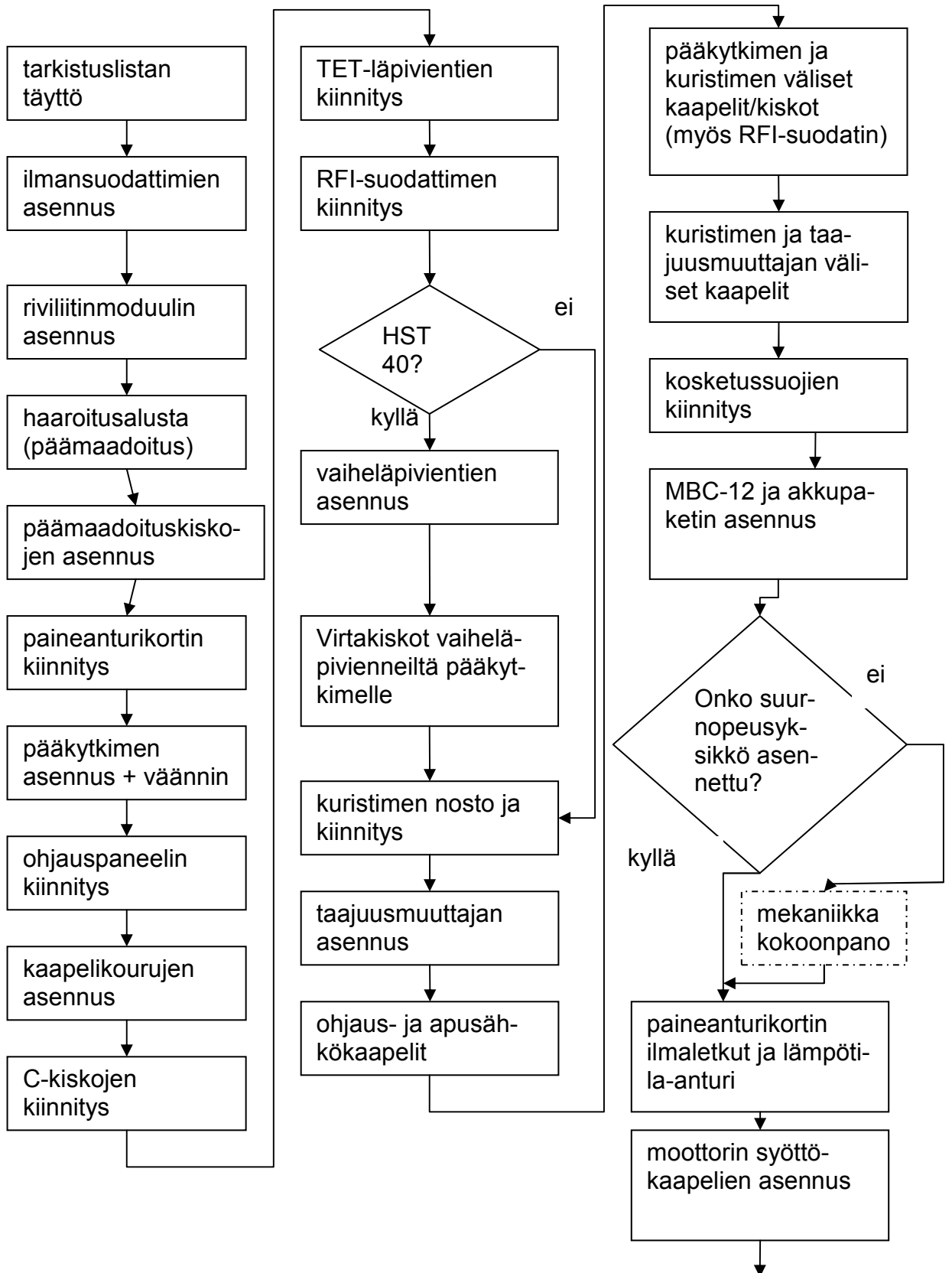
### **LIITTEET:**

Sähkökokoonpano-ohje

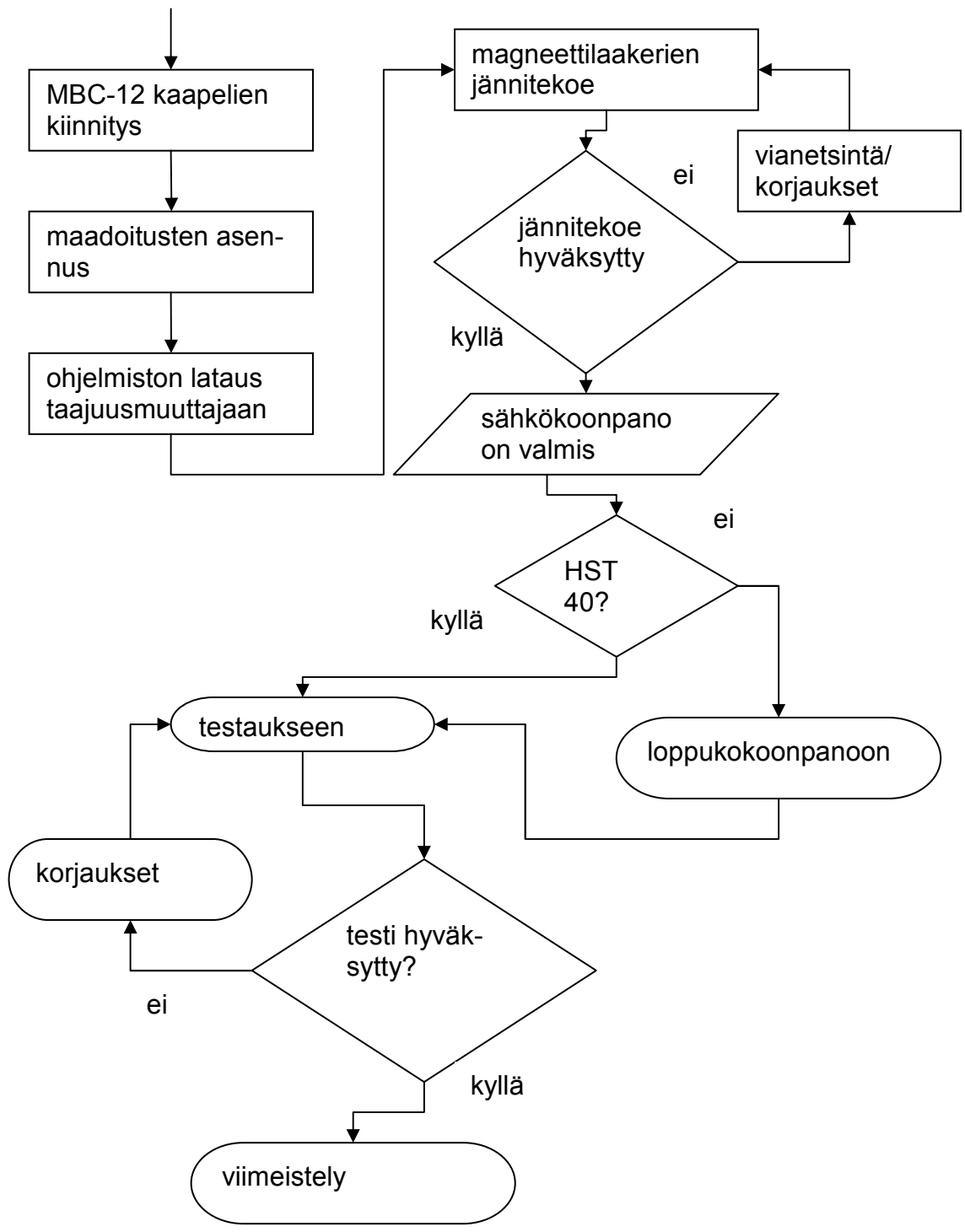
Väliraportit 1 ja 2

# Sähkökoonpanon työvaihekaavio

Liite 4





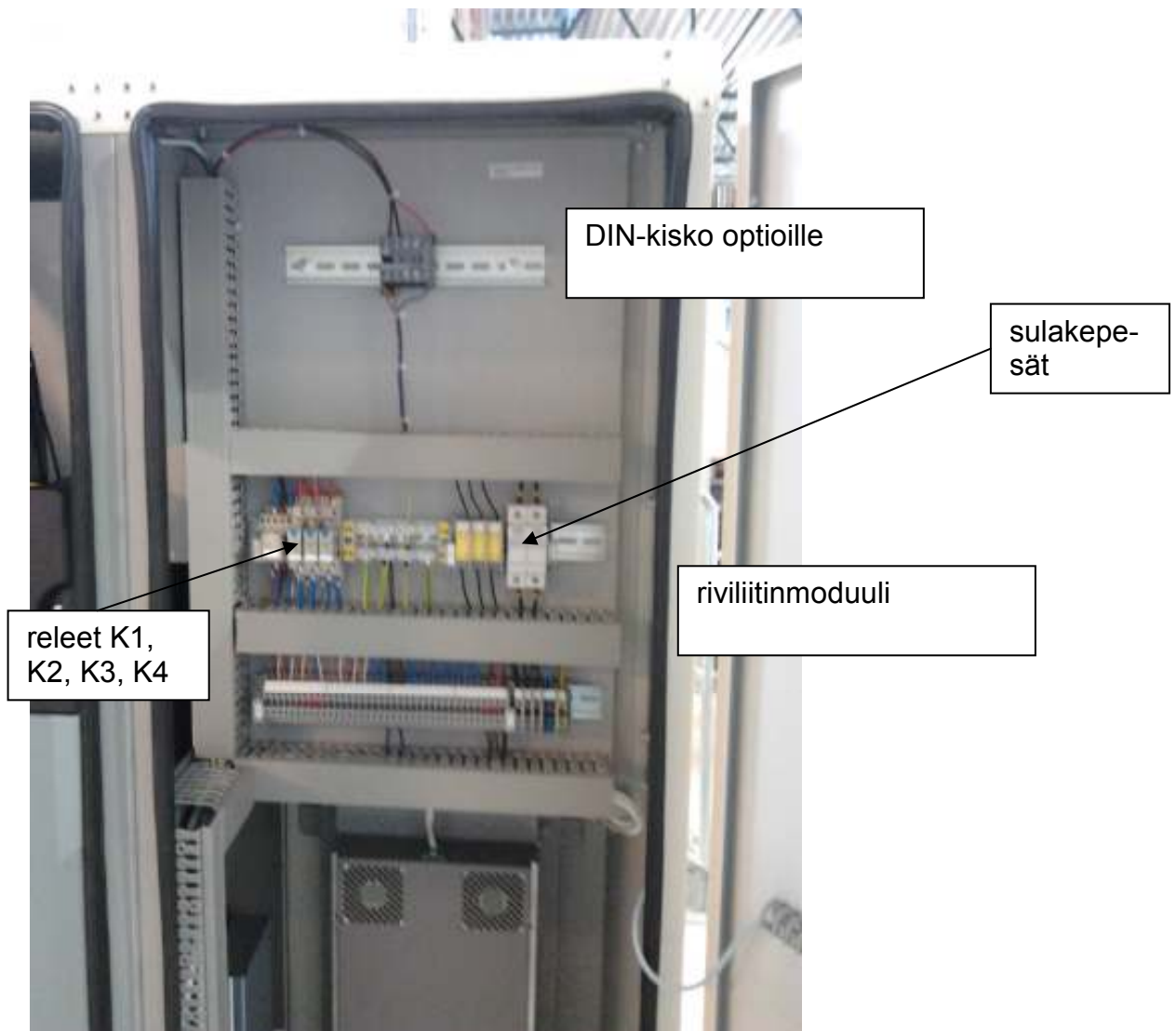


Kuvio Sähkökoonpanon kulkukaavio

## Esimerkki tarkemmasta ohjeesta 2

### Riviliitinmoduulin asennus, kompressorityypeille HST2500 ,6000 ,9000, 9500

- 1 Kiinnitä releet K1, K2, K3 ja K4 moduuliin merkittyihin paikkoihin
- 2 Asenna 2kpl lasiputkisulakkeita moduulin sulakepesiin. (690 voltin koneissa sulakepesät poistetaan)
- 3 Kiinnitä riviliitinmoduuli sähkökaappiin neljällä kuusiokoloruuvilla M6x16.



Kuva Riviliitinmoduuli.

## OPTIOT

1. Lisäpuhallin, Asenna kontaktori ja lämpörele DIN-kiskoon. Piirikaavio: **600536 sivu 3.**
2. Lisälämmitin, Asenna kontaktori DIN-kiskoon. Piirikaavio: **600536 sivu 4.**  
Asenna lämmitin rungon jalkaan



Kuva Lisälämmittimen paikka.