



■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KONTAKTORIEN JA KYTKIN- VAROKKEIDEN VAIHTOSUUNNITELMA JA LÄMPÖKUVAUKSET

TEKIJÄ: Olli Pölkki

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Olli Pölkki			
Työn nimi Kontaktorien sekä kytkinvarokkeiden vaihtosuunnitelma ja lämpökuvaukset			
Päiväys	26.4.2016	Sivumäärä/Liitteet	31
Ohjaaja(t) Jari Ijäs, Lehtori, Heikki Laininen, Lehtori			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Botnia Mill Service Oy Ab, Äänekoski			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö on tehty Äänekoskella Metsä Fibre Oy:n sellutehtaalla. Työn toimeksiantaja oli Metsä Fibren sellutehtaiden kunnossapidosta vastaava Botnia Mill Service Oy Ab. Työn tarkoitus oli laatia tehtaan moottorilähtökeskusten yksikkölähtökohtaiset kontaktoreiden ja kytkinvarokkeiden vaihtosuunnitelmat, kartoittaa tehtaan varaosatilanne kytkinvarokkeiden ja kontaktoreiden osalta, sekä selvittää Fluke Ti200 -lämpökameran soveltuvuus sähkökeskusten lämpökuvauksia varten.</p> <p>Työn aikana tutkittiin tehtaan eri moottorilähtöjä ja niiden pääkomponentteja. Työssä perehdyttiin kytkinvarokkeiden, kontaktorien ja lämpöreleiden valintaperusteisiin sekä asennustapoihin. Tämän pohjalta tehtiin uusien komponenttien hankintaesitys ja yksikkölähtökohtaiset vaihtosuunnitelmat. Lisäksi työssä tutkittiin lämpökameran Fluke Ti200 ominaisuuksia ja sen perusteella esitettiin kamerasta soveltuvuus selvitys. Työssä hyödynnettiin BMS:n ja ABB:n teknisiä materiaaleja.</p> <p>Työn lopputuloksena syntynyt kontaktoreiden- ja kytkinvarokkeiden vaihtosuunnitelma, inventaariolista ja lämpökameran soveltuvuus selvitys luovutetaan työn toimeksiantajalle. Toimeksiantaja päättää myöhemmin miltä osin opinnäytetyön tuotoksia hyödynnetään.</p>			
Avainsanat Moottorilähtökeskus, yksikkölähtö, kontaktorit, kytkinvarokkeet, lämpöreleet, lämpökamera			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Olli Pölkki			
Title of Thesis Change-Plan for Contactors and Fuse-Connectors and Thermography			
Date	26 April 2016	Pages/Appendices	31
Supervisor(s) Mr. Jari Ijäs, Lecturer, Mr. Heikki Laininen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Botnia Mill Service Oy Ab, Äänekoski			
<p><b>Abstract</b></p> <p>This thesis was made in Äänekoski at Metsä Fibre Oy pulp mill. The commissioner of the work was Botnia Mill Service Oy Ab who is responsible for the overall upkeep of Metsä Fibre factories. The purpose of the thesis was to draw up switchboard-specific plans for contactor and fuse-connector changes, to survey the existing replacement parts and to investigate the suitability of Fluke Ti200-thermal camera for switchboard thermography.</p> <p>Different types of switchboard units and their main components were investigated in this work. Based on that purchase proposals and switchboard-specific plans for the new components were made. In addition the abilities of Fluke Ti200 were scrutinized and conclusions about its suitability for thermography were put forth. During the thesis project BMS And ABB technical materials were used.</p> <p>As a result of this thesis the plan for contactor and fuse-connector change, replacement part survey and thermal camera suitability examination were generated. The results are given to the subscriber of the work. The commissioner will later decide how to utilize the plans.</p>			
<p><b>Keywords</b> switchboards, switchboard unit, contactors, fuse-connectors, thermal overload-relays, thermal camera</p>			

## ESIPUHE

Haluan kiittää Savonia-ammattikorkeakoulua, Botnia Mill Serviceä ja ABB: tä opinnäytetyön toteutumisesta sekä kaikesta ohjauksesta, jota työn aikana sain. Erityisesti tahdon kiittää automaatioasiantuntijaa Teppo Väisästä sekä lehtori Jari Ijätä, jotka toimivat työn valvojina.

Kaikenkaikkiaan työ oli erittäin opettavainen ja työn valmistuttua koen olevani entistä valmiimpi toimimaan sähköalalla. Omaksuin työn aikana paljon uusia asioita.

Viimeiseksi esitän kiitokset perheelleni ja ystäväilleni kaikesta tuesta.

Äänekoskella 26.4.2016

Olli Pölkki

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	METSÄ-FIBRE .....	7
3	ÄÄNEKOSKEN TEHDAS.....	7
4	BOTNIA MILL SERVICE .....	9
5	TEHTAAN SÄHKÖJÄRJESTELMÄ.....	10
6	TEHTAAN MOOTTORILÄHTÖKESKUKSET .....	11
6.1	Rakenne.....	11
6.2	Yksikkölähtöjen komponentit .....	12
6.2.1	Kytkinvaroke.....	14
6.2.2	Kontaktori.....	14
6.2.3	Lämpörele .....	15
6.2.4	Ohjausvirtapiirin sulake .....	15
7	VARAOSAKARTOITUS.....	15
8	KOMPONENTTIEN VALINTA .....	17
8.1	Standardien vaatimukset .....	18
8.2	Kytkinvarokkeet .....	19
8.3	Kontaktorit .....	20
8.4	Lämpöreleet .....	21
8.5	Yhteenveto komponenttivalinnoista .....	23
9	UUSIEN KOMPONENTTIEN ASENTAMINEN VANHOJEN TILALLE.....	23
9.1	Kytkinvarokkeet .....	25
9.2	Kontaktorit ja lämpöreleet .....	25
9.2.1	DIN-kiskokiinnitys .....	25
9.2.2	Asennusalustan käyttö.....	26
9.2.3	Kennon pohjalevyn irroittaminen .....	27
10	LÄMPÖKUVAUKSET .....	27
11	FLUKE TI200 .....	27
12	POHDINTA .....	29
	LÄHTEET .....	30

## 1 JOHDANTO

Metsä-Fibre rakentaa nykyisen Äänekosken sellutehtaan rinnalle uutta biotuotetehdasta. Uuden laitoksen suunnitellaan käynnistyvän vuoden 2017 lopussa, jolloin vanha tehdas ajetaan alas. Siihen saakka vanhan tehtaan tuotanto pyritään turvaamaan erilaisilla ennakkohuoltotoimenpiteillä, joihin tämä opinnäytetyö voidaan rinnastaa.

Monista vuosien varrella tehdyistä keskustusten sanerauksista huolimatta, tehtaalla on vielä paljon iäkkeitä moottorilähtökeskuksia. Näissä keskuksissa on paljon vanhoja Strömbergin (nykyinen ABB) ensimmäisten sukupolvien kontaktori- ja kytkinvarokemalleja, joita ei enää valmisteta. Silloin tällöin näitä kojeita vikaantuu, jolloin tilalle pitää löytyä korvaavia komponentteja.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on kartoittaa tehtaan kontaktorien ja kytkinvarokkeiden varaosatilanne, laatia keskuslähtökohtaiset kontaktorien ja varokekytkimien vaihtosuunnitelmat sekä tehdä selvitys lämpökameran FLK-TI200 soveltuvuudesta sähkökeskusten lämpökuvauksiin. Lähtökohtana kontaktorien ja varokekytkimien vaihtosuunnitelmalle on, että käytetään ABB:n tuotteita. Työssä käsitellään vain kontaktoriohjattuja moottorilähtöjä.

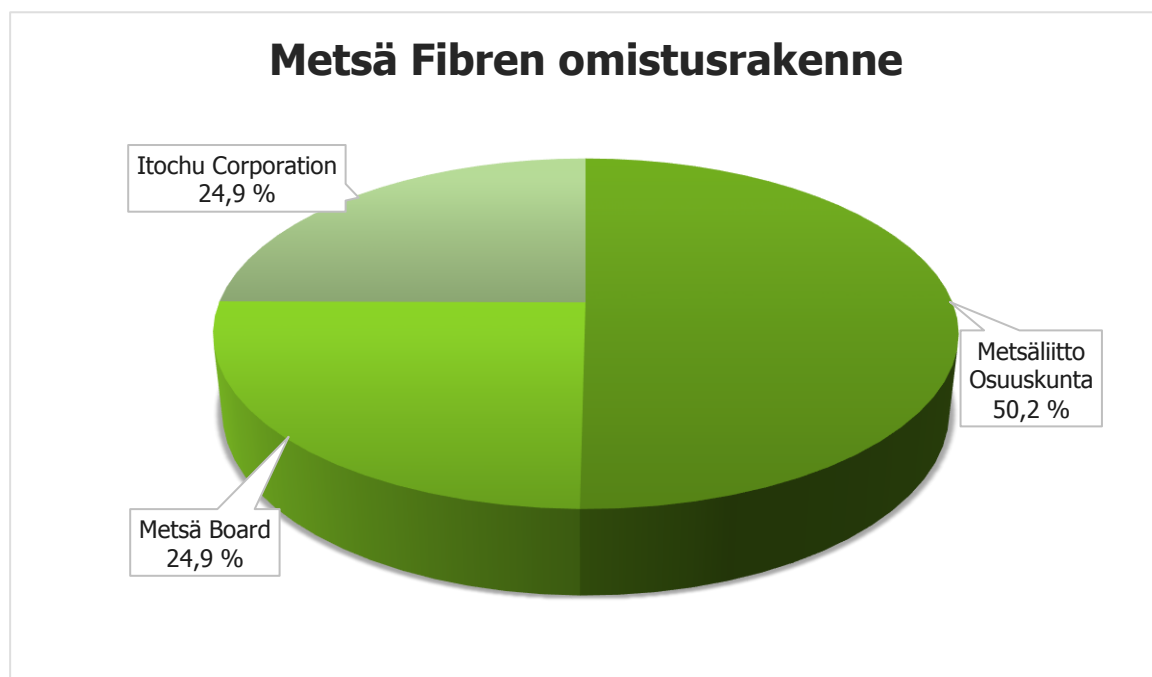
Työ on tehty Äänekoskella, Metsä-Fibren sellutehtaan kunnossapidosta vastaavalle Botnia Mill Servicelle keväällä 2016.

## 2 METSÄ-FIBRE

Metsä Fibre on yksi maailman suurimpia selluntoimittajia. Se valmistaa ECF-valkaistua havu- ja koivusellua, jotka soveltuvat raaka-aineeksi korkealaatuisten kartonkien, pehmo- ja painopaperien sekä erikoistuotteiden valmistukseen. Sellun tuotannon ohessa syntyy myös paljon biokemikaaleja sekä bioenergiaa. Nämä biotuotteet kattavat noin 10 % Metsä-Fibren 1,4 miljardin liikevaihdosta. (Metsä Fibre 2016.)

Suomessa on yhteensä neljä Metsä Fibren tehdasta. Ne sijaitsevat Äänekoskella, Raumalla, Joutsenossa ja Kemissä. Tehtaiden yhteenlaskettu tuotantokapasiteetti vuonna 2015 oli 2,5 miljoonaa tonnia sellua, ja sen valmistamiseen tehtaat käyttivät raakapuuta noin 13 miljoonaa kuutiota. Sellun vienti kohdistuu pääasiassa Eurooppaan ja Aasiaan. Aasian osuus viennistä on noin neljännes. Metsä Fibre työllistää noin 850 henkilöä. (Metsä Fibre 2016.)

Metsä Fibre kuuluu suomalaiseen metsäteollisuuskonserniin nimeltä Metsä Group. Metsä Fibren omistajat ovat emoyhtiö Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Board ja Itochu Corporation (Kuvio 1).



KUVIO 1. Metsä Fibren omistusrakenne

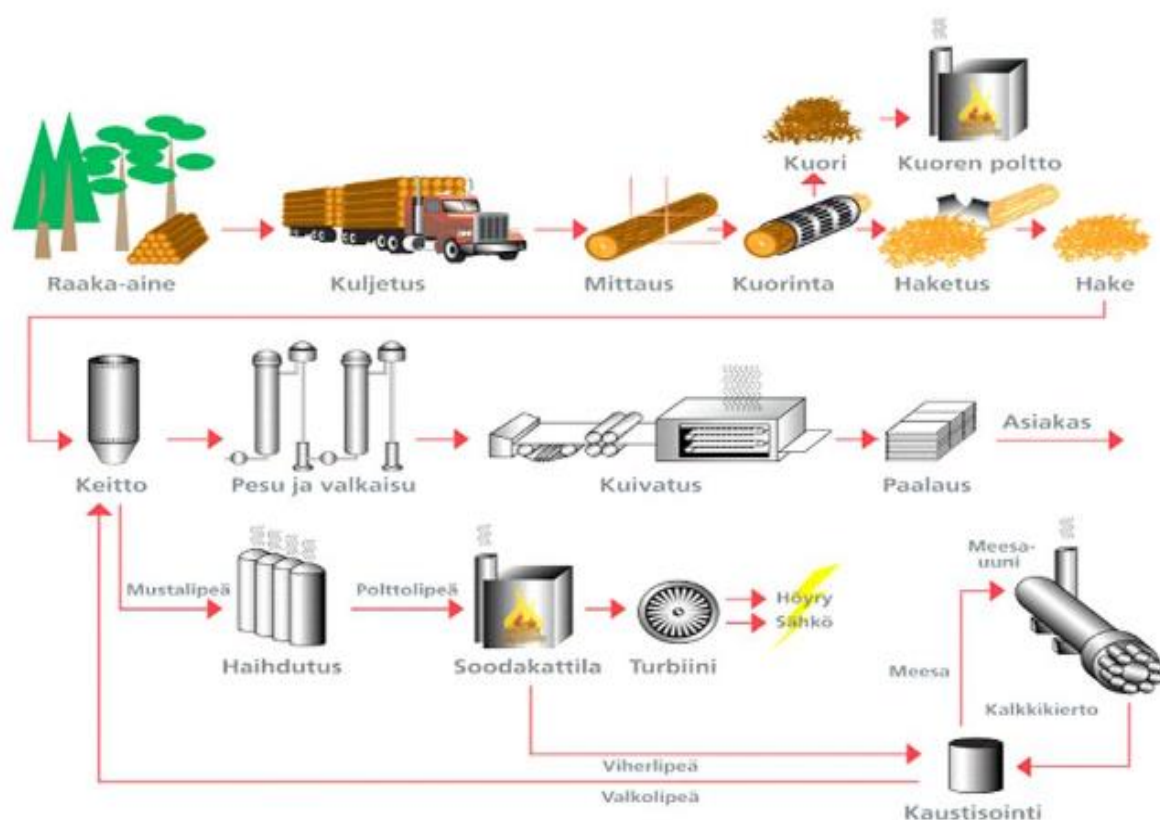
## 3 ÄÄNEKOSKEN TEHDAS

Äänekosken tehtaan tuotanto käynnistyi vuonna 1985. Tehdasta modernisoitiin vuosina 2004-2008, ja lisäksi kuivauskoneen kapasiteettia nostettiin vuoden 2012 investoinnissa. Nykyisin tehdas tuottaa noin 530 000 tonnia sellua vuodessa, joka on yli 1,5 kertaa enemmän kuin mihin tehdas alun perin on mitoitettu. Täydellä kapasiteetilla laitos käyttää 2,3 miljoonaa kiintokuutiometriä puuta vuodessa. Tehdään sähköenergiaomavaraisuus on 135 %, eli tehdas on täysin sähköenergiaomavarainen. Tehtaalla työskentelee 171 henkilöä.

Tehdas jakautuu 6 eri osastoon. Sellunvalmistuksen mukaisessa järjestyksessä ne ovat

1. Kuorimo
2. Keittämö
3. Valkaisu
4. Talteenotto
5. Kuivaamo
6. Paalaamo

Kuorimolla tehtaalte tuleva raakapuu otetaan vastaan ja haketetaan. Hake syötetään keittämölle, missä se keitetään yhdessä valkolipeän kanssa. Tuloksena saadaan ruskeaa massaa sekä mustalipeää. Ruskea massa ajetaan valkaisuosastolle, jossa massaa pestään ja valkaistaan eri kemikaalien avulla useita kertoja, niin kauan kunnes massa on riittävän valkoista. Tämän jälkeen massa kuivataan kuivaamolla ja lopuksi se paalataan sellupaaleiksi paalamossa. Keittoprosessin aikana syntynyt mustalipeä puolestaan hyödynnetään talteenoton puolella. Mustalipeästä haihdutetaan liika vesi pois, minkä jälkeen lipeä poltetaan soodakattilassa. Kattilasta syntynyttä tuotosta nimitetään viherlipeäksi, ja siitä valmistetaan kaustistamolla uudestaan valkolipeää. Kuvassa 1 on nähtävissä sellunvalmistusprosessin periaate.



KUVA 1. Periaatekuva sellutehtaan prosessista (Metsä Fibre 2016-01-05).

Vuoden 2015 aikana Metsä-Fibre teki päätöksen uuden tehtaan rakentamisesta Äänekoskelle. Kyseessä on biotuotetehtas, joka rakennetaan nykyisen laitoksen rinnalle. Se on investointiarvoltaan 1,2 miljardia euroa. Biotuotetehtaan on suunniteltu valmistavan sellua 1,3 miljoonaa tonnia vuodessa,



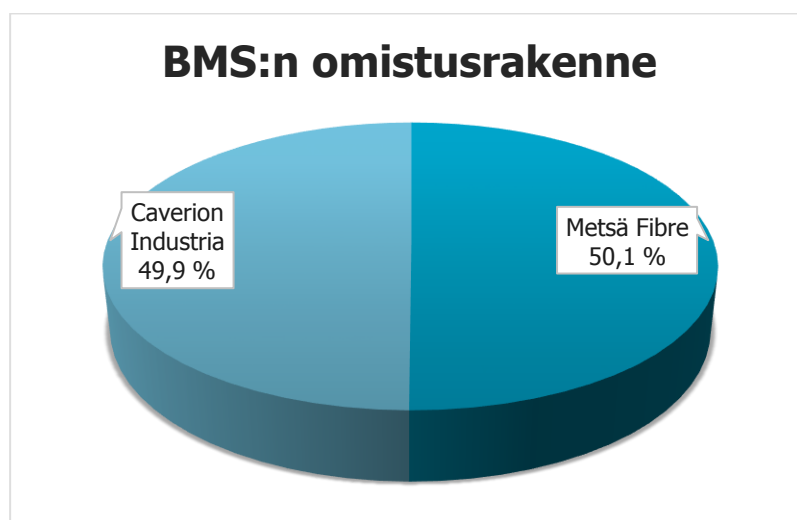
mikä on melkein 3-kertaa nykyistä tehdasta enemmän. Tehtaan on määrä käynnistyä vuoden 2017 jälkimmäisellä puoliskolla. Kuva 3 on otettu biotuotetehtaan verkkosivuilta löytyvästä web-kameran kuvasta, joka kuvaa biotuotetehtaan rakennustyöiden etenemistä.



KUVA 2. Äänekosken sellutehdas ja uuden biotuotetehtaan rakennustyömaat (Metsä Fibre 2016-01-05).

#### 4 BOTNIA MILL SERVICE

Botnia Mill Service (BMS) on kunnossapidon palveluyhtiö, joka on perustettu vuonna 1997. Sen omistaa Metsä-Fibre ja Caverion Industria (Kuvio 2). Yhtiö aloitti toimintansa Metsä-Fibren Kemian tehtaalla, minkä jälkeen se on laajentunut vastaamaan kaikkien Metsä-Fibren Suomen tehtaiden kokonaisvaltaisesta kunnossapidosta.



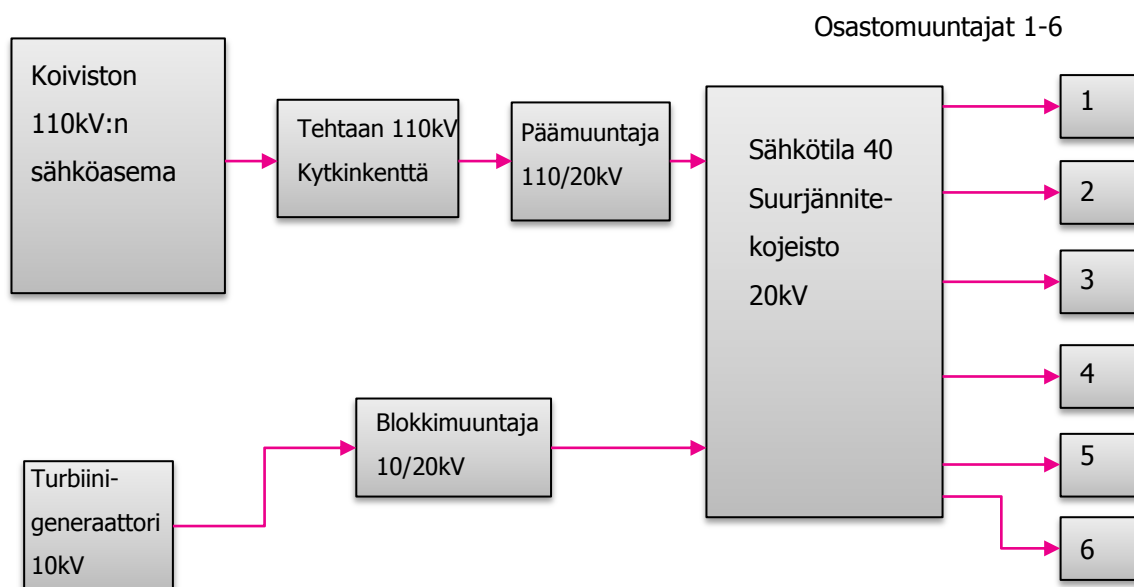
KUVIO 2. BMS:n omistusrakenne.

BMS tarjoaa kaikki metsäteollisuuden käynnissäpito-, kunnossapito- ja asennuspalvelut sekä projektointi- ja suunnittelupalvelut yksittäisistä työtilauksista täydelliseen teollisuuslaitosten kunnossapitoon. Yhtiön liikevaihto vuonna 2014 oli 56,7 miljoonaa euroa. Sellutehtaiden lisäksi BMS: llä on toimipisteitä myös Tampereella ja Kuopiossa. Yhtiön hallinto sijaitsee Vantaalla. BMS: n palveluksessa työskentelee yhteensä noin 360 työntekijää. (BMS 2015)

## 5 TEHTAAN SÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Äänekosken sellutehdas on yhteydessä valtakunnan sähköverkkoon Koiviston sähköaseman kautta, joka sijaitsee noin 2 kilometrin päässä tehtaalta. Liityntä on suuruudeltaan 110 kV, ja se tulee tehtaan omalle kytkinkentälle avojohdoilla. Kytinkentältä puolestaan lähtee maakaapelointi päämuuntajalle soodakattilan vierelle, jossa syöttö muunnetaan 110 kV: sta 20 kV: iin. Tämän jälkeen 20 kV siirtyy suurjännitekojeistolle sähkötilaan 40, josta jakautuu jokaiselle tehtaan eri osastolle oma syöttöhaaran. Jokaisen syöttöhaaran päässä on osastomuuntaja, jolla jännite pudotetaan joko 400 V tai 690 V pienjännitteeksi. Lopuksi pienjännite viedään kiskostoja pitkin sähkötilojen pääkeskuksille ja niiden kennoille. Muutamaa poikkeusta lukuunottamatta tehtaan sähkömoottorit käyttävät 400 V ja 690 V käyttöjännitteitä. Ohjaujännitteenä käytetään 230 V, joka saadaan sähkökeskusten ohjaujännitemuuntajilta. Kuvassa 3 on esitetty periaatekuva tehtaan sähköjakelujärjestelmästä.

Tehdas tuottaa käyttämänsä sähkön höyryn voimalla. Höyryillä pyöritetään massiivista turbiinigeneraattoria, joka generoi 10 kV jännitteen. 10 kV jännite viedään blokkimuuntajalle, joka muuntaa jännitteen 20 kV: ksi. Blokkimuuntajalta 20 kV jännite viedään jälleen sähkötilan 40 suurjännitekojeistolle ja edelleen osastomuuntajille. Kuten aikaisemmin edellä todettiin, tehtaan sähkömavaraisuusaste on 135 %. Ylimääräiset 35 % sähköstä myydään ja syötetään valtakunnan sähköjakeluverkkoon.



KUVA 3. Periaatekuva Äänekosken tehtaan sähköjakelujärjestelmästä.

## 6 TEHTAAN MOOTTORILÄHTÖKESKUKSET

### 6.1 Rakenne

Sähkökeskukset, joita tässä opinnäytetyössä tarkastellaan ovat rakenteeltaan lattialla seisoivia kennokeskuksia. Keskukset ovat valmistusmateriaaliltaan teräslevyä, ja niitä voidaan käyttää pää-, nousu- ja alakeskuksina, moottorilähtökeskuksina tai edellämainittujen yhdistelminä. Kennokeskusten yhteydessä puhutaan usein termistä kenttä. Kentällä tarkoitetaan yhtä keskuksen pystysuuntaisesti jaettua osaa. Keskuksessa on yleensä useita kenttiä, ja jokainen kenttä on numeroitu alkaen numerosta yksi. Yhdessä kentässä voi olla yksi tai useampi moottorilähtö eli yksikkölähtö. Yksikkölähdöt on numeroiden sijaan merkitty kirjaimilla aakkosjärjestyksessä.

Keskuksien lähtöyksiköiden rakenteet voidaan jakaa kolmeen eri tapaan, kiinteä lähtöyksikkö, ulosvedettävä lähtöyksikkö ja ulosotettava lähtöyksikkö. Kiinteä lähtöyksikkö voidaan vaihtaa ainoastaan keskuksen ollessa jännitteetön. Sen sähköiset yhteydet on tehty lähtöyksikön syötön ja lähtevien kaapeleiden osalta kiinteillä liitoksilla. Kiinteä kalustustapa toteutetaan yksikkölähtöperiaatteella. Kiinteässä lähdössä etukojeen syötön puoleiset navat ovat kosketussuojattuja ja riviliittimet ja ohjauspiirin johdonsuojakatkaisijat ovat helposti käsiteltävissä. Kalustuksen tulee täyttää vähintään osittaisen kosketussuojauksen vaatimukset standardin SFS-6002 mukaisesti.

Ulosotettava yksikkö voidaan vaihtaa keskuksen muiden yksiköiden ollessa jännitteisiä. Työn voi suorittaa vain sähköalan ammattihenkilö. Tässä yksikössä liittynät kojeiston kiskoihin on tehty koskettimien avulla mutta lähtevien kaapeleiden liitokset kiinteästi. Pystysyöttökiskoston läheisyydessä työskenneltäessä tulee noudattaa standardin SFS-6002 asettamia jännitetyön vaatimuksia. Ulosotettavat lähtöyksiköt varustetaan vetokahvoin ja oviin tulevat kojeet kytketään riviliittimille tai pistokkeella. Ohjausjännitepiirissä suositellaan kiinteästi keskuksen asennettavaa kiinteäpistokeliitintä. (Paananen Eero 2014, 17-18.)

Ulosvedettävissä yksiköissä kaikki sähköiset yhteydet niin kojeiston kiskostoon, kuin lähteviin kaapeleihin on toteutettu koskettimin. Vaihtaminen onnistuu muun keskuksen ollessa jännitteinen ja työn



KUVA 4. Tehtaan erään sähkötilan kennokeskukset.

Vasemmalla puolella vanhemman mallinen keskus ja oikealla uudempi.

voi suorittaa perehdytetty henkilö, ei siis välttämättä sähköalan ammattilainen. Lähtöyksikön liikuttaminen jännitteisenä on estetty mekaanisin rakentein ja sen ulosvetäminen on mahdollista vasta lähtöyksikön pääkytkimen ollessa 0-asennossa. Yksikön ollessa poistettuna, on kojetyöalueen pystykiskosto kosketussuojattu IP XXB luokkaan. Ohjauspiiriin ja apujännitepiiriin johtimet kytketään pistokeliittimillä lähtöyksikköön. (Paananen Eero 2014, 17-18.)

Tähän opinnäytetyöhön liittyvät moottorilähdöt ovat kaikki ns.modulirakenteisia, asennuslevylle kalustettuja ja johdotettuja kiinteää tai ulosotettavaa rakennetta. Kennot on eroteltu toisistaan pystyvälineillä. Kentissä, joissa on useampi kuin yksi moottorilähtö, on niiden sivulla oma pieni tila lähteille kaapeille. Yhden moottorilähdön (iso moottorilähtö) kentissä kaapelit lähtevät lattian kautta. Kuvan 6 lähtöyksikkö on kiinteä lähtöyksikkö. Mikäli kytkinvaroke jouduttaisiin kennosta vaihtamaan, pitäisi koko moottorilähtökeskus tehdä jännitteettömäksi. Puolestaan kytkinvarokkeen jälkeen olevien komponenttien vaihto voidaan tehdä muun keskuksen ollessa jännitteinen. Eli riittää, että kennon jännite katkaistaan vääntämällä kytkinvaroke nolla-asentoon.



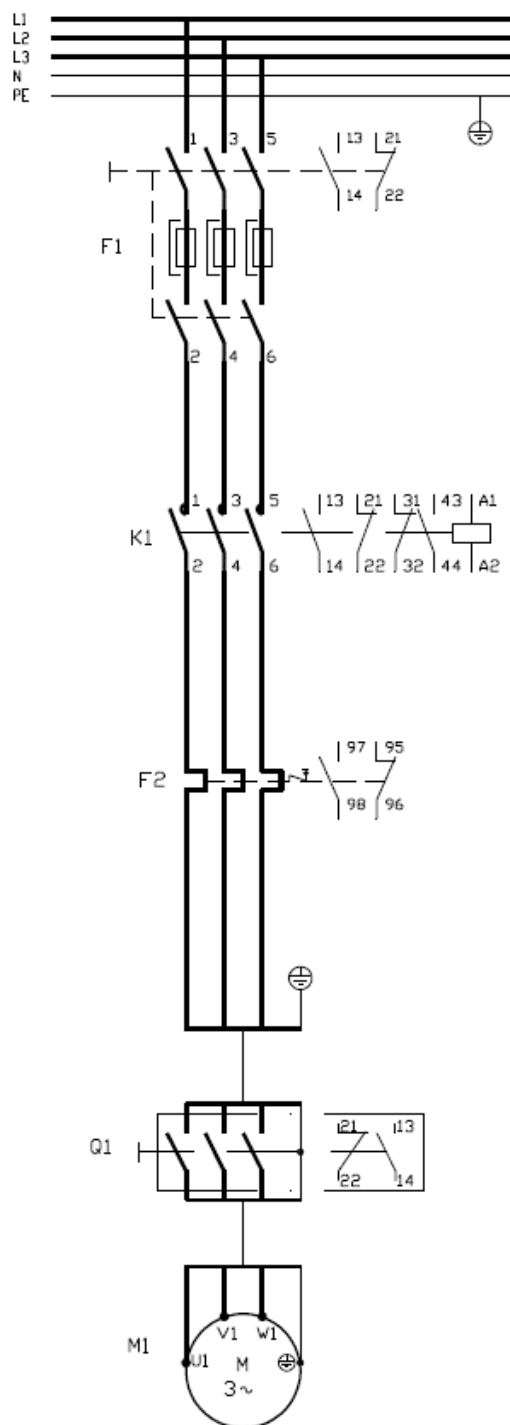
KUVA 5. Kiinteä lähtöyksikkö.

## 6.2 Yksikkölähtöjen komponentit

Tyypillisestä moottorilähdöstä löytyvät seuraavat pääkomponentit:

- Kytkinvaroke
- Lämpörele (+virtamuuntaja)
- Kontaktori
- Ohjausvirtapiiriin oikosulkusuoja

Joissain tapauksissa halutaan keskukselta erilaisia tila-/mittatietoja, jolloin keskukselta voi myös paikantaa mitauksiin liittyviä komponentteja. Esim. mittamuuntajia, lämpötilasensoreita, apu- ja valvontareleitä. Niihin ei kuitenkaan perehdytä sen lähemmin tässä opinnäytetyössä. Kuvassa 6 on esitetty 3-vaiheisen moottorin suorakäynnistyksen päävirtapiiriin piirikaavio.



KUVA 6. Moottorin suoraikäynnistys, päävirtapiirin piirikaavio.

Järjestyksessä ylhäältä alaspäin piirikaavion komponentit ovat: Kytkinvaroke F1, Kontaktori K1, Lämpörele F2, Turvakytkin Q1 ja Moottori M1.

### 6.2.1 Kytkinvaroke

Kytkinvarokkeiden avulla erotetaan moottorien pääpiirit syöttävästä verkosta. Kytkinvaroke on kuormankytkimen ja varokealustan muodostama kokonaisuus, jota käytetään moottorikäynnistimien oikosulkusuojauksessa sekä alakeskuslähtöjen pääkojeena (Kuva 7).



KUVA 7. ABB:n kytkinvarokemalli OS250D3PL.

Varokkeen väännin kiinnitetään lähtöyksikön kanteen. Lähdön ollessa jännitteinen eli kytkimen ollessa kiinni, ei yksikön kantta saa auki. Avaamalla kytkimen, erottaa kytkimeen kytketty mekanismi sulakkeet, veitsikoskettimet ja lähtöliittimet jännitteettömäksi. Kennon kannen saa sen jälkeen auki ja sulakkeen voi vaihtaa. (Paananen Eero 2014, 20.)

Sulakkeella pyritään suojaamaan sähkölaitteen sähköisiä osia ylikuormitukselta. Tämän lisäksi sulake suojaa sähköjohtoja liialliselta kuormitukselta. Sulakkeiden virranrajoituskyky perustuu sulakkeen sisällä syntyvään valokaariresitanssin nopeaan kasvuun. Yleensä moottorin suojauksessa käytetään hitaita aM-tyyppin sulakkeita. AM-sulakkeella saavutetaan moottorikäytön suojauksessa vain oikosulkusuojaus. Ylikuormitussuojaus on järjestettävä omalla erillisellä komponentilla, kuten esimerkiksi lämpöreleellä. (Moilanen Aki 2014, 10.)

Tänä päivänä ABB: ltä löytyy kytkinvarokkeita väliltä 16-1250A ja ne voidaan kytkeä enintään 1000V:n jännitteeseen. Kytkinvarokkeita löytyy käsin- sekä moottorihjattuina. Lisäksi kytkinvarokkeen väänninosa on saatavilla eri kohtiin komponenttia. Kytkinvarokkeen sivulle (kuten yleensä), päätyyn tai sulakepesien väliin.

### 6.2.2 Kontaktori

Kontaktorit ovat sähkömekaanisia kytkimiä, jotka ovat toimintaperiaatteeltaan samanlaisia kuin releet (Kuva 8). Erona on kuitenkin se, että kontaktoreilla ohjattavat virrat ja jännitteet ovat suurempia kuin releillä. Lisäksi kontaktorit ovat usein releitä kookkaampia. Kontaktoreilla ohjataan moottorien päävirtapiirien suuria jännitteitä ja virtoja, kun taas releitä käytetään ohjauspiirin puolella. Kontaktori ja lämpörele muodostavat moottoripiirin käynnistimen.



KUVA 8. ABB:n AF96 kontaktori. (ABB 2016-05-05).

### 6.2.3 Lämpörele

Moottoreiden ylikuormitussuojana käytetään lämpöreileitä. Lämpöreleet toimivat samalla periaattella kuin moottorinsuojakytkimet, mutta sillä erolla, että niissä ei ole avautuvia pääkoskettimia. Lämpöreleen pääkärjet kytketään kontaktorin pääkoskettimiin, ja releen avautuvan ohjauskoskettimen (95-96) kautta viedään ohjausjännite kontaktorin kelaan (A1-A2). Tällöin lämpöreleen lauetessa katkeaa kontaktorilta ohjausjännite, eli kontaktori päästää ja katkaisee moottorilta sähköt.



KUVA 9. ABB:n TF42-tyypin rele  
(ABB 2016-05-05).

Markkinoilla on kahdenlaisia lämpöreileitä. Sähkömekaanisia lämpöreileitä eli bi-metallireileitä, ja elektronisia releitä. Sähkömekaanisen lämpöreleen toiminta perustuu moottorin ottaman ylivirran aiheuttamaan kuumuuteen, joka saa releen sisällä olevan bi-metalliliuskan taipumaan. Tämän seurauksena lämpörele havahtuu ja katkaisee kontaktorin välityksellä virtapiirin. Elektroniset lämpöreleet puolestaan mittaavat moottorin ottamaa virtaa ja havahtuvat jos kuormaa on liikaa. Suurivirtaisissa moottorilähdöissä käytetään lämpöreleen ja päävirtapiirin välissä virtamuuntajaa. Usein virtamuuntaja tulee vakiovarusteena lämpöreleen mukana. Kuvassa 9 on nähtävissä yksi ABB:n sähkömekaanisista TF42-lämpöreleistä.

### 6.2.4 Ohjausvirtapiirin sulake

Moottorilähdöissä ohjausjännitepiirien suojaamiseen käytetään johdonsuojakatkaisijoita. Oikosulkutilanteita varten johdonsuojakatkaisijassa on toimintayksikkönä kiinteästi säädetty magneettinen pikalaukaisija ja ylikuormitusta varten hidastettu terminen laukaisija. Maa- tai oikosulkutilanteessa laukaisu tapahtuu nopeasti, jolloin virta ei pääse kasvamaan vaarallisen suureksi. Katkaisijoiden laukaisu nopeuden valintaan on tehty erilaisia toimintakäyriä, joita yleensä löytyy valmistajan tuotekatalogeista. (Moilanen Aki 2014, 13.)

## 7 VARAOSAKARTOITUS

Yksi tämän opinnäytetyön osa-alueista oli kartoittaa, kuinka paljon tehtaalta kaikenkaikkiaan on korvaavia varakappaleita OKYM-kontaktoreiden ja OESA-varokekytkimien tilalle. Käytännössä tämä tarkoitti kiertelyä ja inventaarion tekemistä tehtaan kaikissa sähkötiloissa ja varastolla (Kuva 10). Sähkötiloista löydettiin noin 200 yksikkölähtöä, jotka olivat poistuneet käytöstä tai olivat keskuksen varakennoja. Näistä kennoista löytyi kaikenkaikkiaan noin 200 Strömberg/ABB:n OESA-kytkinvaroketta ja noin 150 OKYM-kontaktoria. Lisäksi sähkötiloista löydettiin irtonaisia varakappaleita. Varastolta OKYM-kontaktoreita listattiin 34 kpl ja OESA-kytkinvarokkeita 9 kpl.

TAULUKKO 1. Tehtaan varaosakartoituksen tulos.

## TEHTAAN VARAOSAKARTOITUS YHTEENVETO

### ABB/STRÖMBERG

#### OKYM-Kontaktorit

Malli	Lukumäärä
00W10, 1W10, 1.5W10	52
0W32	32
1W32	33
2W22	33
3W22	21
4W22	11
5W22	18
6W22	11
7W22	3
45W22	1
63W22	1
75W22	10
90W22	6
110W22	3
150W22	4
175W22	5
250W22	2
400W22	13
500W22	5
630W22	3
800W22	4

#### OESA-Kytkinvarokkeet

Malli	Lukumäärä
OESA 00	10
OESA 00-63	76
OESA 1	58
OESA 2	37
OESA 3	18
OESA 200B3P1	1
OESA 250D3PL	40
OESA 400D3PL	21
OESA 630D3PL	17
OESA 630DV12PL	1

#### Yhteensä

<b>Kontaktorit</b>	271
<b>Kytkinvarokkeet</b>	279

Kuten taulukosta 1 on nähtävissä, on tehtaalla melko hyvä määrä eri varakontaktoreita sekä –kytkinvarokkeita. Taulukon kontaktorilistassa on kahden eri sukupolven OKYM-kontaktoreita, joista tietyt mallit ovat keskenään samankokoisia fyysisesti. Tumman sinisissä sarakkeissa olevat kontaktorit ovat ABB:n 2.sukupolven kontaktoreita, ja vaalean sinisissä sarakkeissa olevat lähinnä 4.sukupolven maljeja. Näiden sukupolvien väliltä löytyy pieniä eroja sähköisistä ominaisuuksista, mutta uudemman sukupolven kontaktori on aina vähintäänkin yhtä kestävä kuin vanhemman sukupolven kontaktori.

Koska nykyisen Äänekosken tehtaan on tarkoitus olla käynnissä enää reilun vuoden verran, tehdas voi hyvinkin pärjätä yllälistatuilla varakontaktoreilla vuoden 2017 loppuun, mikäli vikatapauksia esiintyy jotakuinkin yhtä usein kuin tähän mennessä. Eli noin 1-4 kontaktoria kuukaudessa.

Tehtaalta ei löytynyt yhtäkään varakappaletta OESA125D3PL- kytkinvaroketta. Tältä osin vaihtosuunnitelman tarve on siis akuutti, samoin kuin kaikkien muidenkin kytkinvarokkeiden osalta. Tulee nimittäin muistaa, että kytkinvarokkeita ei keskusten kennoista voida irroittaa ilman, että koko keskuslähtö



ajetaan "kylmäksi". Eli toisin sanottuna huomattava määrä prosessin laitteita jouduttaisiin pysäyttämään. Tämä tarkoittaa sitä, että varakenttien kytkevarokkeiden irrottamista ei voida suunnitella kuin vasta seuraavassa suunnitellussa tehdasseioskissa, joka on näillä näkymin vasta syksyllä 2016.

Edellä mainittujen seikkojen valossa alettiin tässä työssä miettiä, millä uusilla komponenteilla vanhoja kojeita voidaan korvata ja miten ne eri yksikkölähtöihin voidaan asentaa. Seuraavaksi perehdytään komponenttien valintoihin vaikuttaviin tekijöihin.

## 8 KOMPONENTTIEN VALINTA

Moottorilähdön komponenttivalinnat riippuvat hyvinkin pitkälle siitä, että minkälaista kuormaa ohjataan ja miten. Mitä suurempien kuormien kanssa ollaan tekemisissä, niin sitä enemmän vaaditaan keskuksien komponenteilta jännitteen- ja virrankestokykyä. Niin kytkentä- ja katkaisutilanteissa kuin myös normaali käyntitilanteessa. Komponenttien sähköisten ominaisuuksien suuruus on yleensä suoraan verrannollinen niiden fyysiseen kokoon. Eli mitä suurempia kuormia halutaan ohjata niin sitä suurempia komponentteja joudutaan valitsemaan. Tässä opinnäytetyössä ei perehdytä kokonaisten moottorilähtöjen mitoittamiseen alusta lähtien rajallisen ajankäytön vuoksi. Sen sijaan käydään läpi eri tekijöitä, jotka tulee huomioida valittaessa uusia kytkevarokkeita, kontaktoreita ja lämpöreleitä vanhojen kojeiden tilalle. Opinnäytetyössä hyödynnettiin tehtaan arkistoista löytyviä moottorilähtötaulukoita, joihin on mitoitettu kaikki tehtaan erikokoiset moottorilähdöt komponentteineen. Taulukoista saatiin lähes kaikki tarvittavat tiedot moottoreista ja vanhoista komponenteista, joita tarvittiin vaihtosuunnitelmassa uusien kojeiden valitsemiseen.

Eri valmistajien taulukoiden ja tuotekatalogien ansiosta uusien komponenttien valinta on nykyään hyvin suoraviivaista. On tiedostettava ohjattavan moottorin nimellinen maksimiteho  $P$  (kW), nimellisvirta  $I$  (A) kierrosnopeudella  $r$  (r/min), käyttöjännite  $U$  (V) ja moottoripiirin ohjauspuolen jännite  $U_2$  (V). Myös ympäristöolosuhteisiin tulee kiinnittää huomiota, mikäli ne ovat normaalista poikkeavat. Lisäksi on hyvä miettiä mitoitettavaa moottorilähtöä pidemmällä aikavälillä. Voiko joskus tulevaisuudessa esiintyä tarve vaihtaa moottorikokoa pykälällä suurempaan? Mikäli näin on, niin kannattaa se huomioida komponentteja mitoittaessa. Eli tehdä pientä ylimitoitusta. Näin on tehty vuosien varrella myös Äänekosken tehtaalla. BMS:n arkiston teknillisten ohjeiden mukaisesti: *"Kontaktorilähdön kojeet on valittava niin, että mitoitusperusteena annetut maksimi moottoritehot voidaan poikkeustapauksissa*



KUVA 10. Varaosakartoituksen aikana avattu moottorilähtökeskusten kennoja.

*ylittää yhdellä moottorikoon tehoportaalla lämpörelettä ja etusulaketta vaihtamalla". (Teknilliset ohjeet).*

Tämän opinnäytetyön aikainen tilanne on se, että nykyinen sellutehdas pysyy käynnissä enää reilun vuoden verran. Siispä tehtaan sähkömoottoreiden koot tuskin tulevat vaihtumaan loppukäynnin aikana, joten ei ole varsinkaan taloudellisessa mielessä järkevää ylimitoittaa uusia komponentteja huomattavasti.

## 8.1 Standardien vaatimukset

Sähkölaite on laite, jota käytetään sähköenergian tuottamiseen, muuntamiseen, siirtoon, jakeluun tai käyttöön. Sähkölaitteita ovat koneet, muuntajat, kytkinlaitteet, mittalaitteet, suojalaitteet, johtojärjestelmään kuuluvat laitteet ja kulutuskojeet. (Pienjännitesähköasennukset 2012, 826-16.)

Sähköasennuksissa käytettävien sähkölaitteiden on täytettävä sähkölaitteiden turvallisuudesta annetun kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (1694/1993) sekä sähkölaitteiden ja laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta annetun valtioneuvoston asetuksen (1466/2007) vaatimukset. Näillä säädöksillä on Suomessa saatettu voimaan Euroopan Unionin pienjännitedirektiivi 2006/95/EY ja EMC-direktiivi 2004/108/EY.

Sähkölaitteen, joka on Euroopassa yhdenmukaistettujen EN- tai HD-standardien turvallisuusvaatimusten mukainen, katsotaan täyttävän turvallisuusvaatimukset. Silloin kun yhdenmukaistettuja standardeja ei ole vielä laadittu ja julkaistu, voidaan sähkölaitteen katsoa täyttävän turvallisuusvaatimukset, jos se on IEC:n tai CEE:n standardien mukainen.

Jokaisen valitun sähkölaitteen ominaisuuksien on sovittava niihin arvoihin ja ulkoisten tekijöiden vaikutuksiin, joihin sähköasennus on suunniteltu (ks. luku 132), ja sähkölaitteen on erityisesti täytettävä seuraavat vaatimukset.

- Jännite. Sähkölaitteen on kestettävä suurin jatkuva jännite (vaihtojännitteellä tehollisarvo), jolla sähkölaitetta syötetään, sekä todennäköisesti esiintyvät ylijännitteet. Tietyissä sähkölaitteissa voi olla tarpeen ottaa huomioon myös pienin todennäköisesti esiintyvä jännite.
- Virta. Sähkölaitteet on valittava ottaen huomioon suurin jatkuva virta (vaihtovirralla tehollisarvo), joka voi kulkea laitteen kautta normaalissa käytössä. Myös poikkeustilanteissa sähkölaitteessa kulkeva virta ja virran esim. suojalaitteen toiminta-ajasta riippuva kesto aika on otettava huomioon.
- Taajuus. Jos taajuus vaikuttaa sähkölaitteen ominaisuuksiin, laitteen mitoitustaajuden on vastattava virtapiirin taajuutta.
- Kuormitusaste. Teho-ominaisuuksien perusteella valittavien sähkölaitteiden on sovittava siihen käyttöön, johon ne valitaan. Valinnassa on otettava huomioon suunnitellut käyttötilanteet.

Kaikki sähkölaitteet on valittava siten, että ne kestävät turvallisesti käyttöpaikalla sähkölaitteeseen kohdistuvat rasitukset ja ulkoisten tekijöiden vaikutukset (ks 132.5). Jos tietyn sähkölaitteen rakenteelliset ominaisuudet eivät vastaa sijaintipaikan asettamia vaatimuksia, sähkölaitetta voi kuitenkin

käyttää, jos riittävä lisäsuojaus on toteutettu osana asennusta. (Pienjännitesähköasennukset 2012, 133.)

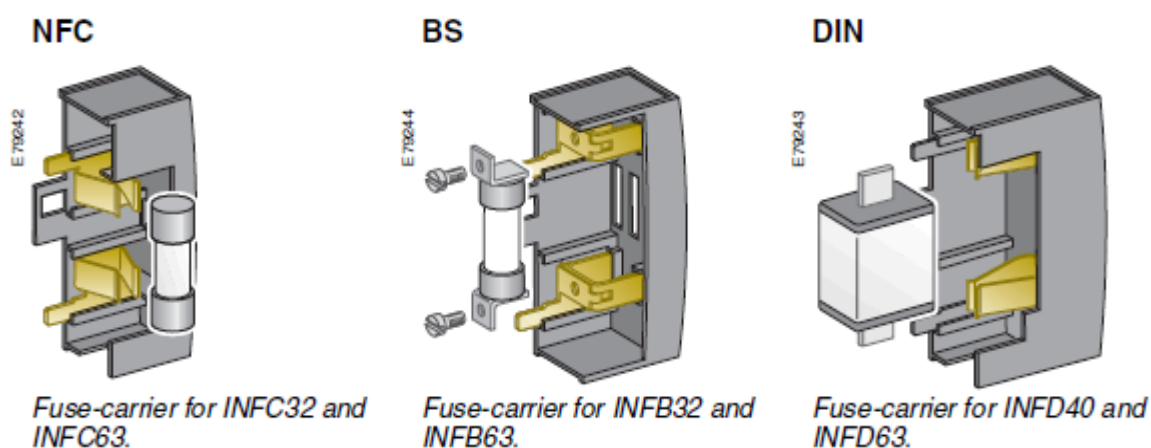
## 8.2 Kytkinvarokkeet

Kytkinvarokkeen nimellisvirran tulee olla vähintään 1,15 x moottorin nimellisvirta ja sen tulee pystyä katkaisemaan ja kytkemään moottorin käynnistysvirta käyttöluokassa AC 23. Kytkinvaroke tulee voida lukita auki-asentoon riippulukolla. Kytkinvarokkeiden asennonosoitus tulee olla toteutettu sähköturvallisuusmääräysten vaatimalla tavalla. Tällöin kytkimen rakenne on sellainen, että jos koskettimet hitsaantuvat toisiinsa kiinni, tai jos jostain muusta syystä koskettimet tai jokin niistä jää avautumatta, ei asennonosoitusvipu jää osoittamaan auki-asentoa. (Teknilliset ohjeet.) Taulukossa 2 on esitetty kytkinvarokkeiden eri käyttöluokat ja niiden merkitykset.

TAULUKKO 2. Kytkinvarokkeiden käyttöluokat (Katko 2016-01-05).

Käyttöluokka	Tyypilliset sovellukset
AC-20	Päälle- ja poiskytkentä ilman kuormaa
AC-21	Resistiivisten kuormitusten ja kohtuullisten ylikuormitusten kytkeminen
AC-22	Resistiivisten ja induktiivisten sekakuormitusten kytkeminen (esim. sivuvirtamoottorit)
AC-23	Moottorikuormitusten ja muiden suuri-induktiivisten kuormien kytkeminen

Kytkinvarokkeita valittaessa saattaa törmätä eri sulaketyypin kytkinvarokkeisiin, kuten NFC, BS, DIN, UL ja CSA. DIN-tyyppin sulakkeet ovat perinteisiä kahvasulakkeita, joita yleensä käytetään Suomessa, ja jotka kiinnitetään kytkinvarokkeeseen kohtisuoraan painamalla. Puolestaan NFC-, BS-, UL- ja CSA-tyyppiset sulakkeet ovat erilaisia putkisulakkeita. Esim. NFC-tyyppin sulake on putkisulake, joka kiinnitetään kytkinvarokkeeseen samalla periaattella kuten kahvasulake. BS- tyyppin sulake on myös putkisulake, mutta ruuvikiinnitteinen. Kuvassa 11 on esitetty NFC-, BS- ja DIN-tyyppin sulakkeet ja niiden kiinnitystavat sulakepitimiin.



KUVA 11. NFC-, BS- ja DIN- tyyppin sulakkeet. (Schneider-electric 2016-05-05).

### 8.3 Kontaktorit

Kontaktoreita valittaessa, puhutaan käyttöluokista AC 1, AC 2, AC 3 ja AC 4. Riippuen ohjattavan kuorman induktiivisuudesta ja ohjaustavasta, valitaan kontaktori tietyn käyttöluokan mukaisesti. Eri käyttöluokille käytetään siis samoja kontaktoreita, mutta idea on siinä, että käyttöluokka vaikuttaa kontaktorin nimellisarvoihin sitä mitoittaessa. Alla esitetystä taulukosta 3 on selitetty jokaisen eri käyttöluokan merkitys.

TAULUKKO 3. Kontaktorien käyttöluokat (Mäkinen & Kallio 2004).

Käyttöluokka	Kuormitus
AC 1	Helpot kytkentäolosuhteet: resistiivisten kuormien kytkeminen (mm. lämmitysvastukset) tai heikosti induktiivisten kuormien kytkeminen
AC 2	Normaalit kytkentäolosuhteet
AC 3	Vaikeat kytkentäolosuhteet: oikosulkumoottorin käynnistimenä, kun kiinnikytkentävirta on sama kuin moottorin käynnistysvirta
AC 4	Erittäin vaikeat kytkentäolosuhteet: oikosulkumoottorin käynnistimenä, kun kytketään ja katkaistaan moottorin käynnistysvirtaa (tippakäyttö, nykäyskäyttö), kun tehdään vastajarrutuksia ja suunnanvaihtoja

Kontaktoreille oikosulkumoottorikäytössä määritellyt käyttöluokat ovat AC 3 ja AC 4. AC 3-luokassa käynnistin joutuu kytkemään käynnistysvirran ja katkaisemaan nimellisvirran. AC 4-käyttö vastaa nykykäyttöä eli kontaktori joutuu kytkemään ja katkaisemaan käynnistysvirtaa. Koskettimien ikä jää tällöin lyhyemmäksi kuin AC 3-luokan käytössä. (Paananen Eero, 2014.)

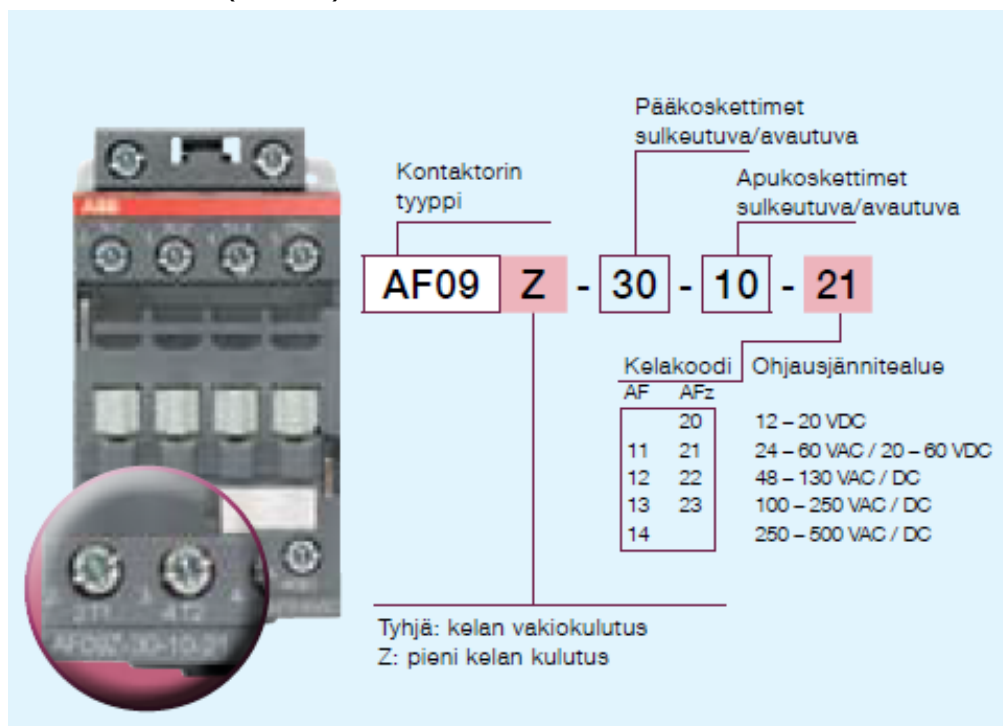
Tässä opinnäytetyössä käsitellään moottorikäyttöjä, jotka kategorisoidaan vaikeisiin kytkentäolosuhteisiin. Niinpä kontaktorit valitaan käyttöluokan AC 3 mukaisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kontaktorivalmistajan tuotekatalogista tarkkaillaan kontaktorin sähköisiä arvoja AC 3 sarakkeen kohdalta.

Kun käyttöluokka tiedetään, valitaan kontaktori ohjattavan moottorin nimellistehon  $P$  (kW), nimellisvirran  $I$  (A), käyttöjännitteen  $U$  (V) ja ohjauspiirin jännitteen  $U_2$  (V) mukaan. Äänepuolteen tehtaalla moottoreita pyöritetään sekä 400 V että 690 V käyttöjännitteillä ja niiden ohjauspiirien jännite on 230 V. Moottoritehot ja -virrat eri kierrosnopeuksilla (r/min) ovat tehtaalla koottuna eräänlaiseen listaan, josta ne ovat kätevästi saatavilla. Mikäli näin ei olisi, pitäisi arvot käydä tarkistamassa itse paikalla moottoreiden arvokilvistä.

Moottoriteho- ja virta määrittelevät kontaktorin runkokoon. Eri käyttöjännitteillä kontaktori kestää eri määrän virtaa. Eli toisin sanottuna käyttöjännite vaikuttaa kuinka suuritehoiseen moottoriin kontaktori voidaan kytkeä. Esim. 400 V käyttöjännitteellä ABB:n AF-65 kontaktori voidaan kytkeä maksimissaan 30 kW moottoriin, jolloin kontaktori kestää max. 65 A virran. Puolestaan 690 V käyttöjännitteellä sama kontaktori voidaan kytkeä maksimissaan 37 kW moottoriin, jolloin kontaktori kestää max. 39 A virran.

Kontaktoreiden ohjaukkelan koko määräytyy ohjaujännitteen mukaisesti. Esim. ABB:n AF-kontaktoreilla on neljä eri kelan jännitealuetta.

Opinnäytetyössä valittiin kontaktoreiksi ABB:n uusimpia AF-kontaktoreita. AF-kontaktorin tarkka nimi määräytyy sen runkokoon, ohjaujännitealueen, apukoskettimien lukumäärän ja kelan energiankulutuksen mukaisesti (Kuva 12).



KUVA 12. AF- kontaktorin nimen määräytyminen (ABB 2009-11-01).

Uusien AF-kontaktoreiden ja vanhojen OKYM-kontaktoreiden välillä on merkittäviä eroja. Uuteen AF-sarjaan kuuluu 90 % vähemmän tuotenimikkeitä, sillä AF-kontaktoreilla on vain neljä eri kelan jännitealuetta. Vanhoja OKYM-kontaktoreita valmistettiin erikseen sekä vaihtojännitteelle että tasajännitteelle. Uudet kontaktorit puolestaan soveltuvat molemmille. Ne ovat siis AC/DC- ohjattuja. AF-kontaktoreissa on oma sisäinen ylijännitteenvaimennus, kun taas OKYM-kontaktoreissa tätä ominaisuutta ei ole. Lisäksi AF-kontaktoreiden kelat kuluttavat huomattavasti vähemmän energiaa, joten ne ovat fyysisesti pienempiä verraten vanhoihin OKYM-kontaktoreihin.

#### 8.4 Lämpöreleet

ABB:n lämpöreleillä on aina jokin tyyppi, joka on sopiva tietylle virta-alueelle. Samantyyppisiä releitä voi olla useita eri malleja. Tarkat mallit määräytyvät lämpöreleen asettelun mukaisesti. Havainnollistamiseksi alla on esitetty taulukko 4, jossa on listattu ABB:n sähkömekaaniset TF42-tyyppiset lämpöreleet. Oikea lämpörele valitaan niin, että moottorin nimellisvirta osuu asettelun alkupäähän.

TAULUKKO 4. Lämpöreleen tarkan mallin määräytyminen.

Lämpöreletyyppi	Virta-alue (A)	Asettelualue (A)	Tarkka malli
TF42	0,10 - 38	0,10-0,13	TF42-0.13
		0,13-0,17	TF42-0.17
		0,17-0,23	TF42-0.23
		0,23-0,31	TF42-0.31
		0,31-0,41	TF42-0.41
		0,41-0,55	TF42-0.55
		0,55-0,70	TF42-0.74
		0,74-1,00	TF42-1.0
		1,00-1,30	TF42-1.3
		1,3-1,7	TF42-1.7
		1,7-2,3	TF42-2.3
		2,3-3,1	TF42-3.1
		3,1-4,2	TF42-4.2
		4,2-5,7	TF42-5.7
		5,7-7,6	TF42-7.6
		7,6-10,0	TF42-10
		10,0-13,0	TF42-13
		13,0-16,0	TF42-16
		16,0-20,0	TF42-20
		20,0-24,0	TF42-24
24,0-29,0	TF42-29		
29,0-35,0	TF42-35		
35,0-38,0	TF42-38		

Sekä elektronisissa, että sähkömekaanisissa lämpöreleissä on hyviä ja huonoja puolia. Elektronisissa lämpöreleissä on huomattavasti laajemmat asettelualueet kuin sähkömekaanisissa releissä, mikä tekee niiden mitoittamisesta moottorilähtöihin helpompaa. Kuten yllä olevasta taulukosta näkee, bi-metallireleitä on välille 0,10 -38 A yhteensä 23 kpl. Sama virta-alue voidaan kattaa kuudella ABB:n elektronisella lämpörelemallilla. Myös asentajan näkökulmasta on selkeämpää mitä vähemmän eri malleja on käytettävänä. Elektroniset lämpöreleet ovat myös laajan asettelu-alueensa lisäksi erittäin tarkkoja ylikuormitussuojia. Toisaalta ne ovat häiriöalttiimpia sähkömekaanisiin lämpöreleisiin verrattuna. Ne saattavat tehdä aiheettomia virtapiirinkatkaisuja mikäli verkossa ilmenee riittävästi harmonisia yliaaltoja. Teollisuusverkossa, kuten Äänekosken tehtaan verkossa, on niin paljon erilaisia sähkölaitteita kiinni, että yliaaltoja esiintyy jossain määrin. Tässä työssä ei tutkittu olisiko yliaaltoja riittävästi lämpöreleen virheelliseen toimintaan. Siksi päätettiin olla ottamatta riskejä, ja unohdettiin elektronisten lämpöreleiden käyttö.

Nykyään molemmista lämpöreleistä löytyy ominaisuudet mm. releen manuaaliselle ja automaattiselle kuittaamiselle. Lisävarusteiden avulla manuaalinen kuittaus voidaan tehdä myös etänä. Laukaisuluokan valinta on kuitenkin sellainen ominaisuus, joka löytyy vain elektronisesta releestä. Eli jos bi-metallireleen laukaisuluokkaa joudutaan vaihtamaan, niin koko rele joudutaan vaihtamaan. Elektronisen

releen ollessa kyseessä, riittää kun vaihdetaan laukaisuluokka-asetusta releen etupaneelisti. Lämpöreleet jaetaan neljään eri laukaisuluokkaan niiden laukaisuaikojen perusteella. Standardit määrittelevät jokaiselle laukaisuluokalle laukaisuaikavaatimuksen tietyn suuruisella ylikuormitusvirralla. Taulukossa 5 on esitetty laukaisuaikavaatimukset eri laukaisuluokille ylikuormitusvirran ollessa  $7,2 \times$  lämpöreleen asetteluarvo.

TAULUKKO 5. Lämpöreleiden laukaisuluokat (Hietalahti 2013, 163).

Laukaisuluokka	Laukaisuaika $T_p$ sekunneissa
10A	$2 < T_p \leq 10$
10	$4 < T_p \leq 10$
20	$6 < T_p \leq 20$
30	$9 < T_p \leq 30$

Laukaisuluokaltaan suurimpia lämpöreleitä voidaan joutua valitsemaan moottorilähtöihin, joissa käynnistysvirrat ovat poikkeuksellisen suuria. Tällöin lämpörele ei siis ehdi havahtua hetkittäisestä ylikuormituksesta käynnistymisen yhteydessä. Tehtaalle valittavien releiden tulee olla laukaisuluokaltaan luokkaa 10.

## 8.5 Yhteenveto komponenttivalinnoista

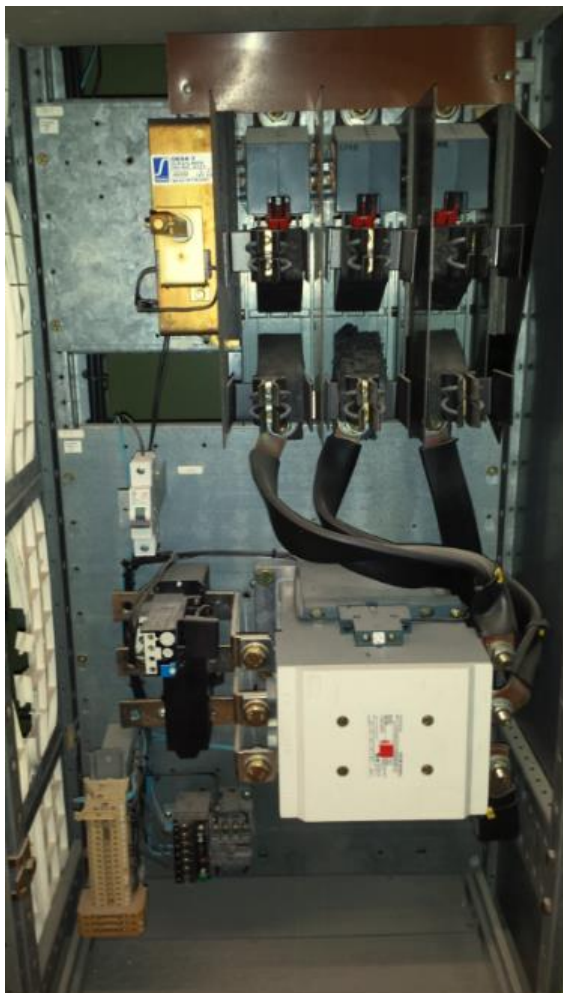
Opinnäytetyön lähtötilanne oli, että uusien komponenttien tulee olla ABB-merkkisiä. Niinpä eri valintavaihtoehtojen määrä oli rajallinen. Kytkinvarokkeiksi valittiin ABB:n uusimpia OS-mallisia kytkinvarokkeita. Työssä päädyttiin käyttämään ABB:n tuoreinta kontaktorisukupolvea, eli AF-sarjaa. Lämpöreleiksi valittiin AF-kontaktoreiden kanssa yhteensopivia TF- ja TA-tyyppisiä lämpöreleitä. TA-mallit ovat lämpöreleen ja virtamuuntajan yhdistelmiä, joita käytetään suuritehoisimmissa moottorilähdöissä.

## 9 UUSIEN KOMPONENTTIEN ASENTAMINEN VANHOJEN TILALLE

Eri valmistajat ovat suunnitelleet lämpöreleensä ja kontaktorinsa yleensä niin, että tietyt lämpörele- ja kontaktorimallit ovat yhteensopivia keskenään. Eli lämpöreleet voidaan siis suoraan kiinnittää kontaktoriin kiinni ilman erillisiä johdotuksia tai lisävarusteita. Joskus käy kuitenkin niin, että joudutaan valitsemaan moottorille sellainen lämpörele, että kiinnitys suoraan kontaktoriin ei onnistu. Tällöin joudutaan miettimään miten lämpörele kiinnitetään keskuksella irrallisena, ja se joudutaan johdottamaan kontaktorille. Erillisasennus ei sinänsä ole vaativa tehtävä, mutta se vie paljon enemmän aikaa verrattuna tilanteeseen, jossa lämpörele voidaan suorakiinnityksellä kytkeä kontaktoriin.

Opinnäytetyön aikana verrattiin ABB:n uusia AF-kontaktoreita vanhoihin OKYM-kontaktoreihin, ja havaittiin, että sähköisessä mielessä kontaktorit ovat jotakuinkin yhtä kestäviä, mutta fyysisesti komponentit ovat erilaisia. Kiinnitysreikien jako ei täsmää uusien ja vanhojen kesken. Uusia kontaktoreita ei pysty siis asentamaan suoraan vanhan kontaktorin kiinnitysreikiin. Lisäksi työn aikana törmättiin kahteen eri moottorilähtöön, joihin lämpörelettä ei voinut suunnitella asennettavaksi kontaktoriin kiinni. Syystä, että TF-lämpörele, joka olisi ollut yhteensopiva valitun AF-kontaktorin kanssa, ei releen virta-alue riittänyt kyseisen moottorin suojaamiseen.

Yllämainittujen seikkojen valossa alettiin miettiä uusille komponenteille kiinnitysmenetelmiä. Tehtaan sähkökeskusten kennoissa komponentit on asennettu yhdelle tai useammalle pohjalevyille, riippuen moottorilähdön koosta. Lähtökohtaisesti sähkökeskusten pohjalevyihin ei voi tehdä porauksia ilman, että levyt irroitetaan keskuksista. Pohjalevyjen takana kulkee jännitteiset kiskostot, joten on olemassa riski, että poraustyön aikana joudutaan kosketuksiin jännitteiseen keskuksen osaan. Myös porauksesta syntyvät lastut tai porakoneesta irtoava poranterä voivat aiheuttaa vaaratilanteen pudotessaan kiskoston osiin. Kennon pohjalevyn irrottaminenkaan ei tule kysymykseen normaalitilanteessa mikäli kytkinvaroke on kiinnittettynä samaan pohjalevyyn kuten kontaktori ja lämpörele. Syystä, että kytkinvarokkeen irrottaminen edellyttää koko sähkökeskusten jännitteettömäksi tekemistä. Kuvassa 13 esitettyssä kennossa kytkinvaroke on asennettu omalle erilliselle pohjalevyille. Tällöin koko alempi pohjalevy-yksikkö voidaan vaihtaa ilman, että koko moottorilähtökeskus tehdään jännitteettömäksi. Kuvassa 14 tilanne on päinvastainen. Eli pohjalevyä ei voida irroittaa muun keskuksen ollessa jännitteinen.



KUVA 13. Kenno, jossa kytkinvaroke on asennettu omalle erilliselle pohjalevyille.



KUVA 14. Kenno, jossa kaikilla komponenteilla on yhteinen pohjalevy.



## 9.1 Kytkinvarokkeet

Kytkinvarokkeiden vaihtoa varten joudutaan kennon pohjalevy aina irrottamaan. Helpoin tapa kytkinvarokkeiden vaihtoa varten on suunnitella vastaavanlaisia pohjalevyjä, kuten kuvassa 13 ja 14 on esitetty. Sillä erolla, että uusiin levyihin tehdään reikäjaot uusien ABB:n komponenttien mukaan. Teh-taan kennojen pohjalevyjen leveys on aina vakio, mutta korkeus vaihtelee moottorilähdön koon mu-kaan. Ensimmäiseen levyyn suunnitellaan siis asennettavaksi vain kytkinvaroke, ja toiseen levyyn kaikki kennon komponentit. Mikäli uuden kytkinvarokkeen väännin ei osu kennon ovesa olevaan van-han kytkinvarokkeen vääntimen mukaisesti porattuun reikään, niin porataan oveen uusi reikä ja vanha paikataan.

## 9.2 Kontaktorit ja lämpöreleet

### 9.2.1 DIN-kiskokiinnitys

Pienimpien moottorilähtöjen osalta yksinkertaisimmaksi ja turval-lisimmaksi tavaksi kontaktoreiden ja lämpöreleiden kiinnittämi-seen havaittiin DIN-kiskojen käyttö. ABB:n kontaktorit AF09: stä AF96-malliin saakka ovat DIN-kiskokiinnitteisiä, joten pienen DIN-kiskon palan asentaminen keskuksen on helppo ja turvallinen tapa kontaktoreiden kiinnittämiseen. Kiskon palaan porataan van-han OKYM-kontaktorin mukaiset reiät ja kisko kiinnitetään keskuksen pohjalevyyn. Jos keskuksset ovat kovinkin syviä ja ahtaita, voidaan tarvittaessa DIN-kiskon palan alle asentaa korotuslevy, jolloin kyt-kentätyö helpottuu. Kennot, joiden kohdalla päätettiin soveltaa DIN-kiskokiinnitystä, ei tullut vastaan ongelmia lämpöreleen ja kontaktorin yhteensopivuuden kanssa.



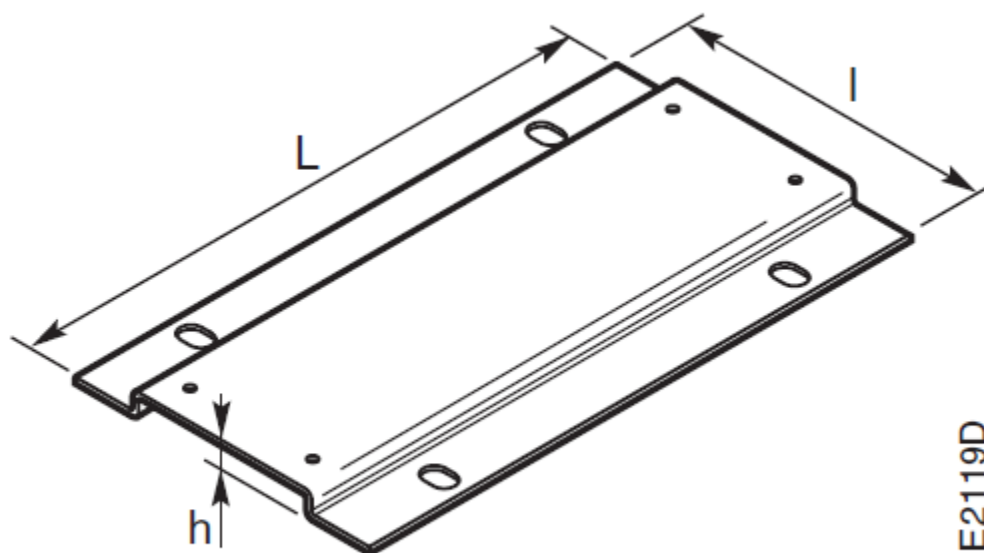
Kuva 15. DIN-kisko  
(Bettermann Oy 2016-05-05).



KUVA 16. Pienin moottorilähtökeskuksen kennokoko, joka tehtaalta löytyy.

### 9.2.2 Asennusalustan käyttö

Kontaktorimallit alkaen mallista AF116 eivät ole DIN-kisko kiinnitteisiä, joten niiden kiinnittämistä varten suunnitellaan erilliset asennusalustat. Asennusalustojen muoto on kuvan 17 mukainen. Alustan reunoihin porataan vanhan OKYM-kontaktorin reikäjaon mukaiset reiät, ja niiden väliin reiät uuden AF-kontaktorin mukaisesti. Alusta kiinnitetään suoraan sähkökeskuksen kennon pohjalevyyn. Käytännössä asennusalustan käyttö ei ole DIN-kiskomenetelmään verrattuna paljonkaan monimutkaisempi, mutta alustojen suunnitteluun joutuu käyttämään jonkin verran aikaa. Kontaktorivalmistajilta kuten ABB:ltä löytyy tuotekatalogista valmiita asennusalustoja, mutta ne eivät olisi olleet täysin yhteensopivia tehtaan keskusten tapauksissa. Näin ollen päätettiin suunnitella asennusalustat itse.



KUVA 17. Asennusalustojen mallikuva (ABB 2016-12-05).

Tapauksissa, joissa lämpörelettä ei voida kiinnittää kontaktoriin, on käytettävä lämpöreleen kiinnitykseen erillisasennussarjaa, jota on saatavilla ABB:ltä. Eli eräänlainen jalusta kiinnitetään keskuksen pohjalevyyn tai kontaktorin asennusalustaan. Jälkimmäinen tapa on parempi, koska se ei edellytä kennon pohjalevyyn poraamista, jolloin pohjalevy jouduttaisiin irrottamaan kennosta.

Kontaktorit on lähtökohtaisesti suunniteltu asennettavaksi pystyasentoon, mutta joskus asennusolosuhteista johtuen sivuttainasennus on huomattavasti helpompaa. Pitää kuitenkin muistaa, että 55kW:n tai sitä suurempien moottorilähtöjen kohdalla kontaktori tulisi asentaa pystyasentoon. Syystä, että kontaktorin sisäiset lämpövaikutukset kohdistuvat eri tavoin sivuttainasennetussa kontaktorissa kuin pystyasennetussa. Tämä vaikuttaa suoraan kontaktorin elinikään. Vikaantuva kontaktori voi vaurioittaa kennoa ja sen muita komponentteja.

### 9.2.3 Kennon pohjalevyn irrottaminen

Tässä opinnäytetyössä ongelmaksi muodostui isoimpien kontaktoreiden kohdalla asennussyvyys. Eli mallien AF580 ja AF750 tapauksessa. Nämä AF-kontaktorit ovat muutaman senttimetrin verran korkeampia kuin vastaavat OKYM-kontaktorit. Tästä syystä kennon ovi ei mahtuisi enää kiinni asentoon vaikka kontaktorit voitaisiin asentaa suoraan keskuksen pohjalevyyn kiinni. Olemassa oleva pohjalevy on siis irroitettava ja korvattava kuvan 17 asennusalustan muotoisella pohjalevyllä, jolloin keskuksella saadaan syvyysuunnassa lisää tilaa kontaktorille. Tällöin tulee kuitenkin huomioida ettei levyä mitoiteta liian lähelle kennoa syöttäviä kiskostoja.

## 10 LÄMPÖKUVAUKSET

Erilaiset lämpökuvaukset ovat tärkeä osa teollisuuden ennakkohuoltotoimenpiteitä. Kuvausten tarkoituksena on paikantaa ja ennakoita ongelmia. Mikäli kuvattavassa kohteessa huomataan ylläampemistä, voidaan tulevaan vikatilanteeseen reagoida jo ennalta. Parhaimmassa tapauksessa vika pystytään ennaltaehkäisemään ja näin ollen välttämään vian aiheuttamalta tuotantohäiriöltä tehtaan prosesseissa. Lämpökuvauksissa paljastuvat esim. löysät kaapeliliitokset, vaiheiden epätasainen kuormittuminen ja kytkinvarokkeiden sulakepitimien hapettuneisuus.

Tehtaan sähkökeskuksia lämpökuvataan säännöllisesti joka vuosi. Tähän mennessä kuvauksista ovat vastanneet ulkopuoliset firmat, mutta nyt BMS kaavailee, että sen oma henkilöstö alkaisi huolehtimaan lämpökuvauksista. Lämpökameraksi BMS harkitsee valitsevansa Fluken Ti200- mallin. Yksi tämän opinnäytetyön tarkoituksista oli ottaa selvää, että soveltuuko kyseinen kameramalli tehtaan lämpökuvauksia varten.

## 11 FLUKE TI200

Ti200-lämpökamera on suunniteltu teollisuuskäyttöön. Kamerassa on 640x480 resoluution kosketusnäyttö ja 5 megapikselin kamera. Vakiomallin pienin tarkennusetäisyys on 15 cm. Ti200:n lämpötilan mittausalue on -20°C: sta +650°C: een ja kameralla saatujen lämpökuvien tarkkuus on 25°C: een nimellislämpötilassa  $\pm 2^\circ\text{C}$  tai 2 % riippuen siitä, että kumpi tarkkuus on tarkempi. Kamera käyttää perinteisen passiivisen autotarkennuksen sijaan LaserSharp™-automaattitarkennusjärjestelmää, jolla saa huomattavasti selkeämpiä kuvia tietynlaisissa kuvauskohteissa.



KUVA 18. Fluke Ti200- lämpökamera (Fluke 05-05-2016).

Ti200: lla otetut lämpökuvat voidaan tallentaa SD-muistikortille, kameran sisäiseen Flash-muistiin tai tallentaa suoraan USB-muistikulle. USB-portin kautta kuvat voidaan myös siirtää tietokoneelle. Kuvien tiedostomuotona on valinnan mukaan .bmp, .jpeg tai .is2. Täysin radiometriset tiedostot eli .is2 tiedostot vaativat SmartView® analysointiohjelman, joka tulee toimituksen mukana. Kamera voidaan yhdistää WiFi-yhteydellä lähiverkkoon, mikä tarkoittaa, että

lämpökuvien siirto onnistuu langattomasti tietokoneeseen, iPhoneen® tai iPadiin. Kentältä pystytään siis suoraan lähettämään lämpökuvaustulokset mihin tahansa. Jos kentällä haluaa selata kuvia isommalta näytöltä voi kameras kytkeä HDMI-liitäntän kautta vaikka läppäriin tai tablettiin kiinni. Kameralla otettuihin lämpökuviin voidaan yhdistää lisätietoja teksti-, huomautus- tai äänentallennustoiminnon avulla.

Fluke Ti200- lämpökamerapakkaukseen (9Hz) kuuluu:

- Lämpökamera, jossa vakioinfrapunalinssi
- AC-virtalähde ja laturi (mukana eri maiden pistotulpat)
- Kaksi kestävää litiumioniakkupakettia
- USB-kaapeli
- HDMI-videokaapeli
- SmartView®- ohjelmisto ladattavissa maksutta
- Kestävä, kovakuljetuslaukku
- Pehmeä kantolaukku
- Säädettyvä rannehihna
- Takuun rekisteröintikortti
- Kansainvälinen adapterisarja (vain 9Hz)

Lisävarusteina lämpökameralle on saatavilla häikäisysuoja, kolmijalka-adaptteri, laajakulmainen infrapunalinssi ja teleinfrapunalinssi kaksinkertaisella tai nelinkertaisella suurennuksella. Lisäksi akulle on saatavissa latausteline ja autolaturi. (Fluke Ti200 tuotesivu, 12-05-2016.)

Ajatellen, että Ti200:n kuvausympäristönä tulee olemaan Äänekosken tehdasalue, niin voidaan esittää johtopäätös, että kamerassa on enemmän kuin riittävästi eri toimintoja. Ti200 vaikuttaa teknisten tietojen perusteella erittäin tarkalta kameran vanhoihin kameramalleihin verrattuna, ja sen eri kuvankäsittely- ja tiedonsiirtotavat ovat nopeita ja toimivia. Opinnäytetyön aikana ei keksitty syytä miksi Ti200 ei soveltuisi BMS:n kunnossapidolle kameraksi tehtaan lämpökuvauksia varten.

## 12 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön päätarkoitus oli laatia suunnitelma, jonka mukaisesti voidaan toimia kun tehtaalla jonkin moottorilähtökeskuksen kennosta vikaantuu kontaktori tai kytkinvaroke. Lisäksi työhön kuului komponenttien varaosakartoitus sekä selvitys Fluken lämpökameran Ti200 soveltuvuudesta sähkökeskusten lämpökuvauksiin.

Työn tuloksena syntyi ohjeistus, josta selviää millä ABB:n komponenteilla vanhat OKYM-kontaktorit ja OESA-kytkinvarokkeet voidaan korvata sekä miten ne moottorilähtökeskuksiin yksikkölähtökohtaisesti voidaan asentaa. Lisäksi tehtaalla vapaana olevista varakontaktoreista ja -kytkinvarokkeista syntyi inventaariolista, joka on olennainen osa vaihtosuunnitelmaohjeistusta. Suunnitelman mukaan hyödynnetään inventaariolistan varaosia niin pitkälle kuin mahdollista.

Opinnäytetyön työmäärä pääsi yllättämään allekirjoittaneen noin puolivälissä projektia. Näin ollen alustava aikataulu ei pitänyt ja sitä jouduttiin hieman venyttämään. Erilaisia lähtöyksikkövariaatioita on tehtaalla niin monia, että oli todella työlästä miettiä ja suunnitella jokaiselle lähtöyksikölle erikseen omat kontaktorien ja kytkinvarokkeiden kiinnitystavat. Opinnäytetyö saatiin viivästymisestä huolimatta onnistuneesti päätökseen.

Työn edetessä vastaan tuli useinkin erilaisia kysymyksiä, mutta niihin sain aina vastauksen joko BMS:n tai ABB:n henkilöstöltä. Työ merkitsi minulle paljon ja koin sen erittäin opettavaisena. Olen kiitollinen kaikille niille, jotka minua auttoivat ja tukivat opinnäytetyöprosessin aikana.

## LÄHTEET

- ABB, 2009-11-09, Esite Käynnistimet, Moottorin ohjaus ja suojaus > 18,5kW [digikuva].
- ABB, 2016-05-05, AF96-30-00-13 Datalehti [digikuva].
- ABB, 2016-05-05, TF42-10 Datalehti [digikuva].
- ABB, 2016-12-05, Mounting plates for AF-95-750 contactors [digikuva]
- BMS YLEISINFO. 2015. [pdf-dokumentti]. BMS sisäinen arkisto.
- FLUKE, 2016-12-05, Ti200-300-400 datasivu, Saatavissa: [https://www.yeint.fi/files/products/Fluke\\_Ti200\\_Ti300\\_Ti400\\_FC\\_datasheet\\_FIN.pdf](https://www.yeint.fi/files/products/Fluke_Ti200_Ti300_Ti400_FC_datasheet_FIN.pdf)
- FLUKE, 2016-12-05, Fluke Ti200 lämpökamera tuotesivu. [Viitattu 12.5.2016] Saatavissa: <http://www.fluke.com/fluke/fifi/lampokamerat/fluke-ti200.htm?pid=77087>
- HIETALAHTI, Lauri 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. 1. painos. Tampere, Tammertekniikka.
- KATKO, 2016. Kytkimet IEC 60947-3 standardin mukaan. Saatavissa: <http://www.katko.com/fi/tuotteet/kytkimet-iec-60947-3-standardin-mukaan>
- METSÄ FIBRE 2016. Biotuotetehtaan rakennustyömaata kuvaava web-kamera. [digikuva] <http://biotuotetehdas.fi/artikkelit/seuraa-suoraa-lahetysta-rakennustyomaan-edistymisesta>
- METSÄ FIBRE 2016. [intranet materiaali]. Metsä Fibre sisäinen arkisto.
- MOILANEN, Aki. Pienjännitemoottorin suojaus voimalaitoksella. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Insinöörityö. [Viitattu 2016-05-05] Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/71967>
- MÄKINEN, Markku ja KALLIO, Raimo 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Keuruu: Otava.
- MÄNTYMAA, Sami. Teollisuuslaitoksen sähkökeskusten kunnossapitosuunnitelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/handle/10024/58519>
- OBO BETTERMANN OY, Asennuskisko VBS – 2069 2M GTPL 35 x 7,5 mm DIN [digikuva].
- PAANANEN, Eero. Teollisuuden moottorikeskukset. Lapin ammattikorkeakoulu. Sähkövoimatekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2016-05-05] Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/handle/10024/77977>
- PIENJÄNNITESÄHKÖASENNUKSET 2012. SFS-käsikirja 600-1 Oppilaitoksille. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000. 1. painos. Helsinki:Suomen Standardisoimisliitto.
- SCHNEIDER-ELECTRIC, 2016-05-05, General characteristics: INF. Fupact INF.32 to INF.800 [Digikuva].
- TEKNILLISET OHJEET, 690V:n ja 400V:n keskukset [pdf-dokumentti]. BMS sisäinen arkisto.