



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Timo Kalevi Moberg

OIKOSULKUMOOTTORIN LIITÄNNÄN  
KAAPELILÄPIVIENNIN KEHITTÄMINEN

Tekniikka ja liikenne

2010

## **ALKUSANAT**

Tämä työ on osa Vaasan ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmaa. Työ on tehty syksyn 2009 ja kevään 2010 välisenä aikana ABB Oy Motorsille Vaasassa.

Työn ohjaajina toimivat Vaasan ammattikorkeakoulussa lehtori Timo Gröndahl ja ABB Oy Motorsilla tuotekehitysinsinööri Timo Aro sekä tuotehallintapäällikkö Jaakko Rantamäki. Haluan kiittää edellä mainittujen henkilöiden lisäksi opinnäytetyöni edistämisessä mukana olleita niin AL30- ja AL55-linjan liittäjien kuin oston, myynnin ja suunnitteluosaston asiantuntevia henkilöitä.

Vaasassa 8.5.2010

Timo Moberg

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Timo Moberg
Opinnäytetyön nimi	Oikosulkumoottorin liitännän kaapeliläpiviennin kehittäminen
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	49+6 liitettä
Ohjaaja	Timo Gröndahl

Tämä työ on tehty ABB Oy Motors Vaasan liiketoimintayksikköön kuuluvalla tuotekehitysosastolle. Työn päätavoitteena oli tutkia ja kehittää uusi läpivientiratkaisu oikosulkumoottorin liitännän kaapeliläpiviennille. Lähtökohta ongelmaan oli nykyisen ratkaisun ongelmallisuus tiivistyksen ja hintansa kannalta. Työssä esitellään vaihtoehtoisia läpivientiratkaisuja, joista sopivin vaihtoehto pääsi jatkokehitykseen. Läpiviennin kehittäminen koskee ulkoisten liitännäkaapeleiden omaavia moottoreita, joissa mahdollinen liitännäkotelo tai kaapelipäät voivat olla jopa kymmenen metrin päässä moottorista. Uuden kustannustehokkaan ratkaisun löytäminen voisi tuoda kyseiseen tuotekategoriaan uutta arvoa kilpailijoihin nähden.

Työn toinen tavoite oli kaapelien standardointi, jossa monilukuisia kaapelimerkkejä pyrittiin vähentämään. Ideana on suuremman kaapelikoon käyttö pienemmissä moottoreissa, jolloin saataisiin suurempaa volyyymiä tietyille koolle ja nimikkeiden määrä samalla vähenisi.

Läpiviennin kehittämisessä käytettiin hyväksi linjalla työskenteleviä asiantuntevia liittäjiä, oston ja myynnin henkilöstöä sekä tuotekehitysosaston suunnittelijoiden ideoita. Eri osapuolien mielipiteitä pyrittiin parhaan kyvyn mukaan huomioimaan ideoitaessa läpivientiratkaisuja.

Uudet läpivientiratkaisut tuotettiin kahdelle eri moottorikokoluokalle sopivaksi, josta ideaa on mahdollista soveltaa myös muihin kokoluokkiin. Kaapelien standardointi tulisi koskemaan vain savunpoistoon tarkoitettuja moottoreita, joissa on kallis erikoiskaapeli. Standardoinnin tuloksena kyseisistä moottoreista yksi kaapelikokoluokka poistetaan käytöstä.

---

Asiasanat sähkömoottori, liitäntä, ulkoinen liitännäkotelo, läpivienti

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Timo Moberg
Title	Developing Cable Gland for Squirrel Cage Motor
Year	2010
Language	Finnish
Pages	49+6 appendices
Name of Supervisor	Timo Gröndahl

---

This thesis is made for ABB Oy Motors research and development unit in Vaasa. The main object of this thesis was to research and develop a new cable gland solution for the squirrel cage motor. There were problems in the old cable gland system related to its sealing and high expenses.

Optional cable gland solutions are introduced in this thesis and the most convenient ones have been taken to prototype level. The development of the cable gland concerns only external connection cable motors, whose possible terminal box or cable shoes can be as far as ten meters away from the actual motor. A new cost-effective solution could bring some extra value to this product category.

The other object of this thesis was to standardize the cable designations. The purpose for this was to reduce the amount of cable designations which are too numerous. The main idea to achieve this was to use bigger cables also in small motors so that the particular cable would have bigger a volume and be much cheaper than before. The result of this is an automatically smaller amount of cable designations.

The experience of expert mechanics, purchasers, sales personnel and of course people in the R&D unit was used to achieve a comprehensive solution to the problem.

The new cable gland solutions were produced in two different motor size categories from which the idea is also applicable to other motor size categories. The cable standardizing is made to include only motors that are made in smoke vent use. The result of standardizing the cable designation was the total discard of one cable size category.

---

squirrel cage motor, connection, external terminal box, cable gland

## SISÄLLYS

ALKUSANAT .....	2
TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
KÄYTETYT LYHENTEET JA MERKIT .....	7
1 JOHDANTO .....	8
1.1 Tavoitteet .....	8
1.2 Aiheen valinta .....	8
1.3 Yritysesittely .....	8
1.3.1 ABB lyhyesti .....	8
1.3.2 ABB Motors Oy .....	9
1.4 Alkutilanne ja ongelmat .....	10
1.5 Tutkimusaineistot ja -menetelmät .....	11
2 SÄHKÖMOOTTORI .....	12
2.1 Yleistä .....	12
2.2 Rakenne ja pääosat .....	12
2.3 Ryhmittely .....	13
3 LIITÄNNÄT .....	14
3.1 Yleistä liitännöistä .....	14
3.2 Liitântäkotelotyyppejä .....	14
3.3 Ulkoiset liitântäkaapelit .....	15
3.4 Liittämiseen tutustuminen .....	16
3.5 IP-kotelointiluokat .....	19
4 KAAPELOINTI .....	21
4.1 Vaihejohtimet .....	21
4.2 Lisälaittejohtimet .....	21
4.3 Kaapelien valmistuksen selostus .....	22
5 LÄPIVIENNIN TIIVISTEMASSA .....	25
5.1 Yleistä .....	25
5.2 Vaatimukset .....	25
5.3 Tiivistemassan valinta .....	25

5.4	Tiivistemassan valaminen ja työterveys .....	26
6	KILPAILEVAT MOOTTORINVALMISTAJAT .....	27
7	RATKAISUVAIHTOEHDOT .....	28
7.1	Akselikorkeus 280-315 mm .....	28
7.2	Akselikorkeus 450 mm .....	32
8	KUSTANNUSTARKASTELUT .....	33
8.1	Materiaalivalinnat .....	33
8.2	Valmistus .....	33
8.2.1	Kokoluokkien 280–315 läpiviennin runko.....	33
8.2.2	Kokoluokkien 280–315 läpivienti kaapeleineen.....	34
8.2.3	Kokoluokan 450 läpiviennin runko.....	34
8.2.4	Kokoluokan 450 läpivienti kaapeleineen.....	34
8.2.5	Vaihekohtaiset johtojen pituudet .....	35
9	PROTOTYYPPI.....	36
10	TUOTTEEN SUUNNITTELUPROSESSI.....	38
11	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	40
11.1	Valitut ideat ja perustelut .....	40
11.1.1	Läpivientiratkaisut.....	40
11.1.2	Tiivistemassa.....	41
11.2	Kaapelinimikkeiden yksinkertaistaminen.....	42
11.3	Kehitysehdotukset.....	43
11.3.1	Suunnittelu .....	43
11.3.2	Valmistus .....	44
12	YHTEENVETO .....	46
	LÄHDELUETTELO.....	48
	LIITELUETTELO .....	49

## KÄYTETYT LYHENTEET JA MERKIT

ABB	Asea Brown Boweri
BP/GP/HP/KP/JP	Moottorityypin määritelmä, kirjainyhdistelmät antavat tietoa koteloinnista ja rungon määrittelystä
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
CNVAS	Lämmönkestävä nikkelillä päällystetty kuparijohto
DOL	Direct on Line, suora verkkokäyttö
Drive-end	Moottorin käyttöpää
Ex-	Räjähdysherkkää tilaa/laitetta kuvaava etuliite
FACTS	Flexible Alternating Current Transmission Systems, sähköveron siirtokapasiteettia parantava vaihtovirran siirtotekniikka
HVDC	High voltage direct current, suurjännitteinen tasavirta
I-deas	3D-suunnitteluohjelmisto
IE-	International Efficiency, kansainvälinen hyötysude
IP-	International Protection, kansainvälinen suojaus
AL30	Sähkömoottorien kokoonpanolinja, valmistaa 280–315-kokoluokan sähkömoottoreita.
Motors	ABB Oy Motors, sähkömoottorien valmistusyksikkö
Non-drive end	Ei moottorin käyttöpää
Open deck	Nykyisin vakinaistunut määritelmä avoimella laivan kannella toimiville kohteille
PDM	Product data management, tuotetiedonhallinta
PTC	Positive Temperature Coefficient, lämpötila-anturi
Smokevent	Savukaasupoistomoottori
VSD	Variable Speed Drive, taajuusmuuttajakäyttö
W1, V1, U1, W2, U2, V1	Sähkömoottorin johtimissa käytettyjä vaihemerkintöjä

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena on tutkia ja löytää uusia ideoita oikosulkumoottorin ulkoisten kaapelointien läpiviennille. Läpiviennin ongelmakohtiin tutustuminen suoritetaan tehtaalla. Tiedonkeruun aikana tapahtuneen ideoinnin tulokset tarkastellaan läpi ja toimivan ratkaisun löydyttyä, tavoitteena on siirtää tämä ratkaisu suurempiin moottorikokoluokkiin. Ratkaisusta tuotetaan 3D-tietokonemallit ja valmistuspiirustukset I-deas CAD-järjestelmällä, joiden perusteella tehdään prototyyppimalli. Yksi työn tavoitteista on myös kaapeloinnin standardoinnin selventäminen eli saman halkaisijan omaavan kaapelin käyttö monessa eri kokoluokassa.

## 1.2 Aiheen valinta

ABB Oy Motorsin tarjoamista vaihtoehtoista tämä aihe tuntui luonnollisimmalta minulle. Kahdeksan kuukauden työkokemus 160–250-kokoluokkien liitännässä ja kahtena kesänä Motors OY:n tuotekehityksessä ahertaminen, antoivat loistavat lähtökohdat työlle ja sen mahdollisille tuotoksille. Edellä mainittu henkilökohtainen kokemus ja kiinnostus tuotekehitysprosessin läpiviemiseen vaikuttivat aiheen valintaan. Koulua lukuun ottamatta, kohdalle ei ole sattunut tämänkaltaista mahdollisuutta päästä tutustumaan kehitystyöhön ja sen tuomaan pieneen vastuuseen sekä tulosvelvollisuuteen.

## 1.3 Yritysesittely

### 1.3.1 ABB lyhyesti

”ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka tuotteet, järjestelmät ja palvelut parantavat teollisuus- ja energiayhtiöasiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. ABB:n palveluksessa on yli 120 000 henkilöä noin 100 maassa.” /3/

ABB:n toiminta on jaettu viiteen päädivisioonaan. **Sähkövoimatuotteet** valmistavat muuntajia, suur- ja keskijännitekojeistoja, katkaisijoita, releitä, kaapeleita sekä



näihin liittyviä komponentteja. **Sähkövoimajärjestelmät** tuottavat sähkönjake-  
luun ja voimansiirtoon liittyviä palveluita ja järjestelmiä. FACTS- ja HVDC-  
järjestelmät, voimalaitos- ja verkostoautomaatio sekä voiman tuotannon instru-  
mentointi-, valvonta- ja sähköistysratkaisut kuuluvat myös divisioonan osaamis-  
alueeseen. **Sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio** tarjoaa järjestelmiä ja  
palveluja, kuten moottoreita, generaattoreita, taajuusmuuttajia, ohjelmoitavia lo-  
giikkoja, tehoelektroniikkaa sekä robotteja. **Pienjännitetuoteyksikkö** valmistaa  
pienjännitteisiä katkaisijoita, kytkimiä, ohjaus- ja valvontakojeita, asennustarvik-  
keita sekä kotelo- ja kaapelijärjestelmiä, jotka suojaavat ylikuormitukselta. Divi-  
sioona valmistaa myös järjestelmiä, jotka yhdistävät rakennuksen kaikki sähköiset  
toiminnot yhtenäiseksi verkoksi. **Prosessiautomaatioyksikkö** valmistaa energia-  
tehokkuutta ja tuottavuutta parantavia tuotteita ja järjestelmiä niin öljy-, kaasu-,  
kemian-, lääke-, metsä-, metalli- kuin meriteollisuuden tarpeisiin. /4/

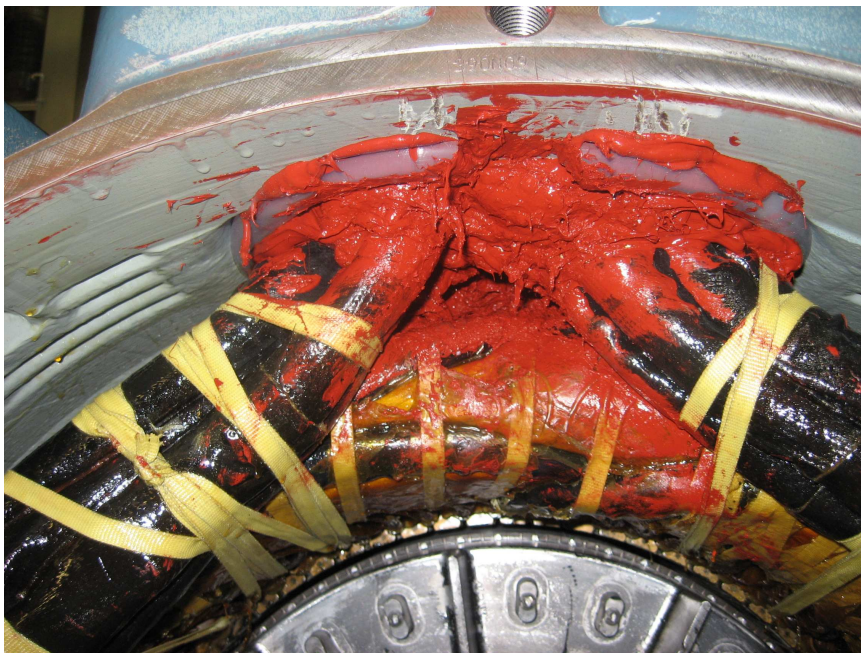
### 1.3.2 ABB Motors Oy

Sähkömoottorin valmistus Suomessa sai alkunsa jo vuonna 1889. Paikallisesta  
näkökulmasta katsottuna Vaasassa moottorin valmistus alkoi vuonna 1944. Säh-  
kömoottorien valmistuksessa on takana vankka ammattitaito, joka perustuu 100  
vuoden aikana kertyneeseen tietotaitoon.

Motorsin vuoden 2009 liikevaihto oli 186 M€, työntekijöitä oli 505 ja tuotantoa  
35520 moottorin edestä. Vahvuutena laaja tuotetarjonta, oikea moottori sovelluk-  
sesta, koosta tai virrasta riippumatta. EU:n vuonna 2009 hyväksymä EuP-  
direktiivi 2005/32/EY, koskee sähkömoottorin ekologisuutta. Moottoreiden kehi-  
tyksessä onkin pidetty silmällä vihreitä arvoja, sillä ABB:n moottoreilla ja gene-  
raattoreilla on hyvä suorituskyky. Tuotevalikoimasta löytyy IE2 ja IE3 luokan  
moottoreita. Hyvällä suorituskyvyllä asiakas säästää energiaa ja erityisesti rahaa.  
Sähkömoottorin komponenteista yli 90 % on kierrätettävissä, joten ekologisuutta  
on mietitty myös materiaalin kierrätyksen kannalta. /1/

#### 1.4 Alkutilanne ja ongelmat

Alkutilanne opinnäytetyölle oli liitännän kaapeliläpiviennin eristysongelma. Ongelma kärjistyi isoimmissa moottorikokoluokissa ja siihen oli toivottu toimivaa ratkaisua. Läpiviennin eristys suoritetaan tällä hetkellä silikonilla. Ongelmana on 400 kokoluokasta ylöspäin kaapeliaukon suuruus, jolloin silikonilla kuluu tarpeettoman paljon. Toinen ongelma on kaapelien paino, joka saattaa herkästi irrottaa asennettun ja kuivuneen silikonin paikoiltaan. Tuotannon näkökulmasta ongelmana on asennuksen vaikeus ja hitaus. Kaapelien välistä valuvia silikonin pitää estää eristepaperilla käsin (kuva 1). Tämä toimenpide ei tue tehokasta valmistusta ja tuotannon kannalta olisikin tärkeää löytää toimiva ratkaisu ongelmaan.



Kuva 1. Läpiviennin eristys silikonilla.

Toinen ongelma oli kaapelistandardien monilukuisuus. Yrityksen puolesta toivomuksena onkin vähentää kaapelien määrää. Ideana on isompien kaapelikokojen käyttö myös pienemmissä moottorikokoluokissa, jolloin saadaan suurempaa voilyymia yhdelle kaapelikoolle. Vaikka tämä kaapelikoko on isompi kuin mitä joisain moottoreissa tarvittaisiin, tulisi se halvemmaksi suuren ostomääränsä takia.

Yksi työn aikana ilmenneistä ongelmista oli uuden tiivistemassan löytäminen Smokevent-moottorien läpivientiin. Normaalikohteissa käytettävää tiivistemassaa ei pystytä käyttämään, koska massan fysikaaliset ominaisuudet eivät välttämättä kestä Smokevent-moottoreiden sertifikaatin mukaisia vaatimuksia (liite 2).

## **1.5 Tutkimusaineistot ja -menetelmät**

Tutkimusmenetelminä työssä käytin aineistopohjaista tutkintaa ja haastatteluita. Tutkimusaineiston kerääminen alkoi kirjallisuuden hankinnalla. Yleistä kirjallisuutta pelkästään sähkömoottorien liitännöistä oli vaikea löytää, joten työn alkuketkistä lähtien kävikin selväksi, että tiedon hankinnan kannalta tärkein lähde olisi linjan työntekijät ja asiasta tietävien ihmisten kanssa tehdyt haastattelut. Valmistukseen tutustumisessa ongelmana oli yhteisen aikataulun löytäminen. Ulkoisten liitäntäkaapeleiden omaavat moottorit ovat hieman harvinaisempia ja niitä ei joka päivä kokoonpanolinjoilla ole.

Työn rakenteen hahmottelu lähti liikkeelle sisällysluettelon teosta ja pääotsikoiden kirjaamisesta. Työn edetessä ja etenkin valvontapalavereissa työn sisällysluettelo ja pääsuuntaviivat saivat pikkuhiljaa tarkennusta. Vastaan tulleet ongelmat ja lisäpohdinnat pyrittiin huomioimaan, tuomaan esille ja löytämään niille kokonaisvaltaisia ratkaisuja.

Jokaiseen moottorikokoluokkaan tehdyt ratkaisut sisälsivät ongelmia, jotka tarvitsivat pidempiaikaista pohdintaa ja tutkimustyötä. Ongelmilla tarkoitan teknisten ratkaisujen keksimistä ja toteutuskelpoisuuden pohdintaa. Kehitysprosessin aikana pidetyt haastattelut ohjasivat ratkaisuvaihtoehdon syntyä. Toinen osa-alue ongelmassa oli kustannukset. Tulevan tuotteen tarkoitus on olla halpa, jotta sen avulla saadaan aikaan kustannussäästöjä.

## 2 SÄHKÖMOOTTORI

### 2.1 Yleistä

Sähkömoottorin toiminta perustuu sähköstä saadun energian muuntamiseen mekaaniseksi energiaksi. Sähkömoottoriin johdettu sähkö indusoi staattoriin käämityihin keloihin magneettikentän sopivassa järjestyksessä, jolloin magneettikentän aiheuttama voima vaikuttaa roottoriin ja saa sen pyörimään.

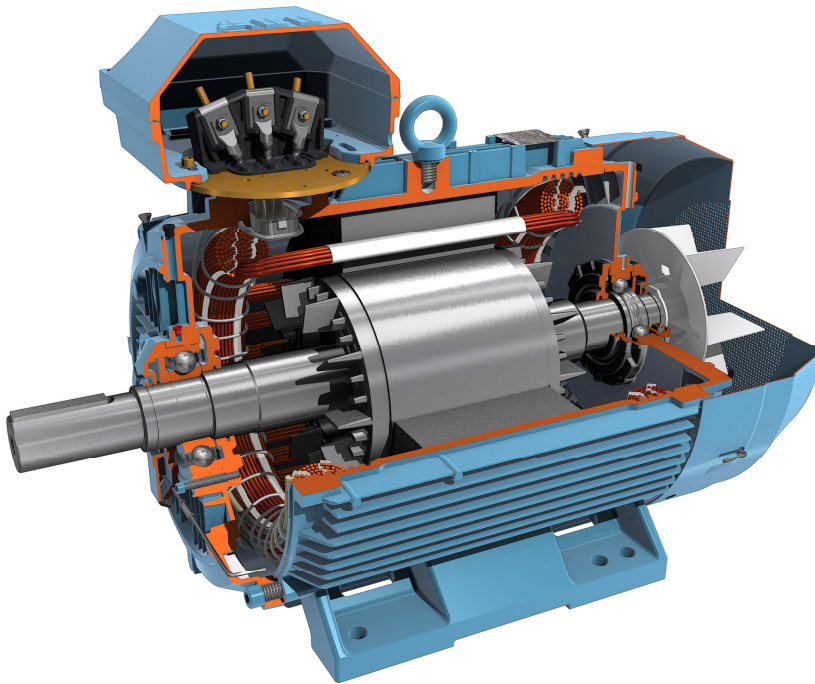
Asiakkaan näkökulmasta ideaalinen sähkömoottori olisi pelkkä akseli, joka pyörittää sovellusta johon se on liitetty. Ymmärrettävistä syistä tämä ei ole mahdollista vaan moottori koostuu monista eri osista. Eri käyttökohteille ja käyttövaatimuksille löytyy erilaisia moottoreita. Erikoisvaatimuksen omaavista koneista esimerkkinä on mm. Ex- ja Smokevent-moottorit.

Ex-moottoreita käytetään tiloissa, joissa voi esiintyä niin paljon räjähdyskelpoista ilmaseosta, että toimenpiteet työntekijöiden turvallisuuden suojaamiseksi räjähdysvaaran takia ovat tarpeen. Toimenpiteiden laajuuden määräytymisperusteena käytetään Ex-tilojen luokittelua vyöhykkeisiin. Ex-tiloja voi esiintyä, esimerkiksi kaasunjakelussa, metallityössä, puu-, elintarvike-, ja lääketeollisuudessa. /11/

Smokevent-koneet on taas suunniteltu erityisesti tunneleiden, parkkihallien yms. ilmanvaihtoon normaalikäytössä sekä hätätilanteissa. Smokevent-koneet ovat tiettyyn lämpötilaluokkaan ja ajankestoon sertifioituja (liite 2).

### 2.2 Rakenne ja pääosat

Sähkömoottori koostuu useista eri osakokonaisuuksista ja pienistä osista, mutta sähkömoottorin kokoonpanon kannalta tärkeimmät osat ovat roottori, staattori, staattorirunko, laakerikilvet, laakerit, liitäntäkotelo, liitäntälaippa, tuuletin ja tuuletinsuojus. Alla olevasta leikkauskuvasta näkyy osien sijoittelu moottorissa (kuva 2).



Kuva 2. Poikkileikkaus ABB:n M3-moottorista.

### 2.3 Ryhmittely

Yksi moottorien ryhmittelyssä käytetty tapa on lajittelu akselikorkeuden mukaan. Akselikorkeus on etäisyys millimetreinä maasta akselin keskipisteeseen. Normaalista valurautamoottoreista löytyy moottoreita kokoluokista: 80, 90, 100, 112, 132, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400 ja 450 millimetriä. Työhön liittyvät moottorit kuuluvat moottorikokoihin 280–450.

Toinen ryhmittelytapa on käyttökohteen mukaan. Pienjännitemoottoreita jaetaan seuraaviin luokkiin: prosessimoottorit, teollisuusmoottorit, vakimoottorit, Ex-moottorit ja laivamoottori sekä laaja valikoima moottoreita eri sovellutuksiin /2/. Edellä mainitut luokat jakautuvat vielä pienempiin alaluokkiin. Työssä pohdittujen liitännätarvikkeiden kohteet ovat erikoismoottoreita, jotka kuuluvat edellä mainitussa listassa viimeiseen kastiin eli sovellusmoottoreihin.

Sähkömoottoreiden ryhmittelytavat voidaan jakaa myös pienempiin kokonaisuuksiin, esimerkiksi asennustavan mukaan. Asennustapa määrää onko moottorissa jalka- vai laippakiinnitys tai kenties molemmat. Asennusasento voi antaa moottorille myös tiettyjä lisävaatimuksia. Moottorin asennusasennot liitteessä 4.

## 3 LIITÄNNÄT

### 3.1 Yleistä liitännöistä

Liitännän variaatiot tulevat liitinkotelon sijoittelusta eri puolille moottoria joko D- tai N-päähän, päälle tai sivuille. Merkinnät ovat lyhennyksiä englanninkielisistä sanoista drive-end tai non-drive-end. Tekevällä ”päädyllä” viitataan pyörivään akseliin, esimerkiksi liitännän ollessa N-päässä, pyörivä akseli on vastakkaisessa päädyssä. Tästä poiketen löytyy myös moottoreita, joissa vetopää eli akseli on molemmissa päissä. Itse liitäntäkoteloitteita on monia riippuen sen materiaalista ja käyttökohteesta. Liitäntäkotelot voi olla myös kokonaan moottorin ulkopuolella, jolloin kaapelit tuodaan läpiviennin kautta ulkoiseen liitäntäkoteloon, joka voi sijaita jopa kymmenen metrin päässä itse moottorista.

### 3.2 Liitäntäkotelotyyppejä

Liitäntäkotelotyypit voidaan jakaa periaatteessa kuuteen pääkategoriaan, jotka ovat BP/GP/HP/KP vakiokotelot, JP-kotelot, BAT-kotelot, Open-deck kotelot ja harvinaisemmat hitsatut liitinkotelot ja ohutlevykotelot.

BP/GP/HP/KP vakiokoteloa käytetään standardimoottoreissa ja se on yleisin kotelotyyppi. JP-kotelot käytetään räjähdysvaarallisissa tiloissa ja siksi kotelolta vaaditaan erikoisominaisuuksia. Tyypillinen ominaisuus on iso massa ja suuret seinämävahvuudet. Kotelot on, materiaalin paljouden ja liitäntäratkaisun ansiosta, turvallinen ja kipinävapaa kotelot. Uusissa M2BAT- kotelloissa päätavoitteena on halpa hinta ja kotelon kannen materiaalina toimiikin muovi. Open-deck kotelot, joille on ominaista hyvä IP-luokitus, korroosionkestävyys ja avattavuus olosuhteista huolimatta. Kotelot joutuvat alttiiksi luonnonvoimille, esimerkiksi avoimen laivan kannella, josta kotelon nimityskin tulee. Harvinaisemmat kotelotyypit olivat hitsatut liitinkotelot ja ohutlevyliitinkotelot, joilla saavutetaan halutut muodot ja ominaisuudet.

### 3.3 Ulkoiset liitäntäkaapelit

Ulkoisilla liitäntäkaapeleilla tarkoitetaan moottorin ulkopuolista liitintää, jossa kaapelit tuodaan suoraan staattorin käämityksestä läpiviennin kautta erilliseen liitäntäkoteloon. Kaapelit suojataan yleensä panssarisojaputkella, joita on saatavilla erikokoisina, eri materiaaleilla ja eri IP-suojausluokissa. Pääliitäntäkotelo saadaan sijoitettua asiakkaan haluamaan paikkaan ja liitännät ovat vähemmän riippuvaisia sähkömoottorin sijainnista. Ulkoisen liitäntäkotelon omaavaa moottoria käytetään esimerkiksi paikoissa, joissa on tilanpuutetta tai halutaan sijoittaa liitäntäkotelo vähemmän vaativampiin olosuhteisiin. Yksi käyttökohde moottoreille on ilmanvaihtoon tarkoitettujen tuulettimien pyörittäminen. Näissä sovelluksissa suuri liitäntäkotelo häiritsee ilmavirtaa aiheuttaen turbulenssia, joka puolestaan voi aiheuttaa ongelmia tuulettimen toimintaan. Kuvassa 3 keskeneräinen moottori ja liitäntäalusta, joka voidaan sijoittaa haluttuun paikkaan kaapelien fyysisten mittojen mukaisesti.

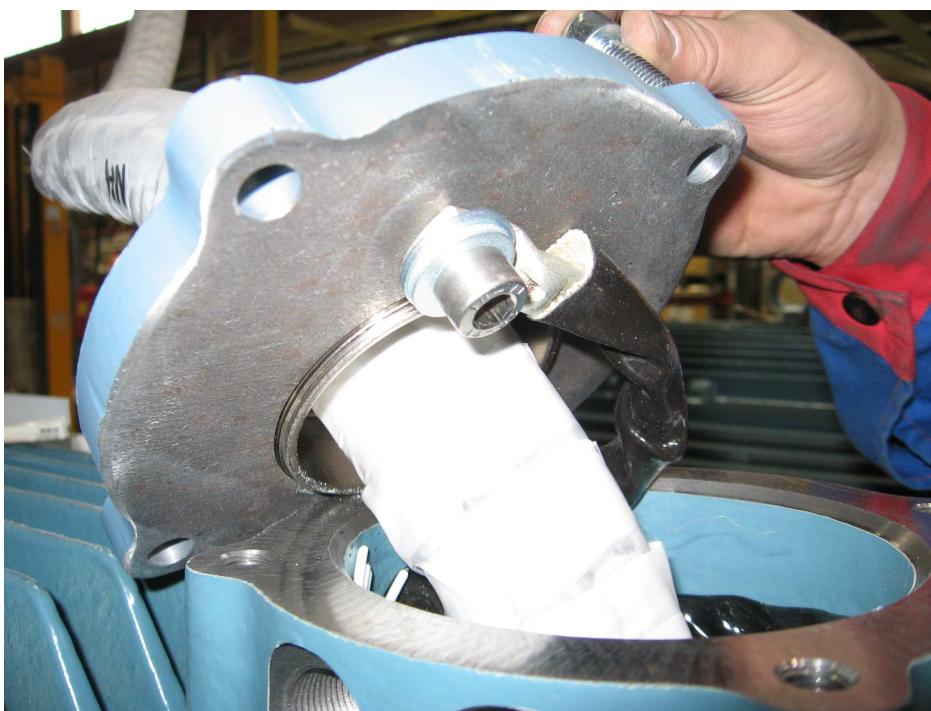


Kuva 3. M3BP 450 ulkoisilla liitäntäkaapeleilla.

### 3.4 Liittämiseen tutustuminen

Tavoitteena oli tutustua liitännän toimenpiteisiin ja saada parempi tuntemus työkuvasta ja tehtävistä. Tutustuminen tapahtui AL30-erikoislinjalla, jossa kokoonpanolinjan työntekijä näytti toimenpiteiden kulun.

Liitännän osien haun jälkeen ensimmäinen työtehtävä oli kaapelin ja läpivientilaitan asettelu sopivaan läheisyyteen sekä kaapelien alustava järjesteleminen staattoritilassa. W1, V1, U1 oikealle puolelle ja W2, V2, U2 vasemmalle puolelle. Maadoituksen kiinnitys tapahtuu liitäntälaippaan kaapelikengällä (kuva 4). Tässä moottoritapauksessa lisänä ovat laakerinvalvontalaitteet, jotka jäävät vielä sellaisenaan staattorirungon kauluksen sisälle piiloon. Valvontalaitteiden liitäntä tapahtuu koestuksen jälkeen. Laipan väliaikainen kiinnitys tapahtuu kahdella pultilla runkoon.



Kuva 4. Liitäntälaippa maadoituksineen.

Seuraavana työnkuvaan tuli moottorin sisäiset liitännät eli lisälaitte- ja vaihekytkennät. Vaihejohdot kuorittiin, puristettiin yhteen jatkoholkilla ja eristettiin moottorin vaatimusten mukaisesti (kuva 5). Lisälaittejohdoille suoritettiin sama toimen-



pide mutta vain pienemmässä mittakaavassa. Kaapelien eristykseen kiinnitettiin erityistä huomiota, sillä kyseessä oli Smokevent-moottori, joka vaatii tietyn lämpönkestävyyden ajan suhteen. Moottorin eristyksen lämpöluokka tulee olla yhtä luokkaa suurempi kuin sen lämpenemä /6/. Taulukko 1:ssä on moottorin lämpötilaluokat, jossa ensimmäinen luku tarkoittaa lämpötilaa Celsiusasteina ja toinen kesto minuutteina. Esimerkiksi F200-120 tarkoittaa 200 °C-120 min.

**Taulukko 1**

Lämpötilaluokka
F200-120, DOL
F300-60, DOL
T250-120, DOL
F200-120, VSD
F300-60, VSD
T250-120, VSD
F400-120, DOL
F400-120, VSD



Kuva 5. Vaihejohtimien liittäminen.

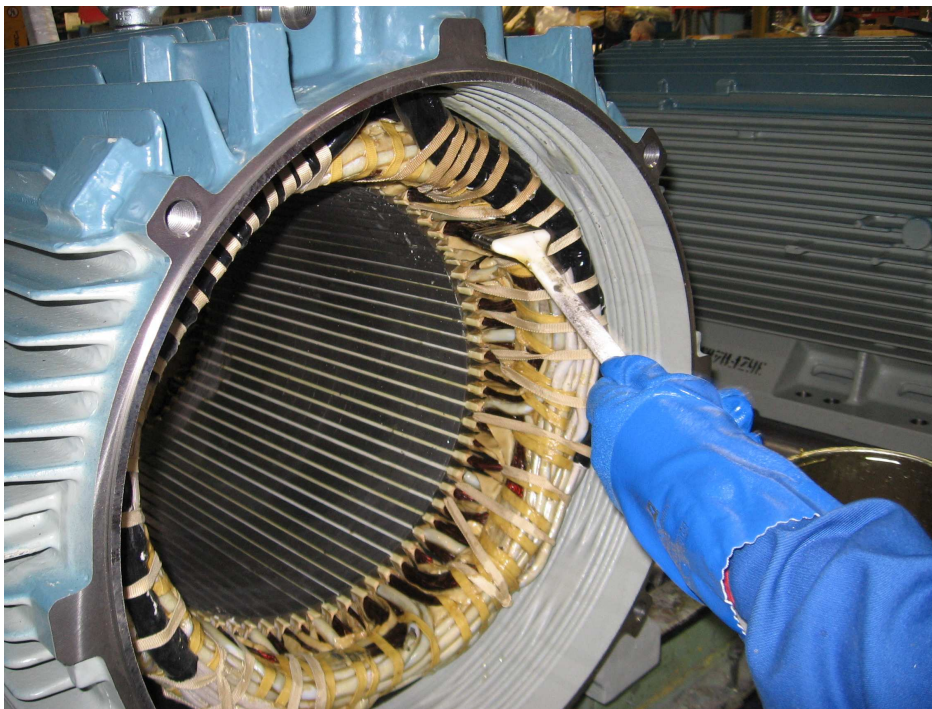
Johtimien liittämisen jälkeen suoritettiin kaapeleiden huolellinen sitominen, sillä löysät kaapelit voisivat vaurioittaa itseään, ja kaapeleita ei ollut vielä kunnolla kiinnitetty minnekään. Paksuja kaapeleita sitoessa apuvälinenä käytettiin kumi-

vasaraa ja kohteeseen tarkoitettua puukeppiä. Staattoripaketin hartsaamisesta johtuen kaapelit ovat jäykkiä ja paikallensa jähmettyneitä, jolloin huolellinen kiinnittäminen vaatii työstämistä (kuva 6).



Kuva 6. Kaapelien sitominen.

Kaapelien sitomisen jälkeen työvaiheena oli ulkoisten liitäntäkaapeleiden asiakkaan puoleisen päädyn lisälaittejohtojen merkitseminen ja kaapelikenkien asennus sekä sidottujen kaapelien lakkkaus. Lakan tarkoitus on jähmettää sidontanauha paikalleen, jottei se pääsisi purkautumaan ja aiheuttamaan moottorille vahinkoa (kuva 7). Lakkauksen jälkeen toimenpiteet tältä osin ovat valmiita. Moottorin seuraava päätepiste on kokoonpano ja koestus, jossa sen toiminta varmistetaan. Koesituksen jälkeen moottori tulee takaisin liitäntäpaikalle, jossa sen läpiviennin väliaikaisesti kiinnitetty laippa avataan ja staattorirungon kaulukseen pursotetaan sili-konia. Silikonin tarkoitus on eristää moottoritila ulkopuolisilta vaikutuksilta, kuten kosteudelta ja pölyltä. Jälkitöinä on myös mahdollisen panssariputken asennus moottorin ulkopuolelle jääville kaapeleille. Panssariputken tarkoitus on suojata kaapeleita ulkopuolisilta vaikutuksilta ja taata moottorin virheetön toiminta.



Kuva 7. Kaapelien sidontanauhan lakkaus.

### 3.5 IP-kotelointiluokat

Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi) on määritelty standardissa SFS-EN 60529. Standardin mukaan perusmääritelmä kotelointiluokalle on sähkölaitteen ulkokuoren kyky estää fyysinen kosketus laitteen sisällä oleviin vaarallisiin osiin ja estää pölyn, vieraiden esineiden tai veden haitallinen tunkeutuminen kotelointin suojaamiin laitteisiin. Itse IP-koodin on tarkoitus kuvastaa kotelon antamaa suojausluokkaa edellä mainittuja ulkopuolisia objekteja vastaan. /10/

Standardin mukaan IP-koodin (esimerkiksi **IP-56CH**) kaksi ensimmäistä kirjainta on lyhennys englanninkielisistä sanoista ”International Protection”. Lyhennyksen jälkeen tuleva ensimmäinen luku (**5**) kertoo kotelon kyvyn suojata liitännää kiinteiltä ulkopuolisilta objekteilta. Toinen luku (**6**) kertoo kotelon suojaustason nesteitä vastaan. Numeroiden jälkeen tuleva ensimmäinen kirjain (**C**) on valinnainen lisätietokohta, jota käytetään vain, jos kyseinen suojaustaso on suurempi kuin ensimmäinen numero. Viimeinen kirjain (**H**) on täydennyskenttä, jossa voidaan antaa lisätietoa laitteesta tai sen turvallisuudesta. Kotelointisuojausluokat löytyvät tarkemmin selvitettyinä liitteestä 1. /10/

Moottoreiden IP-suojaluokka vaihtelee käyttökohteesta riippuen. Liitäntäkoteloitten ja moottoriin tulevien läpivientien kotelointisuojaluokan tulee olla yhtä suuri kuin moottorilla. Standardiliitäntäkotelon suojaluokka on IP55 /12/.

## 4 KAAPELOINTI

### 4.1 Vaihejohtimet

Kaapelien valinnassa on huomioitava sen toiminta-aikana syntyvät kustannukset. Taloudellisuuden ohella on kaapelia valittaessa huomioitava jännitteenalenemisen pysyminen sallituissa rajoissa, terminen ja dynaaminen oikosulkukestoisuus, kuormitettavuuden kasvu, ympäristön mahdollisen muuttumisen vaikutukset sekä kemiallisen ja mekaanisen kestoisuuden riittävyys. /8/

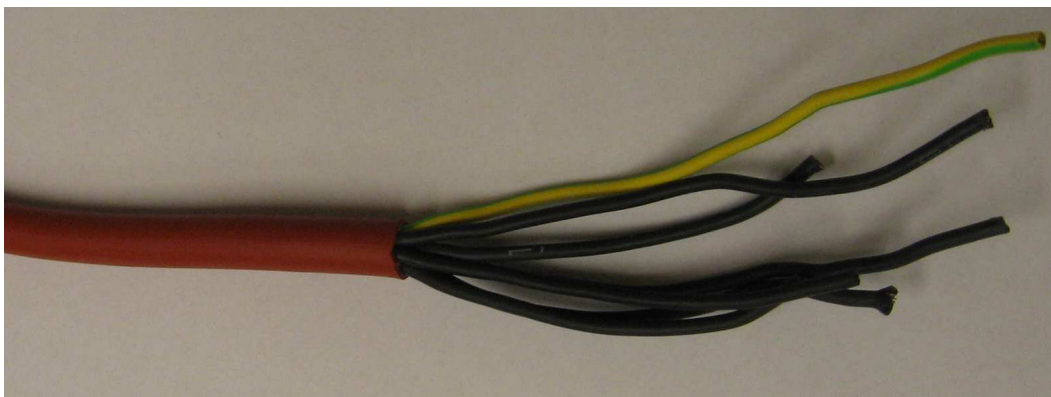
Tietyissä sähkömoottorin käyttökohteissa kaapeloinnin eristykseen kohdistuu kovia vaatimuksia. Kaapelin eristyksen tulee kestää suuret lämpötilat palamatta ja eristyskykyään menettämättä. Kaapeloinnin eristävyuden merkitys korostuu moottoreissa, jotka toimivat turvallisuuskriittisissä paikoissa, kuten Smokevent-moottorit, joiden tarkoitus on pahimmassa tapauksessa poistaa tappavia palokaasuja tunneleista pois. Moottorin toimintakyvyn takaamiseksi kaapelien eristyskyky ei saa tuhoutua.

### 4.2 Lisälaittejohtimet

Lisälaittejohtimilla tarkoitetaan asiakkaan haluamien lisälaitteiden signaalikaapeleita. Lisälaitteiden tarkoitus on valvoa tai avustaa moottorin toimintaa. Esimerkkejä lisälaitteista on PTC-termistorit, jotka valvovat moottorin käämityksen lämpötiloja ja ilmoittavat ylikuumenemistilanteista. Toinen esimerkki lisälaitteista on lämmitysvastuselementti, joka lämmittää käämitystä poistaen kosteutta ja helpottaen käynnistystä. Lisälaittevaihtoehtoja on lukuisia, riippuen asiakkaan toiveista ja yrityksen tarjoamista ratkaisuista. Pelkästään käämin lämpötilan valvontaan lisälaittevaihtoehtoja on monia, joista taulukko liitteessä 5.

Lisälaittejohtojen lukumäärä perustuu lisälaitteiden määrään. Lisälaittejohtojen kaapelointiratkaisuja tutkiessa sovellukseen hyväksyttiin vastaan tullut ratkaisu, jossa poikkipinta-alaltaan  $0.75 \text{ mm}^2$  johtimet oli niputettu seitsemän johdon sarjoihin yhden ollessa värityksiltään maadoitusjohdin. Valittuun sovellukseen lisälaittejohtimia voidaan laittaa tarpeen mukaan.

Kokoonpanon helppous ja edullinen rullahinta vaikuttivat kaapeliniipun valintaan. Etuina myös perinteisiin läpivientiratkaisuihin, joissa johdot kulkevat yksistään, on parempi eristys, jolloin kaapeliniiput voidaan suoraan kuljettaa metallisen läpiviennin läpi ilman lisäsuojauksia (kuva 8).



Kuva 8. Lisälaitekaapeli.

### 4.3 Kaapelien valmistuksen selostus

Ulkoisten liitântakaapeliniippujen valmistus tapahtuu alihankintana seuraavan ohjeen mukaisesti. Ohjetta käytettiin hyväksi läpiviennin suunnittelussa ja kaapelien standardointitarkasteluissa.

Vaihejohtimien kokonaispituus on asiakkaan haluama ulkoinen pituus, lisättynä työvarat. Maadoitusjohdon pitää ulottua asiakkaan puoleisessa päässä pidemmäksi kuin muut johdot. Johtimet lisäeristetään osaluettelon niin määrätessä. Asiakkaanpuoleisten kaapelien päät jätetään 200 mm:n matkalta ilman sukkaa. Moottorinpuoleisessa päädyssä johtimet jätetään 100 mm:n matkalta ilman sukkaa. Lisälaittejohtimissa on huomioitava lisäeristys ja 1000 mm muita johtimia pidempi mitta. Lisälaittejohtojen eristys tulee ulottua vaihejohtimien päiden kohdalle kaapelien molemmista päädyistä (kuva 9). /7/



Kuva 9. Lisälaittejohtojen eristys.

Vaihejohtimet sekä lisälaitteet tulee merkitä molemmista päädystä. Vaihejohtimet merkitään asianmukaisilla kirjaimilla ja numeroinneilla sekä lisälaittejohtimet niille tarkoitetuilla merkeillä. Johtimet teipataan yhdeksi nipuksi lasikuituteipillä siten, että johtimien kytkentäkaavan mukainen järjestys säilyy (kuva 10). /7/



Kuva 10. Johtimien merkintä ja järjestys.

Osaluettelon, niin määrätessä, lasikuituteipillä niputetut kaapelit laitetaan kutistemuoviletkuun. Kutistemuovin molemmissa päissä tulee olla riittävältä matkalta

lasikuituteippiä varmistamassa, etteivät johtimet vahingoittuisi läpiviennin kohdalla. Kutistus tapahtuu kaasulla, lämpöpuhaltimella tai uunissa. Mahdollinen suoja-putken ja välilaipan asennus tapahtuu kun nippu on vielä suorana. Suoja-putken kiinnitys tapahtuu holkin avulla välilaippaan. /7/

Ulkoisten liitänkäapeleiden valmistus tapahtuu pääosin alihankintana, mutta satunnaisesti kaapelinippuja joudutaan tekemään kokoonpanolinjalla. Syinä tähän ovat kaapelien puuttuminen tai virheelliset kaapelit.



## **5 LÄPIVIENNIN TIIVISTEMASSA**

### **5.1 Yleistä**

Tiivistemassan käyttö voidaan yhdistää eri käyttökohteisiin kuten kierrelukituksen, kierretiivistykseen ja laippaliitoksiin. Tässä osiossa käydään läpi valamista ja erityisesti kaapeleiden läpiviennin eristystä ulkopuolisia vaikutuksia vastaan.

Sähkämöottorin kotelointiluokat määritellään standardissa IEC 60034-5 ja jäähdytysmenetelmät standardissa IEC 60034-6. Kotelointiluokka on riippuvainen valitusta jäähdytystavasta ja päinvastoin. Esimerkiksi jäähdytysmenetelmä IC 01, ei sovi yhteen suojausluokan IP44 kanssa sillä jäähdytysmenetelmä vaatii avointa konetta. /8/

Liitännän läpiviennin tulee siis täyttää vähintään moottorilta vaadittu suojausluokka. Suojausluokka on riippuvainen moottorityypistä ja käyttökohteesta, jossa kone tulee toimimaan.

### **5.2 Vaatimukset**

Tulevassa sovelluksessa tullaan mahdollisesti käyttämään kahta eri tiivistemassaa moottorin käyttökohteesta riippuen. Ilman erikoisvaatimuksia tuotteessa käytetään jo hyväksi todettua tiivistemassaa, joka täyttää siltä odotetut vaatimukset. Smokevent-moottoreissa käytetään sertifikaatin vaatimusten mukaista tiivistemassaa. Smokevent-moottoreiden sertifikaatti löytyy liitteestä 2. Tiivistemassan tulee siis kestää pahimmassa tapauksessa 400 °C:tta ja 120 minuuttia palamatta. Tiivistemassan syttyminen voi aiheuttaa vaaratilanteita, kun palava massa vahingoittaa kaapeleiden eristystä ja häiritsee siten moottorin toimintaa.

### **5.3 Tiivistemassan valinta**

Tiivistemassan valinta tapahtui osaksi yhteistyössä Henkel Norden Oy:n kanssa. Päätös ei ollut helppo, sillä sertifikaatin asettamiin olosuhteisiin ei ole tehty sopivaa tuotetta. Yrityksellä oli antaa neljä vaihtoehtoista tuotetta, joiden oletetaan kestävän vaaditut olosuhteet. Vaihtoehtoissa oli mukana kaksi epoksi- ja kaksi

silikonipohjaista tiivistemassaa. Ilman luotettavaa tietoa ei tiivistemassoja voida ottaa käyttöön, joten tuotteita päätettiin testata. Testiin osallistuvat tuotteet ovat Henkelin ehdottomat neljä tuotetta, Loctite Hysol 9492, Loctite Hysol 9497, Loctite 5615, Loctite 5610 ja tällä hetkellä Ex-moottoreissa käytössä oleva Loctite 9466. Kaikki tuotteet ovat kaksikomponenttituotteita. Henkel Norden Oy:n tuotteiden lisäksi Ex-holkkeihin suoritettiin valu yksikomponentti RTV-supersilikonilla, joka on tehtaalla käytössä. Testit suoritettiin Smokevent-moottoreiden testin yhteydessä Ranskassa.

#### **5.4 Tiivistemassan valaminen ja työterveys**

Valaminen tapahtuu kaapelien paikoittamisen jälkeen. Tiivistemassan tarkoitus on pitää kaapelit paikallaan ja taata läpiviennin IP-vaatimusten täyttyminen. Valitun läpiviennin tiivistemassan asennusohje löytyy liitteestä 3.

Yksi tärkeä osa valamisprosessia on tiivistemassatuotteiden käyttöturvallisuustiedotteen läpikäyminen. ABB-työturvallisuuspolitiikan mukaan, tuotteita ei saa käyttää ilman asianmukaisen tiedotteen läpikäymistä.

## 6 KILPAILEVAT MOOTTORINVALMISTAJAT

Moottorinvalmistajia löytyy useita. Muutamana esimerkkinä VEM, Leroy Somer, WEG ja Siemens. Ulkoisten liitänkäapeleiden omaavia erikoismoottorituotteita löytyy myös kilpailijoilta ja näiden sisäisestä rakenteesta on hyvin vaikea saada selkoa. Moottorivalmistajien tuoteluetteloista löytyi usein moottorin räjäytyskuvia, mutta jostain syystä räjäytyskuvat eivät koskeneet liitänkää. Esimerkkivalmistajia ulkoisten liitänkäapelien omaavista moottoreista ovat Brook, Cemp, WEG ja Siemens.

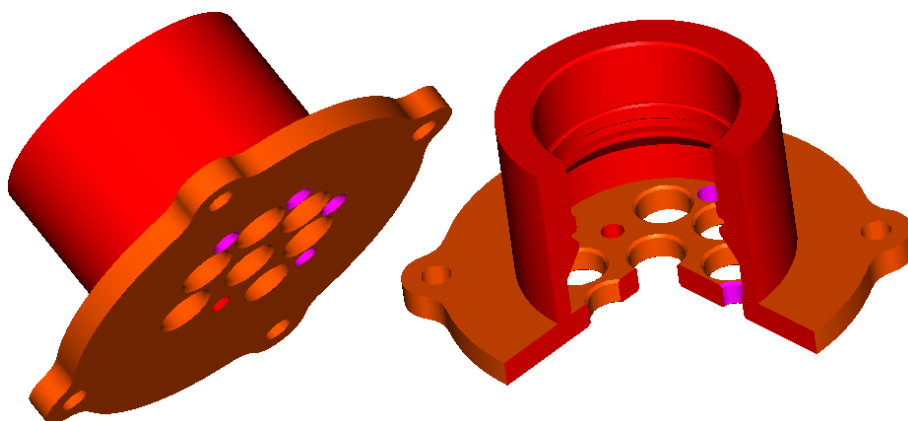
Kilpailijoiden tuotteet ovat saaneet asiakkaiden ja ABB:n huomion halvemmalla tuotteella ja vähän virtausvastusta tuottavilla liitänkäratkaisuilla. Kilpailijoiden tuotteissa on edullisempi panssariputki ja kaapelien läpivienti. Halvempi panssariputki johtuu luultavasti huonommasta IP-suojausluokasta tai suojaputken muista ominaisuuksista. Näihin ongelmakohtiin pyrittiin työn ratkaisuvaihtoehdossa pureutumaan.

## 7 RATKAISUVAIHTOEHDOT

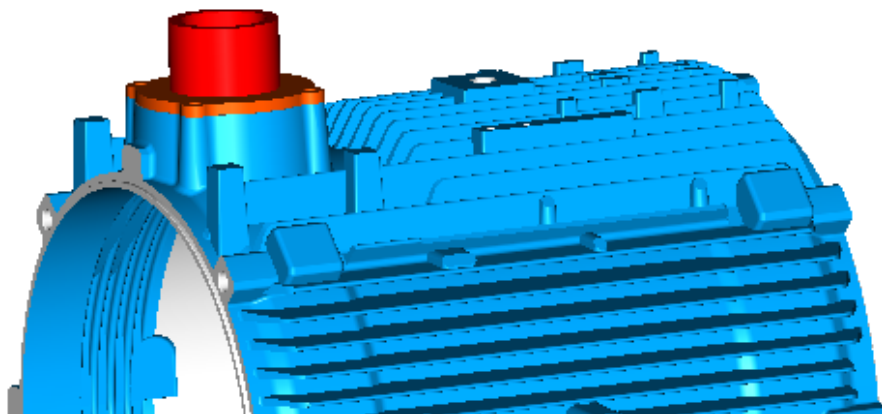
### 7.1 Akselikorkeus 280-315 mm

Neljästä eri ratkaisuvaihtoehdosta 1, 2 ja 4 olisivat alihankinnassa teetettäviä kokonaisuuksia. Alihankkija ostaisi itse tai heille lähetettäisiin tarvittavat osat. Läpivienti varustettaisiin määrätynmittaisilla kaapeleilla ja asianmukaisella eristyskelällä. Kaapeleiden asettelun jälkeen läpivientiin pursotettaisiin tiivistemassaa, joka eristää staattorin ulkopuolisilta vaikutuksilta. Sähkömoottorin valmistuksessa valmis tuote asennetaan ratkaisuvaihtoehdosta riippuen kokonaisuutena pakettina tai standardilaippaan kierteityksellä. Liitännän toimenpiteiksi jäisi staattorista lähtevien vaihe- ja lisälaittejohtimien liittäminen läpiviennin vastaaviin johtimiin sekä mahdollisen panssariletkun asennus.

**Ratkaisuvaihtoehto 1, versio 1:** Kaksiosainen hitsattu kokonaisuus, joka koostuu rakenneputkesta sorvatusta holkista sekä laipasta, jossa on reiät vaihejohtimille ja lisälaittekaapeleille (kuva 11 ja 12). Sorvattuun osaan tulisi M75 kierre panssariputken kiinnitystä varten. Kaapelien asennuksen jälkeen holkkiosa valetaan tiivistemassalla, jolloin kaapelit pysyvät tiukasti läpiviennissä kiinni eristäen samalla staattorin ulkopuolisilta vaikutuksilta. Tuote on mahdollinen valmistaa tulevaisuudessa yksiosaisena valuna, jolloin suurilla tuotantomäärillä kappalehinta aleni.

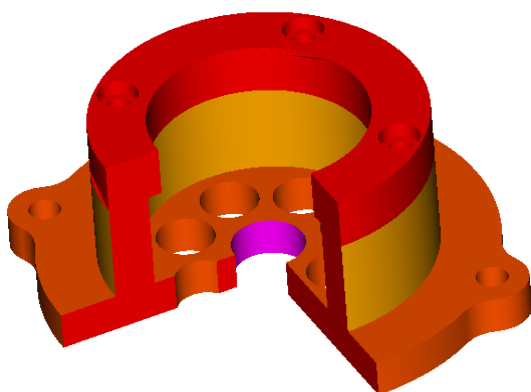


Kuva 11. Versio 1.



Kuva 12. Versio 1.

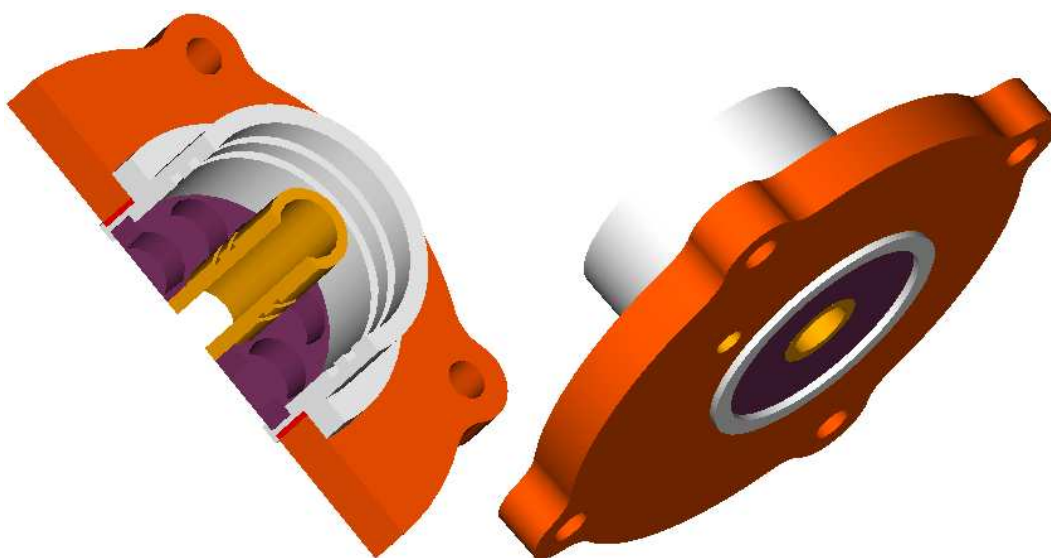
Versio 2 jossa on sama periaate kuin edellä, mutta ratkaisu on hitsattava kolmi-osainen läpivienti. Ratkaisu koostuu rakenneputkesta tehdystä leveästä alaosasta, johon liitetään erillinen laippa sekä kansi M75-kierteellä (kuva 13). Ideassa on yksinkertaisemmat osat, joiden koneistus olisi halvempaa kuin edellisen version. Haittapuolena on suurempi osien ja liitäntäpintojen lukumäärä.



Kuva 13. Versio 2.

**Ratkaisuvaihtoehto 2:** Sorvattava holkkiläpivienti, jossa lisälaitte johdoilla on oma, moottorin kokoonpanon yhteydessä tiivistettävä putki. Kolmas osa läpiviennissä on tiivistekumi, jota käytetään kaapeleiden kiinnitykseen käytetyn tiivistemassan valumisen estämiseksi (kuva 14, lila osa). Johdinkaapelit valetaan tiivistemassalla. Kuvan 12 oranssi laippa on moottorikokojen 280–315 käytössä oleva standardiosa, jossa M75-kierre panssariletkun liittimelle ja M10-reikä maadoituskaapelin kiinnitykselle. Sorvattavassa holkkiläpiviennissä kaksi M75-kierrettä,

joista toinen liitetään laippaan ja toinen panssariletkuun. Normaalista poiketen panssariletku liitettäisiin holkkiin sisäpuolisella M75-kierteellä. Etuina ratkaisussa on lisälaittejohtojen vieni putken kautta ja pienikokoisuus. Moottorin kokoonpanon yhteydessä on tällöin mahdollisuus viedä haluttu määrä lisälaittejohtoja erillisen putken läpi. Haittapuolena on maadoituksen ja lisälaitteputken ahtaus. Paljon lisälaitteita omaavassa moottorissa putken halkaisija ei olisi riittävän suuri viestikaapelien läpiviemiseksi. Ilman ahtausongelmia ratkaisu olisi näppärä ja mahdollisesti toimiva ratkaisu.



Kuva 14. Ratkaisuvaihtoehto 2.

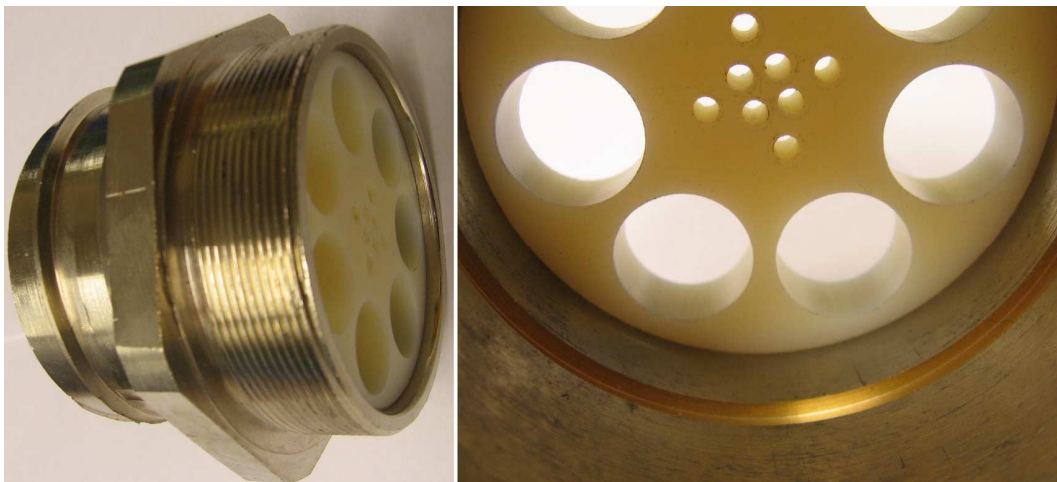
**Ratkaisuvaihtoehto 3:** Joustava kumimainen Roxtec-eristin (kuva 15). Etuina on muunneltavuus eri kaapelihalkaisijoille. Kaapelien tiivistäminen suoritettaisiin kumimaisilla eristimillä, joilla jokaisen kaapelin läpiviennin koko määritettäisiin sopivaksi. Vertailuna vaihtoehtoisten ratkaisujen kustannuksiin ja helppoon kokoonpanoon, idea ei päässyt jatkokehitykseen.



© Roxtec International AB 2010

Kuva 15. Roxtec eristinmoduli.

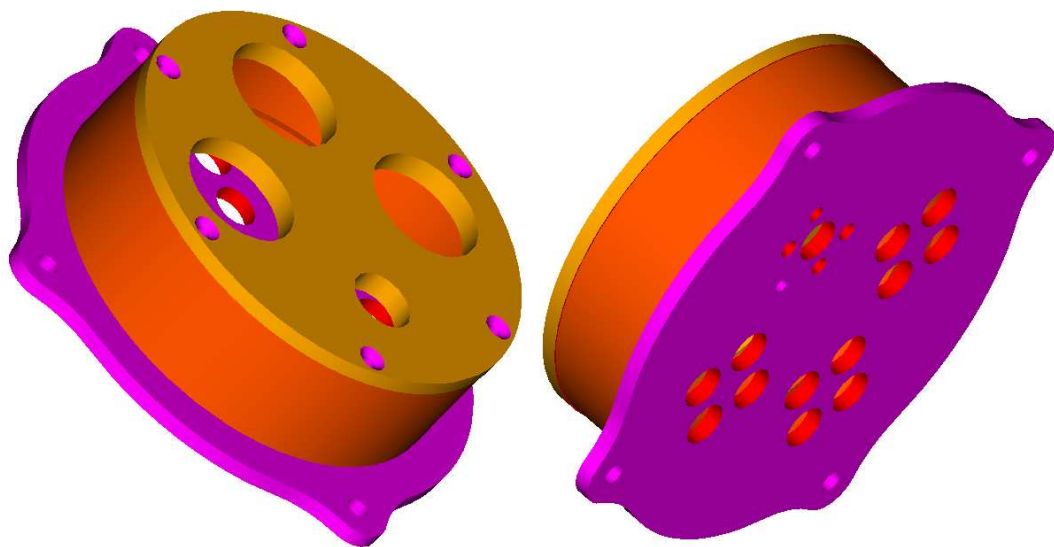
**Ratkaisuvaihtoehto 4:** Flexicon panssariletkun liittimeen suoritettu valu, jossa johtimet pysyvät paikoillaan kuvassa 16 näkyvällä valkoisella nailonholkilla. Nailonholkin tarkoitus on olla väliaikaisratkaisu prototyypin valmistuksen ajaksi. Holkki korvattaisiin samantyyppisellä osalla, mutta materiaalina toimisi kumi. Holkkiin on sorvattu tiivistemassan ja nailonholkin kiinnittämiseksi railot. Ratkaisulla päästäisiin pienimpään mahdolliseen osamäärään ja hinta olisi ehdottomasti edullisin. Huonoina puolina on holkin lujuuden epätietoisuus ja mahdollinen valmistajan vaihtuminen. Kaikkien valmistajien panssariletkuliittimet eivät välttämättä ole samanlaisia ja esimerkiksi tiivistemassan kiinnittämiseksi tehty ura holkin paksuimpaan kohtaan, voisi aiheuttaa toisen valmistajan tuotteessa ongelmia. Ongelmaksi tulee siis yhteen alihankkijaan tukeutuminen joka ei välttämättä olisi viisasta.



Kuva 16. Flexicon panssariletkun liitin.

## 7.2 Akselikorkeus 450 mm

Edellisten ideointien pohdintojen tuloksena kokoluokan 450 mm läpivienniksi sovelletaan toimivinta ratkaisua. Ideana on kolmiosainen valettava läpivienti, jonka kannessa on 3xM75-kierre-reikä vaihejohtimille ja M40-kierre-reikä lisälaitte- ja maadoitusjohtimille (kuva 17). Kansi kiinnitetään runko-osaan M8 pulteilla. Osakokonaisuus tulisi alihankinnasta, jossa siihen on valettu johdot kiinni. Moottori- tehtaan kokoonpanossa laippa asetetaan moottorikauluksen päälle ja työurakka koostuu vain johtimien liittämisestä.



Kuva 17. Kokoluokan 450 ratkaisuvaihtoehto.



## **8 KUSTANNUSTARKASTELOT**

### **8.1 Materiaalivalinnat**

Toivomuksena läpiviennin ratkaisuun on ollut edullisempi hinta. Halvempi hinta saadaan tässä tapauksessa aikaan teknisillä ratkaisuilla, materiaalin valinnalla ja halvemmilla alihankintaosilla.

Tulevassa ratkaisussa läpivienti on valettu tiivistemassalla, jolloin kaapelien suojaamiseen tarkoitettu panssariputki ja sen holkit eivät tarvitse yhtä suuria suojausluokkia kuin nyt. Tällä hetkellä, jos panssariputken suojausluokka ei ole suurempi tai yhtä suuri kuin moottorin, tulee sen kaapeliläpivienti tiivistää silikonimassalla, jottei putken huono IP-luokitus häiritä tai vaarantaisi moottorin toimintaa. Tulevassa läpivientiratkaisussa voidaan panssariputkeksi valita taloudellisesti järkevin IP-luokituksista ja lisätiivistyksistä välittämättä, sillä kaapeliläpivienti on jo valmiiksi tiivistetty.

Uusi ratkaisu antaa siis enemmän pelivaraa suojaputken valintaan. Nykyinen suojaputken hinta on ollut kallis ja moottorille tuleva lisähinta heikentää kilpailukykyä. Nykyään käytössä olevat panssariputket lisäävät moottorin kokonaishintaa kokoluokissa 280–315 jopa 23-29 % ja kokoluokissa 355–450 jopa 9-22 % /5/. Vaihteluväli riippuu moottorin valmistuskustannushinnasta sekä eri kokoluokkien panssariputkien hinnoista. Mitä isompi ja kalliimpi moottori sitä pienempi panssariputken osuus on.

### **8.2 Valmistus**

#### **8.2.1 Kokoluokkien 280–315 läpiviennin runko**

Prototyypin valmistus tuli maksamaan noin 500 euroa kappaleelta ja niitä valmistettiin kaksi. Hitsatusta tuotteesta lähetettiin tarjouspyyntö prototyypin valmistavalle yritykselle. Suomessa tehtynä sarjavalmistetun tuotteen kappalehinta on noin 48 euroa. Halpavalmistemaasta tilattuna tuotteen arvioitu hinta voisi olla noin 30 euroa. Läpiviennin runko-osa on mahdollista valmistaa myös valuna, jolloin läpiviennin rungon arvioitu hinta koneistuksineen on noin 20 euroa. Tuottees-

ta tehdyn tarjouspyynnön tuloksena alihankkijan ilmoittama 48 euron hinta olisi tuotteen todellinen hinta. Muut hinnat ovat ostajan kanssa yhteistyössä pohdittuja arvioita.

### **8.2.2 Kokoluokkien 280–315 läpivienti kaapeleineen**

Tällä tarkoitetaan läpivientiä, jossa oikeanmittaiset kaapelit on asennettu ja valettu kiinni. Läpiviennin kokoonpanokuva löytyy liitteestä 3 ja siitä saa kokonaiskuvan mitä koko läpiviennillä tarkoitetaan. Tämä kyseinen kuva on tarkoitus toimittaa alihankkijalle valamis- ja kokoonpano-ohjeeksi. Läpiviennin hintavaihteluiksi tulee 200–3000 euroa. Vaihtelu on suuri sillä 90 % hinnasta on johdinkaapelien osuutta. Esimerkiksi Smokevent-moottoreiden erityisvaatimuksien takia kaapeleiden laatuun on panostettu, joten näiden moottoreiden kaapeleiden hinta sijoittuu hintavaihtelun yläpäähän. Rungon prosentuaalinen osuus koko läpiviennin hinnasta vaihtelee paljon. Kalliimmissa vaihtoehdoissa rungon valmistusmenetelmä on yhdentekevää kun taas halvimmissa se voi muodostaa jopa neljäsosan tuotteen hinnasta.

### **8.2.3 Kokoluokan 450 läpiviennin runko**

Isomman koon takia prototyypin valmistus tuli maksamaan noin 800 euroa. Pientä ongelmaa ilmeni prototyypin valmistuksen yhteydessä tehty kustannuslaskenta, sillä valitun holkkiosan taulukkokirjasta valittu materiaali-putki ei ollut standardi-putkea ja sen saatavuus oli heikompi. Kymmenen kappaleen eräkoolle läpiviennin hinnaksi saatiin 335 euroa/kpl. Hintaa nostaa suurempi osien lukumäärä, harvinaisen ainesputki ja pienempi arvioitu volyyymi.

### **8.2.4 Kokoluokan 450 läpivienti kaapeleineen**

Kappaleeseen pätee samat määrittelyt kuin pienemmissä moottorikokoluokissa. Läpiviennin kokoonpanokuva löytyy liitteestä 6. Kaapelien prosentuaalinen osuus hinnasta ajatellaan pysyvän samana.

### **8.2.5 Vaihekohtaiset johtojen pituudet**

Yksi valmistuksen hintaa ja turhaa materiaalin käyttöä vähentävä idea oli vaihekohtaisten kaapelipituuksien asettaminen. Staattorista lähtevistä kääminpäistä tulevat johtimet sijoittuvat eri kohtiin, toiset ylemmäs ja toiset alemmas. Tämä tarkoittaa sitä, ettei kaikista vaihejohtimista tarvitse tehdä yhtä pitkiä vaan oikein tehdyn porrastuksen ansiosta päästään pieneen johdinhukkaan.

## 9 PROTOTYYPPI

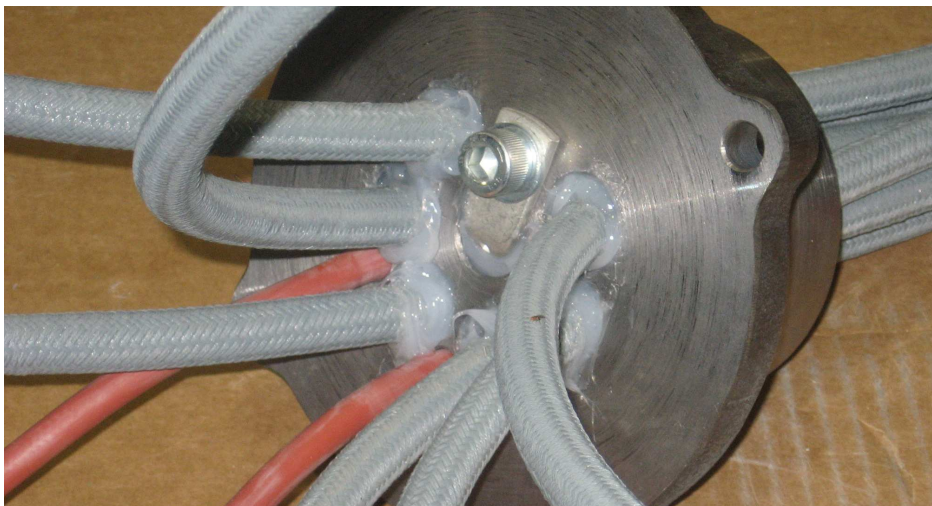
Prototyypin valmistus suoritettiin kokoluokan 280–315 läpiviennille. Tarkasteluiden jälkeen läpiviennissä on tarkoitus testata käytettävää tiivistemassaa. Prototyypin lisäksi valmistettiin viisi muuta tiivistemassavalua Ex-läpivientiholkkeihin. Tehdyt läpiviennit lähtevät Smokevent-koneiden mukana testattavaksi Ranskaan, jossa läpivienti altistetaan 400 °C:lle 120 minuutiksi. Tiivistemassojen valinnasta on tarkemmin selitetty kappaleessa viisi.

Prototyypin valmistus aloitettiin maadoituskaapeliin tulevan kaapelikengän puristamisella ja asentamisella laippaan (kuva 18). Prototyyppi valmistettiin asennusohjeen mukaisesti, joka löytyy liitteestä 3.



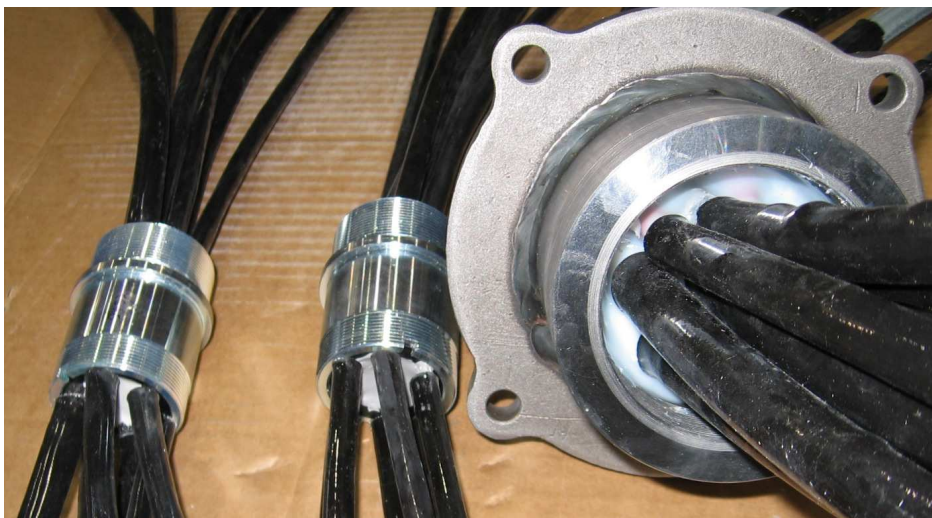
Kuva 18. Maadoituskaapelin asennus.

Maadoituskaapelin asennuksen jälkeen tarkoituksena oli asentaa vaihe- ja lisälaittekaapelit, mutta prototyypin valmistushetkellä käsillä ei ollut kaapeleiden tiivistekumeja. Vaihejohtimien reiät laipassa olivat kuitenkin sen verran isot, että juokseva tiivistemassa ei pysyisi valutilassa. Väliaikaisena ratkaisuna ongelmaan johdinkaapelien ja laipan välisiin reikiin päätettiin pursottaa silikonista. Läpiviennin tulevassa valmistuksessa laipan ja kaapelien välinen rako tiivistetään siihen tarkoitettulla tiivistekumilla (kuva 19).



Kuva 19. Kaapelien tiivistys.

Tiivistesilikonin kuivuttua läpivientiin suoritettiin lopullinen valu joka pitää kaapelit paikoillaan ja tekee läpiviennistä tiiviin. Kuvassa 20 näkyy oikealla tehty prototyyppi ja vasemmalla kaksi Ex-holkkia.



Kuva 20. Prototyyppi ja eri tiivistemassat.

Yleisesti ottaen prototyyppi tuntui hyvin toimivalta ja sen valmistus oli helppoa. Pienet ongelmat, kuten kaapelien pysyminen paikallaan ja tiivistemassan päätyminen kierteityksiin, on ratkaistavissa oikeilla valmistusmenetelmillä. Moottorinvalmistuksen kannalta läpivienti vaikuttaa myös toteutuskelpoiselta ja varsinaisia ongelmia ei ole löydetty.

## 10 TUOTTEEN SUUNNITTELUPROSESSI

Nykyään on olemassa useita erilaisia kuvauksia ja malleja innovaatioprosesseista. Aikaisemmin kyseistä toimintaa on kutsuttu tuotekehitysprosessiksi, mutta nykykäsityksen mukaan sitä ei voida enää pitää muusta irrallisena prosessina vaan siihen kuuluvat toiminnot ovat liittyneet yrityksen moniin muihin toimintoihin. Tästä syystä tuotekehitysprosessia on parempi kutsua innovaatioprosessiksi tai innovaatiotoiminnaksi. /9/

Kun kyseessä on selkeästi projektimainen toteutus, joka sisältää aikataulutuksen, tavoitteiden asetuksen, rajatun kohteen ja resurssien hallinnan, voidaan puhua tuotekehitysprojektista. Tuotekehitysprojektit kuuluvat osana innovaatiotoimintaan, joka on hajautettua, mutta jatkuvaa jokapäiväistä toimintaa./9/

Edellä mainittujen perusteluiden mukaan työtä voidaan kutsua tuotekehitysprojektiksi. Tuotekehitysprojekteille on olemassa monta erilaista mallia, joilla niitä voidaan viedä läpi ja niitä pyrittiinkin käyttämään hyväksi, mutta siitä huolimatta innokkuuden tai kokemattomuuden takia malleja ei pystytty hyödyntämään parhaalla mahdollisella tavalla. Tästä johtuen suunnittelussa jouduttiin palaamaan monta kertaa aikaisempiin, ehkä hieman nopeasti mietittyihin asioihin ja tarkastelemaan uudestaan nämä kohdat. Ratkaisun lopullisen muodon lähestyttyä isojen muutosten läpivieminen on suuremman kynnyksen takana, jolloin ne eivät välttämättä pääse lopulliseen tuotteeseen niin helposti.

Suunnittelu- ja mallinnusprosessin läpiviemisessä etuina on 3D-ohjelmistojen ja PDM-järjestelmien käytön sekä työympäristön tuntemus. Ohjelmistojen käytön sujuvuus nopeuttaa mallinnusprosessia ja vastoin tuotekehitysprosessikaavioiden opetuksia, pystytään luonnosteluvaiheessa tekemään nopeita periaatteellisia ratkaisuvaihtoehtoja 3D-ohjelmistolla. Ideoiden tuottamista käsin ei toki sovi unohtaa.

Tiedon saannin ja käytön ongelmista päällimmäisenä oli epätietoisuus siitä kuka tietää ja mitä. Ohjaajan sekä oikeiden yhdyshenkilöiden ajamana alkoi informaatiota asiasta kuitenkin tulla, jolloin oma-aloitteinen työskentely pääsi alkuun.

Tiedon saannin toinen ongelmakohta oli liitännän toimenpiteisiin tutustuminen tehtaalla. Tämä asia oli ongelmallinen ainakin työn alkuvaiheessa, jolloin hieman harvinaisempien ulkoisten liitänkäapeliin omaavia moottoreita valmistettiin harvakseltaan. Silloin kun moottoreita oli paikalla, oma aikataulu ei antanut myöden ja tutustuminen lykkääntyi.

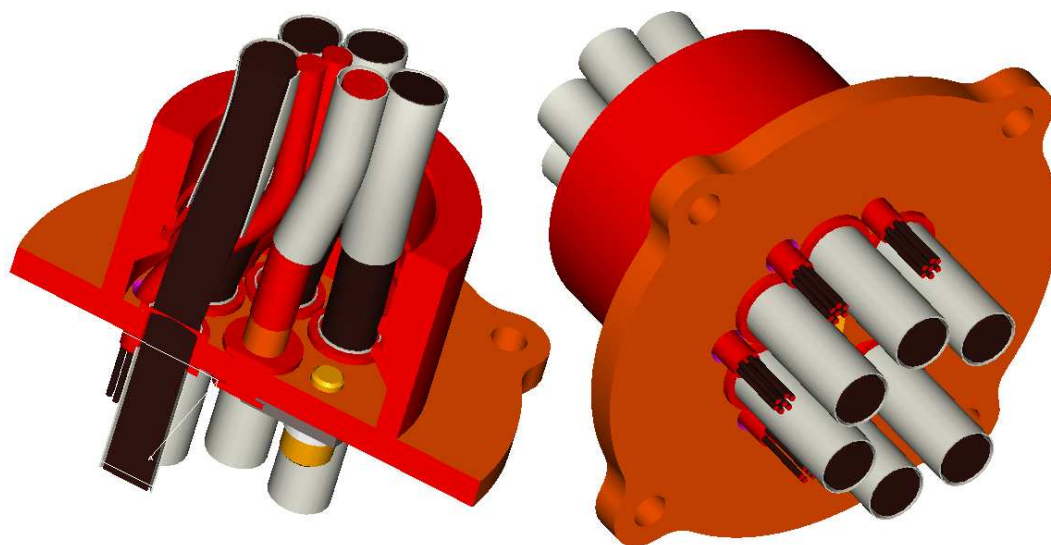
## 11 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 11.1 Valitut ideat ja perustelut

#### 11.1.1 Lämpivientiratkaisut

Moottorikokoluokille 280–315 valitaan ratkaisuvaihtoehto yksi, jossa on rungon osalta prototyypivaiheessa kaksi toisiinsa hitsattavaa osaa. Vaihtoehto on toimivin ratkaisu luonnostelluista läpivienneistä. Jatkokehityksen ansiosta läpiviennin maadoituspaikka, laipan rei'itykset ja holkin koneistukset saivat viimeisen muotonsa (kuva 21). Maadoituksen liittämiseksi laippaan valittiin 90° kulmassa oleva kaapelikenkä, jonka suunta on ylöspäin kun läpivientä pidetään normaaliasennossa. Maadoitusratkaisu näkyy selkeästi läpiviennin valmistusohjeessa liitteestä 3. Kyseisestä läpivientiratkaisusta on tehty osa- ja kokoonpanokuvat, joiden avulla läpivienti pystytään valmistamaan.

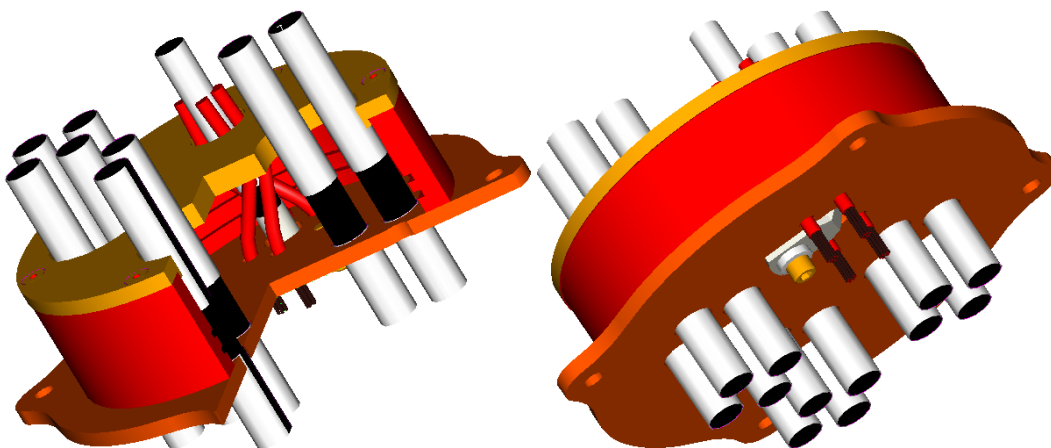
Lisälaitekaapelien määrää voidaan sovelluksessa vaihdella yhden ja neljän väliltä, jolloin maksimissaan lisälaitajohtimia on 24 kappaletta. Vähimmäismäärä on 6, jolloin ylimääräiset johdot katkaistaan. Jos tarvetta ei ole käyttää kaikkia neljää lisälaitajohtinta, on reiät tarkoitus tukkia tulpalla, jolloin tiivistemassa ei pääse valumaan itseksensä ulos.



Kuva 21. Lämpivientiratkaisu johtimiseen.



Moottorikokoluokassa 450 on pienemmistä kokoluokista valittua ideaa jalostettu eteenpäin. Kehittämisvaiheessa läpiviennin koko pyrittiin pitämään mahdollisimman pienenä. Panssariputkien liitosholkkien määräämänä sorvattavan holkiosan ja kannen halkaisija on kutistettu pienimmäksi mahdolliseksi. Lähekkäin oleville liitosholkeille on kuitenkin jätetty pelivaraa mahdollisen valmistajan vaihtumisen takia. Läpiviennin korkeus pyrittiin myös pitämään mahdollisimman matalana. Ongelmana matalan läpiviennin tekemisessä oli valmistuksen toivomus, ettei läpivientä vietäisi staattorikauluksen liitännän tasopinnan alapuolelle. Läpiviennin vieminen sen alapuolelle voisi tehdä tilasta ahtaan aiheuttaen liitännän toimenpiteiden hankaloitumista. Maadoituksen ja lisälaittejohtojen periaate pysyi samana kuin pienemmissä kokoluokissa. Läpivientiratkaisu on esitetty kaapeleineen kuvassa 22 ja kokoonpano-ohje liitteessä 6. Kokoluokan 450 ratkaisusta on myös tehty osa- ja kokoonpanokuvat valmistusta varten.



Kuva 22. Läpivientiratkaisu johtimiseen.

### 11.1.2 Tiivistemassa

Tiivistemassan valinnassa pääkriteerinä on sen lämmönkestävyys mutta muita huomioon otettavia asioita on valettavuus ja jähmettymisaika. Lämpötestien perusteella tullaan valitsemaan sopivin vaihtoehto. Yksi vaihtoehtoisista tuotteista on jo käytössä oleva tiivistemassa ja sen soveltuvuutta läpivientiratkaisuihin testataan. Jos mikään vaihtoehtoisista tiivistemassoista ei täytä sille asetettuja vaati-

muksia, on löydettävä korvaavia tuotteita. Henkel Norden Oy:n edustajan puheiden mukaan, heillä on kehitteillä tiivistemassa suurten lämpötilojen käyttökohteille. Toisia mahdollisia valmistajia voisi olla esimerkiksi FortaFix, Britannia tai Oy Sika Finland Ab. Molemmilta valmistajilta voisi löytyä tuotteita vaadittuihin olosuhteisiin.

## **11.2 Kaapeliniemikkeiden yksinkertaistaminen**

Opinnäytetyön yksi tavoite oli eri kaapelikokojen yhdistäminen. Kaapelien monilukuisuuden takia suurten volyymsisarjojen tilaus ei ole mahdollista. Etenkin kalliiden erikoiskaapelien tapauksessa kaapelikokojen yhdistäminen toisi yritykselle helposti suuriakin säästöjä.

Suuren tarkistustyön takia kaapeleiden yksinkertaistaminen liitettiin vain kalliiseen CNVAS- kaapeliin. Ostosastion arvion mukaan käytettyjen CNVAS-kaapelien arvo koko läpiviennistä voi olla jopa 90 %. Tällöin säästöt kaapelien hankintahinnasta vaikuttavat suoraan läpiviennin hintaan. Kaapelien toimitusajat ovat pitkät ja suurempien erien tilaaminen laskee kaapelikelan hintaa.

Kaapelikoon 50 mm<sup>2</sup> omaavat moottorit on tarkoitus muuttaa toimiviksi kaapelikoolla 70 mm<sup>2</sup>. Kaapelikokoluokilla tarkoitetaan eri poikkipinta-alan omaavia kaapeleita. Koot määräytyvät pääosin sähköisten vaatimusten mukaan ja tässä tapauksessa siitä ei ole haittaa, sillä kaapelikoko muutetaan suuremmaksi.

Kaapelikoon suurentaminen tarkoittaa käytännössä muutosta staattoripakettien mitoitusmittoihin, jossa määräytyy kääminpäihin asennettuihin johtimien jatkokoholkkien koko. Jatkokoholkkien isommaksi vaihtaminen ei haittaa vaikka vanhaa 50 mm<sup>2</sup> kaapelia käytettäisiin. Holkin puristuslujuus voidaan pitää samana lisäämällä jatkokoholkkiin kuparipaloja täytteeksi.

## 11.3 Kehitysehdotukset

### 11.3.1 Suunnittelu

Ensimmäinen tärkeä asia, joka tulisi ottaa paremmin huomioon, on tuotekehitysprojekteissa käytettävien prosessien hallitseminen. Tällä voitaisiin saavuttaa kokonaisvaltaisempia ja monia osapuolia tyydyttäviä kehitysratkaisuja. ABB Oy Motorsilla on käytössä Gate-malli, jota käytetään isojen projektien läpiviemiseen. Tieto ABB:n käyttämästä Gate mallista saatiin liian myöhään, joten sitä ei ole käytetty työssä hyväksi ja sen periaatteita ei selvitetä. Seuraavissa kappaleissa löytyy kuitenkin esimerkki Ulrcih-Eppinger – mallista, jonka oikeaoppinen hyödyntäminen olisi voinut tuoda lisäarvoa myös tälle työlle. Suunnitteluprosessin hallitsemiseen löytyy monia eri malleja ja tässä on mainittuna vain yksi. Pääperiaatteet ovat kuitenkin kaikissa samoja.

**1. Tuoteohjelman suunnittelu:** Ensimmäisenä tarkistetaan, että projekti on linjassa yrityksen tuotestrategian kanssa. Osio pitää sisällään myös projektin tavoitteiden ja reunaehtojen määrittelyn tekemisen sekä esiselvityksen teon. Toimenpiteet tulee tehdä, jotta pystytään määrittämään lähdetäänkö projektia toteuttamaan. /9/

**2. Konseptisuunnittelu:** Sisältää asiakastarpeiden selvityksen, kilpailijoiden benchmarkkauksen. Edellä mainittujen toimintojen perusteella saadaan luotua tuotespesifikaatiot. Seuraava asia on luovan työn vaihe, jossa koetaan tuottaa mahdollisimman monta ideaa asiakkaan tarpeiden ratkaisemiseksi. Luonnoksista valitaan joku tai joitain ideoita jatkokehitykseen. /9/

**3. Systemisuunnittelu:** Pohditaan edellä valittujen ideoiden rakenteita ja moduuloinnin suunnittelua jotta ratkaisuvaihtoehdon variaatioilla katetaan riittävä määrä asiakkaan tarpeita. /9/

**4. Detaljisuunnittelu:** Jokaisen osan ja kokoonpanon lopullisen muodon tekeminen. Osien materiaalien, valmistusvaiheiden ja mahdollisten työkalujen määrittely. /9/

**5. Testaus:** Prototyypimallin teko ja testaus. Ei tarvitse aina olla yhtenevä lopullisen tuotteen kanssa vaan se voi olla myös pienois- tai tietokonemalli. Testausvaiheen tärkein tavoite on varmistua tuotteen toimivuudesta. /9/

Toinen kehitysehdotus koskee staattoripakettien laskelmien parempaa hallintaa. Linjalla työskenteleviltä työntekijöiltä saadun palautteen mukaan olisi suuri etu jos lisälaitekaapeleita ei tarvitsisi liittää staattoritulassa vaan ne olisivat riittävän pitkät, jotta ne riittäisivät suoraan asiakkaan puoleiseen päätyyn ilman lisäliitoksia. Kääminnässä tulisi siis laittaa riittävän pitkät johdot lisälaitteille. Ehdotus kuulostaa hyvältä, mutta staattoripaketit valmistetaan osaksi alihankintana. Haastattellessani Motorsin kääminnän työntekijää kävi ilmi, että pääsääntöisesti laskelmista löytyy lisälaitekaapelien haluttu pituus. Kaikista alihankintana tulleista staattoripaketeista ei kuitenkaan ole riittävän pitkiä lisälaitekaapeleita. Tämä tarkoittaa sitä, että jos ehdotettu ratkaisu otettaisiin läpiviennin ratkaisuihin mukaan, pitäisi alihankkijoille suorittaa pakettien lisälaittejohtoja koskeva ohjeistus. Kehitetyn läpivientiratkaisun muiden hyvien ominaisuuksien ja lisälaittejohtojen pituusongelmien sekä läpiviennin tiiviysvaatimusten takia lisälaittejohdot päätettiin laittaa liitettäväksi kuitenkin staattoritulaa.

### 11.3.2 Valmistus

Valmistuksen kannalta kehitysehdotuksia tuli muutamia työntekijöiden ehdotusten tai valitusten saattamina. Ensimmäinen asia koskee monikäyttökaapelikenkiä. Lentokaapelikoneiden liitännässä asiakkaan puoleiseen päätyyn puristetaan normaalit kaapelikengät koestusta varten. Koestuksen jälkeen nämä kaapelikengät kuitenkin poistetaan. Ehdotus on, että liitännästä jätetään normaalien kaapelikenkien asennus pois ja tilalle hankitaan kaapelikenkiä, joita voidaan käyttää monta kertaa. Kuvassa 23 on esimerkki monikäyttökaapelikengästä. Kaapelikengät voitaisiin asentaa normaalisti liitännässä ja koestuksessa ne voitaisiin poistaa ja palauttaa liitännään.



Kuva 23. Irrotettava kaapelikenkä.

Muita havaittuja ongelmia oli staattorirunkoon kuuluvien ulkoisten liitântäkaapeleiden telineiden porauksien puuttumien ja liitântäkaapeleiden ulkoisen pituuden puuttuminen työkorteista. Edellä mainitut olivat ilmeisesti satunnaisia ongelmia, mutta erittäin vaikeita sellaisia. Ilman telineporauksia kaapelit roikkuvat valtoimenaan ja saattavat vahingoittaa kun taas työkorttien puutteellinen tieto saattaa aiheuttaa ongelmia asiakkaalle, jolle on tullut moottoreita liian lyhyillä tai pitkillä kaapeleilla.

## 12 YHTEENVETO

Työ tehtiin tuotekehitysosastolle antamaan ideoita ja mahdollisen uuden läpivientiratkaisun ulkoisten liitäntäkaapeleiden omaaville moottoreille. Työn aikana tehtyihin toimenpiteisiin kuului läpivientiratkaisujen ideoiminen moottorikokoluokista 280–315 ja 450 sekä kyseisistä ratkaisuista osa- ja kokoonpanokuvien teko. Läpiviennin mekaanisen suunnittelun lisäksi pääsi tarkastelun alaiseksi myös tiivistemassa. Asetettujen vaatimusten mukaisia tiivistaineita on työssä ehdotettu ja testien perusteella tullaan valitsemaan sopivin tuote läpivientiin.

Yrityksen vaatimien valmistus- ja kokoonpanopiirustuksien tuottamisen lisäksi työssä on tarkasteltu savukaasukoneiden kaapelien standardointia ja tuloksena on yhden kaapelikokoluokan poistuminen kokonaan.

Läpivientiratkaisujen käyttöönoton jälkeen ideana on liitännän toimenpiteiden helpottuminen. Käyttöönottoa ei ole vielä ehditty tehdä, jolloin täysin varmoja tuloksia suunnittelun ”hedelmistä” ei ole tiedossa. Kustannustarkasteluiden mukaan uusi läpivienti olisi kuitenkin edullinen korvaava ratkaisu ulkoisten liitäntäkaapelien omaaviin moottoreihin. Prototyypin valmistuksen jälkeen pääteltynä läpivienti pitäisi toimia suunnitellusti ja täten nopeuttaa jopa moottorin valmistuksen läpivientiaikaa. Uusi konstruktio tuo myös lisäarvoa ulkoisten liitäntäkaapeleiden omaaville moottoreille ja asiakkaan näkökulmasta katsottuna tuote voisi näyttää kilpailijoiden tuotteita houkuttelevammalta.

Omalta osaltani koin työn tekemisen innostavana ja haastavana. Täysin uuden luominen, ideointi ja suunnittelu on aina mielenkiintoista. Mielenkiintoa työssä lisäsi myös käytännönläheisyys, joka esiintyi työn aikana tehdyissä vierailuissa tehtaan linjoille ja moottorin valmistusmenetelmiin. Vaikeuksia opinnäytetyötä tehdessä oli alkuun lähdössä. Ensimmäiset kuukaudet kuluivatkin hieman ihmetellessä mitä työ pitäisi sisällään ja mistä pitäisi aloittaa. Toinen ongelma oli tiedon saanti kilpailijoista ja asiakkaiden mielipiteistä, joka sitten työn loppuvaiheella oikeiden yhdyshenkilöiden ansiosta lähti käyntiin. Siinä kohdassa asia olisi voinut mennä paremminkin, sillä se tieto mitä työn loppuvaiheilla saatiin, olisi pitänyt saada heti alussa. Tästä viisastuneena tulevaisuudessa kehitystehtävissä tulen ottamaan

kilpailijoiden benchmarkkauksen ja asiakkaiden toivomuksen aikaisemmin huomioon, jotta turhilta töiltä välttyttäisiin.

## LÄHDELUETTELO

- /1/ ABB Oy, Motors 2010. Motorsin yleisesittely-kalvosarja [online]. [viitattu 11.03.2010]. Saatavilla www-muodossa:  
[URL:http://www300.abb.com/global/gad/gad00195.nsf/0/c7340d249b63d0b2c225700500159165/\\$file/Motors+\(FIMOT\)+yleisesittely03022010.ppt](http://www300.abb.com/global/gad/gad00195.nsf/0/c7340d249b63d0b2c225700500159165/$file/Motors+(FIMOT)+yleisesittely03022010.ppt)
- /2/ ABB Oy, Motors 2010, Pienjännitemoottorit [online]. [viitattu 23.02.2010]. Saatavilla www-muodossa:  
[URL:http://www.abb.fi/product/fi/9AAC100523.aspx?country=FI](http://www.abb.fi/product/fi/9AAC100523.aspx?country=FI)
- /3/ ABB Oy, Motors 2010, ABB-kuvaus lyhyesti (boilerplate) [online]. [viitattu 04.02.2010]. Saatavilla www-muodossa:  
[URL:http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00092/0245111d86002f63c2256adf00260759.aspx](http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00092/0245111d86002f63c2256adf00260759.aspx)
- /4/ ABB Oy, Motors 2010, Ydinliiketoiminnat [online]. [viitattu 04.02.2010] Saatavilla www muodossa:  
[URL:http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/5b3b47abc1e9e75dc2256b20003f96db.aspx](http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/5b3b47abc1e9e75dc2256b20003f96db.aspx)
- /5/ ABB Oy, Motors 2009. Flexicon protective tubes and fittings/prices (26.8.2009). Marketing and Design guide tietokanta. Customer Application ZITRON, PP-esitys. Tietyillä henkilöillä on vain oikeudet päästä.
- /6/ ABB Oy, Motors 2007. Motors ohjeet tietokanta. M3 Smoke Venting -moottoreiden suunnitteluohje. Tietyillä henkilöillä on vain oikeudet päästä.
- /7/ ABB Oy, Motors 2007. Motors ohjeet tietokanta. Ulkoisten liitäntäkaapelinippujen (Flying leads) valmistaminen alihankinnassa. Tietyillä henkilöillä on vain oikeudet päästä.
- /8/ ABB:n TTT-käsikirja 2000-07.
- /9/ Hietikko, Esa 2008. Tuotekehitystoiminta. 1 p. Kuopio. Savonia - Ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.
- /10/ SFS-EN-60529. Degrees of protection provided by enclosures (IP-Code)
- /11/ Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2004. Kaapeleiden paloturvallisuus. Helsinki. Painokurki Oy.
- /12/ The Motor Guide, Second edition 2005



## **LIITELUETTELO**

LIITE 1 Kotelointisuojausluokat

LIITE 2 Smokevent-sertifikaatti

LIITE 3 Läpiviennin kokoonpano-ohje 280–315

LIITE 4 Asennusasennot

LIITE 5 Käämityksen lämpötila-antureita

LIITE 6 Läpiviennin kokoonpano-ohje 450

Element	Numerals or letters	Meaning for the protection of <i>equipment</i>	Meaning for the protection of <i>persons</i>	Ref.
Code letters	IP	–	–	–
First characteristic numeral	0 1 2 3 4 5 6	Against ingress of solid foreign objects  (non-protected) ≥ 50 mm diameter ≥ 12,5 mm diameter ≥ 2,5 mm diameter ≥ 1,0 mm diameter dust-protected dust-tight	Against access to hazardous parts with (non-protected) back of hand finger tool wire wire	Cl. 5
Second characteristic numeral	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Against ingress of water with harmful effects (non-protected) vertically dripping dripping (15° tilted) spraying splashing jetting powerful jetting temporary immersion continuous immersion	–	Cl. 6
Additional letter (optional)	A B C D	–	Against access to hazardous parts with: back of hand finger tool wire	Cl. 7
Supplementary letter (optional)	H M S W	Supplementary information specific to: High voltage apparatus Motion during water test Stationary during water test Weather conditions	–	Cl. 8

## FIRE TEST OF BUILDING ELEMENTS

According to the European standard NF EN 12101-3 : 2002-09  
and the French Decree dated of August 3<sup>rd</sup> ; 1999

### CERTIFICATE OF APPROVAL

Subject	Fire tests of a range of electrical motors Ref. M3BPW		
Tests n°	: 04 - H - 081 04 - H - 086 04 - G - 082	Carried out on	: March 1 <sup>st</sup> , 2004 March 2 <sup>nd</sup> , 2004 March 3 <sup>rd</sup> , 2004
Report n°	: 04 - G - 082		
Sponsor	: ABB OY, ELECTRICAL MACHINES LV MOTORS Strömbergin Puistotie 5A FIN - 65101 VAASA		
Scope	: A range of electrical motors of low-voltage, three-phase, asynchronous, closed cage electric motors with the following features :		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• manufacturer : ABB OY, ELECTRICAL MACHINES LV MOTORS</li> <li>• reference : M3BPW</li> <li>• construction : TEFC</li> <li>• frame size : from 160 up to 400</li> <li>• electrical ratings up to 560 kW</li> <li>• nominal rated voltages supply between 190 V and 690 V</li> <li>• rotational speeds : from 4 up to 12 poles and multi speeds motors</li> <li>• insulation class/temperature rise class/specifications : H/F-B/EN 60034-1</li> <li>• frame and end covers material : cast iron</li> <li>• cooling fan material : aluminum (plastic fan allowed)</li> <li>• fan cover : steel</li> <li>• applications : DOL and VSD (maximal rotational speed 1800 rpm/min)</li> <li>• Maximal frequency equal to 60 Hz for both application</li> </ul>		
	Bearings features for frame size motors from 160 mm up to 400 mm :		
	Bearing type /arrangement /class of fit /lubricant DE : ball bearing regreasable / locked bearing /C4 /UNIREX N2 (ESSO) Bearing type /arrangement /class of fit /lubricant NDE : ball bearing regreasable / free bearing /C4 / UNIREX N2 (ESSO)		
Test procedure	These motors were tested according to the Annexe D, in association with a generator, with a dynamic load calculated according to ISO 281 and defined in the technical file of manufacturer. The dimensioning of the motors took into consideration axial and radial loads, the tests had been performed with a corresponding radial load.		
Conclusions	OPERATING TEMPERATURE : <b>FOUR HUNDRED DEGREES CELSIUS (400° C)</b> OPERATING TIME : <b>ONE HUNDRED AND TWENTY MINUTES (120 min)</b> TEMPERATURE CLASS/TIME : <b>F 400 (120)</b> APPLICATION CLASS : <b>DUAL PURPOSE</b>		

Maizières-lès-Metz, France, July 15<sup>th</sup>, 2004

**Kristelle BISCH**  
Engineer in Charge of Tests

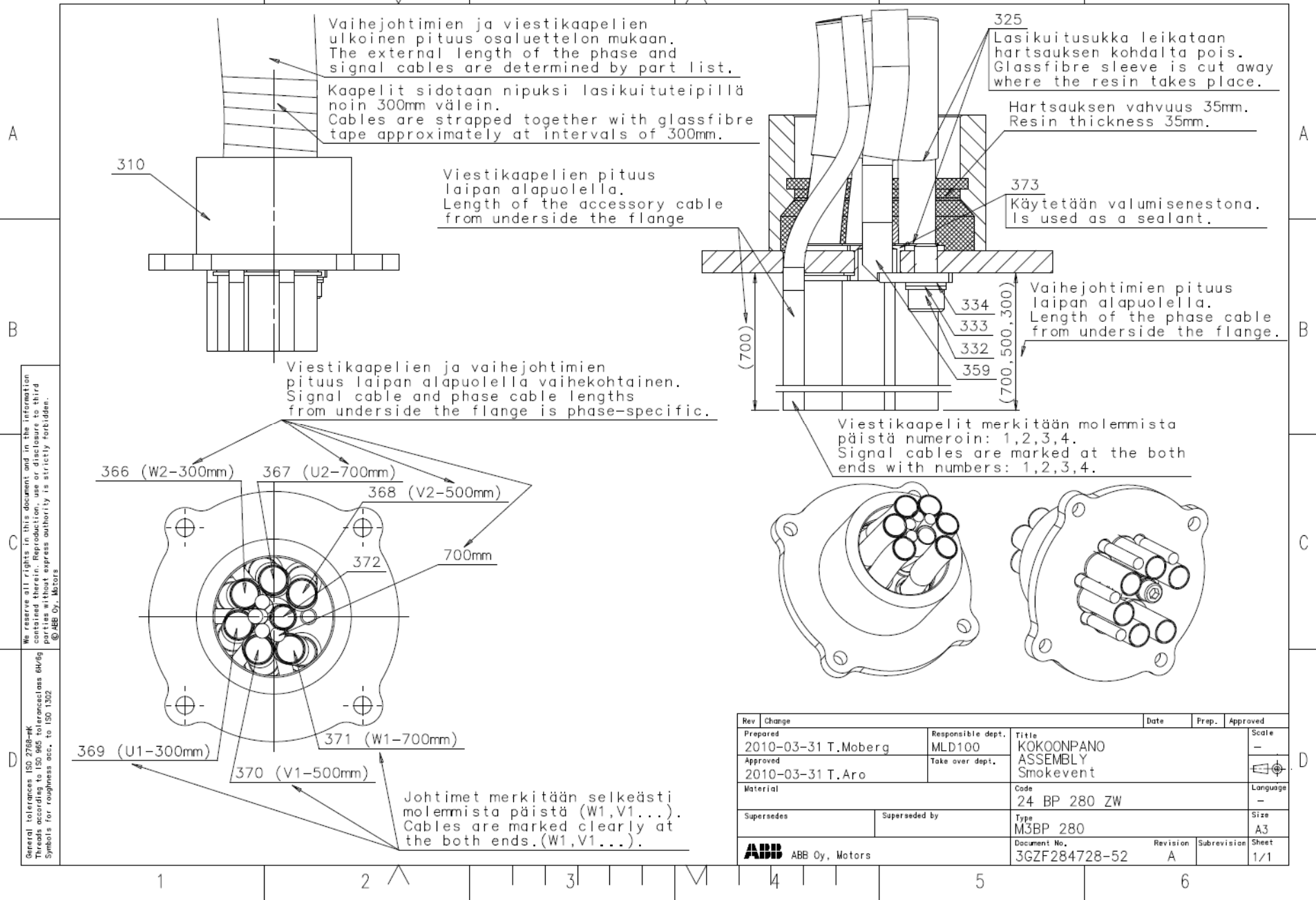
*This certificate of test is for information only. Only a full copy of the test report, if any, will allow the conformity checking necessary for the validity of the object.*

Voie romaine  
Domaine de l'Irsid  
F 57280 Maizières-lès-Metz  
Tél: 33 (0)3 87 51 11 11 Fax: 33 (0)3 87 51 10 58  
station@station.cticm.fr  
www.cticm.com

LIITE 3

31-03-10 Valid without signature

1 (1)



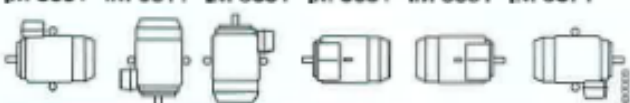

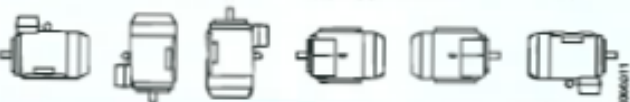



We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden. © ABB Oy, Motors  
 General tolerances ISO 2768-MK  
 Threads according to ISO 965 tolerances class BH/6g  
 Symbols for roughness acc. to ISO 1302

Rev	Change	Date	Prep.	Approved	Scale
Prepared	2010-03-31 T.Moberg	Responsible dept. MLD100			-
Approved	2010-03-31 T.Aro	Take over dept.			
Material		Title	KOKOONPANO ASSEMBLY Smokevent		Language -
Supersedes		Code	24 BP 280 ZW		Size -
Superseded by		Type	M3BP 280		A3
ABB ABB Oy, Motors		Document No.	Revision	Subrevision	Sheet
		3GZF284728-52	A		1/1

# Mechanical and electrical design

## Mounting arrangements

	Code I/Code II						Product code pos. 12
Foot-mounted motor.	IM B3 IM 1001	IM V5 IM 1011	IM V6 IM 1031	IM B6 IM 1051	IM B7 IM 1061	IM B8 IM 1071	A = foot-mounted, term.box top R = foot-mounted, term.box RHS L = foot-mounted, term.box LHS
							
Flange-mounted motor, large flange	IM B5 IM 3001	IM V1 IM 3011	IM V3 IM 3031	*) IM 3051	*) IM 3061	*) IM 3071	B = flange mounted, large flange
							
Flange-mounted motor, small flange	IM B14 IM 3601	IM V18 IM 3611	IM V19 IM 3631	*) IM 3651	*) IM 3661	*) IM 3671	C = flange mounted, small flange
							
Foot- and flange-mounted motor with feet, large flange	IM B35 IM 2001	IM V15 IM 2011	IM V36 IM 2031	*) IM 2051	*) IM 2061	*) IM 2071	H = foot/flange-mounted, term.box top S = foot/flange-mounted, term.box RHS T = foot/flange-mounted, term.box LHS
							
Foot- and flange-mounted motor with feet, small flange	IM B34 IM 2101	IM V17 IM 2111	IM 2131	IM 2151	IM 2161	IM 2171	J = foot/flange-mounted, small flange
							
Foot-mounted motor, shaft with free extensions	IM 1002	IM 1012	IM 1032	IM 1052	IM 1062	IM 1072	
							

\*) Not stated in IEC 60034-7.

**Stator winding temperature sensors**

Breaking capacity for bimetal detector:

<u>Sizes 71-100:</u>	<u>Sizes 112-250</u>	<u>Sizes 280-400</u>
2 A at 380 V ac	4 A at 250 V ac	24 A at 250 V
5 A at 240 V ac	3 A at 60 V dc	
2.5 A at 24 V dc		

120	KTY 84-130 (1 per phase) in stator winding.	NA	NA	NA	P	P	P	P
121	Bimetal detectors, break type (NCC), (3 in series), 130°C, in stator winding.	M	M	M	P	P	P	P
122	Bimetal detectors, break type (NCC), (3 in series), 150°C, in stator winding.	M	M	M	P	P	P	P
123	Bimetal detectors, break type (NCC), (3 in series), 170°C, in stator winding.	M	M	M	P	P	P	P
124	Bimetal detectors, break type (NCC), (2x3 in series), 140°C, in stator winding.	NA	M	M	P	P	P	P
125	Bimetal detectors, break type (NCC), (2x3 in series), 150°C, in stator winding.	M	M	M	P	P	P	P
127	Bimetal detectors, break type (NCC), (3 in series, 130°C and 3 in series, 150°C), in stator winding.	M	M	M	P	P	P	P
435	PTC - thermistors (3 in series), 130°C, in stator winding.	M	M	M	M	M	P	P
436	PTC - thermistors (3 in series), 150°C, in stator winding.	S	S	S	S	S	S	S
437	PTC - thermistors (3 in series), 170°C, in stator winding.	M	M	M	M	M	P	P
439	PTC - thermistors (2x3 in series), 150°C, in stator winding. Two speed motors, only for new manufacture.	M	M	M	M	M	P	P
441	PTC - thermistors (3 in series, 130°C and 3 in series, 150°C), in stator winding.	M	M	M	M	M	P	P
442	PTC - thermistors (3 in series, 150°C and 3 in series, 170°C), in stator winding.	M	M	M	M	M	P	P
445	PT100 2-wire in stator winding, 1 per phase.	NA/M	M	M	M	M	P	P
446	PT100 2-wire in stator winding, 2 per phase.	NA/M	M	M	M	M	P	P
502	PT100 3-wire in stator winding, 1 per phase.	NA	NA	NA	M	M	P	P
503	PT100 3-wire in stator winding, 2 per phase.	NA	NA	NA	M	M	P	P

<sup>1)</sup> Certain variant codes cannot be used simultaneously.

**S** = Included as standard  
**M** = On modification of a stocked motor, or on new manufacture, the number per order may be limited.

**P** = New manufacture only  
**R** = On request.  
**NA** = Not applicable

LIITE 6

01-04-10 Valid without signature

1 (1)

Vaihejohtimien ja viestikabelien ulkoinen pituus osaluettelon mukaan. The external length of the phase and signal cables are determined by part list.

Kaapelit sidotaan nipuksi lasikuituteipillä noin 300mm välein. Cables are strapped together with glassfibre tape approximately at intervals of 300mm.

Hartsauksen vahvuus 35mm. Resin thickness 35mm.

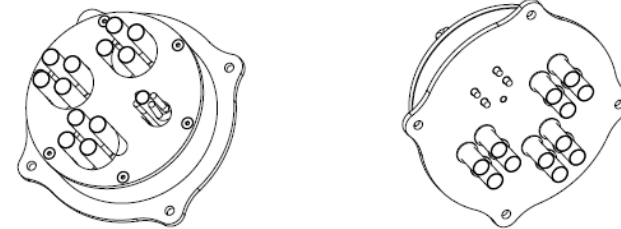
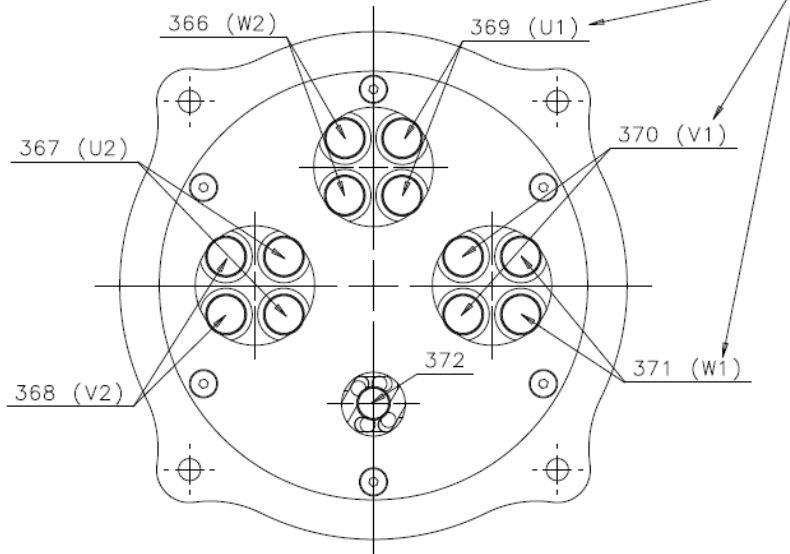
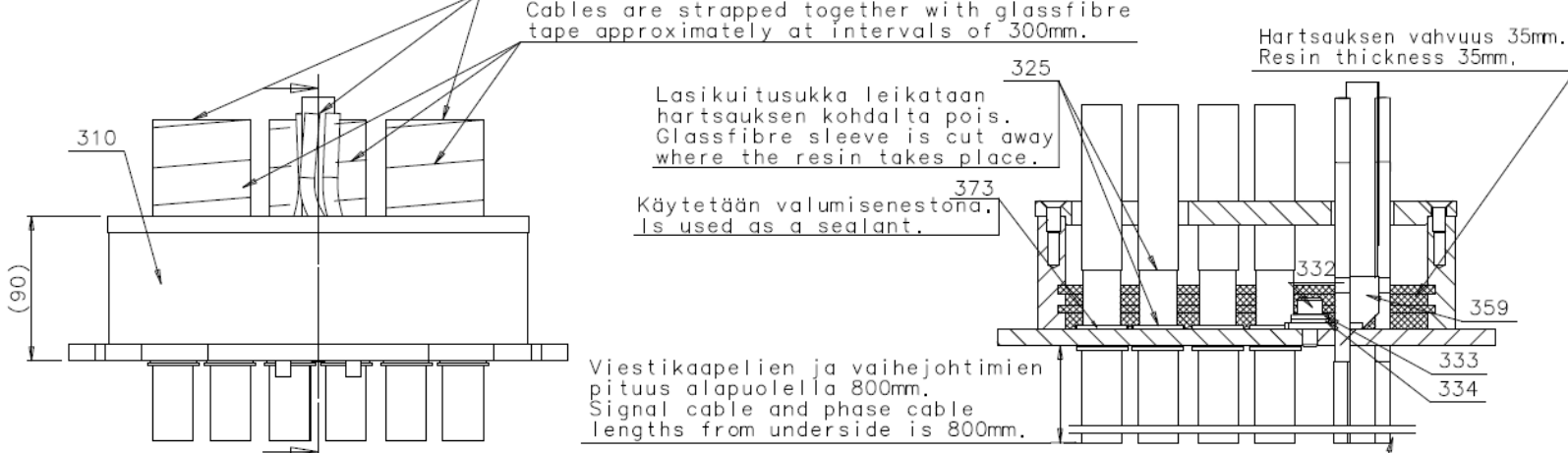
Lasikuitusukka leikataan hartsauksen kohdalta pois. Glassfibre sleeve is cut away where the resin takes place.

Käytetään valumisenestona. Is used as a sealant.

Viestikabelien ja vaihejohtimien pituus alapuolella 800mm. Signal cable and phase cable lengths from underside is 800mm.

Viestikabelit merkitään molemmista päistä numeroin. 1,2,3,4. Signal cables are marked at the both ends with numbers: 1,2,3,4.

Johtimet merkitään selkeästi molemmista päistä (W1,V1...). Cables are marked clearly at the both ends.(W1,V1...).



We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden. © ABB Oy, Motors  
 General tolerances ISO 2768-MK according to ISO 8013 to be observed unless otherwise specified for roughness acc. to ISO 1302

Rev	Change	Responsible dept.	Title	Date	Prep.	Approved	Scale
Prepared	2010-03-31 T.Moberg	MLD100	KOKOONPANO				-
Approved	2010-03-31 T.Aro	Take over dept.	ASSEMBLY				⊕
Material			Code	24 BP 450 ZW			Language 85
Supersedes	Superseded by		Type	M3BP 450			Size A3
ABB ABB Oy, Motors		Document No.	Revision	Subrevision	Sheet		
		3GZF284745-5	A		1/1		