



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mikko Alakoski

# SÄHKÖLIITTIMEN SUUNNITTELU

ABB Oy

Tekniikka  
2022

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mikko Alakoski
Opinnäytetyön nimi	Sähköliittimen suunnittelu
Vuosi	2022
Kieli	suomi
Sivumäärä	23 + 11 liitettä
Ohjaaja	Jukka Hautala, Pasi Viitanen

---

Opinnäytetyössä tutkittiin ja kehitettiin uusi liitosmahdollisuus staattorin vaihejohtimille kääminpään ja liitäntäkotelon välille, joka helpottaisi asennusvaiheessa tehtäviä työvaiheita. Etenkin asennusaika lyhentyisi huomattavasti ja tiettyjä työvaiheita pystyttäisiin teettämään alihankkijalla.

Työn teoriaosuudessa on kerrottu lyhyesti sähkö- ja oikosulkumoottorista ja niiden toimintaperiaatteesta. Suunnitellun sähköliittimen suunnitteluvaiheeseen vaikuttavat ja rajoittavat tekijät. Työssä on käytetty aiemmin samasta aiheesta tehdyn opinnäytetyön saatuja tuloksia sekä teoriaosuutta. Tietoa on myös haettu verkkojulkaisuista ja raporteista.

Tässä työssä nähtävät sähköliittimet ovat mallinnettu Siemens NX -ohjelmistolla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada suunniteltua sähköliitin. Tämä tavoite täyttyi, mutta liitintä tai liitosvaihtoehtoa pitäisi vielä jatkokehittää, jotta sitä voitaisiin käyttää moottorissa. Jatkokehityksen kannalta liitin antaa fyysisesti osviittaa min-käläinen liitin voisi olla.

Työ on tehty ABB Oy:n Motors and Generators -tuotekehitysosastolle keväällä 2022

## ABSTRACT

Author	Mikko Alakoski
Title	Design of Electric Connector
Year	2022
Language	Finnish
Pages	23 + 11 Appendices
Name of Supervisor	Jukka Hautala, Pasi Viitanen

---

The purpose of this thesis was to design a new connection solution for stator phase conductors. Designed connectors would come to between the coil head and the end shield in the motor. This solution would make the assembly process shorter and faster. The thesis was done for the production development apartment of ABB Ltd Motors and Generators unit in spring 2022.

In the design of the connector, requirements and limiting factors had to be considered. Requirements and limiting factors that effect to design stage. Sources of information to this thesis have been the internet, catalogs, and previous theses on the subject. All 3D models in this thesis were made with the NX Siemens application.

The aims set for this thesis, to design a new connection, were achieved. However, the concepts of this thesis need to be developed further, so that they would be suitable to use in the electric motor.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
	1.1 Yritysesittely.....	8
	1.2 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus.....	9
	1.3 Tausta.....	9
2	TEORIATAUSTA .....	11
	2.1 Sähkömoottori .....	11
	2.2 Oikosulkumoottori .....	11
3	PIKALIITIN .....	13
	3.1 Vaatimukset ja vaikuttavat tekijät .....	13
	3.2 Ryömintäväli .....	15
	3.3 Ilmaväli .....	15
4	KONSEPTI 1 .....	16
	4.1 Kontaktit.....	16
	4.2 Kuoret.....	16
	4.3 TPA – terminal position assurance .....	17
	4.4 Sähköjohto .....	17
	4.5 Valmistus.....	17
	4.6 Asennus.....	18
	4.7 Istuvuus.....	18
5	KONSEPTI 2 .....	19
	5.1 Liitinrunko .....	19
	5.2 Kontaktit.....	19
	5.3 Valmistus.....	20
	5.4 Asennus.....	21
	5.5 Istuvuus.....	21

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYS .....	22
LÄHTEET .....	23

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Taulukko 1.</b> Mittataulukko.....	14
<b>Kuva 1.</b> ABB:n oikosulkumoottori, räjäytyskuva ja osaluettelo.....	12
<b>Kuva 2.</b> Mittataulukon määrittymiset .....	14
<b>Kuva 13.</b> Sähköjohto 4 mm <sup>2</sup> .....	17
<b>Kuva 18.</b> Uroskontakti.....	20
<b>Kuva 19.</b> Naaraspuolinen kontakti.....	20

## LIITELUETTELO

**LIITE 1.** Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.

**LIITE 2.** Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.

**LIITE 3.** Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.

**LIITE 4.** Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.

**LIITE 5.** Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.

**LIITE 6.** Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.

**LIITE 7.** Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.

**LIITE 8.** Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.

**LIITE 9.** Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.

**LIITE 10.** Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.

**LIITE 11.** Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.

## **LYHENTEET JA TERMIT**

<b>ABB</b>	Asea Brown Boveri
<b>CTI</b>	Sähköistä läpilyöntilujuutta kuvaava suure
<b>RMS</b>	Neliöllinen keskiarvo
<b>TPA</b>	Terminal position assurance
<b>Siemens NX</b>	3D-mallinnusohjelmisto

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli suunnitella pikasähköliitin oikosulkumoottorin staattorin käämien vaihejohtimille, joko laakerikilven ja käämin väliin tai kääminpään ympärille. Liitin, joka kestäisi haastavat olosuhteet erityisesti korkean käyttölämpötilan. Opinnäytetyötä tehdessä tutkittiin, voisiko markkinoilta saatavia kontakteja käyttää tässä liittimessä, jotka kestäisivät nämä olosuhteet. Myös muovimateriaaleja kartoitettiin, jotta löytyisi sopivat materiaalivaihtoehdot lopputuotteeseen. Opinnäytetyöhön saatiin suunniteltua ja 3D-mallinnettua kaksi eri liitinkonseptia, joidenka suurin eroavaisuus on se, että konsepti 1 on niin sanottu pikaliitin, jonka voi purkaa ja liittää helposti. Konsepti 2 on elastinen runko, joka on tilan kannalta hyvä, mutta purku ja liitos tapahtuu kontaktien purkamisella toisistaan ja liittämällä ne uudestaan yhteen.

Samaisesta aiheesta on myös tehty opinnäytetyö, jossa tutkittiin markkinoilta saatavia liittimiä. Tämä opinnäytetyö on teetetty jatkokehitystä ajatellen edelliselle opinnäytetyölle. Tässä työssä on käytetty hyväksi Jani Haaviston tekemän opinnäytetyön tuloksia.

### 1.1 Yritysesittely

ABB-yhtymä sai alkunsa vuonna 1988, kun Brown Boveri ja Asea päättivät yhdistää heidän sähkötekniset liiketoimintansa. ABB Oy on ABB-yhtymän tytäryhtiö, jonka pääpaikkana toimii Strömberg.<sup>1</sup>

ABB on moottorinvalmistajana maailman huippua, sekä edelläkävijänä energia tehokkaiden moottoreiden kehityksessä.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> ABB kotisivut, suomalaiset juuret

<sup>2</sup> ABB kotisivut, liiketoiminta



Suomessa vuonna 2022 ABB yhtiö työllistää noin 5 000 henkilöä jopa yli 20 paikkakunnalla. Koko maailmassa ABB työllistää yli 110 000 henkilöä.<sup>3</sup>

Vaasassa IEC LV Motorsilla valmistetaan, suunnitellaan ja kehitetään pienjännitemoottoreita. Kertyneellä asiantuntemuksella sekä laajalla tuotevalikoimalla henkilökunta auttaa teollisuusasiakkaita parempaan energiatehokkuuteen ja tuottavuuteen. Vaasassa työskentelee noin 600 korkeakoulutaustaista henkilöä. Vaasan tehtaalla on jo pitkä historia pienjännitemoottoreiden valmistuksessa, joka ulottuu aina vuoteen 1944 asti.<sup>4</sup>

## 1.2 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on saada suunniteltua käyttökelpoinen sähköliitin, joka täyttäisi vaaditut kriteerit. Työ on rajattu liittimen suunnitteluun kahdelle eri kohteelle johtimelle.

## 1.3 Tausta

Nykyisten pienten oikosulkumoottoreiden kytkentämenetelmän asennusvaiheessa on havaittu parannuskohteita, jotka kulminoituvat asennusprosessin pituuteen ja työläisyyteen. Tällä pikaliittimellä tai uudella kytkennällä saataisiin vähennettyä työvaihteita sekä lyhennettyä asennusaikaa. Työvaihteita voitaisiin myös ulkoistaa alihankkijalle.

Pienten oikosulkumoottoreiden kokoluokassa 80–250 kytkentä erottuu isompien moottoreiden asennukseen sillä, että pienempiin kokoluokan moottoreihin ei tehdä puristusliitosta liitännässä. Vaihe- ja lisälaitteasennuksessa johdotusliitäntä tehdään vasta kun johdot ovat vedetty läpivientiholkin läpi liitäntäkoteloon, silloin

---

<sup>3</sup> ABB kotisivut, suomalaiset juuret

<sup>4</sup> ABB kotisivut, liiketoiminta

vasta puristetaan liittimet johtimien päähän. Liitoksien ja liitännän jälkeen Exd-läpivientiholkki täytetään seosaineelle ja odotetaan seoksen jähmettymistä.

Suunnittelemani pikaliitin tulisi staattorin kääminpään ja liitântäkotelon välille. Liittimellä liitettäisiin staattorin vaihejohdot. Jolloin johdot voisivat tulla valmiiksi katkaistuna ja liittimet puristettuina johtojen päihin, sekä myös Exd-läpivientiholkin täyttö seosaineella voitaisiin teetättää alihankkijalla.

## 2 TEORIATAUSTA

Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti sähkömoottorin toimiperiaate sekä oikosulkumoottorin rakenne.

### 2.1 Sähkömoottori

Sähkömoottori on laite, jossa siihen syötetty sähköenergia muuttaa muotoaan mekaaniseksi liike-energiaksi. Sähkömoottoreiden toimiperiaate perustuu johdinsilmukan ja kentän väliseen voimavaikutukseen magneettikentässä.<sup>5</sup>

### 2.2 Oikosulkumoottori

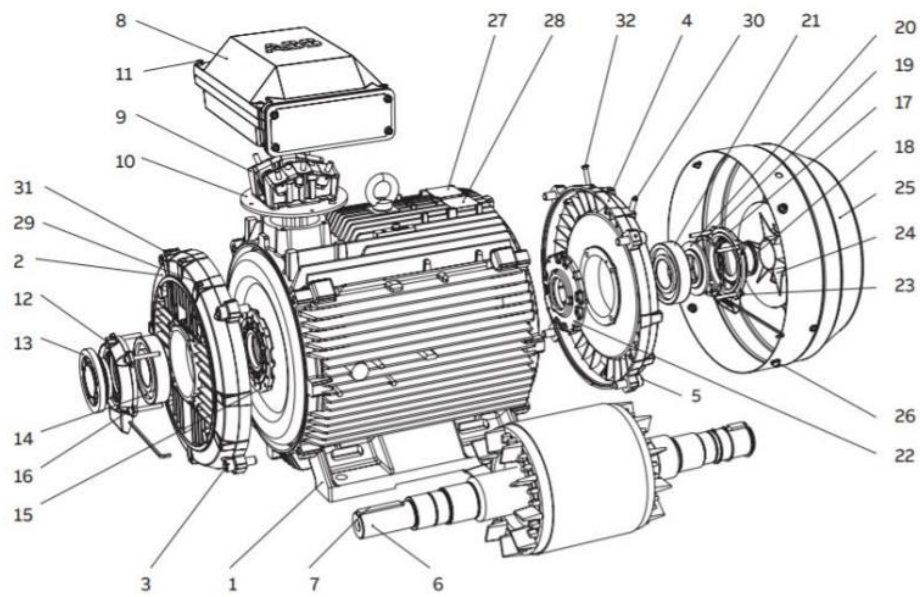
Oikosulkumoottori on yksi käytetyimmistä moottorityypeistä teollisuudessa. Suosion takana on moottorin yksinkertainen rakenne. Oikosulkumoottoreissa käytetään suhteellisen yksinkertaisia staattori- ja roottorikämmityksiä, eikä siinä ole erillisiä magnetointikämmityksiä.<sup>6</sup>

Staattorinrunkoon painetaan prässillä staattori. Staattorirungon päihin kiinnitetään laakerikilvet, jotka keskittävät laakereiden avulla akselin ja akseliin painetun roottorin. Kuvan (**Kuva 1.**) oikosulkumoottorissa liitäntäkotelon on moottorin yläpuolella mutta liitäntäkoteloon on useita eri asennusvariaatioita, se voi olla moottorin ylhäällä niin kuin kuvassa, oikealla tai vasemmalla puolella.

---

<sup>5</sup> Korpinen, L

<sup>6</sup> Korpinen, L



- |                                  |  |                             |
|----------------------------------|--|-----------------------------|
| 1 Stator frame                   | 13 Valve disc with labyrinth seal,<br>D-end; standard in 2-pole motors,<br>V-ring in 4-8 pole motors | 23 Screws for bearing cover |
| 2 End shield, D-end              | 14 Bearing, D-end  | 24 Fan                      |
| 3 Screws for end shield, D-end   | 15 Inner bearing cover, D-end  | 25 Fan cover                |
| 4 End shield, N-end              | 16 Screws for bearing cover  | 26 Screws for fan cover     |
| 5 Screws for end shield, N-end   | 17 Outer bearing cover, N-end  | 27 Rating plate             |
| 6 Rotor with shaft               | 18 Seal, N-end   | 28 Lubrication plate        |
| 7 Key, D-end                     | 19 Wave spring   | 29 Grease nipple, D-end     |
| 8 Terminal box                   | 20 Valve disc, N-end   | 30 Grease nipple, N-end     |
| 9 Terminal board                 | 21 Bearing, N-end  | 31 SPM nipple, D-end        |
| 10 Intermediate flange           | 22 Inner bearing cover, N-end  | 32 SPM nipple, N-end        |
| 11 Screws for terminal box cover |  |                             |
| 12 Outer bearing cover, D-end    |  |                             |

**Kuva 1.** ABB:n oikosulkumoottori, räjäytyskuva ja osaluettelo.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> ABB Katalogi

### 3 PIKALIITIN

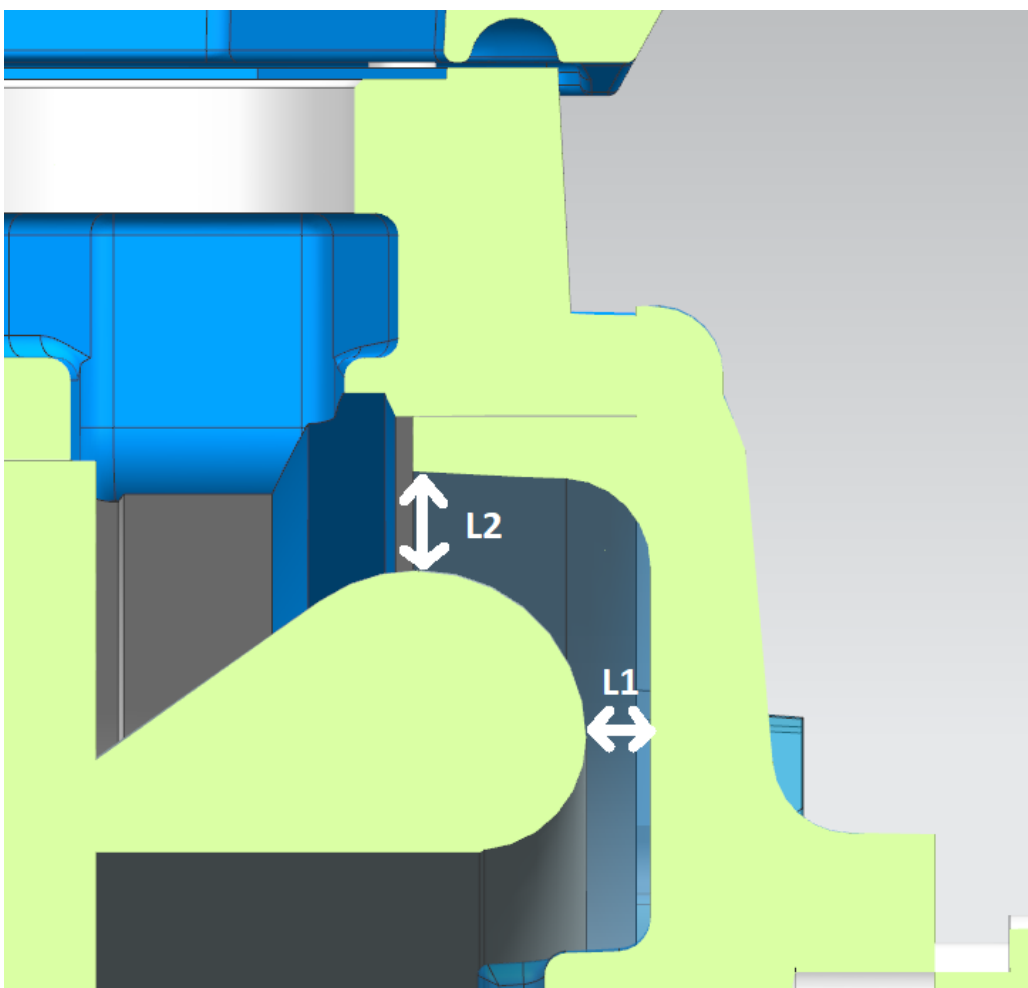
Tässä luvussa käydään läpi pikaliittimen suunnitteluvaiheeseen vaikuttavia rajoitteita ja vaatimuksia.

#### 3.1 Vaatimukset ja vaikuttavat tekijät

Pikaliittimen suunnitteluvaiheessa tuli ottaa huomioon rajoittavat tekijät. Isoin rajoittava tekijä on moottorin laaja käyttölämpötila. Liitimeltä vaadittu lämpötilan kesto rajoittuu  $-55^{\circ}\text{C} - 155^{\circ}\text{C}$ . Tämä ilmeni työssä haasteena löytää sopivia kontakteja, jotka kestäisivät nämä olosuhteet. Toinen rajoittava tekijä oli pieni tila, johon liitin tulisi (**Kuva 2.**, **Taulukko 1.**).<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Haavisto, J



**Kuva 2.** Mittataulukon määrittymiset

**Taulukko 1.** Mittataulukko.<sup>9</sup>

Runkokoko	L1 (mm)	L2 (mm)
80	17,5	8
90	18,5	4,5
100	11	5
112	10,5	6,4
132	11	9,5

---

<sup>9</sup> Haavisto, J

### 3.2 Ryömintäväli

Ryömintävälillä tarkoitetaan lyhyintä mitattua matkaa kahden johtavan osan tai johtavan osan ja laitteiston ääri rajojen välillä. Asianmukainen ja riittävä ryömintäväli ehkäisee pintavirtojen vaikutusta eristysmateriaalin pintaan, jonka seurauksena voi tulla paikallisia vaurioita eristysmateriaalin pintaan.<sup>10</sup>

Ryömintäväliin vaikuttavia asioita ovat käytettävän eristysmateriaalin CTI-arvo, komponentin ympäristön saastuneisuusaste, laitteen RMS-arvo.<sup>11</sup>

Ryömintäväli määritetään EN 60950 -standardin mukaisesti taulukkoja käyttäen. Ottaen huomioon moottorin käyttövirran, materiaalin CTI-arvon sekä saastuneisuus arvon saadaan ryömintäväliksi 3.2 mm.<sup>12</sup>

### 3.3 Ilmaväli

Ilmävälillä tarkoitetaan lyhyintä mitattua matkaa kahden johtavan osan tai johtavan osan ja laitteiston ääri rajojen välillä ilmaa pitkin mitattuna. Tarpeeksi suuri ilmaväli helpottaa torjumaan dielektristä hajoamista elektrodien välillä, joka johtuu ionisoidusta ilmasta. Myös muita vaikuttavia tekijöitä on ilmankosteus, lämpötila ja ilmansaastuneisuusaste, laitteen käyttöjännite huippu.<sup>13</sup>

Ilmaväli saadaan VDE 0110-1 -standardin taulukkoja käyttämällä. Ottaen huomioon vaikuttavat tekijät, tähän liittimeen saatiin ilmaväli arvoksi 1.2 mm.<sup>14</sup>

---

<sup>10</sup> Ahmadi, H

<sup>11</sup> Ahmadi, H

<sup>12</sup> Ahmadi, H

<sup>13</sup> Ahmadi, H

<sup>14</sup> Weidmueller

## 4 KONSEPTI 1

Tämä liitinkonsepti on suunniteltu liittimen purku ja liitos edellä, eli niin että liitin olisi helppo purkaa, kun se on jo kerran liitetty. Pienen tilan kannalta on tärkeää, että liittimestä saisi mahdollisimman matalan. Liittimen paksuudeksi muodostui 6 mm.

Tämän pikaliittimen (liite 1., **kuva 3.**) rakenne koostuu seuraavanlaisista komponenteista, räjäytyskuvassa numeroituna (Liite 1., **Kuva 4.**) 3 uroskuori, 5 naaraskuori, 2 sähköjohto, 4 naaraspuolinen kontakti, 1 urospuolinen kontakti, 6 TPA.

### 4.1 Kontaktit

Työhön löytyi tunnetun toimittajan valmistamat kontaktit (Liite 2., **Kuva 5.** ja **Kuva 6.**), jotka tulisivat tähän liittimeen. Näitä tarvittaisiin yhteensä kuusi kappaletta. Molempiin uros- ja naaraspuolisiin kuoriin on suunniteltu kolmelle kontaktille omat paikat sekä ”kynnet” (Liite 3., **Kuva 8.**) (liite 4., **Kuva 10.**), jotka lukittavat nämä kontaktit paikoilleensa, jolloin kontaktit eivät pääse pois vetämällä.

Nämä kyseiset kontaktit kestäisivät käyttölämpötilan -55 – 150 °C. Jatkuvan virran kesto on näissä kontakteissa 20 A.<sup>15</sup>

### 4.2 Kuoret

Naaraspuolisesta kuoresta löytyy lukitushakaset, jotka lukittavat nämä kuoret yhteen, kun ne liitetään toisiinsa. Hakaset ovat suunniteltu niin, että ne antavat tarpeeksi periksi, eli joustavat. Jolloin liitin on myös mahdollista purkaa, jos jostain syystä näin olisi tarve. Myös TPA:lle löytyy lukitusulokkeet molemmilta puolilta. (Liite 4., **Kuva 9.**)

---

<sup>15</sup> Lähde piilotettu



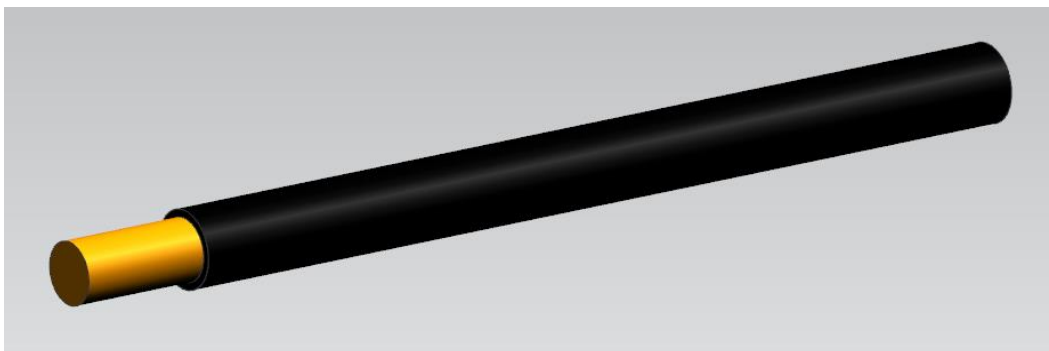
Urospuolisessa kuoressa on paikat kontakteille ja lukitusulokkeet naaraspuoliselle kuorelle ja TPA:lle. (Liite 3., **Kuva 7.**)

#### **4.3 TPA – terminal position assurance**

Tämän osan (Liite 5., **Kuva 11.**) tarkoitus on lukita kontaktit niille suunnittelemlle paikoillensa. Tällä osalla varmistetaan kontaktien liitos esimerkiksi värinätilanteissa. Tämä komponentti kiinnitettäisiin viimeisimpänä sen jälkeen, kun kontaktit ovat puristettu sähköjohtojen päihin ja kontaktit painettu liittimien kuoriin. Tämä komponentti asennetaan molempien kuorien päähän. Komponentin ulokkeet pitävät kontaktit paikoillansa. (Liite 6., **Kuva 12.**)

#### **4.4 Sähköjohto**

Sähköjohtoa kuvaava malli mallinnettuna, johdon koko 4 mm<sup>2</sup> (**Kuva 13.**).



**Kuva 3.** Sähköjohto 4 mm<sup>2</sup>.

#### **4.5 Valmistus**

Nämä kuoret voitaisiin valmistaa ruiskupuristus- eli ruiskuvalumenetelmällä muovista. Prototyypin valmistus voitaisiin tehdä 3D-jauhepeditulostusmenetelmällä. Sopivasta materiaalista prototyypin teko on edullista ja helppoa. Prototyypillä voitaisiin testata ja varmistua liittimen rakenteellisista ominaisuuksista. Materiaalin

ei tarvitsisi olla juuri oikea kuin lopputuotteessa, ellei sitä olisi tarkoitus testata moottorissa, jolloin tulisi huomioida materiaalin käyttölämpötila.

#### 4.6 Asennus

Asennusvaiheet:

1. Kontaktien puristus johtojen päihin
2. Kontaktien painaminen omille paikoilleensa kuoriin
3. TPA-osien painaminen kuorien päähän
4. Uros- ja naaraskuorien yhdistäminen.

#### 4.7 Istuvuus

Ottaen huomioon edellisen opinnäytetyön mittaustulokset, liitin olisi mahdollista asentaa laakerikilven ja kääminpään väliin. (Liite 7., **Kuva 14.**, **Taulukko 1.**)

Toinen varteen otettava paikka liittimelle olisi läpivientiholkin alapuolella (Liite 8., **Kuva 15.**, Liite 9., **Kuva 16.**). Tämä kuitenkin vaatisi toimenpiteitä, että liitin voitaisiin asentaa näin. Liitäntäkoteloa pitäisi nostaa ylemmäs, jolloin jäisi enemmän tilaa läpivientiholkin alle.

## 5 KONSEPTI 2

Tämän konseptin idea on taipuisassa liitin rungossa. Elastisen rakenteen avulla liittimen saisi taivutettua kääminpäästä vasten kääminpäähän muotoisesti (Liite 10., **Kuva 20.**, Liite 11., **Kuva 21.**). Materiaalina voisi olisi sama kuin konsepti 1.

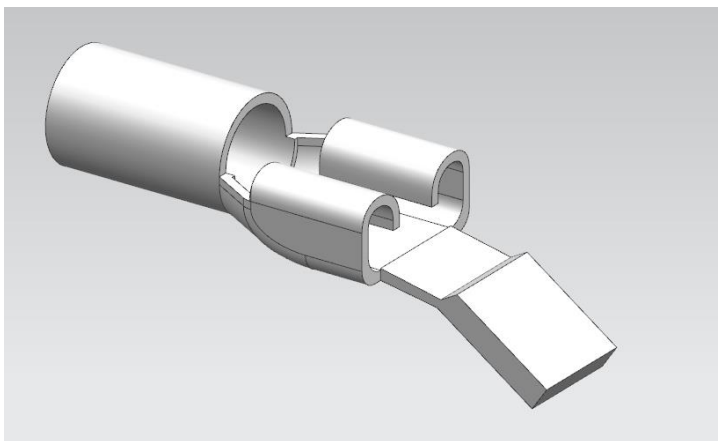
Liitinkontaktit puristetaan johtojen molempiin päihin ja nämä liitettäisiin toisiin, jonka jälkeen johdot painettaisiin puoliympyrän muotoiseen kohtiin, jolloin johdot lukittuvat paikalleen. Runko kiinnitettäisiin varmuudeksi vielä asianmukaisella teipillä kääminpäähän ympärille. Kontaktin puristus liitäntäkotelolta tulevaan johtoon voitaisiin teetättää alihankkijalla.

### 5.1 Liitinrunko

Liitinrunkoon saadaan taipuisa rakenne oikeanlaisella materiaalilla sekä juuri sopivan kokoisilla seinämänpaksuuksilla. Osan valmistusasento olisi suora (Liite 10., **Kuva 17.**).

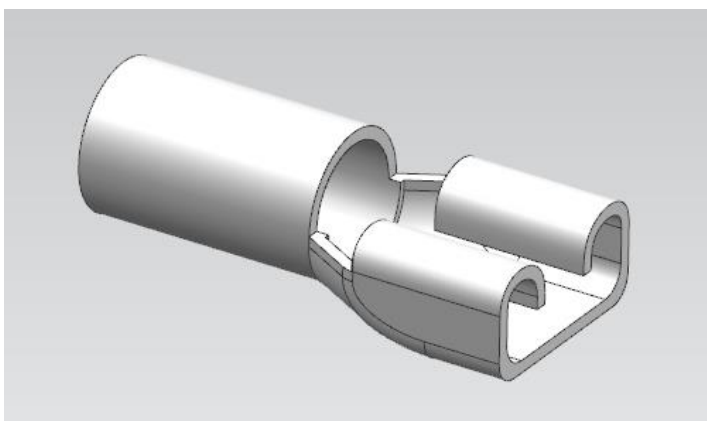
### 5.2 Kontaktit

Urospuolisessa kontaktissa olisi ”kieli” (**Kuva 18.**), joka taipuisi liitinrungon mukaisesti. Tämä on tarpeen sillä tilaa ei ole kääminpäähän ja laakerikilven välissä tarpeeksi.



**Kuva 4.** Uroskontakti.

Naaraspuolinen kontakti on samanlainen kuin uro kontakti, mutta siinä ei ole tätä ”kieli” -osaa, vaan siinä on vastinpaikka tälle kielelle (**Kuva 19**).



**Kuva 5.** Naaraspuolinen kontakti.

Nämä kontaktit pitäisi räätälöidä moottorikohtaisesti ja myös tehdä standardin mukaiset testit, jolloin saadaan varmistus virrankestosta ja lämpötilan kestosta.

### 5.3 Valmistus

Liitinrungon voisi valmistaa ruiskuvalulla tai 3D-tulostamalla, suurin ero näissä on valmistushinta. Osan valmistuskannattavuuteen näillä kahdella menetelmällä ratkaisee osan valmistusmäärä. Lähtökohtaisesti 3D-tulostus on kalliimpaa mutta se on kannattavampaa pienille kappale-erille, Ruiskuvalumenetelmään pitää

suunnitella ja valmistaa muotit, jotka ovat kalliita. Mutta liittimen tuotantohinta olisi alhaisempi ruiskuvalulla.

#### **5.4 Asennus**

Asennusjärjestys olisi seuraavanlainen:

1. Liitinrunгон kiinnitys kääminpään ympärille
2. Kontaktien puristaminen johtojen päähän
3. Kutistesukan pujottaminen johdon päälle
4. Kontaktien liittäminen toisiinsa
5. Johtojen painaminen paikoilleensa
6. Kutistesukan lämmitys liitoksen päälle.

#### **5.5 Istuvuus**

Liitinrunгон saisi muotoiltua kääminpään mukaisesti, tämä olisi erittäin hyvä vaihtoehto tilan pienuuden kannalta. (Liite 11., **Kuva 21.**)

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYS

Opinnäytetyön tavoitteet eivät toteutuneet ainakaan siltä osin, että sähköliitintä voitaisiin käyttää sähkömoottorissa tällaisenaan. Valmiiksi saaduista konsepteista saa hyvin ideaa jatkokehitystä ajatellen.

Jatkokehityksenä kontaktit pitäisi räätälöidä moottorityypin mukaisesti ottaen huomioon lämpötilankeston ja virran keston. Konsepteista voisi tehdä prototyypit 3D-tulostamalla. 3D-tulostetuista kappaleista voisi todentaa rakenteelliset piirteet sekä testata kontaktien istuvuutta kuoriin. Myös mahdollisesti katsoa kuinka liittimet mahtuisivat moottorin sisälle.

Lämpötila täytyisi todentaa kääminpään lähettyviltä sähkömoottorin ollessa käynnissä. Tällöin saataisiin tarvittava tieto kontaktien suunnitteluun. Lämpötilan todentaminen vaikuttaisi myös muovimateriaalin valintaan.

## LÄHTEET

ABB. Historia. viitattu 16.1.2022 <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>

ABB. Liiketoiminta. viitattu 16.1.2022 <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/iec-lv-motors>

ABB. P. 2020. Low voltage catalog.

Ahmadi, H. Creepage and clearance. viitattu 13.2.2022 <https://mintronix.com/wp-content/uploads/2019/11/CreepageandClearance.pdf>

Haavisto, J. Liitinalustan johtimien pikaliitäntä staattorin käämeihin. viitattu 10.2.2022 <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021082617174>

Korpinen, L. Sähkökoneet. viitattu 25.1.2022 [http://leenakorpinen.com/archive/svt\\_opus/10sahkokoneet\\_1osa.pdf](http://leenakorpinen.com/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf)

Weidmueller. Creepage and clearance distances. viitattu 14.2.2022 [https://www.weidmueller.com/int/products/connectivity/pcb\\_terminals\\_and\\_connectors/creepage\\_and\\_clearance\\_distances.jsp](https://www.weidmueller.com/int/products/connectivity/pcb_terminals_and_connectors/creepage_and_clearance_distances.jsp)

**LIITTEET** Työn tilaaja estää kaikkien liitteiden julkaisun.