



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PIIRIKAAVIODEN AUTOMAATTINEN GENEROINTI

Aatu Suhonen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

SUHONEN AATU:

Piirikaavioiden automaattinen generointi

Opinnäytetyö 37 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Huhtikuu 2016

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää yrityksen sähkökeskusten suunnittelua tehokkaammaksi suunnitteluautomaation avulla. Työn tavoitteena oli luoda toimintamalli, jolla piirikaavioiden automaattinen generointi saadaan osaksi yrityksen jokapäiväistä suunnittelutyötä. Työ tehtiin Tampereen Keskustekniikka Oy:lle, jonka liiketoiminnasta iso osa on sähköjärjestelmien suunnittelua ja valmistusta.

Työssä selvitettiin, millaisiin sähkökeskuksen rakenteisiin piirikaavioiden automaattista generointia kannattaa soveltaa. Selvitystyön perusteella laadittiin neljä piirikaaviopohjaa sekä muokattiin olemassa olevaa konfiguraattoria käyttötarpeiden mukaiseksi. Konfiguraattoriin taulukoitiin komponenttivalinnat tyypillisesti käytetyille standardimoottoritehoille kolmen eri valmistajan komponenteilla.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi konfiguraattori, jonka avulla voidaan generoida automaattisesti piirikaavioita erilaisista moottorilähdöistä. Suunnittelijan tarvitsee valita vain moottorilähdön tyyppi ja moottorin teho, minkä jälkeen muut komponentit määritellään automaattisesti. Konfiguraattorin käyttöä demonstroitiin esimerkkiprojektin avulla. Tämä esimerkki toimii samalla konfiguraattorin käyttöohjeena yrityksen suunnittelijoille.

Moottorilähdöt eivät ole ainoa kohde, johon piirikaavioiden automaattinen generointi soveltuu. Uusia käyttökohteita menetelmälle kannattaa selvittää ja tutkia. Kehitystyölle kannattaa nimetä yrityksessä vastuuhenkilö, jotta se sujuisi mahdollisimman hyvin.

Sähkökeskusprojektit sisältävät aina tapauskohtaista suunnittelua, mutta suunnitteluautomaatio, tai tarkemmin piirikaavioiden automaattinen generointi, oikein käytettynä voi antaa yritykselle huomattavaa etua. Haasteena on kuitenkin sen optimaalisen hyödyntämisen vaikeus.

Asiasanat: suunnitteluautomaatio, moottorilähtö, eplan

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Automation Engineering

AATU SUHONEN:
The Automatic Generation of Circuit Diagrams

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 4 pages
April 2016

The purpose of this thesis was to improve the design process of electric systems by using design automation. The objective of this thesis was to get the automatic generation of circuit diagrams to be part of the company's everyday design tasks. The thesis was made for Tampereen Keskustekniikka Oy, which has design and manufacturing of electric systems as a big part of the company's business.

The first part of this thesis was to research the most efficient way to utilize the automatic generation of circuit diagrams. Based on the research four circuit diagram templates were drawn and some customisation was made to an existing configurator, so it could be adapted in this thesis.

The result of this thesis was a configurator. The configurator is able to generate circuit diagrams of four different motor starters. A designer can choose the motor power from the most common standard ones and all the other components are determined automatically. Components of three different component manufacturers can be used. This thesis includes an example of circuit diagram generation which can also be used as an instructions.

The automatic generation of circuit diagrams can be adapted not only to motor starters, but to other systems as well. The company should appoint an employee to be in charge of the further development of the automatic generation of circuit diagrams.

The design process of electric systems always includes some case-specific designing, but if automatic generation of circuit diagrams is used correctly it can be a great benefit to a company. However, it can also be difficult to fully utilize its potential.

Key words: design automation, motor starter, eplan

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| JOHDANTO | 5 |
| 1 SUUNNITTELUN KEHITYSTYÖN TAUSTAA | 6 |
| 1.1 Suunnitteluprosessi | 6 |
| 1.2 Automaatioliiketoiminnan haasteet | 7 |
| 1.3 Laatumuutokset yrityksessä..... | 7 |
| 1.4 Tekninen dokumentointi | 9 |
| 1.5 Automaattinen generointi | 9 |
| 2 SUUNNITTELUN KEHITYSTYÖN VAIKUTUS NYKYISEEN TOIMINTAAN | 11 |
| 2.1 Vaikutukset myyntiin..... | 11 |
| 2.2 Vaikutukset suunnitteluun | 11 |
| 2.3 Vaikutukset valmistukseen | 12 |
| 2.4 Suunnittelun kehitystyön haasteet | 12 |
| 3 MITÄ KANNATTAA GENEROIDA?..... | 14 |
| 4 PIIRIKAAVIOPOHJIEN SUUNNITTELU | 16 |
| 4.1 Standardit piirikaavioiden perustana..... | 16 |
| 4.2 EPLAN Electric P8 -suunnitteluohjelma..... | 17 |
| 4.3 Sulakkeeton suora moottorilähtö | 17 |
| 5 PIIRIKAAVIOIDEN GENEROINTI..... | 21 |
| 5.1 EPLAN Engineering Configuration One -ohjelma..... | 21 |
| 5.2 Komponenttien valintataulukot..... | 23 |
| 5.3 Excel-ohjelmointi..... | 24 |
| 5.4 Esimerkkigenerointi..... | 25 |
| 6 POHDINTA..... | 31 |
| LÄHTEET..... | 33 |
| LIITTEET | 34 |
| Liite 1. Sulakkeeton suora moottorilähtö suunnanvaihdolla (DOL_FL_2)..... | 34 |
| Liite 2. Sulakkeellinen suora moottorilähtö (DOL_FU_1) | 35 |
| Liite 3. Sulakkeellinen suora moottorilähtö suunnanvaihdolla (DOL_FU_2) | 36 |
| Liite 4. Ote esimerkkiprojektin osalistasta | 37 |

JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää yrityksen sähkökeskusten suunnittelua kustannustehokkaammaksi sekä laadullisesti paremmaksi suunnitteluautomaation avulla. Hyvin toteutettu sähkö- ja automaatio suunnittelu vaikuttaa laajasti koko yrityksen toimintaan tarjouksen tekemisestä aina keskuksen valmistusvaiheeseen asti.

Opinnäytetyössä tutkitaan millaisia rakenteita yrityksen myymissä sähkökeskuksissa yleisesti esiintyy, ja pohditaan mille näistä rakenteista voitaisiin tehdä piirikaaviot, sekä niistä edelleen osaluettelot käyttäen hyväksi suunnitteluohjelmiston automaatiota. Opinnäytetyössä suunnitellaan näille valituille rakenteille standardien mukaiset piirikaaviopohjat siten, että suunnitteludokumenttien automaattinen generointi voidaan toteuttaa. Lisäksi työssä tutustutaan generointityökaluun ja toteutetaan esimerkkigenerointi, joka toimii samalla ohjeena työkalun käytöstä.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada piirikaavioiden automaattinen generointi osaksi yrityksen jokapäiväistä suunnittelutyötä. Tämän työn laajuus ei riitä tekemään täydellistä ja kaiken kattavaa toimintamallia piirikaavioiden automaattisesta generoinnista, vaan työ tulee toimimaan pohjana tulevalle jatkokehitykselle.

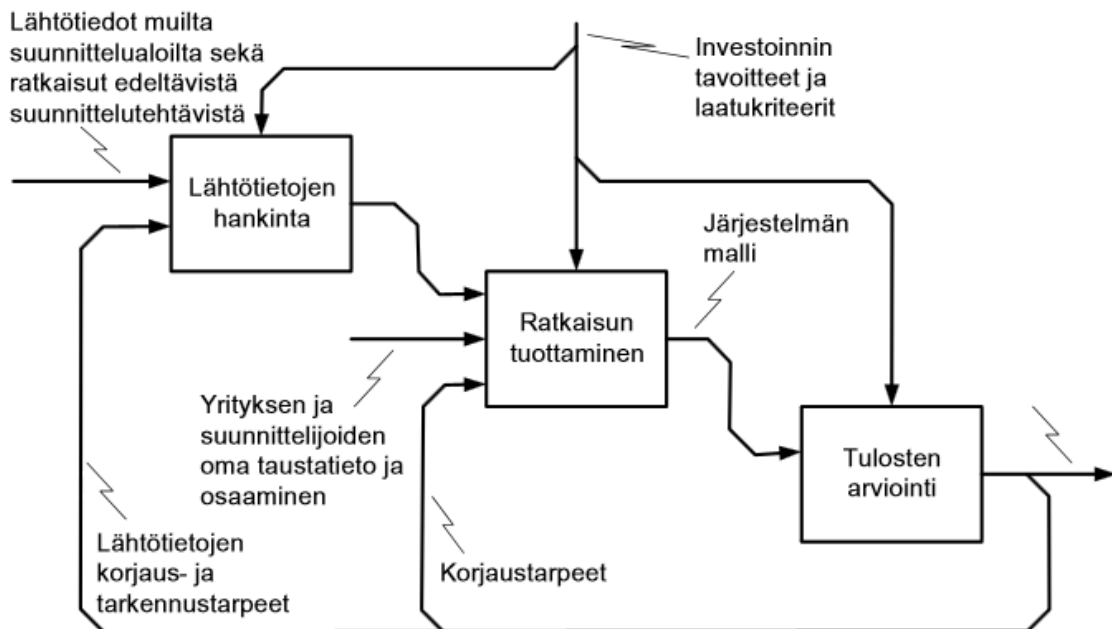
Opinnäytetyön toimeksiantaja on Tampereen Keskustekniikka Oy. Yritys tarjoaa sähkö- ja automaatiojärjestelmiä suunnittelusta käyttöönottoon, sekä elinkaaripalveluihin. Sähkökeskusten suunnittelu ja valmistus ovat iso osa yrityksen liiketoimintaa.

1 SUUNNITTELUN KEHITYSTYÖN TAUSTAA

Tässä osiossa on esitelty perinteinen suunnitteluprosessi. Lisäksi osiossa on perehdytty opinnäytetyön keskeisiin tavoitteisiin, sekä keinoihin näiden tavoitteiden saavuttamiseksi.

1.1 Suunnitteluprosessi

Suunniteltava järjestelmä esitetään siten, että järjestelmän käyttö, ylläpito ja toteutus ovat mahdollisia. Tätä prosessia kutsutaan suunnitteluksi. Suunnittelun tuloksena syntyy järjestelmän malli. Merkittävä osa suunnittelutyöstä on tiedonhankintaa. Seuraavassa kuvassa (Kuva 1) on esitetty suunnittelutehtävän sisäinen rakenne. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 13-15.)

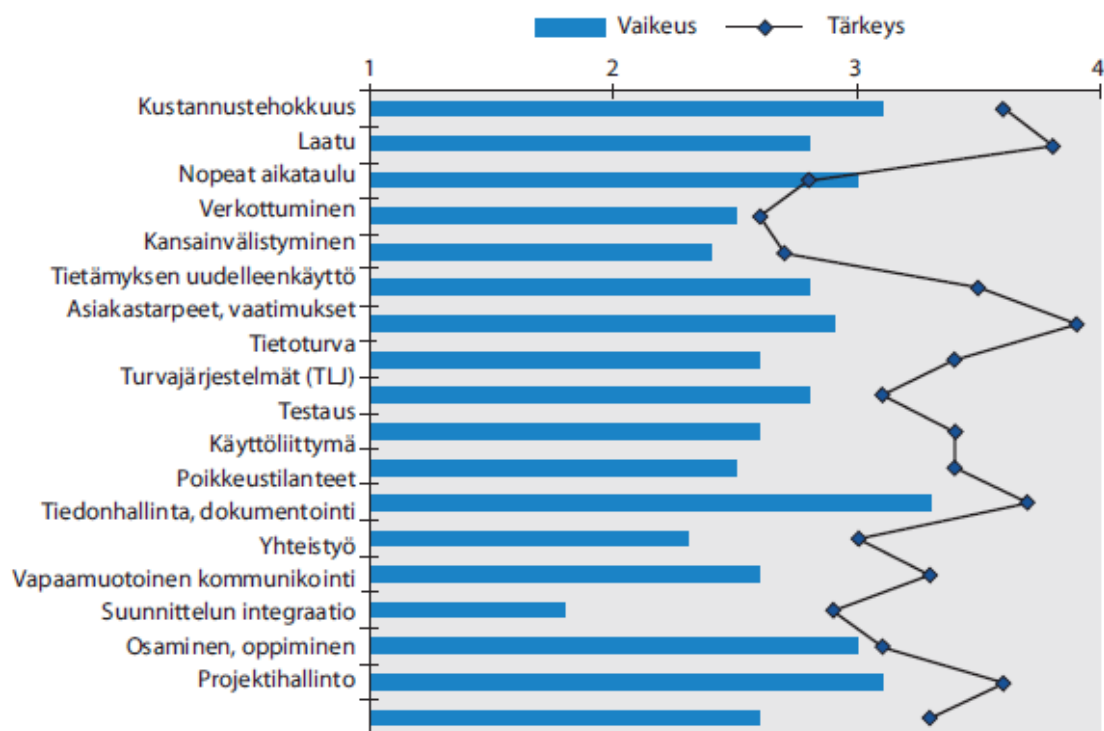


Kuva 1. Suunnittelutehtävän sisäinen rakenne (Suomen Automaatioseura ry 2007, 15)

Suunnittelun tulos syntyy lähtötietojen, sekä suunnittelijoiden omien taustatietojen ja osaamisen perusteella projektin tavoitteiden ohjaamana. Tuloksen syntymisen ohella olennainen osa suunnittelua on tuloksen laadun arviointi. Yksinkertaisimmillaan suunnittelija voi pysähtyä itse tarkastelemaan työnsä tulosta tai pyytää kommentteja kollegalta. Vaativien tai laajojen sovellusten tapauksessa on syytä suorittaa virallisempi testaus. (Suomen Automaatioseura ry 2007, 15.)

1.2 Automaatioliiketoiminnan haasteet

Teollisuuden järjestelmät monimutkaistuvat, mikä johtaa suunnittelun laatuvaatimusten, aikataulujen sekä kansainvälisen kilpailun kiristymiseen. Kehittyvät tekniikat aiheuttavat muutoksia suunnitteluprosessiin ja suunnittelijan työhön. Teknillinen korkeakoulu TKK, Teknillinen tutkimuskeskus VTT ja Tampereen teknillinen yliopisto TTY ovat haastatelleet eri yritysten automaatio-asiantuntijoita ja selvittäneet, millaisina he näkevät liiketoiminnan ja tekniikan haasteet (Kuva 2). (Tekes 2010, 59.)



Kuva 2. Asiantuntijoiden (23 vastaajaa) mielipiteitä automaatioliiketoiminnan eri osa-alueista (Tekes 2010, 60.)

Asiantuntijat pitävät tärkeimpinä osa-alueina automaatioliiketoiminnassa muun muassa kustannustehokkuutta, laatua ja dokumentointia. Mainitut osa-alueet ovat tämän opinnäytetyön keskeisiä kehitystavoitteita. Laatukustannusten vaikutusta yrityksen liiketoimintaan on esitelty luvussa 1.3. Teknistä dokumentointia on käsitelty luvussa 1.4.

1.3 Laatukustannukset yrityksessä

Laatukustannukset ovat kustannuksia, jotka syntyvät yrityksen varmistuessa tuotteen vastaavan asiakkaan vaatimuksia. Laatukustannuksia on kahta päätyyppiä; laatua edistäviä kustannuksia, joilla pyritään virheiden ennaltaehkäisyyn ja eliminointiin, sekä huonosta laadusta johtuvia kustannuksia. Ensimmäinen ryhmä koostuu laadun

kehittämiseen tehdyistä investoinneista. Toinen ryhmä koostuu siitä, että tehdään virheitä ja vääriä asioita. Laatukustannukset voidaan edelleen jakaa neljään ryhmään; ulkoiset virhekustannukset, sisäiset virhekustannukset, laadun ylläpitokustannukset ja huonon laadun ennaltaehkäisykustannukset. (Lecklin 2006, 155.)

Ulkoinen virhekustannus on kustannus, joka aiheutuu kun laadunvarmistus on pettänyt ja virhe on päässyt asiakkaalle ja se täytyy korjata. Ulkoiset virheet ovat yrityksen kannalta vaarallisimpia. Niiden korjaus on kalliimpaa kuin jos virhe havaittaisiin jo ennen toimitusta. Niillä on myös negatiivinen vaikutus yrityksen imagoon. Ulkoisia virhekustannuksia voivat olla esimerkiksi myöhästymiskorvaukset, takuukustannukset ja asiakkaiden havaitsemien virheiden korjauskustannukset. (Lecklin 2006, 156.)

Sisäiset virheet havaitaan yrityksen sisällä, ja korjataan ennen tuotteen toimittamista asiakkaalle. Tähän ryhmään sisältyy myös huonosta suunnittelusta aiheutuvat kustannukset. Monissa yrityksissä suuri osa laatukustannuksista on sisäisiä virhekustannuksia. Sisäisiä virhekustannuksia voivat aiheuttaa esimerkiksi virheiden tekeminen, ylityöt ja tietojärjestelmähäiriöt. (Lecklin 2006, 157.)

Laadun ylläpitokustannukset tähtäävät virhekustannuksien vähenemiseen. Laadun ylläpito liittyy lopputuotteiden tarkastamiseen ja niiden laadun varmistamiseen. Huonon laadun ehkäisy taas liittyy prosessien suunnitteluun. Laadun ylläpitokustannuksia aiheuttavat esimerkiksi tarkastukset ja valvonta, katselmukset sekä testaukset ja koeajot. (Lecklin 2006, 157.)

Ennaltaehkäisykustannukset syntyvät, kun pyritään poistamaan virhelähteet ja laaturiskit. Tyypillisiä ennaltaehkäisymenetelmiä ovat suunnittelu, kehittäminen ja koulutus. Suuntaamalla resursseja näihin toimintoihin, laadun tarkastusta ja ylläpitoa voidaan vähentää. Virheiden ennaltaehkäisykustannukset maksavat itsensä takaisin vähentyneinä virhekustannuksina. Ennaltaehkäisykustannuksia voivat olla esimerkiksi toiminnan suunnittelu, prosessien kehittäminen ja henkilöstön motivointi. (Lecklin 2006, 158.)

Yleisimmät keinot laatukustannuksien vähentämiseksi ovat virheiden vähentäminen ja prosessisyklin nopeuttaminen. Tavoitteena on poistaa prosessista turhat välivaiheet ja nopeuttaa sitä, joka yleensä myös vähentää tapahtuvien virheiden määrää. (Lecklin 2006, 160.)

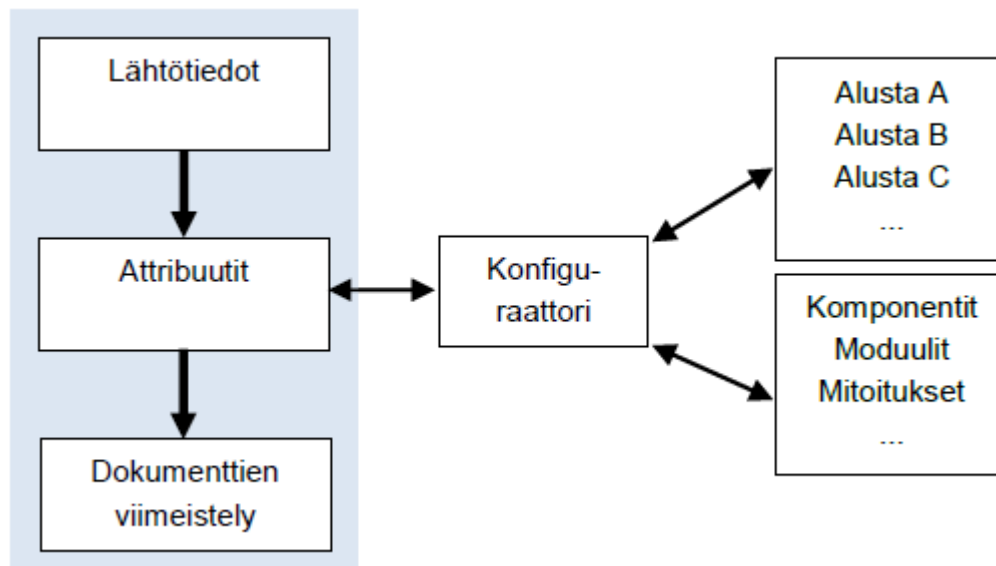
1.4 Tekninen dokumentointi

Tekninen dokumentaatio on tärkeä tuotteen tai järjestelmän hahmottelulle, suunnittelulle, valmistukselle, asennukselle, käytölle, huoltamiselle ja purkamiselle. Sen tarkoitus on antaa informaatiota yksikäsitteisesti, ja sen on sovellettava tarkoituksenmukaiseen käyttöön. Tekninen dokumentaatio on olennainen keino varmistaa, että tuotteeseen tai järjestelmään liittyvät turvallisuus-, ympäristö- ja laatuvaatimukset on täytetty. Tekninen dokumentaatio edustaa merkittävää osaa laitteen tai järjestelmän toimitussopimuksessa ja muodostaa olennaisen osan myynnin jälkeisistä prosesseista. (SFS-EN 61082-1 2015, 16.)

Sähkötekniikalle, erityisesti ohjaus- ja automaatiotekniikalle, on ominaista erittäin nopea kehitys. Asennukset ja järjestelmät monimutkaistuvat, joten tiedon määrä kasvaa kovaa vauhtia. Samalla tieto myös vanhenee nopeasti. Tämä näkökulma pakottaa tarkastelemaan järjestelmiä kokonaisuuksina. Kokonaisuuspohjainen tarkastelu on huomioitava myös dokumentoinnissa. Dokumentaation on tarjottava kaikki tarvittava informaatio järjestelmästä sen koko elinkaaren aikana. (Ruppa 1996, 10.)

1.5 Automaattinen generointi

Tässä opinnäytetyössä yrityksen suunnittelutyötä haluttiin kehittää piirikaavioiden automaattista generointia hyödyntämällä. Automaattinen generointi perustuu vakioituihin piirikaaviopohjiin ja niihin vapaasti konfiguroitavissa oleviin muuttujiin. Konfiguroinnilla tarkoitetaan erään määritelmän mukaan valintojen tekemistä vaihtoehtojen välillä (Korpela 2013). Konfiguraatioiden hallintaan voidaan käyttää konfiguraattoria, jonka toimintaperiaate on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 3) (Haapanen 2015, 44).



Kuva 3. Konfiguraattorin toiminta (Haapanen 2015, 43)

Ideaalitilanteessa konfiguraattorilla tehdään tarpeelliset valinnat ja parametrisoinnit, jonka jälkeen projektin dokumentit kuten piirikaaviot ja osalistat generoidaan automaattisesti. Konfiguraattorissa konfiguraatiot ovat selkeästi tunnistettavia ominaisuuksia, jotka voidaan ilmaista projektin lähtötiedoista tunnistettavilla attribuuteilla. Konfiguraattorin käytön tulee olla selvästi helpompaa kuin manuaalinen konfiguraatioiden tekeminen, jotta sen käytöstä saadaan suurin hyöty. (Haapanen 2015, 44.) Konfiguraattorin käytöstä saatavia hyötyjä ovat Tiihosen ja Soinisen (1998, 12) mukaan esimerkiksi:

1. Konfiguroinnissa tapahtuvien virheiden väheneminen
2. Projektin läpimenoajan lyheneminen
3. Työn tuottavuuden paraneminen

Yllä listatut konfiguraattorin käytöstä saatavat hyödyt vastaavat luvussa 1.2 esitettyihin kehitystavoitteisiin. Konfiguraattorin voidaan todeta soveltuvan hyvin suunnittelutyön kehittämiseen.

2 SUUNNITTELUN KEHITYSTYÖN VAIKUTUS NYKYISEEN TOIMINTAAN

Suunnittelun kehitystyö lähti liikkeelle kartoituksella projektin kulusta yrityksessä. Samalla on pohdittu kehitystyön vaikutuksia jokaiseen projektin osa-alueeseen erikseen. Projektin osa-alueita ovat myynti, suunnittelu sekä valmistus. Kartoitus on tehty opinnäytetyön tekijän työkokemuksen pohjalta. Opinnäytetyön tekijä on työskennellyt kyseisessä yrityksessä suunnittelijana, ja on myös toiminut yhteistyössä myynti- sekä valmistusosaston kanssa. Tässä luvussa on esitetty myös haasteita, joita suunnittelun kehitystyötä tehdessä voidaan kohdata.

2.1 Vaikutukset myyntiin

Projekti lähtee liikkeelle asiakkaan lähettämästä tarjouspyynnöstä. Saatujen ennakkotietojen mukaan myyntiosasto laatii yhteistyössä suunnitteluosaston kanssa asiakkaalle tarjouksen. Tarjous sisältää tuotteen hinnan sekä tuotteelle määritellyt ominaisuudet. Keskuksen fyysinen koko määritetään suunnittelun tekemien alustavien layout-kuvien perusteella. Usein keskuksen fyysiset mitat määräytyvät sijoituspaikan mukaan, ja tilaaja määrittelee ne tarjouspyynnössä. Hinta muodostuu peruskomponentit sisältävästä osalistasta, keskuksen runkorakenteesta sekä myynnin määrittelemistä lisäkustannuksista kuten suunnittelun ja valmistuksen työtunneista, sekä tuotteen toimituskustannuksista.

Piirikaavioiden automaattista generointia hyödyntämällä saataisiin nykyistä täsmällisemmät osalistat myynnin käyttöön jo tarjousta tehdessä. Tarkempien osalistojen pohjalta tehdyt tarjoukset olisivat kilpailukykyisempiä nykyisiin verrattuna. Tarjousprosessi myös nopeutuisi, koska osalistat saataisiin laadittua nopeammin.

2.2 Vaikutukset suunnitteluun

Asiakkaan hyväksyessä tarjouksen, ryhdytään toteuttamaan varsinaista suunnittelua. Suunnittelu koostuu toiminnallisesta suunnittelusta, sekä rakenteellisesta suunnittelusta. Toiminnallinen suunnittelu kuvaa järjestelmän toimintaperiaatteen ja rakenteellinen suunnittelu kuvaa keskusrakenteen fyysisen koon sekä komponenttien sijoittelun keskukseen.

Nykyisin sähköjärjestelmän toimintaperiaatetta kuvaavien piirikaavioiden teko aloitetaan tyhjästä. Useimmissa tapauksissa voidaan käyttää hyväksi aikaisempien projektien

piirikaavioita, jos molemmissa esiintyy samankaltaisia rakenteita. Tämä leikkaa ja liitä -menetelmä säästää suunnittelussa aikaa, mutta riski siihen, että aikaisemmissa projekteissa tehdyt virheet kopioidaan uuteen projektiin kasvaa.

Laatimalla tietäntyyppisille rakenteille standardien mukaiset piirikaaviopohjat varmistetaan siitä, että piirikaavioista tulee aina laadukkaita ja standardien mukaisia. Samalla inhimillisten virheiden mahdollisuus pienenee.

2.3 Vaikutukset valmistukseen

Suunnitelmien valmistuttua voidaan sähkökeskuksen valmistus aloittaa. Usein aikataulusyistä valmistus kuitenkin joudutaan aloittamaan ennen täydellisten suunnitteludokumenttien valmistumista. Tämä johtaa ongelmiin. Puutteet komponenttiedoissa tai piirikaavioissa kuormittavat kaikkia ja hidastavat projektin etenemistä. Sähkökeskus voidaan esimerkiksi kasata kokonaan väärillä komponenteilla ja suuri työpanos menee hukkaan. Usein kaikkia projektiin tarvittavia komponentteja ei löydy varastohyllyltä, jolloin ne tarvitsee tilata. Tilausvaiheessa on todella tärkeää, että komponentit on määritelty oikein. Väärien komponenttien tilaaminen voi viivästyttää projektia huomattavasti.

Laadukkaammat ja nopeammin saatavilla olevat piirikaaviot ja osalistat tarkoittavat suoraan parempia lähtötietoja sähkökeskuksen valmistusvaiheeseen. Parempien dokumenttien myötä valmistusvaiheessa tapahtuvien inhimillisten virheiden määrä pienenee. Tämä kaikki johtaa lopulta siihen, että tuotteen valmistus on nopeampaa ja lopputulos parempi.

2.4 Suunnittelun kehitystyön haasteet

Vaikka piirikaavioiden automaattisesta generoinnista on hyötyä yritykselle, sitä suunniteltaessa tulee vastaan myös haasteita. Kun piirikaavioiden automaattisen generoinnin mahdollistavaa toimintamallia ruvetaan rakentamaan tyhjästä, se sitoo paljon resursseja yritykseltä.

Piirikaaviopohjat tulee suunnitella erityistä huolellisuutta noudattaen, koska mahdolliset virheet tulisivat kopioitumaan eteenpäin kaikkiin projekteihin, joissa kyseisiä pohjia käytetään. Aikaa menee myös komponenttien valinta- ja mitoituslaskujen tekemiseen ja ylläpitoon. Samanlaisia taulukoita tulee tehdä useiden eri valmistajien komponenteilla, koska asiakkaat saattavat määritellä itse haluamansa komponenttivalmistajan.

Valmistajat voivat myös julkaista uusia komponentteja korvaamaan vanhoja, jolloin taulukoitakin tulee päivittää.

Uusien ohjelmistojen, kuten konfiguraattorin, käyttö täytyy opetella ja käyttötaitoa täytyy ylläpitää säännöllisesti. Tämä tarkoittaa joko ulkoisen tahon järjestämiä maksullisia koulutuksia, tai yrityksen oman työntekijän työpanoksen suuntaamista toisten opettamiseen. Ohjelmistoista saa eniten hyötyä irti, kun niiden kaikkia ominaisuuksia osataan hyödyntää.

Yrityksestä riippumattomia haasteitakin voi esiintyä. Projektin lähtötietojen laatu korostuu, kun halutaan generoida piirikaavioita automaattisesti. Lähtötiedoista on tarkasti selvittävä tarvittavat muuttujat. Todellisuudessa asiakkaan antamien lähtötietojen laatu ja yksityiskohtaisuus vaihtelevat paljon. Puutteellisten lähtötietojen muokkaaminen jo generoituun projektiin mitätöi automaattisen generoinnin tuomia hyötyjä.

3 MITÄ KANNATTAA GENEROIDA?

Sähkökeskusprojektit sisältävät lähes poikkeuksetta tapauskohtaista suunnittelua, mutta paljon toistuvien yksinkertaisten rakenteiden dokumenttien automaattinen generointi nopeuttaisi huomattavasti projektin läpimenoaikaa. Suurin haaste automaattisen generoinnin hyödyntämisessä on miettiä, mitä rakenteita on kannattavaa generoida. Dokumenttien automaattinen generointi vaatii aina piirikaaviopohjan, johon on määritelty joukko parametreja erilaisia tilanteita varten. Piirikaaviopohjien huolellinen suunnittelu ja ylläpitäminen sitovat yrityksen suunnitteluosastolta resursseja. Piirikaaviopohjista tulee olla helposti tunnistettavissa muuttujat. Muuttujia voivat olla muun muassa suojakomponentit ja kaapelit. Näille muuttujille on muodostettava valintataulukoita, joita konfiguraattori osaa käyttää määritysten tekemiseen.

Automaattista generointia ei kannata soveltaa liian monimutkaisiin rakenteisiin, joissa muuttujat ovat vaikeasti tunnistettavia, ja joita esiintyy vain harvoissa projekteissa. Automaattista generointia ei myöskään kannata soveltaa liian yksinkertaisiin rakenteisiin. Jos piirikaaviopohjassa on vain muutama komponentti, on luultavasti kustannustehokkaampaa määritellä ne jokaisessa projektissa manuaalisesti.

Moottorilähdöt soveltuvat hyvin automaattisen generoinnin kohteeksi, koska ne ovat melko yksinkertaisia, ja niitä esiintyy hyvin paljon sähkökeskusprojekteissa. Moottorilähdön konfiguraatio määräytyy lähdön tyyppin, sekä moottorin tehon mukaan. Lähdön tyyppi määrää komponentit ja niiden kytkennät, ja moottorin teho määrää komponenttien mitoitus. Moottorilähtöjä on eri variaatioita ja ne voidaan jakaa kolmeen ryhmään (SFS-Käsikirja 16 2003, 37):

1. Suorat sähkökäytöt: suoraan verkkoon kytkettävät moottorit.
2. Vaihtuvat sähkökäytöt: tähti-kolmiokäynnisteiset, pehmokäynnisteiset ja suuntaa vaihtavat moottorit.
3. Säädettävät sähkökäytöt: taajuusmuuttajakäytöt, servokäytöt ja DC-käytöt.

Yrityksen työntekijöitä haastatteleamalla selvisi, että useissa projekteissa juuri moottorilähdöt ovat eniten toistuvia rakenteita. Tässä opinnäytetyössä laadittaviksi piirikaaviopohjiksi valikoituivat asiantuntijahaastatteluiden perusteella seuraavassa taulukossa (Taulukko 1) esitetyt moottorilähtötyypit. (Haapanen 2015; Lähtinen 2015.)

Taulukko 1. Laadittavat piirikaaviopohjat

| Lähdön tyyppi | Sulake/Moottorinsuojakytkin | Suunnanvaihto | Moottorin teho |
|---------------------|-----------------------------|---------------|----------------|
| Suora moottorilähtö | Moottorinsuojakytkin | Ei | 0...132 kW |
| Suora moottorilähtö | Moottorinsuojakytkin | Kyllä | 0...132 kW |
| Suora moottorilähtö | Sulake | Ei | 0...132 kW |
| Suora moottorilähtö | Sulake | Kyllä | 0...132 kW |
| SIMOCODE -lähtö | Moottorinsuojakytkin | Kyllä | 0...132 kW |
| SIMOCODE -lähtö | Sulake | Kyllä | 0...132 kW |

Suunniteltaviksi moottorilähdöksi valikoitui eri variaatioita suorista moottorilähdöistä, sekä muutama älykäs moottorilähtö. Konfiguraattoriin taulukoidaan komponentit, jotka on mitoitettu moottoritehoille 0...132 kW.

Simocode on Siemensin tarjoama älykäs moottorin ohjaus- ja suojausjärjestelmä. Se tukee tyypistä riippuen mm. moottorin suorakäynnistystä, suunnanvaihtokäynnistystä sekä tähtikolmiokäynnistystä. Simocode tarjoaa myös diagnostiikkaa moottorista. Simocode koostuu perusyksiköstä sekä erillisestä virtamuuntajasta, ja se tukee Profibus DP -kenttäväylää. (Siemens 2016.)

4 PIIRIKAAVIOPOHJIEN SUUNNITTELU

Tässä osiossa on esitelty moottoripiirikaavioiden laatimiseen liittyviä standardeja, sekä piirikaavioiden suunnitteluohjelma. Teollisuuden projekteissa vaaditaan alan standardien noudattamista. Osiossa on lisäksi esimerkkipiirikaavio suorasta sulakkeettomasta moottorilähdöstä ja selostus sen toiminnasta.

4.1 Standardit piirikaavioiden perustana

Piirikaaviopohjia suunniteltaessa tutustuttiin teokseen ”SFS-käsikirja 16. Moottorikeskukset ja ohjelmoitavat ohjaukset. Vakiosovelluksia enintään 1000 V moottorikäyttöille”. Teos sisältää esimerkkejä sekä ohjeita sähkökäyttöjen kojeistojen, lähtöjen ja ohjausten suunnitteluun ja hankintaan. Piirikaaviopohjat on suunniteltu noudattaen teoksessa esitettyjä käytäntöjä.

SFS-käsikirja 16 mukaan automaatioon liitettävä moottorilähtö rakennetaan siten, että sitä voidaan ohjata ohjausjärjestelmistä ja että siitä saadaan tarpeelliset tiedot oikeiden käyttötoimenpiteiden, ja vikaselvitysten tekemiseksi. Moottorilähdöstä saatavat lukitukset ja häiriötiedot ovat:

- käynti-tieto
- seis-tieto (tarvittaessa järjestelmästä ja toteutustavasta riippuen)
- keskushäiriö
- kenttähäiriö

Joissain tapauksissa keskushäiriö ja kenttähäiriö voidaan yhdistää yhdeksi häiriötiedoksi, joka vastaa ei käytettävissä -tietoa. (SFS-Käsikirja 16 2003, 66-67.)

Moottorilähdön komponentteja valitessa tulee varmistua siitä, että oikosulkusuojan toimii ennen ylikuormitussuojan termistä kestopajaa. Lisäksi oikosulkusuojan ja ylikuormitussuojan tulee suojata kontaktori termisesti. Katkaisijan oikosulkulaukaisimen laukaisurajavirta ja laukaisuaika on mitoitettava moottorin käynnistysvirran mukaan. Kojevalmistajilla on omia kojevalintataulukoita, joissa ilmoitetaan eri moottoritehoille valittavat komponentit. (SFS-Käsikirja 16 2003, 66.)

IEC 60947 -standardi määrittelee moottorilähtöjen oikosulkukoordinaatiolle kaksi tyyppiä; tyyppi 1 ja tyyppi 2. Tyypin 1 koordinaatiossa kontaktorin ja ylikuormitussuojan rikkoutuminen sallitaan oikosulkutilanteessa. Tällöin komponentit joudutaan uusimaan

vikatilanteen jälkeen. Tyypin 1 koordinaatioon päädytään yleensä kustannussyistä. Tyypin 2 koordinaatiossa komponentit eivät saa rikkoutua oikosulkutilanteessa. Moottorikäynnistin on pystyttävä ottamaan käyttöön ainoastaan tarkistamalla kontaktorin tila ja irrottamalla mahdollinen kärkien hitsautuminen. (SFS-Käsikirja 16 2003, 64.)

Sama IEC 60947 -standardi määrittelee myös sähkömekaanisille kontaktoreille kaksi käyttöluokkaa oikosulkumoottorien käynnistykseen, käyttöluokat AC3 ja AC4. AC3 käyttöluokan kontaktori joutuu kytkemään moottorin käynnistysvirran ja katkaisemaan moottorin nimellisvirran. AC4 käyttöluokan kontaktori joutuu kytkemään ja katkaisemaan moottorin käynnistysvirran. (SFS-Käsikirja 16 2003, 64.)

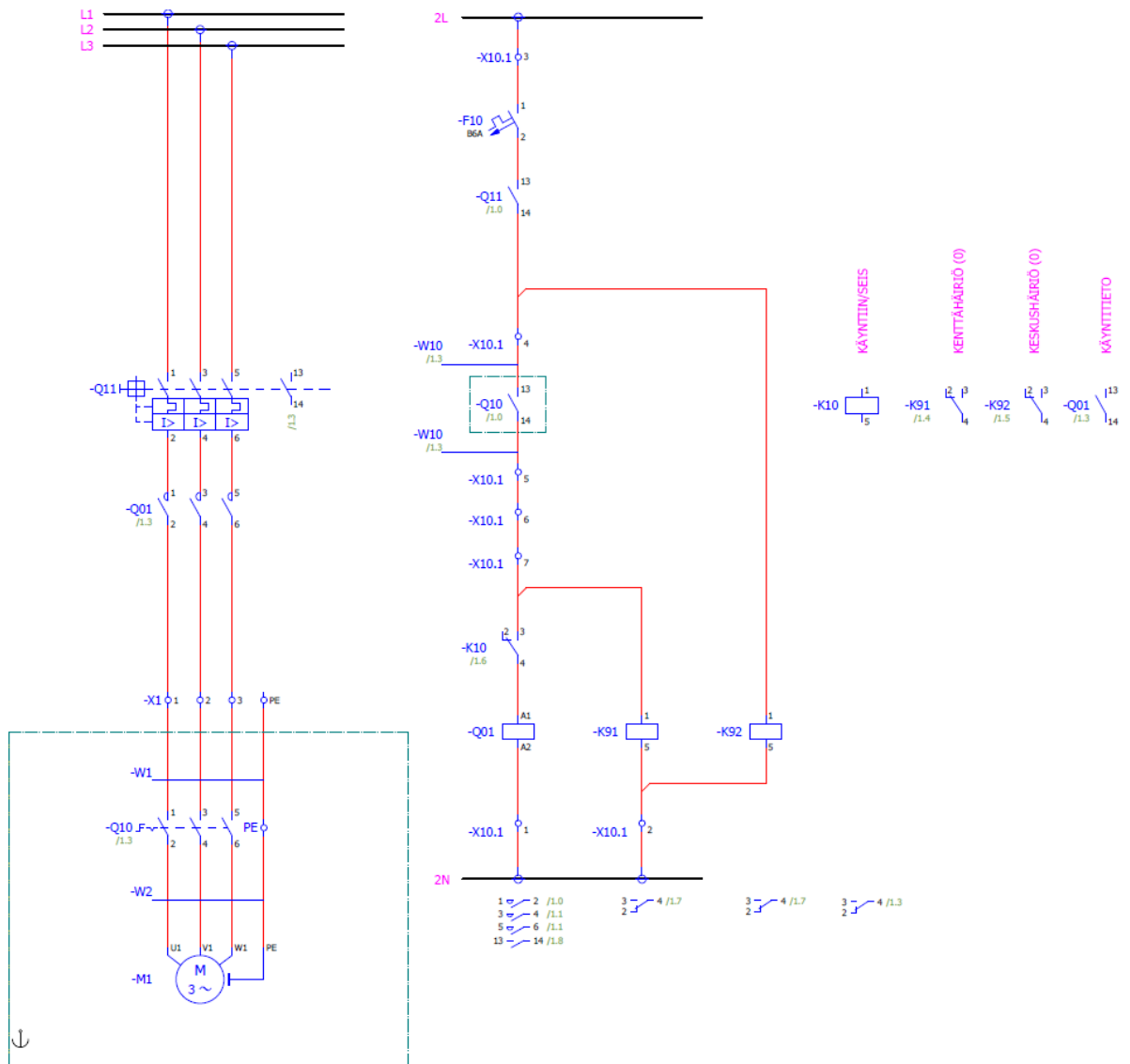
Piirikaavioiden komponentit, riviliittimet ja kaapelit on kirjainkoodattu SFS-käsikirja 16 (2003, 40-46) suosittelemalla tavalla. Suositukset perustuvat vuonna 2009 kumottuun SFS-EN 61346-2 standardiin. Suosituksia voidaan kuitenkin pitää standardinmukaisina, koska kumotun standardin korvaavassa SFS-EN 81346-2 standardissa kirjainkoodit ovat käytettyjen komponenttien osalta pysyneet muuttumattomina (SFS-EN 81346-2 2010, 20-29).

4.2 EPLAN Electric P8 -suunnitteluohjelma

Piirikaaviopohjien piirtäminen tapahtui tietokantapohjaisella EPLAN Electric P8 -suunnitteluohjelmalla. Käytetty ohjelmistoversio oli 2.4. Ohjelmaa kehittää EPLAN Software & Service AB, joka on osa Friedhelm Loh Groupia. Ohjelma sisältää valmiin symbolikirjaston, josta löytyy IEC 60617 -standardin mukaiset komponenttien piirrosmerkit. Lisäksi Eplanissa on Data Portal -ominaisuus, joka on yli sadan komponenttivalmistajan laitetietoja tarjoava verkkopalvelu. Näitä laitetietoja voidaan vetää ja pudottaa suoraan oman projektin dokumentaatioon. (Eplan 2016.)

4.3 Sulakkeeton suora moottorilähtö

Seuraavassa kuvassa (Kuva 4) on esitetty moottorilähdön piirikaaviopohja. Lähtö on DOL-tyyppiä (Direct on Line), eli moottori on kytketty suoraan syöttävään verkkoon. Moottorin suojaus on toteutettu sulakkeettomalla suojauksella. Kuvassa vasemmalla on moottorilähdön pääpiiri, ja oikealla ohjauspiiri.



Kuva 4. Sulakkeeton suora moottorilähtö

Pääpiirin komponentit ovat etukoje (Q11), kontaktori (Q01), lukittava turvakytkin (Q10) ja itse moottori (M1). Turvakytkin ja moottori on rajattu pistekatkoviivalla, joka tarkoittaa niiden sijaitsevat jossain muualla kuin sähkökeskuksessa. Etukojeena toimii moottorinsuojakytkin, joka on saman aikaisesti moottorin oikosulku- ja ylikuormitussuoja. Kontaktoria Q01 ohjaamalla moottori saadaan käyntiin. Turvakytkin sijaitsee kentällä moottorin läheisyydessä, ja sillä voidaan estää moottorin odottamaton käynnistyminen esimerkiksi huolto- ja korjaustöiden ajaksi.

Ohjauspiiri sisältää pääpiirin komponenttien apukoskettimia, ohjauspiirin etusulakkeen, ohjausreleen sekä häiriötietoreleitä. Moottorilähtöjen ohjaustapa vaihtelee projektien välillä, joten ohjausreleen kela sekä käynti- ja häiriötiedot on jätetty piirikaaviopohjassa kytkemättä. Ohjaustapoja voivat olla esimerkiksi paikallisohtaus tai

automaatiojärjestelmästä tuleva ohjaus. Ohjaukseen liittyvien tulojen ja lähtöjen kytkentöjen piirtäminen on osa projektikohtaista suunnittelua.

Kun ohjausrele K10 vetää, kontaktorin Q01 kela saa jännitteen ja kontaktori vetää. Moottorinsuojakytkimen ja turvakytkimen apukoskettimet toimivat lukituksina ohjaukselle. Riviliitinryhmän X10.1 riviliittimiin 6 ja 7 voidaan kytkeä ulkoinen lukitus. Olettaen, että suojalaitteet eivät ole lauenneet ja moottorin turvakytkin on kiinniasennossa, moottori käynnistyy. Ohjauspiiristä saadaan myös releiden kautta tieto mahdollisista keskus- ja kenttähäiriöistä. Ohjausjärjestelmässä tulee huomioida, että normaalissa tilanteessa häiriötietoreleet ovat vetäneenä, eli häiriötulossa tila 0 tarkoittaa häiriötä. Moottorin käyntitieto saadaan kontaktorin Q1 apukoskettimelta.

Piirikaavion vasemmassa alakulmassa näkyy placeholder object, jonka symboli muistuttaa ankkuria. Placeholder objectiin määritellään kaikki objektit ja niiden muuttujat, joita konfiguraattorin halutaan käsittelevän. Taulukko 2 esittää placeholder objektin sisällön.

Taulukko 2. Placeholder objectin sisältö

| Objekti | Muuttujat | |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Moottori M1 | Moottorin teho | |
| Kontaktori Q01 | Pääkontaktorin osanumero | |
| Lähtöliittimet X1 | Lähtöliittimien osanumero | PE lähtöliittimien osanumero |
| Moottorinsuojakytkin Q11 | Moottorinsuojakytkimen osanumero | Aseteltava virta-alue |

Konfiguraattori tunnistaa automaattisesti placeholder objektin sisällön, ja pyytää antamaan kaikille muuttujille arvot. Konfiguroinnin nopeuttamiseksi muuttujat taulukoidaan konfiguraattoriin siten, että ainoastaan moottorin tehon syöttämällä muut muuttujat saavat oikeat arvot. Ohjauspiirin komponentit eivät ole riippuvaisia syötettävän moottorin tehosta, joten ne on voitu vakioda jo piirikaaviopohjaan.

Valmis piirikaaviopohja tallennetaan makrokksi, jota konfiguraattori osaa käsitellä. Eplanilla voidaan luoda symbolimakroja ja sivumakroja. Symbolimakrot muodostuvat vain valituista komponenteista ja symboleista, kun taas sivumakrot sisältävät kokonaisen dokumenttisivun. Tässä tapauksessa piirikaaviosta luotiin sivumakro. Makroille on määritelty tarkat kolmiosaiset tiedostonimet, jotta niiden jälkikäsitteily Excelissä helpottuu. Esimerkiksi edellä esitelty sulakkeeton suora moottorilähtö tallennetaan nimellä DOL_FL_1. Ensimmäinen osa DOL tarkoittaa, että kyseessä on suoraan verkkoon kytkettävä moottorilähtö. Toinen osa FL on lyhenne englanninkielisen sanasta

fuseless, joka tarkoittaa sulakkeetonta. Sulakkeellisen lähdön tapauksessa toinen osa olisi FU. Viimeinen osa 1 tarkoittaa, että moottorilla on yksi pyörimissuunta.

Loput suunnitellut piirikaaviopohjat ovat tämän opinnäytetyön liitteinä. Sulakkeeton suora moottorilähtö suunnanvaihhdolla löytyy liitteestä 1, sulakkeellinen suora moottorilähtö löytyy liitteestä 2 ja sulakkeellinen suora moottorilähtö suunnanvaihhdolla löytyy liitteestä 3.

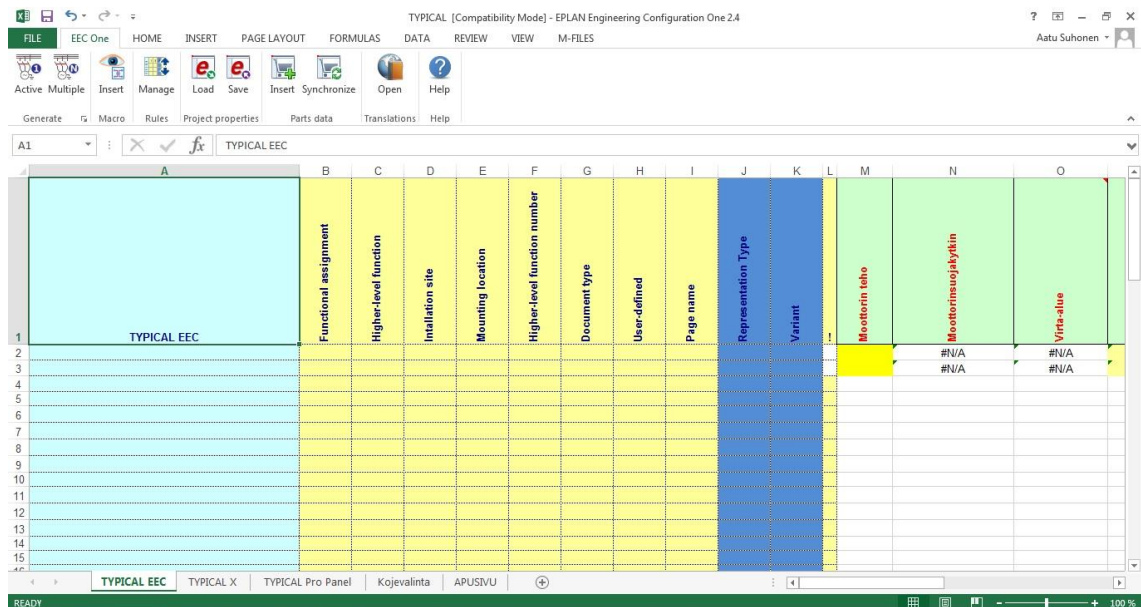
5 PIIRIKAAVIOIDEN GENEROINTI

Tässä osiossa on esitelty piirikaavioiden automaattiseen generointiin käytetty konfiguraattori, sekä siihen tehtävät valmistelut. Lisäksi osiossa on havainnollistettu automaattista generointia esimerkkitapauksen pohjalta. Esimerkkitapaus on esitetty siten, että sitä voidaan käyttää ohjeena konfiguraattorin käytöstä.

5.1 EPLAN Engineering Configuration One -ohjelma

Tässä työssä konfiguraattorina toimii EPLAN Engineering Configuration One -ohjelma eli EEC One. EEC One on konfiguraattori, jonka avulla dokumentaatiota voidaan generoida automaattisesti piirikaaviopohjien ja määrittelyjen pohjalta. Määrittelyt tehdään Excel-pohjaisella työkalulla. EEC One kuuluu samaan tuoteperheeseen kun piirikaaviopohjien piirtämiseen käytetty EPLAN Electric P8 -suunnitteluohjelma.

Konfiguraattorin vaatimat alustat, eli piirikaaviopohjat on laadittu standardien mukaisesti Eplan Electric P8 -suunnitteluohjelmalla ja tallennettu makrotiedostoina. Tarvittavien komponenttien valinnat ja mitoitukset taulukoidaan EEC One:n pohjana toimivaan typical-nimiseen Excel-taulukkoon. Typical-tiedostoja luotiin kolmen eri valmistajan kojevalintataulukoilla varustettuna. EEC One:n päänäkymä on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 5).



Kuva 5. EEC One:n päänäyttö

Ohjelman käyttöliittymä koostuu yläreunassa näkyvästä työkalupalkista, sekä itse Excel- taulukosta välilehtineen. Seuraavassa käydään ohjelman käyttöliittymä läpi osaluokittain.



Kuva 6. Työkalupalkki

Kuva 6 esittää ohjelman työkalupalkin sisällön. Active-valinnalla generoidaan aktiiviseen taulukkoon määritellyt piirikaaviot projektiin. Multiple-valinta toimii muuten samoin kuin edellinen, mutta generoitavaksi voidaan valita useita välilehtiä. Insert macro -valinnalla avataan makrovalikko, josta halutut makrot voidaan raahata taulukkoon. Manage-valinnasta aukeaa lista konfiguraattorin muuttujista ja niille osoitetuista säännöistä. Sääntöjä voidaan luoda esimerkiksi komponenttien numerointiin. Load-valinnalla voidaan ladata valitun projektin ominaisuudet taulukkomuodossa esimerkiksi muokkausta varten. Projektin ominaisuuksista voidaan muokata esimerkiksi nimiötä ja teknisiä tietoja. Save-valinnalla muokatut projektin ominaisuudet tallennetaan taulukkumuodosta itse projektiin. Insert part -ominaisuudella voidaan valita komponenttimuuttujaan komponentti Eplanin osatietokannasta. Ominaisuudella ei kuitenkaan tämän opinnäytetyön tapauksessa ollut käyttöä, koska tavoitteena oli komponenttien automaattinen määrittäminen moottoritien perusteella. Synchronize-valinnalla voidaan synkronoida komponenttitietokannasta komponenttien teknisiä tietoja konfiguraattoriin. Open-valinnasta saadaan auki sanakirjahaku. Sanakirjahauulla voidaan etsiä tietokannassa olevista sanakirjoista käännöksiä eri sanoille, ja sijoittaa niitä taulukkoon. Help avaa ohjelman ohjekirjan.

Typical-tila sisältää tavallisesti kolme välilehteä, TYPICAL EEC, TYPICAL X ja TYPICAL Pro Panel. Lisäksi tätä opinnäytetyötä varten on laadittu välilehdet Kojevalinta <valmistaja> ja APUSIVU. TYPICAL X ja TYPICAL Pro Panel -välilehtiä ei tässä opinnäytetyössä tarvittu.

TYPICAL EEC -välilehdelle tehdään kaikki automaattisen generoinnin vaatimat määrittäykset, kuten haluttu makro, piirikaavion sijainti ja nimi, sekä komponenttimäärittäykset. TYPICAL X ja TYPICAL Pro Panel ovat hyvin samankaltaisia välilehtiä. TYPICAL EEC ja TYPICAL X eroavat toisistaan siten, että ensin mainituissa

on hieman enemmän ominaisuuksia, kuten makron variaation valinta. TYPICAL Pro Panel -välilehti on tarkoitettu layout-kuvien generointiin.

Kojevalinta <valmistaja> -välilehdellä on kojevalintataulukot kyseisen valmistajan komponenteilla. APUSIVU-välilehteä tarvitaan, jotta saadaan oikeantyyppiset komponentit oikeisiin makroihiin. Esimerkiksi sulakkeettomassa suojauksessa ei tarvita kytkinvaroketta, sulakkeita eikä ylikuormitussuojaa. Apusivulle haetaan ensin moottoritehon perusteella kaikki mahdolliset kyseiselle moottoriteholle määritellyt komponentit, jonka jälkeen makron nimen perusteella valitaan tarpeelliset komponentit TYPICAL EEC -välilehdelle. Luvussa 5.3 on esitelty tämän toiminnan toteuttamista tarkemmin. Normaalisissa käytöissä suunnittelijan tarvitsee operoida ainoastaan TYPICAL EEC -välilehteä.

5.2 Komponenttien valintataulukot

Konfiguraattoriin luodaan valmiiksi komponenttien valintataulukot, jotta jokaisessa projektissa ei tarvitse erikseen mitoittaa komponentteja eri moottoritehoille. Useat komponenttivalmistajat tarjoavat omia valintataulukoita, joita kannattaa käyttää hyväksi omien valintataulukoiden luomisessa. Valintataulukot luotiin kolmen eri valmistajan komponenteilla; Siemens, Schneider Electric ja ABB. Komponentit valittiin siten, että oikosulkukoordinaatioluokka 2:n ehdot täyttyivät, eli lähdön pääkontaktori sekä ylikuormitussuoja eivät saa rikkoutua oikosulkutilanteessa. Kontaktoreiden käyttöluokka on AC3, joka tarkoittaa sitä, että kontaktorin tulee kytkeä moottorin käynnistysvirta ja katkaista moottorin nimellisvirta.

Suurin työ komponenttien valintataulukoiden luomisessa ei siis ole komponenttien määrittäminen ja mitoitus, vaan taulukon asettelun luominen siten, että taulukkoa voidaan jatkossa helposti muokata ja laajentaa. Taulukoiden tulee olla loogisia, jotta Excelin ohjelmointikomennoilla voidaan automaattisesti hyödyntää taulukoissa olevia tietoja. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 3) on osa konfiguraattoriin luodusta Siemensin komponenttivalintataulukosta.

Taulukko 3. Komponentinvalintataulukko Siemensin komponenteille moottoritehoille 0,04 kW ... 2,2 kW

| 400V, AC3, Koordinaatiotyyppe 2 | | | | | |
|---------------------------------|---------------|----------------------|--------------------------|----------------|-------------------|
| Moottorin teho | Pääkontaktori | Moottorinsuojakytkin | Suojalaitteen virta-alue | Lähtöliittimet | Lähtöliittimet PE |
| 0,04 kW | 3RT2015-1AP01 | 3RV2011-0AA10 | 0,11 ... 0,16 A | 3031487 | 3031500 |
| 0,06 kW | 3RT2015-1AP01 | 3RV2011-0CA10 | 0,18 ... 0,25 A | 3031487 | 3031500 |
| 0,09 kW | 3RT2015-1AP01 | 3RV2011-0EA10 | 0,28 ... 0,40 A | 3031487 | 3031500 |
| 0,12 kW | 3RT2015-1AP01 | 3RV2011-0FA10 | 0,35 ... 0,50 A | 3031487 | 3031500 |
| 0,18 kW | 3RT2015-1AP01 | 3RV2011-0HA10 | 0,55 ... 0,80 A | 3031487 | 3031500 |
| 0,25 kW | 3RT2015-1AP01 | 3RV2011-0JA10 | 0,70 ... 1,00 A | 3031487 | 3031500 |
| 0,37 kW | 3RT2015-1AP01 | 3RV2011-0KA10 | 0,9 ... 1,25 A | 3031487 | 3031500 |
| 0,55 kW | 3RT2015-1AP01 | 3RV2011-1AA10 | 1,1 ... 1,6 A | 3031487 | 3031500 |
| 0,75 kW | 3RT2015-1AP01 | 3RV2011-1CA10 | 1,8 ... 2,5 A | 3031487 | 3031500 |
| 1,1 kW | 3RT2015-1AP01 | 3RV2011-1DA10 | 2,2 ... 3,2 A | 3031487 | 3031500 |
| 1,5 kW | 3RT2024-1AP00 | 3RV2011-1FA10 | 3,5 ... 5,0 A | 3031487 | 3031500 |
| 2,2 kW | 3RT2024-1AP00 | 3RV2011-1GA10 | 4,5 ... 6,3 A | 3031487 | 3031500 |

Esimerkiksi 1,1 kW moottorille valitaan pääkontaktori 3RT2015-1AP01, moottorinsuojakytkin 3RV2011-1DA10 sekä lähtöliittimet 3031487 ja 3031500. Lähtöliittimet ovat Phoenix Contactin valmistamia.

5.3 Excel-ohjelmointi

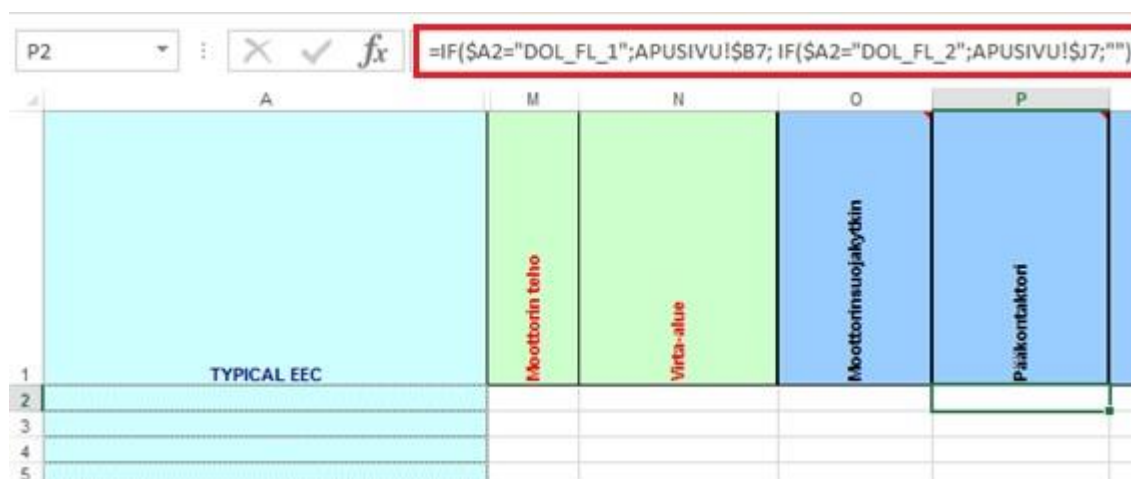
Valintataulukoiden tehokas hyödyntäminen vaatii Excel-ohjelmointia. Tavoitteellinen toiminta on, että ainoastaan haluttu moottorin teho syötetään konfiguraattoriin käsin, jonka jälkeen loput muuttujat haetaan oikeisiin kenttiin automaattisesti. Koska Excel-ohjelmointi ei varsinaisesti liity piirikaavioiden automaattiseen generointiin, se on esitetty tässä opinnäytetyössä melko yleisellä tasolla.

Tärkeimmät ohjelmointikomennot olivat VLOOKUP sekä IF. VLOOKUP-komennolla voidaan etsiä määritellystä taulukosta tietty tieto hakusanan perusteella. Tässä tapauksessa hakusanana toimi haluttu moottorin teho. IF-komento on looginen funktio, joka palauttaa tietyn arvon ehdon ollessa tosi, ja tietyn arvon ehdon ollessa epätosi. Seuraavassa kuvassa (Kuva 7) on esitelty esimerkki VLOOKUP-komennosta.

| | A | B | C | D | E | F |
|----|---|---------------|----------------|-------------------|----------------------|--------------------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | DOL_FL_1 | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | Pääkontaktori | Lähtöliittimet | Lähtöliittimet PE | Moottorinsuojakytkin | Suojalaitteen virta-alue |
| 7 | 1 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8 | 2 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 9 | 3 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 10 | 4 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |

Kuva 7. Esimerkki VLOOKUP -komennosta

Edellä esitettyssä komennossa haetaan hakusana TYPICAL EEC-taulukosta moottoritehon sarakkeesta. Hakusanan perusteella komento hakee Kojevalinta SIEMENS -taulukosta sarakkeesta 2 arvon pääkontaktorille. Oikea rivi määräytyy hakusanan perusteella, joten hakusanan on oltava täsmälleen sama kun Kojevalinta SIEMENS -taulukon ensimmäisen sarakkeen sisältö. Samanlainen toiminto on tehtävä jokaiselle komponentille ja riville. Komponenttien tiedot on vielä saatava APUSIVU-taulukosta TYPICAL EEC -taulukkoon makron tyypin perusteella. Tämä on toteutettu IF-komennolla, josta esimerkki on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 8).



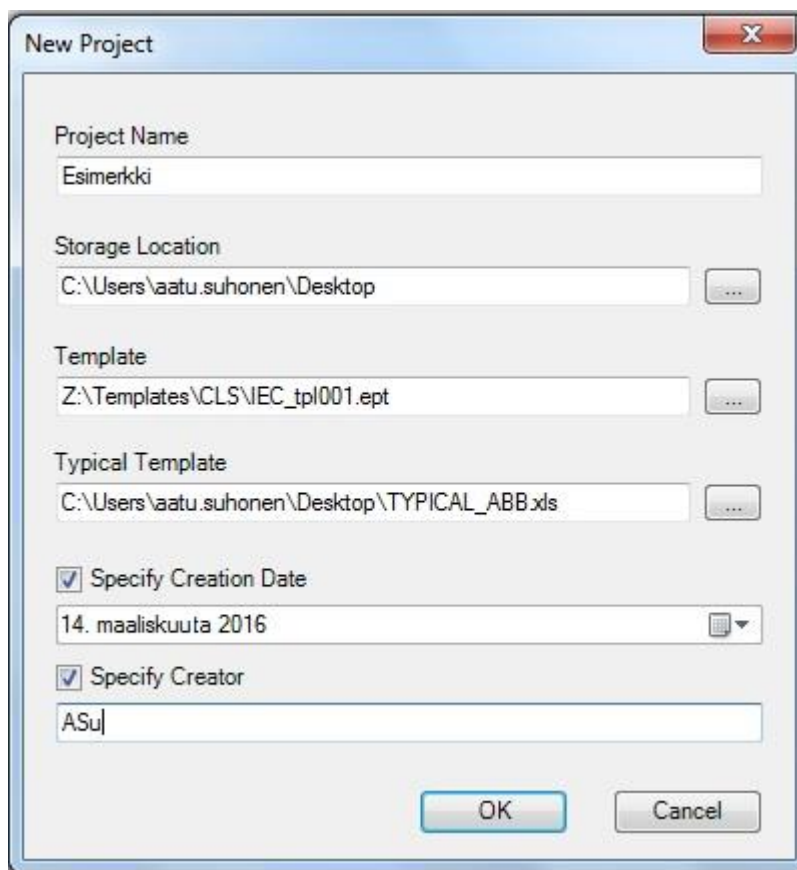
Kuva 8. Esimerkki IF -komennosta

Edellä esitettyssä komennossa tutkitaan, mitä A2-solussa lukee. Jos solussa lukee DOL_FL_1, haetaan pääkontaktorin arvo APUSIVU-taulukon tietyistä solusta. Samoin, jos solussa lukee DOL_FL_2, haetaan arvo eri solusta. Jos A2-solussa lukee jotain muuta kuin nämä määritellyt sanat, IF-komennon tulos on tyhjä. Samanlainen toiminto on tehtävä jokaiselle komponentille ja riville. Komennon toiminnan ehtona on, että piirikaaviomakrot on tallennettu juuri oikeilla tiedostonimillä.

5.4 Esimerkkigenerointi

Tässä luvussa käydään vaiheittain läpi esimerkkitapaus piirikaavioiden automaattisesta generoinnista. Esimerkki on esitetty siten, että sitä voidaan käyttää ohjeena konfiguraattorin käytöstä.

Generointi lähtee liikkeelle uuden projektin luomisesta EEC Onella. Projekti luodaan ohjelman valikosta File → New → Project. Avautuva ikkuna on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 9).



Kuva 9. EEC One projektin luominen

Template kohtaan valitaan projektin mallipohja halutun standardin mukaisesti. Tämä valinta vaikuttaa muun muassa komponenttien piirrosmerkkeihin. Typical Template kohtaan valitaan halutun komponenttivalmistajan mukaan jokin luoduista typical- taulukoista. Tässä esimerkissä oletetaan että asiakas on valinnut komponenttivalmistajaksi ABB:n.

Generoinnin seuraava vaihe on makrojen ja moottoritehojen syöttäminen typical- taulukkoon. Tässä esimerkkiprojektissa lähtötietona on seuraavassa taulukossa (Taulukko 4) esitetty moottorilista.

Taulukko 4. Asiakkaan toimittama moottorilista

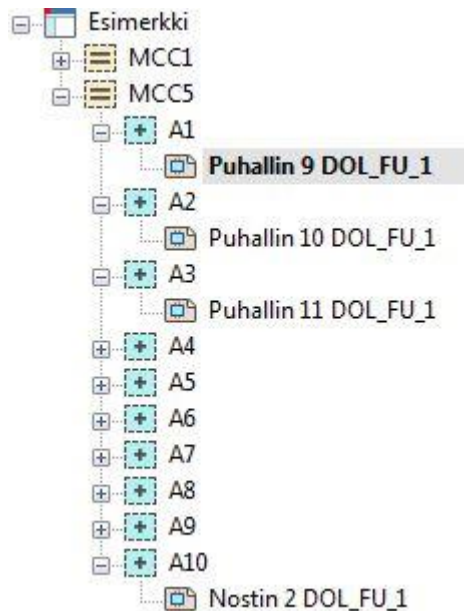
| Rivi | Kuvaus | Teho (kW) | Jännite (V) | Taajuus (Hz) | Käynnistimen tyyppi | Suojaus | Keskus | Suunnat |
|------|-------------|-----------|-------------|--------------|---------------------|----------------|--------|---------|
| 1 | Puhallin 1 | 1,1 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 2 | Puhallin 2 | 1,1 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 3 | Puhallin 3 | 1,1 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 4 | Puhallin 4 | 5,5 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 5 | Puhallin 5 | 5,5 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 6 | Pumppu 1 | 11 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 7 | Pumppu 2 | 11 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 8 | Pumppu 3 | 11 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 9 | Pumppu 4 | 0,75 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 10 | Pumppu 5 | 0,75 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 11 | Pumppu 6 | 0,75 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 12 | Pumppu 7 | 15 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 13 | Pumppu 8 | 15 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 14 | Pumppu 9 | 15 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeeton | MCC1 | 1 |
| 15 | Kuljetin 1 | 45 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC1 | 2 |
| 16 | Kuljetin 2 | 45 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC1 | 2 |
| 17 | Kuljetin 3 | 45 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC1 | 2 |
| 18 | Puhallin 6 | 75 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC1 | 1 |
| 19 | Puhallin 7 | 75 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC1 | 1 |
| 20 | Puhallin 8 | 75 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC1 | 1 |
| 21 | Puhallin 9 | 75 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC5 | 1 |
| 22 | Puhallin 10 | 55 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC5 | 1 |
| 23 | Puhallin 11 | 55 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC5 | 1 |
| 24 | Kuljetin 4 | 0,25 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC5 | 2 |
| 25 | Kuljetin 5 | 0,25 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC5 | 2 |
| 26 | Kuljetin 6 | 0,25 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC5 | 2 |
| 27 | Kuljetin 7 | 0,25 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC5 | 2 |
| 28 | Kuljetin 8 | 0,25 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC5 | 2 |
| 29 | Nostin 1 | 132 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC5 | 1 |
| 30 | Nostin 2 | 132 | 400 | 50 | DOL | Sulakkeellinen | MCC5 | 1 |

Insert macro-valinnasta avautuvasta tiedostoselaimesta raahataan makrot typical-
taulukon TYPICAL EEC-sarakkeeseen. Tässä vaiheessa tulee huomioida, että makrot
sisältävä kansio täytyy määrittää EEC Onen asetuksiin. Asetus löytyy valikosta File →
EEC One settings → Directories. Moottorin teho-sarakkeen alasetusvalikosta valitaan
riveille oikeat moottoritehot. Seuraava kuva (Kuva 10) havainnollistaa toiminnot.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|---------------|--------------|------------|
| 1 | TYPICAL EEC | Functional assignment | Higher-level function | Installation site | Mounting location | Higher-level function number | Document type | User-defined | Page name |
| 2 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | A1 | | | | Puhallin 1 |
| 3 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | A2 | | | | Puhallin 2 |
| 4 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | A3 | | | | Puhallin 3 |
| 5 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | A4 | | | | Puhallin 4 |
| 6 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | A5 | | | | Puhallin 5 |
| 7 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | A6 | | | | Pumppu 1 |
| 8 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | A7 | | | | Pumppu 2 |
| 9 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | A8 | | | | Pumppu 3 |
| 10 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | A9 | | | | Pumppu 4 |
| 11 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | A10 | | | | Pumppu 5 |
| 12 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | B1 | | | | Pumppu 6 |
| 13 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | B2 | | | | Pumppu 7 |
| 14 | DOL_FL_1 | MCC1 | | | B3 | | | | Pumppu 8 |

Kuva 11. Ominaisuuksien määrittely

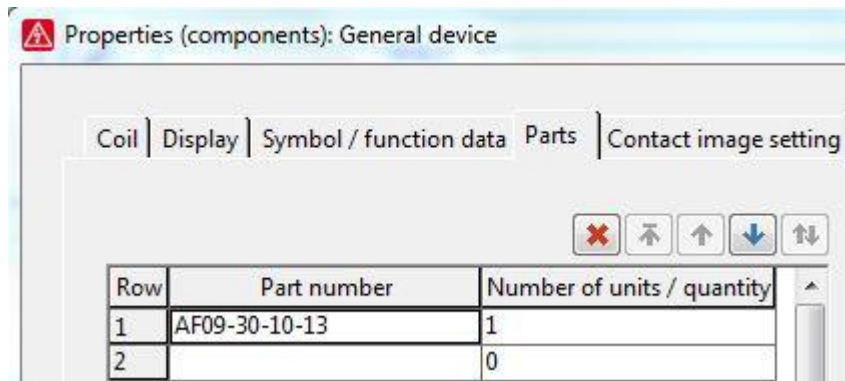
Määritysten jälkeen generointi suoritetaan Active-painikkeesta. Tämän jälkeen EEC One voidaan sulkea, ja projekti avata EPLAN Electric P8 -ohjelmalla piirikaavioiden tarkastelua varten. Puumuotoinen esitys projektin sisällöstä on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 12).



Kuva 12. Generoitu esimerkiprojekti

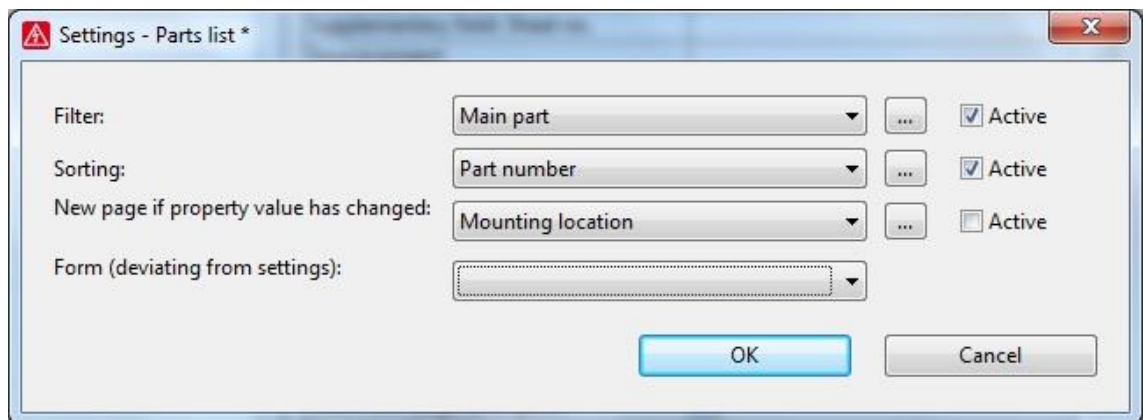
Kun tarkastellaan esimerkiksi lähdön =MCC1+A1/Puhallin 1 pääkontaktorin Q01 ominaisuuksia (Kuva 13) voidaan todeta, että EEC One on määrittänyt pääkontaktorille osanumeron. Tässä vaiheessa kaikki generoidut piirikaaviot on hyvä käydä läpi silmämääräisesti mahdollisten virheiden varalta. Seuraavaksi projektissa voidaan siirtyä

generoimaan osalista tarjousta varten, tai jatkaa suunnittelutyötä tapauskohtaisella suunnittelulla tilanteesta riippuen.



Kuva 13. Kontaktorin Q01 ominaisuudet

Projektista voidaan luoda osalista kätevästi Reports-toiminnolla. Toiminto löytyy valikosta Utilities → Reports → Generate. Avautuvasta ikkunasta valitaan New → Parts list. Osalistan asetuksista osalistalle voidaan valita vain tietyn tyyppisiä osia, osat voidaan järjestellä haluttuun järjestykseen, sekä osalistalle voidaan määrittää mallipohja (Kuva 14).



Kuva 14. Osalistan asetukset

Projektin viidestä ensimmäisestä moottorilähdöstä generoitu osalista on esitetty liitteessä 4. Tässä vaiheessa projektia piirikaavioiden automaattisella generoinnilla on säästetty jo paljon aikaa verrattuna siihen, että jokainen moottorilähtö olisi suunniteltu manuaalisesti.

6 POHDINTA

Sähkökeskusprojektit pitävät aina sisällään tapauskohtaista suunnittelua, jota ei voida automatisoida. Suunnitteluautomaatiolla oikein käytettynä voidaan kuitenkin huomattavasti helpottaa projektin suunnittelutyötä, ja näin ollen lyhentää projektin läpimenoaikaa. Piirikaavioiden automaattisen generoinnin hyödyntäminen sitoo aluksi yritykseltä resursseja, mutta hyvin suunniteltuna, toteutettuna ja ylläpidettynä siitä voidaan saada irti valtavasti hyötyä. Huolellisuus on ensiarvoisen tärkeää, koska pienikin virhe monistuu helposti kymmeneen, jopa satoihin piirikaavioihin. Suunnitteluautomaatiolle tulisi nimetä vastuuhenkilö yrityksessä. Vastuuhenkilön tehtävänä olisi huolehtia siitä, että suunnitteluautomaatiota hyödynnetään ja kehitetään yhteisillä menetelmillä ja pelisäännöillä.

Opinnäytetyössä piirikaavioiden automaattisen generoinnin hyödyntäminen saatiin hyvälle alulle yrityksessä. Konfiguraattorilla voidaan nykytilassa generoida neljän erilaisen moottorilähdön piirikaavioita tyypillisesti käytetyillä moottoritehoilla kolmen eri valmistajan komponenteilla. Alkuperäisissä suunnitelmissa myös älykkäistä moottorilähdöistä oli tarkoitus laatia piirikaaviopohjat sekä komponentinvalintataulukot, mutta aikataulun rajallisuuden vuoksi ne eivät mahtuneet tämän opinnäytetyön laajuuteen. Opinnäytetyön tuloksena syntyi esimerkkimuodossa olevat kirjalliset ohjeet konfiguraattorin käytöstä. Konfiguraattorin toimivuutta todellisessa projektissa ei ehditty kokeilemaan, mutta kuvitteellisessa esimerkkiprojektissa konfiguraattori toimi hyvin.

Jotta konfiguraattorista saadaan suurin mahdollinen hyöty irti, sitä on ylläpidettävä ja kehitettävä jatkuvasti. Ylläpito tarkoittaa esimerkiksi komponentinvalintataulukoiden pitämistä ajantasalla. Valmistajat voivat julkaista uusia korvaavia komponentteja vanhojen tilalle, tai kokemusten perusteella jokin toinen komponentti voi osoittautua taulukoitua komponenttia paremmaksi vaihtoehdoksi. Kehitystä kannattaa jatkaa laatimalla piirikaaviopohjia myös muunlaisista moottorilähdöistä, kuten taajuusmuuttajalähdöistä ja älykkäistä moottorilähdöistä. Komponentinvalintataulukoita tulee myös täydentää näiden uusien lähtötyyppien osalta. Kehityksessä ei myöskään kannata takertua pelkästään moottorilähtöihin, vaan piirikaavioiden automaattisen generoinnin hyödyntämistä kannattaa tutkia myös muiden rakenteiden osalta. Mahdollisia kohteita voisivat olla esimerkiksi sähkökeskusten syöttökentät. Piirikaavioiden automaattisen generoinnin hyödyntämistä tutkiessa tulee ottaa huomioon

ainakin tutkittavan rakenteen yleisyys sähkökeskusprojekteissa, sekä rakenteen monimutkaisuus.

Suunnitteluautomaatiosta tämän opinnäytetyön tapaisessa merkityksessä löytyi todella heikosti tietoa, joka asetti haasteita opinnäytetyötä tehdessä. Syynä niukkaan lähteiden määrään lienee se, että kyseessä on melko uusi asia. Toivottavasti aihetta tutkitaan jatkossa lisää etenkin projektiluontoisen suunnittelun näkökulmasta, vaikka se onkin yksi suunnitteluautomaation haastavimmista sovellusalueista.

LÄHTEET

Eplan. 2016. Luettu 5.1.2016. <http://www.eplan.fi/fi/>

Haapanen, J. 2015. Kennorakenteisen sähkökeskuksen tuotteistaminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Haapanen, J. sähkö- ja automaatio suunnittelija. 2015. Haastattelu 29.10.2015. Haastattelija Suhonen, A.

Korpela, J. 2013. Pienehkö sivistyssanakirja. Luettu 28.1.2016. <https://www.cs.tut.fi/~jkorpela/siv/sanatk.html>

Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. 5. painos. Helsinki: Talentum.

Lähtinen, I. key account manager. 2015. Haastattelu 5.11.2015. Haastattelija Suhonen, A.

Ruppa, E. 1996. Sähkötekniinen dokumentointi. 1. painos. Helsinki: Opetushallitus

SFS-EN 61082-1. 2015. Sähkötekniikassa käytettävien dokumenttien laatiminen. Osa 1: Säännöt. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 81346-2. 2010. Teollisuuden järjestelmät, asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet. Jäsentelyn periaatteet ja viitetunnukset. Osa 2: Kohteiden luokittelu ja luokkia vastaavat koodit. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

SFS-käsikirja 16. 2003. SFS-käsikirja 16. Moottorikeskukset ja ohjelmoitavat ohjaukset. Vakiosovelluksia enintään 1000 V moottorikäyttöille. 5. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Siemens. 2016. SIMOCODE - älykäs moottorinsuojaus. Luettu 5.1.2016. http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/pienjanni_tekojeet/kytkenta_suojaus_ja_ohjaus/simocode_alykas_moottorinsuojaus.htm?stc=fiiia300001

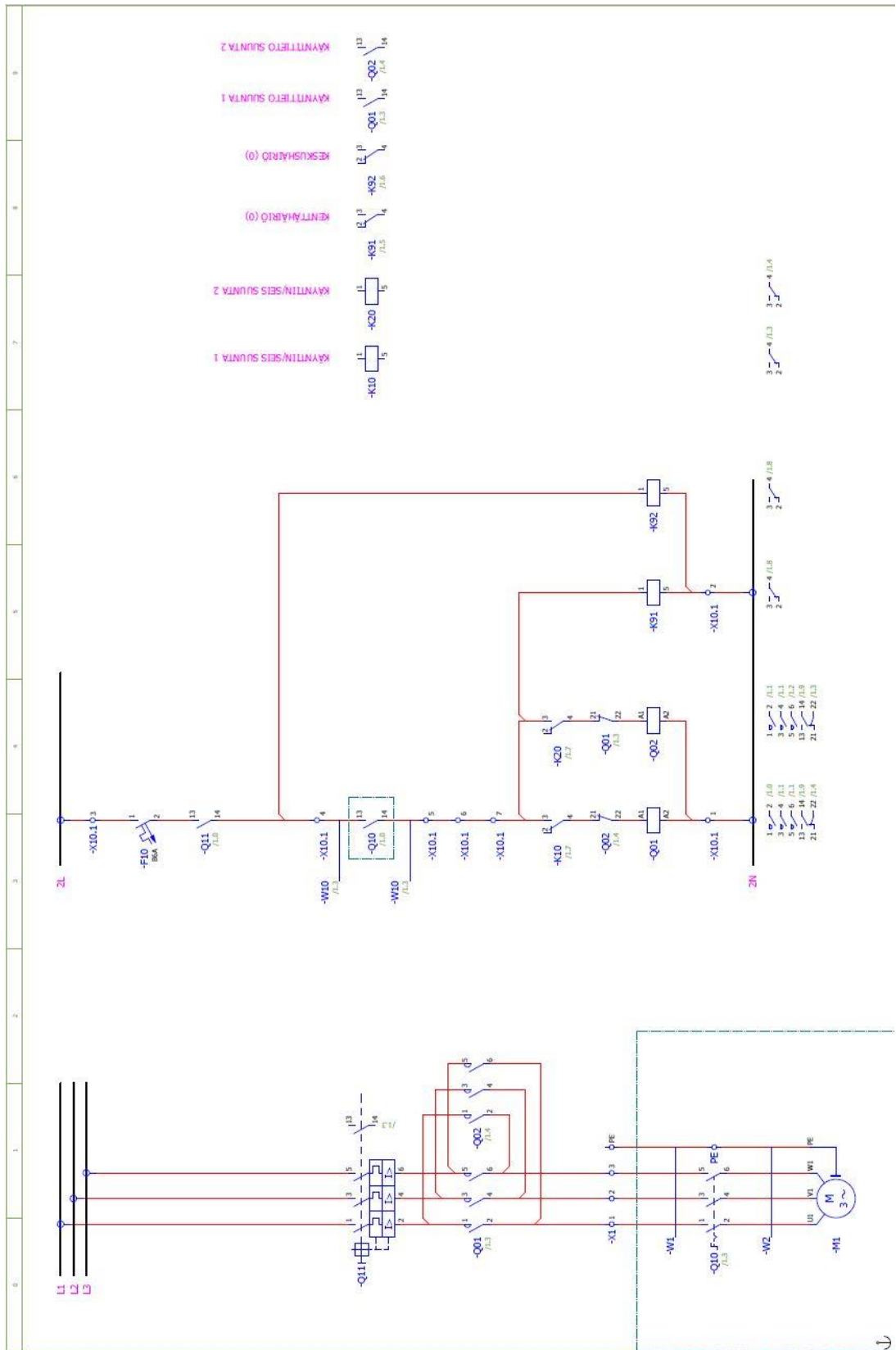
Suomen Automaatioseura ry. 2007. Automaatio suunnittelun prosessimalli. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.

Tekes. 2010. Automaatio liiketoimintaprosessien tukena. Helsinki: Tekes.

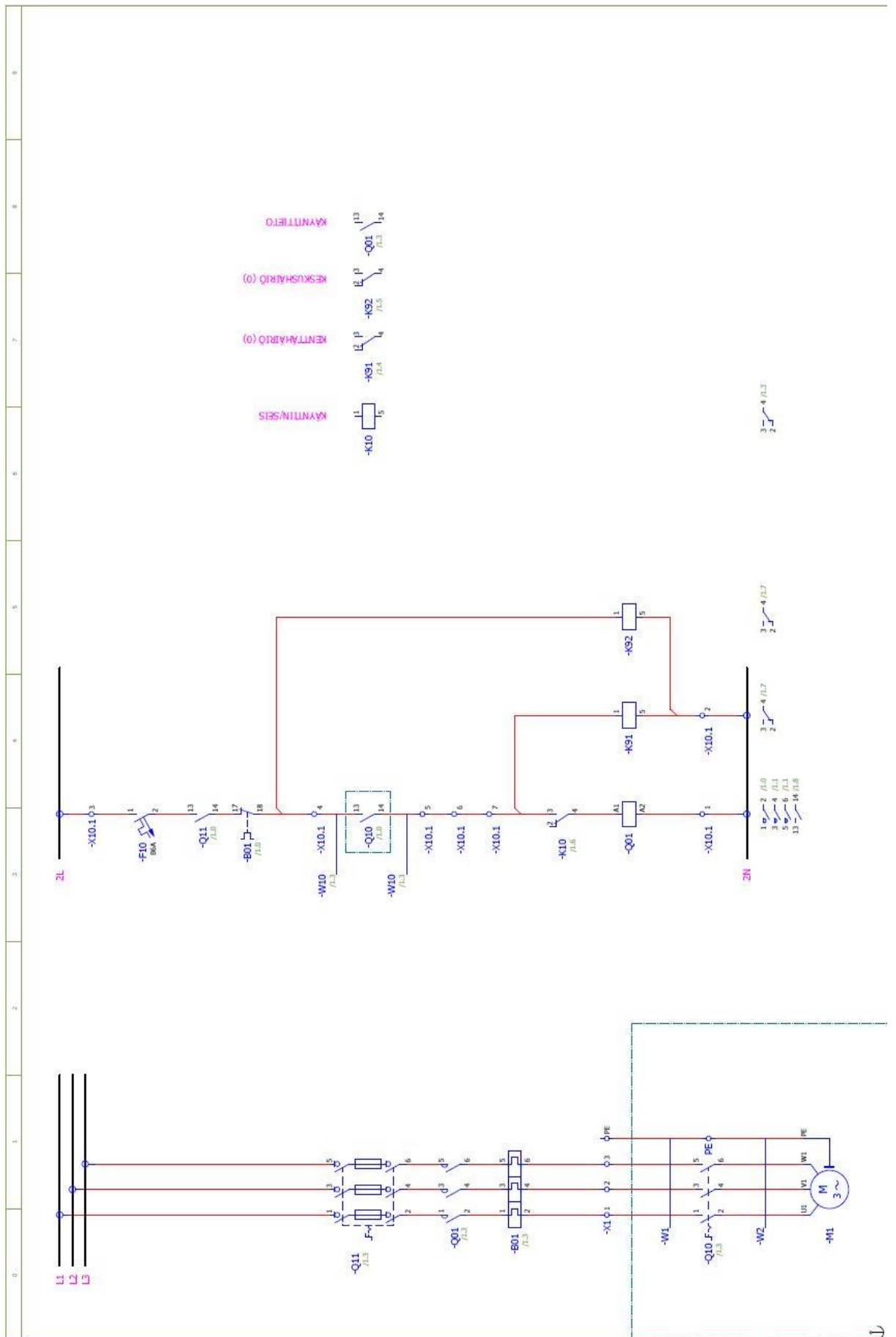
Tiihonen, J. & Soininen T. 1998. Product Configurators - Information System Support for Configurable Products. Helsinki: Helsinki University of Technology.

LIITTEET

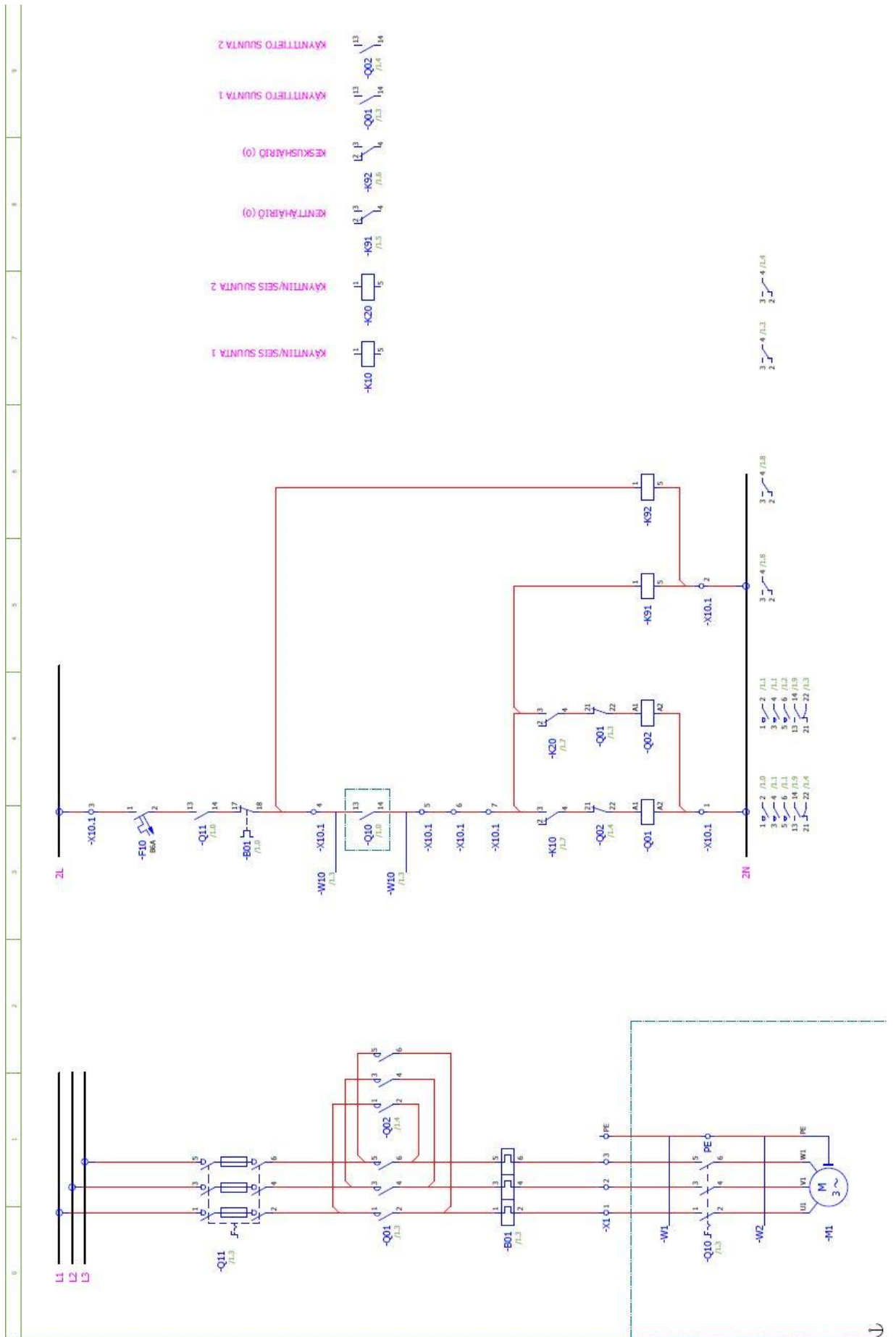
Liite 1. Sulakkeeton suora moottorilähtö suunnanvaihdoilla (DOL_FL_2)



Liite 2. Sulakkeellinen suora moottorilähtö (DOL_FU_1)



Liite 3. Sulakkeellinen suora moottorilähtö suunnanvaihdolla (DOL_FU_2)



Liite 4. Ote esimerkkiprojektin osalistasta

| device tag | Quantity | designation | Type number | supplier | part number |
|----------------|----------|---|------------------|----------|------------------------|
| =MCCI+A1-F10 | 1 | Miniature circuit breaker - 1P - 6A - B curve Double terminal | IC60N | SE | SE.A9F03106 |
| =MCCI+A1-K10 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, diode, 24 VDC | G2R15NDI24DCSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNDI-24DC(S) |
| =MCCI+A1-K91 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, 230 VAC | G2R15NI230ACSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNI-230AC(S) |
| =MCCI+A1-K92 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, 230 VAC | G2R15NI230ACSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNI-230AC(S) |
| =MCCI+A1-Q01 | 1 | | | | AF09-30-10-13 |
| =MCCI+A1-Q11 | 1 | | | | M5325-4 |
| =MCCI+A1-X1 | 3 | | | | 3031487 |
| =MCCI+A1-X1 | 1 | | | | 3031500 |
| =MCCI+A1-X10.1 | 7 | Feed-through terminal block | UT 4 | PXC | PXC.304H102 |
| =MCCI+A2-F10 | 1 | Miniature circuit breaker - 1P - 6A - B curve Double terminal | IC60N | SE | SE.A9F03106 |
| =MCCI+A2-K10 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, diode, 24 VDC | G2R15NDI24DCSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNDI-24DC(S) |
| =MCCI+A2-K91 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, 230 VAC | G2R15NI230ACSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNI-230AC(S) |
| =MCCI+A2-K92 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, 230 VAC | G2R15NI230ACSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNI-230AC(S) |
| =MCCI+A2-Q01 | 1 | | | | AF09-30-10-13 |
| =MCCI+A2-Q11 | 1 | | | | M5325-4 |
| =MCCI+A2-X1 | 3 | | | | 3031487 |
| =MCCI+A2-X1 | 1 | | | | 3031500 |
| =MCCI+A2-X10.1 | 7 | Feed-through terminal block | UT 4 | PXC | PXC.304H102 |
| =MCCI+A3-F10 | 1 | Miniature circuit breaker - 1P - 6A - B curve Double terminal | IC60N | SE | SE.A9F03106 |
| =MCCI+A3-K10 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, diode, 24 VDC | G2R15NDI24DCSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNDI-24DC(S) |
| =MCCI+A3-K91 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, 230 VAC | G2R15NI230ACSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNI-230AC(S) |
| =MCCI+A3-K92 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, 230 VAC | G2R15NI230ACSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNI-230AC(S) |
| =MCCI+A3-Q01 | 1 | | | | AF09-30-10-13 |
| =MCCI+A3-Q11 | 1 | | | | M5325-4 |
| =MCCI+A3-X1 | 3 | | | | 3031487 |
| =MCCI+A3-X1 | 1 | | | | 3031500 |
| =MCCI+A3-X10.1 | 7 | Feed-through terminal block | UT 4 | PXC | PXC.304H102 |
| =MCCI+A4-F10 | 1 | Miniature circuit breaker - 1P - 6A - B curve Double terminal | IC60N | SE | SE.A9F03106 |
| =MCCI+A4-K10 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, diode, 24 VDC | G2R15NDI24DCSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNDI-24DC(S) |
| =MCCI+A4-K91 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, 230 VAC | G2R15NI230ACSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNI-230AC(S) |
| =MCCI+A4-K92 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, 230 VAC | G2R15NI230ACSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNI-230AC(S) |
| =MCCI+A4-Q01 | 1 | | | | AF16-30-10-13 |
| =MCCI+A4-Q11 | 1 | | | | M5325-12.5 |
| =MCCI+A4-X1 | 3 | | | | 3031487 |
| =MCCI+A4-X1 | 1 | | | | 3031500 |
| =MCCI+A4-X10.1 | 7 | Feed-through terminal block | UT 4 | PXC | PXC.304H102 |
| =MCCI+A5-F10 | 1 | Miniature circuit breaker - 1P - 6A - B curve Double terminal | IC60N | SE | SE.A9F03106 |
| =MCCI+A5-K10 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, diode, 24 VDC | G2R15NDI24DCSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNDI-24DC(S) |
| =MCCI+A5-K91 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, 230 VAC | G2R15NI230ACSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNI-230AC(S) |
| =MCCI+A5-K92 | 1 | Relay, plug-in, SPDT, 10 A, mech. & LED indicator, test button, 230 VAC | G2R15NI230ACSNEW | OMR | OMR.G2R-1-SNI-230AC(S) |
| =MCCI+A5-Q01 | 1 | | | | AF16-30-10-13 |
| =MCCI+A5-Q11 | 1 | | | | M5325-12.5 |
| =MCCI+A5-X1 | 3 | | | | 3031487 |
| =MCCI+A5-X1 | 1 | | | | 3031500 |
| =MCCI+A5-X10.1 | 7 | Feed-through terminal block | UT 4 | PXC | PXC.304H102 |