

Vesivoimalaitosten pienjännitesuunnittelun kehittäminen

Dani Alaraudanjoki

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Sähkövoimatekniikka  
Insinööri(AMK)

KEMI 2014

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ABB Oy Power Generation – yksikölle. Opinnäytetyön tarkoituksena, on ollut kehittää vesivoimalaitosten pienjännitesuunnittelua. Kehittämistyön myötä edistettiin huomattavasti pienjännitesuunnittelua yritykselle, sekä opintua poistuessa omalta mukavuusalueeltani.

Haluan ensimmäisenä kiittää toimeksiantajaani Vaasan ABB Oy Power Generation Hydro – yksikön johtajia ja henkilöstöä aiheesta, tuesta ja mahtavasta työympäristöstä. Haluaisin myös kiittää erityisesti Vesa Yliselää, Ville Rajala-Rahkoa, Owe Bäckää, Mikko Nevalaa, Sven Lindbergiä, Ilmari Lepistöä sekä Matias Puskaa opinnäytetyöhön annetuista neuvoista. Kiitokseni haluaisin myös esittää CO-Automationille opinnäytetyön aiheen opetuksesta ja perehdyttämisestä. Opiskeluvuosista haluan kiittää koulua ja erityisesti opinnäytetyön ohjaajaani Jaakko Ettoa, tuesta ja avusta opinnäytetyöni sekä opintojeni varrella.

Erityiskiitokseni haluaisin osoittaa opinnäytetyön valvojalleni Janne Kokkiselle, joka on tehnyt opinnäytetyöstä mahdollista. Ilman Jannen aktiivista panostusta ja tukea, ei opinnäytetyötä olisi saatu päätökseen, saati koko aihetta olisi.

Vaasassa 5.5.2014

Alaraudanjoki Dani

## TIIVISTELMÄ

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisala

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä:	Dani Alaraudanjoki
Opinnäytetyön nimi:	Vesivoimalaitosten pienjännitesuunnittelun kehittäminen
Sivuja (joista liitesivuja):	78 (17)
Päiväys:	5.5.2014
Opinnäytetyön ohjaajat:	DI Jaakko Etto, Lapin AMK Janne Kokkinen, ABB Oy, Ins(AMK), M.Eng
<p>Tämän insinöörityön tehtävänä oli kehittää ABB Oy Power Generationin vesivoimalaitosten pienjännitesuunnittelua. Tavoitteena oli tutustua standardinmukaiseen tyyppi- piirikaavioiden tuottamiseen E<sup>3</sup>-suunnitteluohjelmistolla ja automatisoida piirikaavioiden tuotanto. Lisäksi perehdyttiin syvällisemmin suunnittelujärjestelmän ohjelmointikieleen Visual Basic Scriptiin (VBS).</p> <p>Tyyppi- piirikaaviokirjastoa varten luotiin E<sup>3</sup>:ssa dokumenttikehykset IEC:n mukaiselle suunnittelulle ja GOST:n mukaiselle suunnittelulle. Kirjastoon piirrettiin suoran moottorilähdön tyyppi- piirikaavio E<sup>3</sup>.cable versiolla. Mallina tyyppi- piirikaavioille käytettiin SFS-käsikirjan 16 vakiokytkentöjä. Automaattiselle tyyppi- piirikaavioiden luomiselle luotiin kattava pohja jatkokehitystä varten. Piirrettyihin tyyppikuviin tiedot tuotiin kulutuslaiteluettelosta VBS:llä. Skriptaamisen perusteet ja suunnitteluohjelmiston käyttö opeteltiin empiirisen tutkinnan avulla.</p> <p>Työn tuloksena luotiin perusta vesivoimalaitosten pienjännitesuunnittelun rutiinien automatisoinnille. Työssä luotiin tarvittavat projektin määrittelytiedostot pienjännitesuunnittelua varten ja kehitettiin E<sup>3</sup>-ympäristöä käyttäjäystävällisemmäksi. Lisäksi luotiin pohjien ja suoran moottorilähdön tarvitsemat parametrit E<sup>3</sup>:n tyyppikuvakirjaston kehittämiseksi jatkossa.</p> <p>Piirikaavioiden automaattinen generointi nopeuttaa työskentelyä sekä vähentää virheitä suunnittelussa. Ihmisen aiheuttama virhemarginaali minimoitiin Excelin käyttöön ja sinne kirjoitettaviin tietoihin. Tästä pääteltynä voidaan todeta, että jopa henkilö, joka ei ole aikaisemmin käyttänyt E<sup>3</sup>-suunnitteluohjelmistoa voi sillä luoda kokonaisia projekteja.</p>	
Asiasanat: E <sup>3</sup> , Visual Basic Script, sähkösuunnittelu, suunnitteluohjelmisto, tyyppi- piirikaavio, moottorilähtö, pienjännitesuunnittelu	

## ABSTRACT

LAPLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Industry and Natural Resources

Degree programme:	Electrical Engineering
Author:	Dani Alaraudanjoki
Thesis title:	Development of the Hydro Power LV-engineering
Pages (of which appendixes):	78 (17)
Date:	5 May 2014
Thesis instructors:	Jaakko Etto, MSc (tech.) Janne Kokkinen, ABB OY (B.Eng M.Eng.)
<p>The purpose of the thesis was to develop ABB Oy Power Generations Hydropower stations low voltage engineering. The objective was to acquaint oneself with making standard circuit diagrams automatically with E<sup>3</sup>.series. The process also includes learning programming language Visual Basic Scripting.</p> <p>For the process of making typical library two typical frames were made. One for regular designing and another for countries that use GOST –standards. In this thesis direct on line motor starter subcircuit was made for the library. SFS-handbook 16 was used as model for the subcircuits. All the conditions for further development of the library were made in the process. The data was transferred into subcircuits with Visual Basic Script. The basics of scripting and use of program were learned through empirical study.</p> <p>The outcome of thesis was automated routine tasks in low voltage engineering. Also the required project settings were defined for low voltage engineering together with user friendly interface. In addition the settings for making subcircuit were made. All the required parameters for making new subcircuits were saved in to the database.</p> <p>Automating routine tasks in circuit diagrams improve quality, reduce work hours and eliminate human made mistake. The only possible mistake has been limited to typing in Excel. As a deduction one could say that even a person who has never heard of E<sup>3</sup> will be able to generate whole projects with it.</p>	
Asiasanat: Subcircuit, E <sup>3</sup> , Low Voltage-Engineering, Visual Basic Script, motor starter	

## SISÄLLYS

ALKUSANAT .....	2
TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
SISÄLLYS .....	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	7
1 JOHDANTO .....	8
1.1 Työn tausta .....	8
1.2 Työn tavoitteet.....	8
1.3 Työn rakenne ja aihealueen rajaus .....	9
2 TOIMEKSIANTAJA ABB OY POWER GENERATION .....	10
2.1 ABB Yleisesti .....	10
2.2 ABB Power Generation -yksikkö.....	11
3 STANDARDIT JA SÄÄDÖKSET SUUNNITTELUN POHJANA.....	12
3.1 Standardit yleisesti .....	12
3.2 Suunnittelussa huomiotavat standardit ja direktiivit .....	13
3.2.1 Sähkösuunnittelua ohjaavat standardit .....	13
3.2.2 Tyypipiirikaavioiden luontia ohjaavat standardit.....	14
3.2.3 Valtiolliset ja alueelliset standardit sekä sertifiointi .....	16
3.2.4 Säädökset, ohjeet ja vakiintuneet käytännöt .....	16
3.3 Erityispiirteitä vesivoimalaitosten pienjännitesuunnittelussa .....	17
4 MOOTTORILÄHTÖKESKUSTEN SUUNNITTELUN REUNAEHDOT .....	18
4.1 Teollisuusverkot .....	18
4.1.1 Jakelujärjestelmät.....	20
4.1.2 Muuntajat .....	20
4.1.3 Kaapelointi .....	22
4.2 Suojaustyypit .....	25
4.2.1 Moottorin suojareleet .....	25
4.2.2 Ylivirtasuojaus .....	25
4.2.3 Sulakkeeton suojaus .....	29
4.2.4 Sulakkeellinen suojaus .....	29
4.3 Muita huomioitavia asioita suunnittelussa .....	31
4.4 Pääkomponenttien valinta .....	31

4.4.1	Laskennallinen esimerkki .....	32
4.4.2	Valintataulukkoja käyttäen.....	33
5	E <sup>3</sup> . SERIES SUUNNITTELUOHJELMISTO .....	35
5.1	E <sup>3</sup> -tuoteperheen moduulit ja rakenne .....	35
5.2	E <sup>3</sup> .cable .....	37
5.2.1	Käyttöliittymä .....	37
5.2.2	Tietokanta.....	38
5.2.3	Tyypikuvien luominen .....	39
5.2.4	Tietokantaeditori .....	41
5.2.5	Tyypipohjan luominen .....	44
5.2.6	Uuden komponentin tallentaminen .....	44
6	TYYPPIKUVAKIRJASTON LUONTI .....	48
6.1	Tyypikuvakirjaston luominen E <sup>3</sup> :n tietokantaan .....	48
6.2	Suora moottorilähtö .....	48
6.2.1	Päävirtapiiri .....	49
6.2.2	Ohjausvirtapiiri .....	52
6.2.3	Automaatioliityntä.....	54
7	KULUTUSLAITELUETTELO YHDISTÄMINEN E3:EEN.....	55
7.1	Kulutuslaiteluettelo .....	55
7.2	Visual Basic Scripting Edition .....	55
7.3	Skriptaaminen.....	55
7.3.1	Skriptaamisen perusteet .....	56
7.3.2	Tietojen tuominen Excel - E <sup>3</sup> .....	56
8	POHDINTA .....	58
	LÄHTEET .....	60
	LIITTEET .....	62

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

VBS	Visual Basic Scripting (edition), Visual basicista kehitetty kevyt ohjelmointikieli
E <sup>3</sup>	Tietokantapohjainen suunnitteluohjelmisto kokonaisuus
GOST	gosudarstvennyy standart, state standard eli valtiollinen standardi
CIS	Commonwealth of Independent States, Itsenäisten valtioiden yhteisö
CAD	Computer-aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu
CAE	Computer-aided engineering, tietokoneavusteinen suunnittelu/piirto
E-CAE	Electrical Computer -aided engineering, erityisesti sähkösuunnittelulle tarkoitettu ohjelma.
API	Windows prosessi, joka mahdollistaa esimerkiksi copy & paste -toiminnon
ADO	ActiveX Datta Object (Liityntärajapinta, jonka avulla hallinnoidaan Windowsin muita tietokantoja)
OLE	Object Linking and Embedding, kahden objektin yhdistämistä esimerkiksi Wordistä avatuva Excel taulukko
I/O	Input/Output liitynnät, liityntärajapinta
WSH	Windows Script Host, skriptien ajoympäristö
ID-numero	Komponentin uniikki identifiointi E <sup>3</sup> :ssa

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Työn tausta

Opinnäytetyön aihe on saatu yrityksen halusta kehittyä. Ennen automatisoinnin läpimurtoa viimeisinä vuosikymmeninä, tuotannollinen toiminta tehtiin käsin. Yksi tunnetuimmista tarinoista on varmasti Ford-T mallin kokoonpanolinjasto. 3000 osaa jaettiin 84 eri vaiheeseen. Jokaisella vaiheella oli oma työryhmä, joka teki auton yhden osion valmiiksi samalla kun liukuhihna veti koria eteenpäin linjastolla. Kyseinen prosessi mullisti aikoinaan autotuotannon ja vähensi rakentamiseen käytettävää aikaa 12 tunnista 90 minuuttiin. Nykyään saman prosessin tekee tietokone robottien avulla, vielä nopeammin ja tehokkaammin. (Salin 2013, hakupäivä 18.3.2014.)

Ennen tietokoneiden kehitystä kaikki dokumentaatio tuotettiin aina käsin. Virheen satuessa ei voitu painaa ”delete” -nappia, ja piirtää uudestaan. Yleensä työ täytyi aloittaa alusta, joka oli työlästä ja aikaa vievää. Vaihtoehto uudelle työlle, oli raaputtaa muste pois partakoneen terällä. Tietokoneavusteisen suunnittelun (CAD) yleistyessä, saatiin suunnitteluun modulaarisuutta. Suunnittelun kehittymisen ansioista ei jokaista työtä tarvittu aloittaa tyhjästä, vaan voitiin hyödyntää jo suunniteltuja osia, tyyppikuvia tai moduuleita kopioiden suoraan tai muokaten. Seuraava vaihe on kuin autoteollisuuden tuotannon kehityksessä. Halutaan automatisoida rutiinit, joka parantaa tehokkuutta ja laatua.

### 1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on kehittää ABB Oy Power Generation -yksikön vesivoimaprojektien pienjännitesuunnittelua. Työssä perehdytään kansainvälisiin, eurooppalaisiin sekä kansallisiin standardeihin, antaen suunnittelulle standardien mukaiset lähtökohdat. Työssä tarkastellaan pienjännitemoottorilähtöjä, ja niiden toteuttamiseen liittyviä vaatimuksia vesivoimalaitossuunnittelussa.

Työssä luodaan perusta piirikaavioiden automaattiselle generoinnille. Erityyppisistä moottorilähdöistä luodaan tyyppiipiirikaavioita, joihin detaljisuunnitteluvaiheessa tuodaan työstettävän projektin tiedot. Lisäksi luodaan ohjelmaan sisäiset asetukset jatko-



hitykselle. Tyypikuvakirjaston tyypipiirikaaviot tehdään standardien mukaisiksi, käyttäen standardien ja tyypillisten toteutusratkaisujen mukaisia toteutustapoja.

Tietojen tuominen kulutuslaiteluettelosta tapahtuu Microsoftin ohjelmointikieli VBS:n (Visual Basic Script) välityksellä. ABB Oy:llä käytössä oleva Zuken E<sup>3</sup> suunnitteluohjelmisto osaa toteuttaa VBS:llä kirjoitettuja komentorivejä. Ohjelmointikielen ja E<sup>3</sup>-suunnitteluohjelmistoon luotujen tyypipiirikaavioiden yhteensovittamisella voidaan luoda valmiita, standardinmukaisia sähköpiirustuksia.

### 1.3 Työn rakenne ja aihealueen rajaus

Työ on jaettu kolmeen kokonaisuuteen. Teoriaosuudessa tutustutaan syvällisemmin standardeihin sekä niiden asettamiin vaatimuksiin. Lisäksi tutustutaan pienjännitekojeistoihin ja moottorilähtöihin niin teoreettisesti kuin käytännön komponenttitasolla.

Työn toisessa vaiheessa tarkastellaan moottorilähtöjä käytännöllisemmällä tasolla, ja perehdytään niiden huomiointiin ja toiminnallisuuteen suunnittelussa. Tarkastelun perusteella kootaan tarvittavat tiedot tyypikuvakirjaston luomiseksi, ja luodaan muutamia valmiita tyypipiirikaavioita.

Työn viimeisessä vaiheessa keskitytään ohjelmointiin. Ohjelmoinnissa perehdytään ohjelmointikielen perusteisiin ja uusien komentorivien luomiseen. Työssä käytetään hyväksi aiemmin tehtyjä komentorivejä.

Työ rajataan olennaisimpiin suunnittelussa huomioon otettaviin standardeihin ja tekijöihin. Tyypikuvakirjastoon tuotetaan muutamia tyypipiirikaavioita. Ohjelmoinnin osalta tärkeintä on toteuttaa tiedonsiirto kulutuslaiteluettelosta suunnitelmiin.

## 2 TOIMEKSIANTAJA ABB OY POWER GENERATION

*”ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä. Olemme edelläkävijä luotettavien, puhtaampien ja tehokkaampien energia- ja automaatioosovellusten kehittäjänä ja autamme asiakkaitamme lisäämään teollisuus- ja infrastruktuuritoimintojensa tuottavuutta.”* (ABB Oy 2014a, hakupäivä 11.4.2014.)

### 2.1 ABB Yleisesti

ABB syntyi ruotsalaisen Asea AB:n (joka oli juuri ostanut Kymi-Strömbergin sähköteknisen osuuden) ja sveitsiläisen Brown Boverin fuusiosta vuonna 1988. Yrityksellä on noin 150 000 työntekijää yli 100 eri maassa. Vuotuinen liikevaihto on 42 miljardia USD. ABB:n teknologiaa löytyy avaruudesta, kaivoksista, valtameristä, maataloudesta, rautatieteollisuudesta, sähkötuotannosta ja kodeistamme. (ABB Oy 2014a, hakupäivä 11.4.2014.)

ABB:n Suomen liiketoimintojen liikevaihto vuonna 2013 oli lähes 2,3 miljardia euroa. Henkilöstöä on 25 paikkakunnalla yhteensä n. 5400 henkilöä. Tuotannon keskittymiä on Helsingissä, Porvoossa ja Vaasassa. (ABB Oy 2014a, hakupäivä 11.4.2014.)

ABB:n ydinliiketoiminta on jaoteltu viiteen eri divisioonaan:

- Power Products
  - voimansiirron ja sähkönjakelun laitteet.
- Power Systems
  - voimansiirto, voimantuotanto ja sähkönjakelu sekä niihin liittyvät palvelut.
- Discrete Automation and Motion
  - moottorit, generaattorit, taajuusmuuttajat, logiikat, tehoelektroniikka sekä robotit ja niihin liittyvät palvelut.
- Low Voltage Products
  - pienjännitelaitteet sekä johdotus ja KNX-palvelut.
- Process Automation

- teollisuuden ja sähkölaitteistojen tuotantoprosessien palvelut.

(ABB Oy www-sivut 2014, hakupäivä 11.4.2014.)

## 2.2 ABB Power Generation -yksikkö

Power Generation vastaa voimantuotantoon liittyvistä järjestelmistä ja palveluista. Power Generation on osa Power Systems Divisioonaa. Maailmanlaajuisesti Power Generation työllistää yli 4000 henkilöä, joista noin 80 työskentelee Suomen yksikössä Vaasassa. Vaasan yksikkö suunnittelee ja toimittaa sähkö-, automaatio-, instrumentointi- ja valvontajärjestelmiä sekä niitä tukevia palveluita. Yksikkö vastaa itsenäisesti liiketoiminnasta pohjoismaissa, Baltiassa, Kaukasuksella sekä Keski-Aasiassa. (ABB Oy www-sivut 2014, hakupäivä 11.4.2014.)

### 3 STANDARDIT JA SÄÄDÖKSET SUUNNITTELUN POHJANA

#### 3.1 Standardit yleisesti

Standardisointia harjoitetaan kolmella tasolla: maailmanlaajuisesti, alueellisesti sekä kansallisesti. Standardien tarkoitus on luoda yhteisiä toimintatapoja sekä yhdistää käytänteitä. Monet arkipäiväiset asiat ovat tulos standardisoinnista kuten vaatteiden, mutterien, paperien sekä näyttöjen koot. (SFS ry:n www-sivut 2014, hakupäivä 7.2.2014.)

#### **Maailmanlaajuinen taso**

IEC International Electrotechnical Commission	ISO International Organization for Standardization	ITU International Telecommunication Union
--	---	--

#### **Eurooppalainen taso**

CENELEC European Committee for Electrotechnical Standardization	CEN European Committee for Standardization	ETSI European Tele- communications Standards Institute
--	---	---

#### **Kansallinen taso**

SESKO Sähkötekni- nen ala	SFS Suomen Standardisoi- misliitto SFS toimialayhteisöinen	Viestintävirasto Teleala
---------------------------------	--	-----------------------------

Kuvio 1. Standardisoinnin maailmankartta (Suomen standardisoi-  
misliitto SFS ry 2013, hakupäivä 7.2.2014.)

Kuviossa 1 on kuvattu yleisimpiä standardisoi-  
misjärjestöjä sekä niiden organisoitumista.  
ISO -standardit merkitään tunnuksella ISO, CENin standardit tunnuksella EN ja Suo-  
messä hyväksytyt standardit tunnuksella SFS. Suurin osa voimassaolevista SFS-  
standardeista, on suoraan lainattuja CEN:stä ja tällöin niissä on etuliite EN - SFS. Etu-  
liitteellä tarkoitetaan että standardit ovat yhtenäisiä kyseisissä organisaatioissa. Mikäli  
standardi olisi yhtenäinen maailmanlaajuisesti, eurooppalaisesti sekä kansallisesti, olisi  
se mallia IEC-EN-SFS. (SFS ry:n www-sivut 2014, hakupäivä 7.2.2014.)

### 3.2 Suunnittelussa huomioitavat standardit ja direktiivit

Sähkösuunnittelun dokumenttien tuottamisen säännöt perustuvat standardeihin ja direktiiveihin, sekä joiltakin osin lainsäädäntöön. Yksi tärkeimmistä huomioon otettavista direktiiveistä on Konedirektiivi 2006/42/EY. Konedirektiivissä määritetään mm. laitteiden turvallisuudesta seuraavasti:

*”Koneessa on oltava yksi tai useampia hätäpysäytyslaitteita, joiden avulla todellinen tai uhkaava vaara voidaan torjua.”* (Fraser 2010, hakupäivä 11.4.2014; SS-ISO 13850, hakupäivä 30.4.2014.)

Sähköturvallisuuslaissa 410/1996 määritellään peruseriaatteet sähkötöille ja asennuksille Suomessa. Lakia tukemaan ja kohdentamaan on olemassa erilaisia asetuksia ja päätöksiä ministeriöistä. Esimerkiksi kappaleessa 4 on lainattu Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöstä koskien sähköturvallisuutta.

#### 3.2.1 Sähkösuunnittelua ohjaavat standardit

##### **Turvallisuus**

Standardi IEC 60364 käsittelee sähkötyöturvallisuutta ja turvallisia asennuksia alle 1kV jännitetasolla. Standardi vastaa Suomen kansallista standardia SFS 6000: Pienjännite-sähköasennukset. (SESKO www-sivut 2014, hakupäivä 11.4.2014.)

##### **Jännite ja taajuus**

Standardi SFS-IEC 60038 käsittää soveltuvin osin vaihtosähkön siirto-, jakelu- ja käyttöjärjestelmiin koskevia ohjeistuksia. Standardi määrittelee mm. vaihtosähköjärjestelmien 50Hz tai 60Hz taajuudet sekä tasasähköjärjestelmien standardijännitteiden arvot pääjännitteen ollessa >100V. (SFS ry:n www-sivut 2014, hakupäivä 11.4.2014.)

Standardi SFS-EN 50160 määrittelee yleisen sähköjakeluverkon jännitteen ominaisuuksia. Siinä käsitellään jakelujännitteen ominaisuudet liittymiskohdassa pien- ja keskijännitejakeluverkoissa. Standardi sisältää myös mm. sähkön laadun määrittäviä. (SFS ry:n www-sivut 2014, hakupäivä 30.4.2014.)

**Koneturvallisuus**

Standardi SFS-EN 60204-1 määrittelee koneiden sähkölaitteistolle vaatimuksia ja suosituksia. Standardista löytyy määrytyksiä mm. koskien syöttöjohtimien liitännöitä. (SFS ry:n www-sivut 2014, hakupäivä 11.4.2014.)

**Pienjännitekytkinlaitteet**

Standardi SFS-EN 60947 sisältää pienjännitekytkinlaitteiden vaatimuksia ja ohjeistuksia. Esimerkiksi standardi SFS-EN 60947-1 antaa yleismääritelmiä kaikille kytkinlaitteille. (SFS ry:n www-sivut 2014, hakupäivä 11.4.2014.)

**Erikoistilat**

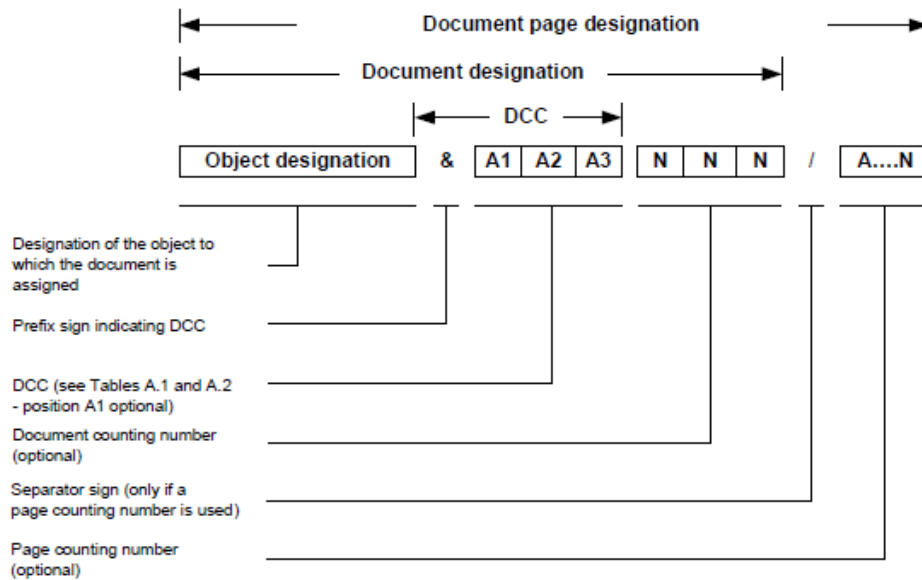
Standardi SFS-EN 60079 sisältää määrytyksiä räjähdysvaarallisten tilojen asennuksille. Standardista löytyy esimerkiksi vaatimuksia ja suosituksia kaivosten sähköasennuksille. (SFS ry:n www-sivut 2014, hakupäivä 11.4.2014.)

### 3.2.2 Tyypipiirikaavioiden luontia ohjaavat standardit

**Dokumentointi**

Sähkötekniisten dokumenttien laadintasäännöt löytyvät standardista SFS-EN 61082-1. Standardi sisältää laadintasäännöt kaavioille, piirustuksille, taulukoille sekä diagrammeille. Standardissa määritellään esimerkiksi piirrosmerkkien koko. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2008, 4.)

Standardi IEC 61355-1 sisältää ohjeistuksen projektidokumenttien identifioimiseksi. Identifiointi perustuu kansainväliseen loogiseen käytäntöön. Kuvassa 1 löytyy esimerkiksi identifioinnin synnystä.



Kuva 1. Kansainvälinen identifiointi (IEC 61355-1, hakupäivä 11.4.2014)

### Piirtäminen ja piirrosmerkit

Sähköpiirustuksissa käytetyt piirrosmerkit ovat standardisarjan SFS-IEC 60617 mukaisia tai muuten yksiselitteisiä. Suomessa kuitenkin on tällä hetkellä laajassa käytössä kansalliset piirrosmerkit, jotka löytyvät ST-korteista 13.50 – 13.57. Tärkeintä on että piirrosmerkki on selkeä ja ymmärrettävissä. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2013, 7.)

Mikäli piirrosmerkkiä ei ole, voidaan se esittää olemassa olevien piirrosmerkkien summana. Kuvassa 2 on esitetty kuinka kytkimen toimintaa saadaan selkeytettyä, lisäämällä siihen symboli automaatti laukaisu-toiminnosta. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2008, 93.)



Kuva 2. Uuden symbolin luominen (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2008, 93)

### **Automaatio ja ohjauspiirit**

Standardissa IEC-SFS 61506 on määritelty säännöt ja perusteet automaation suunnitteluun sekä peruseriaatteet ohjauspiirin mallintamiseen (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2003, 36).

### **Kirjainkoodit**

Laitteiden, kaapeleiden, johtojen ja riviliittimien kirjainkoodi, tulee piirustuksiin standardin SFS-EN 61346-2 mukaisesti (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2003, 36). Liitteessä 6 on esitelty standardin mukaiset kirjain- ja kaapelikoodit.

#### 3.2.3 Valtiolliset ja alueelliset standardit sekä sertifiointi

Suomen Power Generation -yksikön markkina-alueeseen kuuluu EU- alueen lisäksi useita entisiä Neuvostoliiton maita, joissa ovat käytössä valtiolliset GOST-standardit (Gosudarstvennyy Standart (State Standards)). Valtiolliset GOST-standardit eivät ole täysin harmonisoituja IEC- standardien kanssa, joka vaikeuttaa laitteiden/tuotteiden vientiä ja tuontia maiden välillä. Kaikille maihin viedyille laitteille tarvitaan vastaavuusvakuutus ja/tai vastaavuussertifikaatti. Vastaavuusvakuutuksella ja/tai sertifikaatilla todistetaan, että laite/tuote täyttää alueen pakolliset turvallisuusstandardit ja määräykset. Esimerkiksi sähköpiirustuksissa on yksi tärkein kriteeri miltä se näyttävää mm. dokumenttipohjat ovat erittäin tarkoin standardoituja. (Liite 10.) (Kokkinen 10.3.2014, haastattelu; SGS 2014, luentomateriaali.)

#### 3.2.4 Säädökset, ohjeet ja vakiintuneet käytännöt

Standardien lisäksi on olemassa erilaisia ohjeita ja käytäntöjä tukemassa suunnittelua. Näitä ovat mm.

- SFS-Käsikirja 16: Moottorikeskukset ja ohjelmoitavat ohjaukset, Vakiosovelluksia enintään 1000V moottorikäyttöille, on käytetty työssä mallina ja ohjaavana teoksena. Käsikirjasta löytyy mm. tulevan tyyppikuvakirjaston tyyppikuvien luonnokset.



- PSK 1801: Prosessiteollisuuden jakokeskukset. Standardi on tarkoitettu käytettäväksi enintään 1000V jakokeskusten hankintaan. Prosessiteollisuuden Standardoimiskeskuksen (PSK) standardit ovat teollisuuden ja sitä palvelevien yritysten luomia käytännönläheisiä ja menetelmätyyppisiä ohjeita. PSK:n luomat standardit ovat kansainvälisten standardien pohjalta luotuja. (PSK- standardisointi www-sivut 2014, hakupäivä 30.4.2014; PSK 1801, hakupäivä 30.4.2014.)
- ABB Oy:n TTT-käsikirja. Käsikirja sisältää sähkötekniikan ja mekaniikan teorian lisäksi lähes kaiken tarpeellisen, mitä projektin suunnittelussa tarvitsee. Se sisältää mm. valmiiksi lasketut taulukot kaapelien korjauskertoimille. Käsikirjan hyödyllisyyttä kuvaa sen laaja käyttö opetuksessa ja suunnittelussa.

### 3.3 Erityispiirteitä vesivoimalaitosten pienjännitesuunnittelussa

Vesivoimaa koskevia erityismääräyksiä ei varsinaisesti ole, koska tilat joihin keskukset tulevat eivät ole erikoisaluetta. Pienjännitelaitteistojen suunnittelussa on kuitenkin muutamia huomioon otettavia erityispiirteitä, eritoten saneerauskohteissa. Saneerauskohteissa suurin suunnittelun haaste on yleensä tila. Tilat ovat usein rajalliset ja uusien kojeistojen sovittaminen haastavaa. Haasteen suunnitteluun tuo myös asiakkaan vaatimus katkeamattomasta tuotannosta, eli suunnittelematonta tuotannon pysäytystä ei missään vaiheessa saneerausta saa tulla. (Nevala 17.3.2014, haastattelu.)

Asennuspaikan korkeus ei normaaleissa vesivoimalaitosten toteuttamisissa ylitä 2000 metriä koodi (AC2). Suuremmissa asennuskorkeuksissa voi olla tarpeen käyttää erityisjärjestelyjä, kuten kuormituksen pienenemiskerointia. Lisäksi jollain laitteilla tämä tulee tehdä jo yli 1000m korkeuksilla. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2012, 201)

#### 4 MOOTTORILÄHTÖKESKUSTEN SUUNNITTELUN REUNAEHDOT

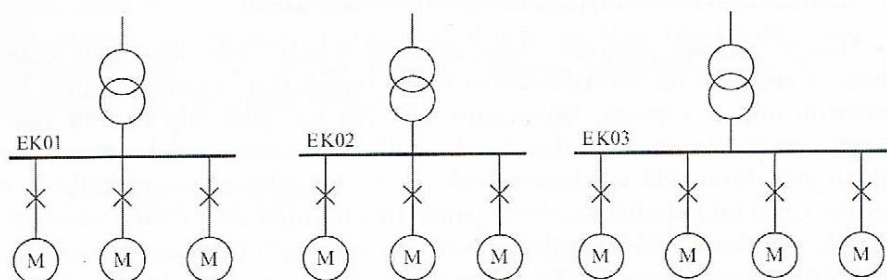
*”Sähkölaitteistot on suunniteltava, rakennettava ja korjattava hyvän turvallisuusteknisen käytännön mukaisesti ottaen huomioon sähköturvallisuuslain 410 5§:n 1 kohdan vaatimus turvallisuuden tasosta. Lisäksi sähkölaitteistojen on täytettävä Suomessa vallitsevat olosuhteet ja noudatettavat asennustavat.” (KTM 17.12.199/1193:2 §.)*

*”Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa.” (Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/ 410:5§.)*

##### 4.1 Teollisuusverkot

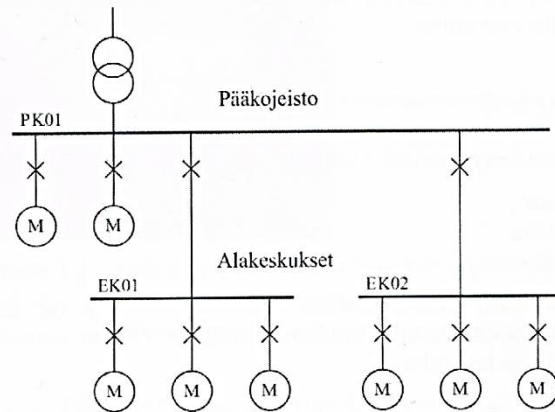
Teollisuusverkon liityntä toteutetaan yleensä 110kV, 20kV, 10kV tai 0.4kV jännitetasossa. Verkon syöttöjännitteen ollessa korkea se voidaan tarpeen mukaan laskea jakeluverkkoon esimerkiksi 20kV, 10kV, 6kV tai 3kV jännitetasoon. Moottorijännitteinä teollisuudessa on yleisesti käytössä 10kV, 6kV, 3kV, 690V, 525V ja 400/230V. (Etto 1998, hakupäivä 30.4.2014; Hietalahti 2013, 6.)

Teollisuusverkot voidaan jakaa kolmeen eri päätyyppiin: keskitettyihin, porrastettuihin, ja hajautettuihin jakeluverkkoihin. Keskitetyn jakeluverkon etuja ovat mm. kaikki kojeistot voivat sijaita yhdessä sähkötilassa sekä verkon rakenne on helppo luoda. Huonoja puolia ovat suuret oikosulkuvirrat sekä ongelmatilanteissa häiriöt koko syötetyssä prosessissa. Kuvassa 3 on esimerkki keskitetystä jakelujärjestelmästä. (Hietalahti 2013, 11–12.)



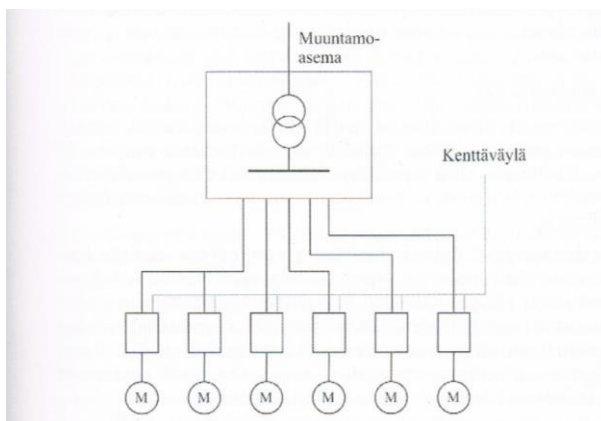
Kuva 3. Keskitetty jakelu (Hietalahti 2013, 12)

Porrastettu jakeluverkko toteutetaan pääkeskus-alakeskus järjestelmällä. Tämä rakenne mahdollistaa oikosulkuvirtojen rajoittamisen niin, että alakeskusten komponenteilta ei vaadita niin suuria oikosulku-kestoisuusvaatimuksia. Järjestelmän etuja ovat mm. kaapelipituuksien optimoiminen alakeskusta sijoittaessa. Kuvassa 4 on esimerkki porrastetusta jakelujärjestelmästä. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2003, 14.)



Kuva 4. Porrastettu jakelu (Hietalahti 2013, 12)

Hajautetussa jakeluverkossa ohjauslaitteet sijoitetaan usein moottoreiden läheisyyteen. Järjestelmä toteutetaan yleensä standardiratkaisuilla ja siinä voidaan käyttää kenttäväyläohjausta. Kuvassa 5 on esitelty esimerkki hajautetusta jakeluverkosta. (Hietalahti 2013, 13.)



Kuva 5. Hajautettu jakelu (Hietalahti 2013, 13)

#### 4.1.1 Jakelujärjestelmät

Teollisuudessa yleisimmin käytetty jakelujärjestelmä on TN-S tai IT -järjestelmä. On myös olemassa TN-C ja TT -järjestelmä, mutta tässä työssä ei niihin perehdytä.

TN-S -jakelujärjestelmässä yleisin käytetty jännite on 400V. Järjestelmässä on käytössä erillinen nolla- ja suojajohdin, joka mahdollistaa kuormavirran pysymisen nollajohtimessa. Tämä mahdollistaa, että häiriövirrat ja -kentät pysyvät pieninä. Pienjännitteisessä IT -järjestelmässä jännite on yleisesti joko 500V tai 690V. Järjestelmän etuna on, että yksivaiheisen maasulun tapahtuessa ei välitöntä käyttökeskeytystä tule. IT- järjestelmässä on oltava maasulun ilmaisu- ja vianetsintälaitteet. (Hietalahti 2013, 9-10; Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2003, 14.)

Standardi IEC 60364-1 määrittelee jakelujärjestelmissä käytetyt kirjaimet seuraavasti:

Ensimmäinen kirjain – Jännitteisen osan ja maadoituksen väli

T= yksi piste (on) kytkettynä suoraan maahan

I= kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta, tai yksi piste on yhdistettynä maahan impedanssin kautta.

Toinen kirjain – Jännitteisen osan ja asennetun maadoituksen suhde

T= jännitteelle alttiit osat on yhdistetty galvaanisesti suoraan maahan riippumatta jakelujärjestelmän maadoitustavasta

N= jännitteelle alttiit osat on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoitettuun pisteeseen.

Lisäkirjaimet:

S= erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet

C= yhteinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin

(IEC 60364-1, hakupäivä 10.3.2014.)

#### 4.1.2 Muuntajat

##### **Tehomuuntajat**

Moottorilähtöjä suunniteltaessa yleensä suunnittelulle saatava tieto rajoittuu verkon arvoihin, sekä tarvittaviin kuormiin. Suunnittelulle olennaista on tietää järjestelmässä käytetty ensiö- ja toisiojännite sekä muuntajan teho. Lisäksi syöttävän verkon arvot on hyvä ottaa selville. Toinen tärkeä asia on tietää tai määrittää muuntajan kytkentä, jotta voi-

daan tarvittaessa lisätä omakäyttö tai muita muuntajia. Kolmivaihemuuntajan standardoidut kytkennät löytyvät taulukosta 1. (Aura & Tonteri 2002, 281.)

Taulukko 1. Kolmivaihemuuntajan standardoidut kytkennät (Aura & Tonteri 2002, 281)

TUN- NUS- LUKU	KYT- KEN- TÄ	OSOITINKUVAT		KYTKENNÄT	
		YJ	AJ	YJ	AJ
0	Dd0				
	Yy0				
	Dz0				
5	DY5				
	Yd5				
	Yz5				
6	Dd6				
	Yy6				
	Dz6				
11	Dy11				
	Yd11				
	Yz11				

Taulukosta 1 saadaan tieto eri kytkennöistä kuten tähti (Y), kolmio (D) tai hakatähti (Z). Tähti- ja kolmiokytkennät ovat yleisimpiä käytettyjä kytkentöjä. Hakatähti kytkennän eroavaisuus on siinä, että se sallii epäsymmetrisen kuormituksen. (Aura & Tonteri 2002, 282.)

### Ohjausjännitemuuntajat

Pienjännitekojeistojen ohjausjännitteen tulee olla galvaanisesti erotettu pääjännitteestä. Teollisuudessa tähän käytetään yleensä kojeistoon sijoitettua ohjausjännitemuuntajaa, joka tarvittaessa rajoittaa myös ohjauspiirin oikosulkuvirran. Voimantuotantolaitoksissa käytetään yleisesti joko UPS-varmennettua tai laitoksen tasasähköjärjestelmästä syötet-

tävää varmennettua ohjausjännitettä. Tällöin erillistä ohjausjännitemuuntajaa ei tarvita. (PSK 1801, hakupäivä 28.4.2014.)

#### 4.1.3 Kaapelointi

Kaapeleiden mitoituksen lähtökohtana, on kuormitettavan laitteiston kuoma. Kuorman perusteella voidaan aloittaa kuormitettavan laitteiden määrittäminen, joka johtaa kaapelin määrittämiseen. Kaapelikoon määrittäminen perustuu asennustapaan, korjauskertoimiin ja kaapeleiden kuormitettavuuteen. Tämän jälkeen vielä tarkastetaan, että jännitteenalennuksen huomioon jälkeen ovat mitoitukset kunnossa. Taulukossa 2 on esitelty kaapelikoon ja referenssiasennustapojen mukaiset kaapelikoot, ilman korjauskertoimien huomiointia. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2012, 213–266.)

Taulukko 2. Kaapeloinnin kuormitusvirta eri referenssiasennustavoilla (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2012, 245).

Johtimen nimellinen poikkipinta mm <sup>2</sup>	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa						
	A		B		C		D
	kolme kuormitet- tua johdinta	kaksi kuormitet- tua johdinta	kolme kuormitet- tua johdinta	kaksi kuormitet- tua johdinta	kolme kuormitettua johdinta	kaksi kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta
1	2	3	4	5	6	7	8
Kupari							
1,5	14	15	16	17,5	18,5	20	26
2,5	19	20	21	24	25	29	35
4	24	27	29	32	34	38	46
6	31	34	36	40	43	49	57
10	41	46	49	55	60	67	77
16	55	60	66	73	80	90	100
25	72	79	85	95	102	119	130
35	88	97	105	118	126	146	160
50	105		125		153		190
70	133		158		195		240
95	159		190		236		285
120	182		218		274		325
150	208		–		317		370
185	236		–		361		420
240	278		–		427		480
300	316		–		492		550
Alumiini							
16	43		51		62		78
25	56		66		77		100
35	69		82		95		125
50	83		97		117		150
70	104		123		148		185
95	125		147		180		220
120	143		170		209		255
150	164		–		240		280
185	187		–		274		330
240	219		–		323		375
300	257		–		372		430

### Esimerkki korjauskertoimien käytöstä

Neljä AXMK 4x185mm<sup>2</sup> 0,6/1,0kV kaapelia asennetaan vierekkäin 70 mm etäisyydelle toisistaan kuivaan soramaahan 1 m syvyiseen kaapeliojaan. Maan lämpötila on 15 °C.

Kaapeli on asennettu suoraan maahan. Valitaan referenssiasennustapa D, SFS 600-1 taulukon B.52.2 mukaan kaapelille pätee enintään 330A kuormitusvirta. Huomioidaan seuraavaksi korjauskertoimet käyttäen SFS-käsikirjaa 600-1 (Taulukko 3). (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2012, 201.)

Taulukko 3. Korjauskertoimet

Vaikuttava tekijä	Suuruus	Taulukko	Kerroin
Kaapeleiden etäisyydet toisistaan	70mm	taulukko B.52.18	$k_1 = 0,75$
Maalaji	kuiva sora	taulukko B.52.15	$k_2 = 0,92$
Asennussyvyys	1m	taulukko B.52.16	$k_3 = 1,00$
Maan lämpötila	15 °C	taulukko B.52.15	$k_4 = 1,00$

Yhden kaapelin sallittu kuormitusvirta =  $0,75 \times 0,92 \times 1,00 \times 1,00 \times 330A = 227,7A$

### Jännitteenalenema

Moottorilähtöjä mitoittaessa on hyvänä nyrkkisääntönä että mikäli kaapelin pituus ylittää 50m on hyvä tarkastaa jännitteenaleneman suuruus. Käynnistyessä jännitteenalenema ei saa olla yli 10 % eikä jatkuvana yli 5 % vaihtelua. Jännitteenalenema riippuu johtimen pituudesta, kuormasta sekä poikkipinta-alasta. Jännitteenaleneman voi tarkastaa kaavalla 1. (Bäck 10.3.2014, haastattelu.)

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3} * (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (1)$$

Kaavassa plusmerkkiä käytetään induktiivisella kuormalla ja miinusmerkkiä kapasitiivisella kuormalla. Vastaava suhteellinen jännitteenalenema saadaan kaavasta:

$$\Delta u = \Delta U / U_n * 100\% \quad (2)$$

Joissa

$\Delta U$  on jännitteenalenema volteissa [V]

$I$  on kuormitusvirta [A]

$l$  on johdon pituus [m]

$r$  on ominaisresistanssi [ $\Omega/\text{km}$ ]

$x$  on ominaisreaktanssi [ $\Omega/\text{km}$ ]

$U_n$  on nimellisjännite

$\varphi$  on jännitteen ja virran välinen vaihekulma

$\Delta u$  on suhteellinen jännitteenalenema

(Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2012, 131–148, 243–274.)

### **Esimerkki jännitteenaleneman laskemisesta**

Lasketaan kaapelille AXMK 4x 185S 0,6/1kV jännitteenalenema. Käytetään seuraavia esimerkinomaisia arvoja:

$$I = 250\text{A}$$

$$l = 100\text{m}$$

$$r = 0,35 \Omega/\text{km}$$

$$x = 0,2 \Omega/\text{km}$$

$$U_n = 690\text{V}$$

$$\varphi = 0,885$$

Lasketaan jännitehäviö kaavalla 1.

$$\Delta U = 250\text{A} * 0,1\text{km} * \sqrt{3} * (0,35\cos 0,885 \pm 0,2\sin 0,4656) = 15\text{V}$$

Lasketaan suhteellinen jännitteenalenema kaavalla 2.

$$\Delta u = \frac{15\text{V}}{690\text{V}} * 100\% = 2,2\%$$

Laskujen perusteella voidaan todeta että  $2,2\% < 5\%$ , mikä tarkoittaa jännitteenaleneman olevan sallitulla tasolla. Lisäksi voidaan todeta kyseisillä arvoilla GOST-R jännitteenaleneman vaatimusten täyttymisen  $2,2\% < 3\%$ .



## 4.2 Suojaustyypit

Suojalaitteen tehtävänä on suojella piiriä, sen komponentteja sekä niiden käyttäjiä. Suojalaitteita voivat olla esimerkiksi moottorisuojareleet, sulakkeet, ylivirtasuojat, ylikuormitussuojat, oikosulkusuojat, alijännitesuojat, maasulkusuojat ja katkaisijat. Käytössä on nykyään myös älykkäitä suojalaitteita joissa näiden ominaisuudet yhdistyvät. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2012, 131–148, 243–274.)

### 4.2.1 Moottorin suojareleet

Suurien (keskijännite) moottoreiden suojaus toteutetaan moottorinsuojareleillä. Suojarele on mittaava laite, joka toimii mitattavan suureen sivuttaessa releelle asetettua toiminta-arvoa. (Hietalahti 2013, 163.)

Relesuojauksen tavoite on suojella moottoria mm.

- Yli/Alijännitteeltä
- Yli/Alivirralla
- Ylilämmöltä
- Ylikuormitukselta
- Ryntäämiseltä
- väärältä pyörimissuunnalta.

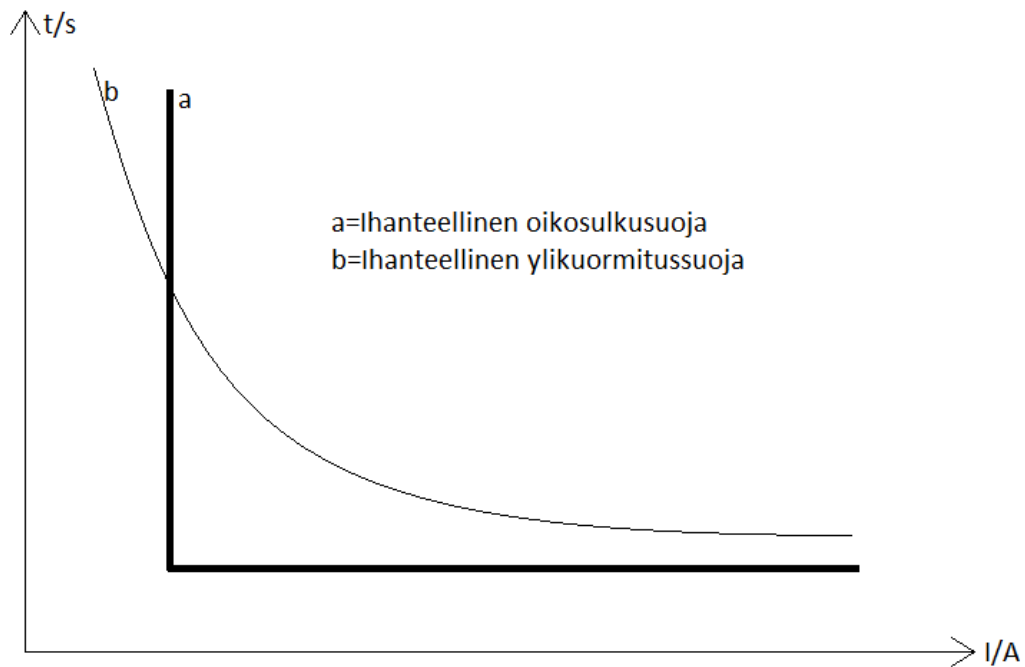
(Hietalahti 2013, 163 - 172.)

Pienjännitteisten moottoreiden suojaukseen ei yleensä käytetä erillistä suojarelettä, vaan suojausfunktioita on integroitu pääpiirin aktiivisiin komponentteihin.

### 4.2.2 Ylivirtasuojaus

*”On käytettävä suojalaitteita poiskytkemään piirin johtimissa esiintyvä ylivirta ennen kuin ylivirran aiheuttamat termiset ja mekaaniset ilmiöt voivat aiheuttaa vaaraa vahingoittamalla eristystä, jatkoksia, liittimiä tai johtimia ympäröiviä materiaaleja.”* (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2012, 127.)

Ylivirtasuojat jaetaan ylikuormitus- ja oikosulkusuojiin.. Kuviossa 2 on havainnollistettu laitteiden toiminnalliset erot.



Kuvio 2. Ylivirtasuojien toiminnan havainnollistaminen

Tapauksessa jossa ylikuormitus ja oikosulkusuojaus toteutetaan yhdellä laitteella, tulee sen katkaisukykyyn olla vähintään yhtä suuri kuin suojalaitteen asennuskohdassa esiintyvän prospektiivisen oikosulkuvirran. Mikäli laite on mitoitettu toimimaan ylikuormitussuojana ja sen katkaisukyky on riittävä, suojaa se myös oikosulkuvirran lämpövaikutuksilta. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2012, 135.)

### Esimerkki ylivirtasuojauksen valitsemisesta

Kohdassa 4.1.3 laskettiin käyttäen korjauskertoimia kaapelille kuormitusvirraksi 227,7A. Käytetään sulakkeen valitsemiseen SFS 600-1 taulukkoa C.52.1.

Todetaan taulukon vaatimaksi minimi kuormitettavuudeksi 200A gG -sulakkeelle 221A. Laskettu arvo  $227,7A > 221A$ , valitaan sulakkeeksi 200A gG sulake.

### Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojauksen tehtävä on tunnistaa verkon vikatilanteet. Oikosulku voi tapahtua kahden tai useamman jännitteisen osan kytkeytyessä resistanssin tai impedanssin kautta toisiinsa (Hietala 2013, 176). Piirissä olevien komponenttien on kestävä oikosulun aikaiset dynaamiset ja termiset rasitukset (ABB Oy 2014c, hakupäivä 16.4.2014).

Oikosulkusuojan tulee katkaista suurin piirissä esiintyvä oikosulkuvirta, rikkoutumatta ja vuotamatta energiaa lävitse. Oikosulkusuojauksen poiskytkentävaatimukset täyttyvät käytettäessä standardin SFS 6000-4-43.5.2 mitoituskaavaa. Kaavalla voidaan määrittää suurin sallittu poiskytkentäaika alle 5s oikosuluille. Pidemmällä ajoilla lopputulos on lämpenemisen kannalta turvallisella puolella. Kaavaa 3 voidaan käyttää kun, ylikuormitussuoja on erillään oikosulkusuojasta. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2012, 132 - 134.)

$$t = (k * S/I)^2 \quad (3)$$

jossa

- t on oikosulun sallittu kestoaika [s]
- k on johdinvakio
- S on johtimen poikkipinta-ala [mm<sup>2</sup>]
- I on oikosulkuvirran suuruus [A]

(Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2012, 132).

### Esimerkki oikosulkusuojauksen pisimmän ajan laskemisesta

Oletetaan että kaapelin MMJ, poikkipinta 2,5mm<sup>2</sup> oikosulkuvirrat ovat kaapelin alkupäässä 500A, ja loppupäässä 300A. Käytetään laskuun kaavaa 3, sekä SFS-käsikirjan 6000 sivun 134 taulukon 43.1 arvoa k:lle. Todetaan k:n arvoksi taulukosta 115.

Käyttäen kaavaa 3 kaapelin alkupäässä:

$$t = (115 * 2,5/500)^2 = 0,33 \text{ s}$$

Käyttäen kaavaa 3 kaapelin loppupäässä:

$$t = (115 * 2,5/300)^2 = 0,92 \text{ s}$$

### Ylikuormitussuojaus

Ylikuormitukselta suojaavan suojalaitteen on täytettävä seuraavat standardin SFS 6000 mukaiset ehdot.

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (4)$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_z \quad (5)$$

jossa

- $I_B$  on suunniteltu virta
- $I_z$  on johtimen jatkuva kuormitettavuus
- $I_n$  on suojalaitteen mitoitusvirta
- $I_2$  on virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa.

(Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2012, 130.)

Mitoituksessa tulee ottaa huomioon erityyppisten suojalaitteiden eri toiminta-arvot. Esimerkiksi johdonsuojakatkaisijoilla terminen toimintarajavirta on 1,45 kertaa suojalaitteen nimellisvirta. Standardin SFS-EN 60989 mukaiset B-, C- ja D-tyypin johdonsuojakatkaisijat ovat suoraan valittavissa kuormitettavuuden mukaisesti eli 10A yli-kuormitussuojaksi voidaan valita suoraan 10A johdonsuojakatkaisija. K-tyypin johdonsuojakatkaisijoihin soveltuu sama periaate, mutta toimintarajavirta on 1,2 kertaa suojalaitteen nimellisvirta. Z-tyypin johdonsuojakatkaisija on puolestaan tarkoitettu tehopuolihohteille kuten taajuusmuuttajan suojaamiselle. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2012, 131–148, 243–274.)

### Esimerkki ylikuormitussuojan valinnasta

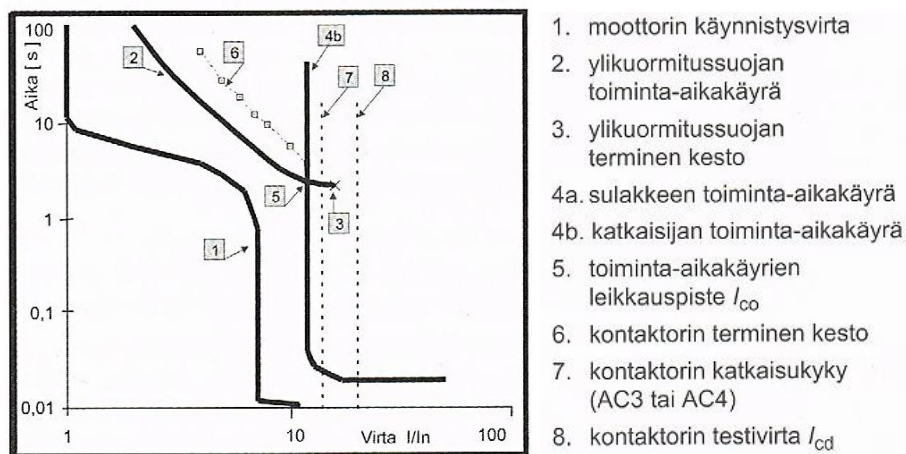
Kohdassa 4.1.3 laskettiin käyttäen korjauskertoimia kaapelille kuormitusvirraksi 221A. Käytetään ylikuormitussuojaukseen valintaan ABB:n TTT kappaleen 19 taulukkoa 19.1v.

Todetaan taulukosta saatu arvo 221A kuormitusvirralle. Kytkenän kuormasta riippuen voidaan käyttää 160A tai 200A sulaketta.

#### 4.2.3 Sulakkeeton suojaus

Pienjännitejärjestelmien sulakkeettomaan suojaukseen voidaan käyttää ilma- tai kompaktikatkaisijoita, moottorinsuojakytkimiä sekä johdonsuojakatkaisijoita. Suurivirtaisilla yli 690V järjestelmillä ja tarvittaessa suurta katkaisukykyä, käytetään tyypillisesti ilmakatkaisijoita. Virtojen ollessa alle 1600A käytetään yleensä kompaktikatkaisijoita. (Hietala 2013, 161.)

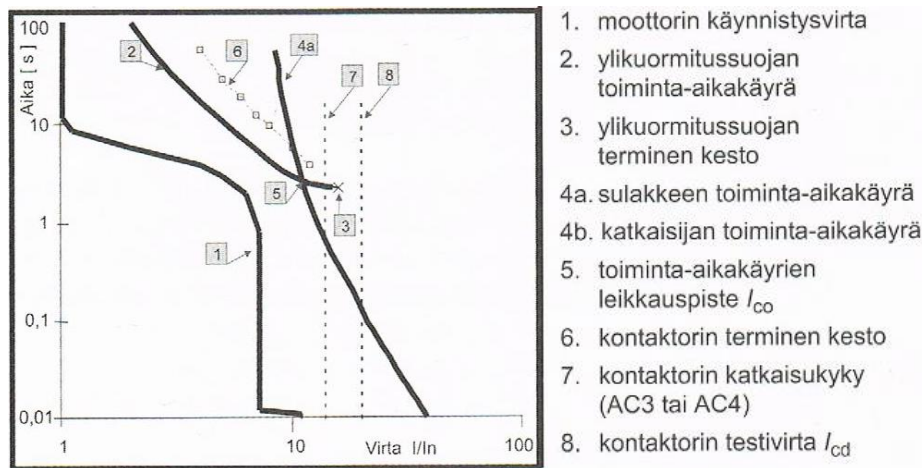
Pienillä virroilla käytetään käyttötarkoituksesta riippuen johdonsuojakatkaisijoita tai moottorisuojakytkimiä. Nämä voivat toimia piirin ylikuormitus- ja oikosulkusuojana. Katkaisukyvyyn ollessa riittävä, kytkennässä ei tarvita erillisiä etusulakkeita. Sulakkeettoman moottorilähdön suojauksen kojekoordinaatio on esitelty kuvassa 6. (Hietala 2013, 162.)



Kuva 6. Sulakkeettoman moottorilähdön kojekoordinaatio (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2003, 65).

#### 4.2.4 Sulakkeellinen suojaus

Sulakkeellinen suojaus voidaan toteuttaa monilla eri laitteilla, riippuen tarvittavasta katkaisukyvyistä ja nimellisjännitealueesta. Tulppasulakkeita käytetään nykyään harvemmin ja yleensä alle 500V nimellisjännitteellä, jolloin laitteiden katkaisukyky yltää 20kA asti. Suuremmilla katkaisukykyvaatimuksilla käytetään kahvasulakkeita, joiden katkaisukyky on vähintään 50kA. Kahvasulakkeita voidaan käyttää kaikilla pienjännitelaitteistojen nimellisjännitteillä. Sulakkeellisen moottorilähdön suojauksen kojekoordinaatio on esitelty kuvassa 7. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2012, 131–148, 243–274.)



Kuva 7. Sulakkeellisen moottorilähdön kojekoordinaation (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2003, 65).

Sulakkeessa olevilla kirjainmerkinnöillä kuvataan sulakkeen katkaisualuetta ja käyttöluokkaa seuraavasti:

Ensimmäinen kirjain ilmaisee katkaisualan.

g-sulakkeen katkaisukyky käsittää koko virta-alueen

a-sulakkeen katkaisukyky käsittää osa alueen.

Toinen kirjain osoittaa käyttöluokan ja se määrittää virta-aikaominaisuudet.

G on johdon suojaukseen tarkoitettu sulake

M on moottorin suojaukseen tarkoitettu sulake

gG sulake on yleiskäyttöön tarkoitettu sulake, jonka katkaisukyky käsittää koko virta-alueen. Ne sopivat sekä oikosulkusuojaukseen että lämpöylikuormitussuojaukseen. gG sulaketta käyttämällä toteutuu IEC tyyppin 1 mukainen suojausluokitus.

aM sulake on moottoripiireissä yleisesti käytetty sulake. Niillä saavutetaan vain oikosulkusuojaus, mutta yhdessä ylikuormitussuojan kanssa voidaan saavuttaa IEC tyyppin 2 mukainen suojausluokitus. IEC suojausluokitus tyyppien määrittäykset esitellään standardissa EN 60947-4-1.

(Hietalahti 2013, 177–180; IEC 60269-1, hakupäivä 30.4.2014.)

### **Suojauksen selektiivisyys**

Selektiivisyydellä tarkoitetaan vikatilanteessa tapahtuvaa poiskytkentää kyseisen suoja-laitteen toimialueella, jolloin vika rajoittuu vain pienelle alueelle verkossa. On olemassa virtaselektiivinen ratkaisu, joka toimii tiettyyn oikosulkuvirran arvoon saakka, ja aikaselektiivinen ratkaisu, jolla saadaan aikaan täydellinen selektiivisyys. Täydellinen selektiivisyys ei ole aina tarpeen, koska se voi aiheuttaa turhaa ylimitoitusta komponentteihin. Selektiivisyyden toteaminen laskemalla ei ole kannattavaa, vaan se yleensä tarkistetaan valmistajien taulukoista. (PSK 1801, hakupäivä 28.4.2014.)

#### 4.3 Muita huomioitavia asioita suunnittelussa

##### **Yliaallot**

Yliaalloilla on monia vaikutuksia sähköverkkoon ja sähkön laatuun, mutta haitallisimmat yliaallojen mukanaan tuoma ilmiö on resonanssi. Resonanssin myötä yliaallon virrat ja jännitteet voivat moninkertaistua ja aiheuttaa vakavaakin tuhoa. Yliaallot myös säröttävät siniaaltoa. Nykypäivän laitteet muuttuvat kokoajan herkemiksi ja tämän myötä vaativat puhdasta siniaaltoa toimiakseen. Yliaalloja voidaan kuitenkin suodattaa pois esimerkiksi estokelaparistolla. (Korpinen & Mikkola & Keikko & Falck 2008, hakupäivä 17.3.2014.)

##### **Ylijännite**

Mikäli kohdealueella esiintyy paljon ukkosta ja salamointia, täytyy ottaa huomioon standardin SFS 6000 mukaiset ylijännitesäädökset (Mäkinen 2009, 39–41).

##### **Sähkömagneettinen häiriö**

Mikäli suunnittelussa järjestelmässä käytetään paljon elektromagneettiselle säteilylle herkkää laitteistoa, täytyy ottaa huomioon EMC-direktiivi (2004/108/EY) ja sen mukana tuomat rajoitukset (Mäkinen 2009, 43–46).

#### 4.4 Pääkomponenttien valinta

Pääkomponenttien valintaan käytetään yhä enemmän valmiita taulukoita laskemisen sijaan. Tietokoneavusteisiin taulukoihin syötetään pakolliset arvot, jonka perusteella

saadaan valmiit komponentit kyseiselle lähdölle. Erillistä komponenttien laskentaa ei siis tarvita. Valmistajien valmiita ja varmentamia kojevalintataulukoita käyttämällä säästetään suunnittelussa aikaa ja vaivaa. Erityistapauksissa kuten pitkillä käynnistysajoilla tai pitkillä kaapelimatkoilla on laskeminen ja mitoitus suoritettava erikseen.

#### 4.4.1 Laskennallinen esimerkki

Seuraavassa on lyhyt esimerkki moottorilähdön mitoittamisesta laskemalla. Asiakkaalta saatavat tiedot yleensä rajoittuvat jännitteeseen, nimellisvirtaan, oikosulkuvirtaan ja tarvittavan kuorman suuruuteen.

Valitaan pumpun moottori laskemalla. Tehon tarve on 200 kW, 2000 1/min kierrosluvulla. Käynnistysmomenttia ei tässä esimerkissä huomioida.

Tarvittava momentti saadaan sijoittamalla arvot ABB:n teknisen oppaan numero 7 kaavaan 6 mukaisesti.

$$T = (9550 * P)/N = (9550 * 200)/2000 = 955Nm \quad (6)$$

jossa

$T$  on vastamomentti [Nm]

$P$  on tarvittava teho [W]

$N$  on kierrosluku [rpm]

ABB:n teknisen oppaan nro 7 taulukon 8.1 mukaisesti. Käytetään 4-napaista moottoria. 4-napaisen moottorin kuormitettavuus 2000 1/min kierrosluvulla on noin 75 %, jolloin nimellismomentin on oltava vähintään kaavan 7 mukainen.

$$T_n \geq T/kuormitettavuus = 955/0.75 = 1274Nm \quad (7)$$

jossa

$T_n$  on minimi nimellismomentti [Nm]

$T$  on vastamomentti [Nm]

Vastaavan nimellistehon on oltava vähintään kaavan 8 mukainen.



$$P_n \geq (T_n * N)/9550 = (1274 * 1500)/9550 = 200kW$$

jossa

$P_n$  on moottorin min.nimellisteho [W]

$T_n$  on minimi nimellismomentti [Nm]

$N$  on neljänapaisen moottorin nimellinnopeus [rpm]

Valitaan moottori laskettujen arvojen mukaisesti (ABB Oy 2014e, hakupäivä 30.4.2014):

M3BP 355 SMA (400V, 250kW, 437A, 50Hz, 0.86, 1488rpm, 1604Nm)

Arvioidaan virta 2000 1/min kierrosluvulla (66,7 Hz) sijoittamalla arvot kaavaan 8.

$$I_n = (P_n/P_{mnm}) * I_{nm} = 200kW/250kW * 437A = 349,6A \quad (8)$$

jossa

$I_n$  on moottorin tarvitsema virta [A]

$P_n$  on moottorin tarvitsema teho [W]

$P_{mnm}$  on moottorin nimellisteho [W]

$I_{nm}$  on moottorin nimellisvirta [A]

Seuraavaksi valitaan loput komponentit suoraan taulukoista. Todetaan kaapelointimatkat lyhyiksi.

ABB:n taulukon mukaisesti voitaisiin valita esimerkiksi OS400/400 A (ABB Oy www-sivut 2012, hakupäivä 30.4.2014). Taajuusmuuttajaksi voitaisiin valita esimerkiksi ACS880-01-363A-3 (ABB Oy 2014f, hakupäivä 6.5.2014). Kaapeliksi voitaisiin valita esimerkiksi MCMK3x240/120 (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2012, 213–266).

#### 4.4.2 Valintataulukkoja käyttäen

Valitaan käsiteltäväksi esimerkiksi pumppu, jolle tarvitaan 37 kW moottori 1500 1/min kierrosluvulla. Taulukossa 4 on esitelty valmistajien laatimien taulukoiden mukaiset valinnat.

Taulukko 4. ABB:n valintataulukoiden mukaiset laitevalinnat (ABB Oy 2014d, hakupäivä 6.5.2014).

<b>Laite</b>	<b>Komponentti</b>
Sulake	OS125/100aM D12
Kontaktori	A95
Lämpörele	110DU
Turvakytkin	OT90ALCC3TZ
Kaapeliksi	MCMK 3x35+16
Moottori	37 kW 68

## 5 E<sup>3</sup>. SERIES SUUNNITTELUOHJELMISTO

E<sup>3</sup>.series on Zuken E<sup>3</sup> GmbH:n kehittämä E-CAE työkalu Windows-ympäristöön. Ohjelmalla voidaan mahdollistaa suunnittelun osittainen automatisointi API (Application Programming Interface) rajapinnan kautta. E<sup>3</sup>:sta voidaan käyttää sähkö-, automaatio-, elektroniikka-, hydraulikka- ja pneumatiikkasuunnitteluun sekä niiden dokumentoinnin luontiin. (CCSgroup www-sivut 2014, hakupäivä 19.4.2014.)

E<sup>3</sup> pohjautuu projektikeskeiselle ajattelulle. Suunniteltaessa tai luodessa uutta, on lähtökohtana aina kokonaisen projektin työstäminen. Näin kaikki tarvittava dokumentaatio, kuten piirikaaviot ja raportit löytyvät yhdestä tiedostosta. Koska ohjelmisto on tehty yhteensopivaksi Windowsin kanssa, saadaan esimerkiksi raportteja ja muuta dokumentaatio tallennettua suoraan Excel-muodossa. (ABB Oy 2014b, hakupäivä 14.3.2014.)

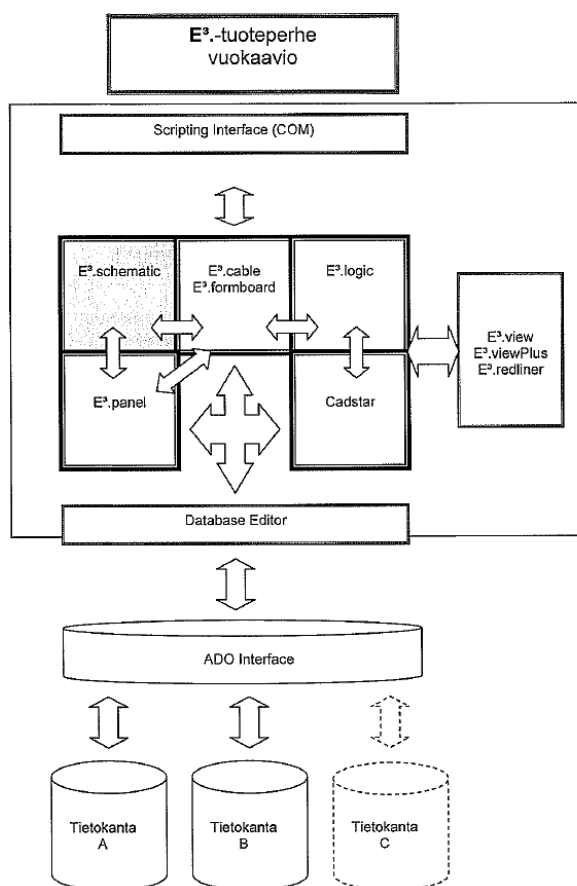
### 5.1 E<sup>3</sup>-tuoteperheen moduulit ja rakenne

E<sup>3</sup> – koostuu useista moduuleista, jotka toimivat samassa tietokannassa nimeltä ECAD kernel. Koko ohjelman toiminnallisuus perustuu tietokannassa olevaan symboli- ja komponenttikirjastoon. Taulukossa 5 esitellään tuoteperheen moduulit sekä niiden käyttötarkoitukset. (ABB Oy 2014b, hakupäivä 14.3.2014.)

Taulukko 5. E<sup>3</sup> perheen moduulit (ABB Oy 2014b, hakupäivä 14.3.2014).

Nro	Moduuli	Kuvaus
1	<b>E<sup>3</sup>.schematic</b>	Sähköisten, hydraulisten ja pneumaattisten kaavioiden suunnitteluun ja dokumentaation tuottamiseen.
2	<b>E<sup>3</sup>.cable</b>	Laitteiden johdotusten, kaapeleiden ja johdinsarjojen suunnitteluun ja esittämiseen. Sisältää E <sup>3</sup> .schematicin toiminnot.
3	<b>E<sup>3</sup>.panel</b>	Koteloiden ja keskusten kalustusten sekä johdotusten suunnitteluun ja esittämiseen.
4	<b>E<sup>3</sup>.formboard</b>	Johdinsarjojen (1:1) esitys valmistusta varten. (naulapöytäesitys)
5	<b>E<sup>3</sup>.logic</b>	Elektroniikkakaavioiden suunnitteluun ja dokumentaation tuottamiseen.
6	<b>Cadstar</b>	Piirilevyjen suunnitteluun ja dokumentointiin.
7	<b>E<sup>3</sup>.view</b>	Ilmainen moduuli kaikkien E <sup>3</sup> :n suunnitelmien ja dokumenttien tutkimiseen ja tulostamiseen. Moduulilla ei voi muokata eikä tehdä uusia suunnitelmia.
8	<b>E<sup>3</sup>.viewPlus</b>	Moduuli, jolla voi E <sup>3</sup> .view:n ominaisuuksien lisäksi tarkastella tasoja ja kielikantaa.
9	<b>E<sup>3</sup>.redliner</b>	Moduuli, jolla voi E <sup>3</sup> .view:n ominaisuuksien lisäksi tehdä punakynämerkintöjä.

Kuvassa 8 E<sup>3</sup>.series tuoteperheen vuokaavio havainnollistaa kuinka E<sup>3</sup>-suunnitteluohjelmisto toimii kokonaisuutena.



Kuva 8. E³.series Modulaari rakenne (ABB Oy 2014b, hakupäivä 14.3.2014)

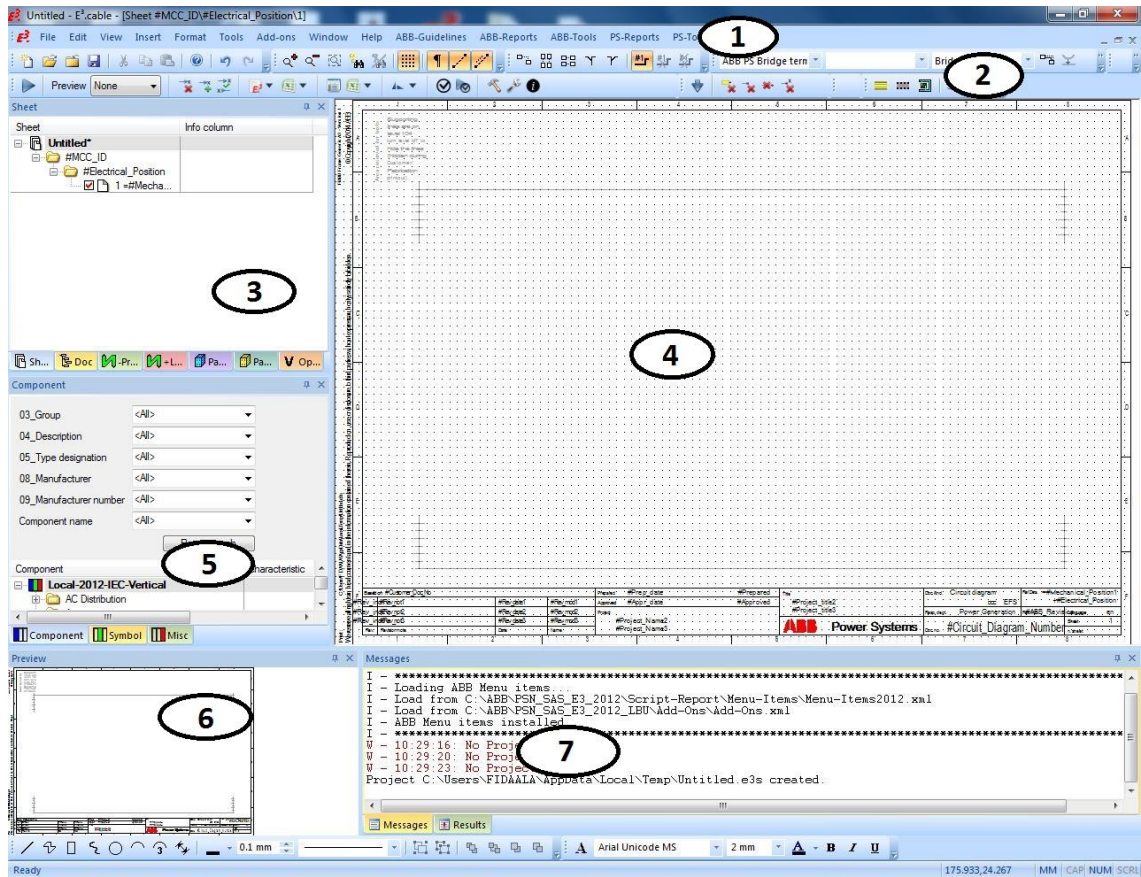
## 5.2 E³.cable

ABB Oy Power Generation Vaasan- yksikössä on käytössä E³-suunnitteluohjelmiston cable versio. E³.cable ominaisuuksia on sen kehittyneempi piirikaavioiden johdotusominaisuus. Lisäksi yksiköllä on käytössä räätälöity käyttöliittymä.

### 5.2.1 Käyttöliittymä

E³ on Windows ympäristöön suunniteltu ohjelma. Tämä tarkoittaa käytännötasolla sitä, että kaikki perustoiminnot kuten: Vedä & Pudota, Kopio/Leikkaa & Liitä, OLE ja kumoaa/tee uudelleen. Toimivat myös E³:ssa. (ABB Oy www-sivut 2014, hakupäivä 14.3.2014).

Kuvassa 9 esitellään käyttöliittymä uuden projektin avaamisen jälkeen.



Kuva 9. Käyttöliittymä

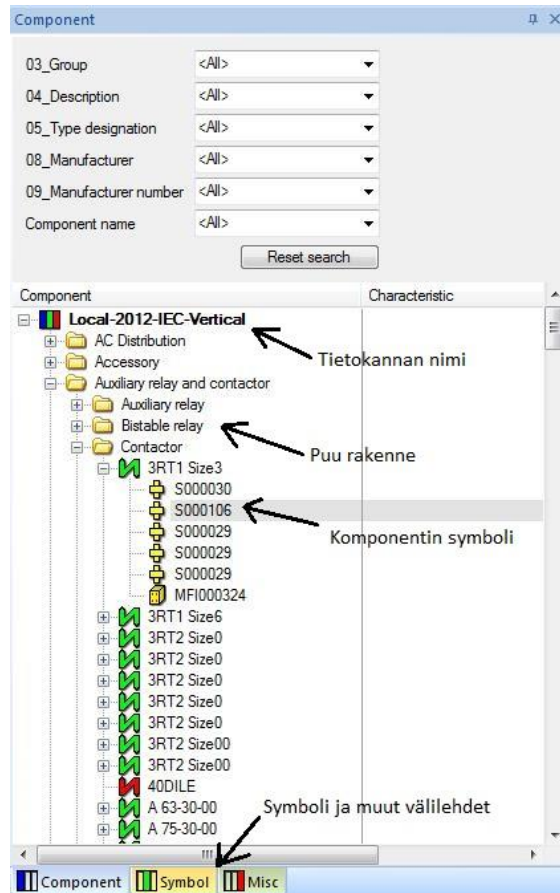
Selitykset kuvan 9 numeroille:

1. päävalikko
2. työkalupalkki
3. projekti-ikkuna
4. työskentelyalue
5. tietokantaikkuna
6. esikatseluikkuna
7. viestikenttä.

### 5.2.2 Tietokanta

Tietokanta on ohjelman muistiyksikkö, jonne kaikki tieto on tallennettu. Yksikössä käytetään ABB Power Systems Sveitsin kanssa yhteistä tietokantaa. Tietokanta sisältää valmistajiin sidottuja valmiita komponentteja, graafisia symboleja sekä kaiken muun

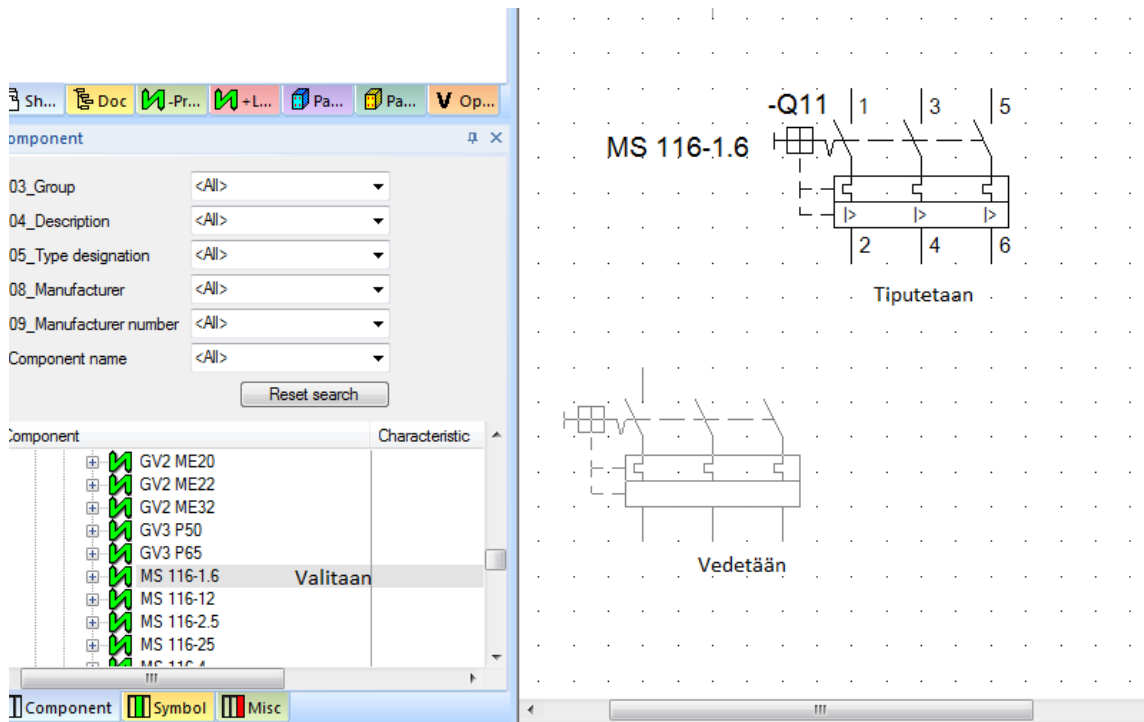
datan mitä kokonaisen projektin luomiseen tarvitaan. Kuvassa 10 esitellään tietokannan rakenne. (Puska 3.4.2014, koulutus).



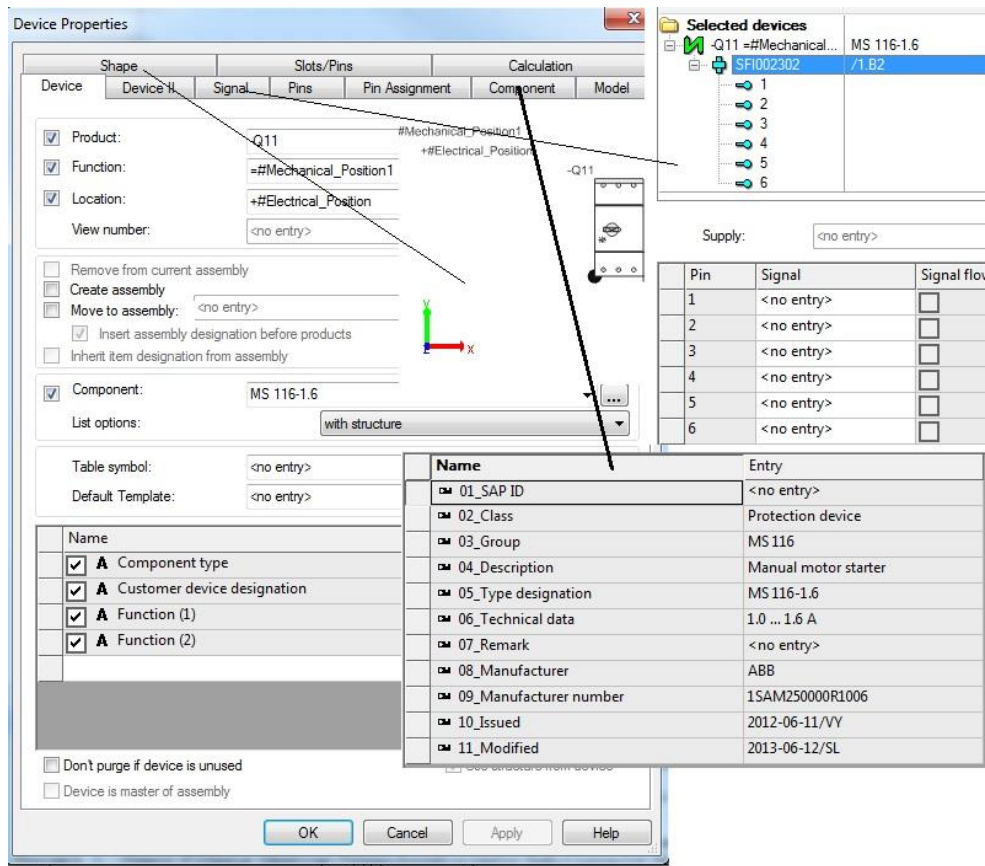
Kuva 10. Tietokantanäkymä

### 5.2.3 Tyypikuvien luominen

Tyypikuvien luominen tapahtuu komponentti kerrallaan vedä & pudota menetelmällä. Valmiilla komponenteilla tarkoitetaan oikeaa fyysisen komponentin kokonaisuutta. Komponentti on älykäs kokonaisuus tietokannassa, sisältäen piirrosmerkin, liittimet, sähköiset lähtöarvot sekä layout kuvan. Kuvassa 11 esitellään tyypikuvan tulevan komponentin valinta sekä kuvassa 12 havainnollistetaan komponentin sisältämät tiedot, esimerkkinä toimii ABB:n MS 116–1,6.



Kuva 11. Tyypikuvien luonti



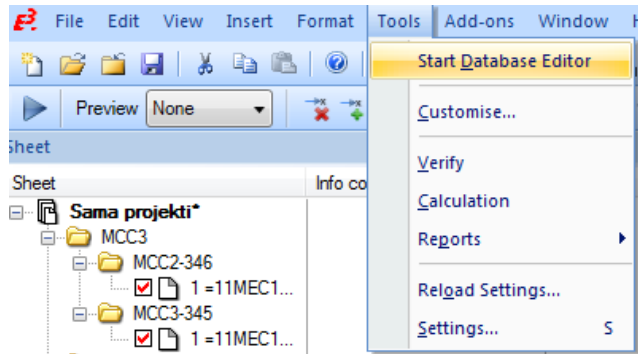
Kuva 12. Komponentin tietolehdet



## 5.2.4 Tietokantaeditori

### Käynnistäminen

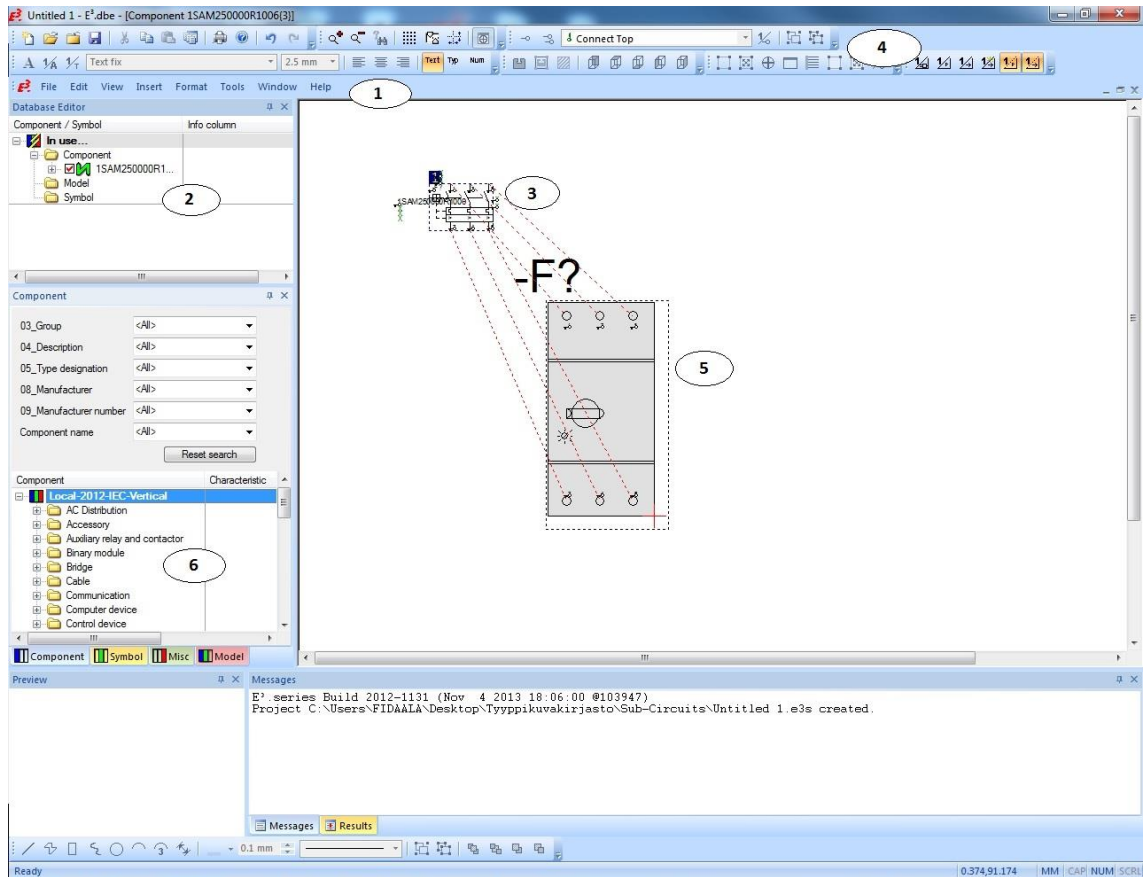
Varsinainen ohjelman muokkaaminen ja kehittäminen tapahtuu E<sup>3</sup>:n omassa tietokantaeditorissa. Kuvassa 13 on havainnollistettu tietokantaeditorin käynnistäminen valitsemalla *Tools*-valikosta *Start Database Editor*. (Puska 3.4.2014, koulutus).



Kuva 13. Tietokantaeditorin käynnistäminen

### Käyttäminen

Tietokantaeditorin käynnistyttyä ja komponentin valinnan jälkeen on näkymä seuraava (kuva 14).

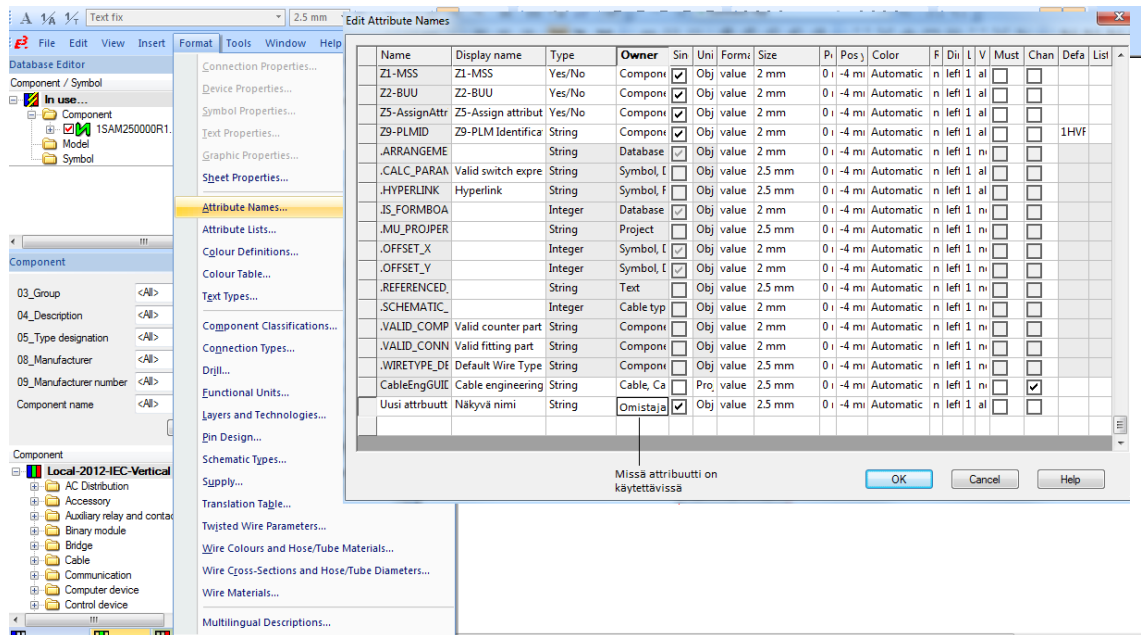


Kuva 14. Tietokantaeditori

Selitykset numeroille kuvassa 14:

1. päävalikko
2. käsittelyssä oleva komponentti/symboli/muu
3. komponentin symboli
4. työkalupalkki
5. laitteen layout
6. muokattavissa oleva tietokanta.

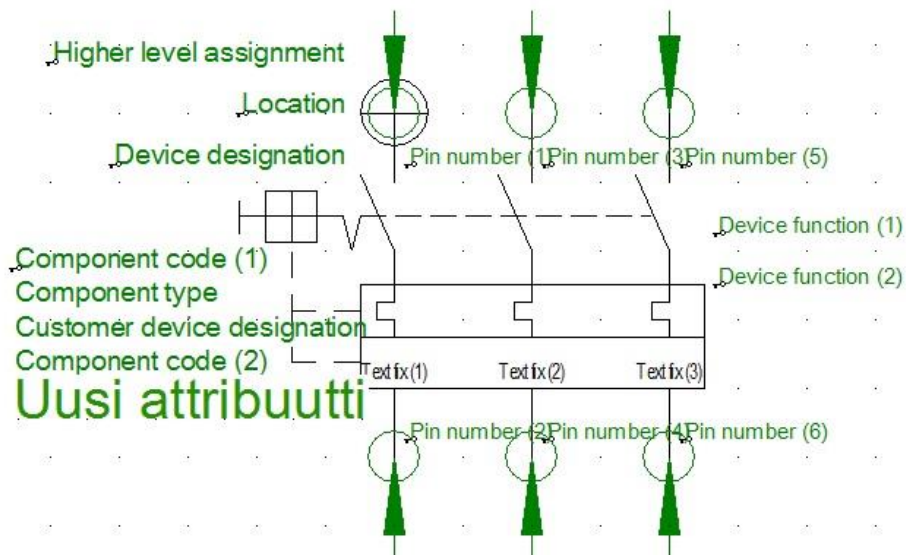
Komponenttia luodessa tai muokatessa aloitetaan aina valitsemalla haluttu muokkaamisen kohde. Muokattavana voi olla esimerkiksi johto, symboli, komponentti tai tyyppi-pohjakuva. Graafisen kokonaisuuden luominen tai muovaaminen toteutetaan Windows Paint -tyylisellä viivan piirtomenetelmällä. Komponentin tai symbolin attribuutit, ominaisuudet, tekstit sekä kaikki muu lisääminen ja muokkaaminen aloitetaan (kuvan 14) *Format* valikosta. Jotta attribuutteja voidaan lisätä tai muokata, täytyy se olla luotuna tietokantaan. Kuvassa 15 esitellään attribuutin luominen.



Kuva 15. Attribuutin luominen

## Viimeistely

Uuden symbolin tai komponentin graafisen kuvan luomisen jälkeen, voidaan attribuutteja ja ominaisuuksia lisätä tarpeellinen määrä. Kuvassa 16 on esitelty esimerkki MS 116–1,6 attribuuteista ja tekstikentistä.



Kuva 16. Attribuutit ja tekstikentät

Tässä vaiheessa komponentille on luotu fyysisesti ja sähköisesti todelliset liityntäpisteet. Lisäksi komponentille on lisätty attribuutit, jotka täyttyvät liitettävien tietojen mu-

kaisesti. Komponentin tai symbolin valmistuttua täytyy se tallentaa tietokantaan. Tallentaminen tapahtuu normaalin Windows tallentamisen tapaisesti, mutta valitaan *Tallenna tietokantaan*. Tallentamisen jälkeen on komponentti tai symboli heti käytettävissä.

#### 5.2.5 Tyypipohjan luominen

Työn yksi osa oli luoda GOST-R – standardin mukainen dokumenttikehys, lisäksi luotiin toinen dokumenttikehys yleiseen suunnitteluun. Pohjien perustana käytettiin ABB:n yleistä dokumenttikehystä, josta muokkauksin tehtiin tulevan VBS:n koodin vaatimusten mukainen. Liitteessä 1 on esitetty yleiseen suunnitteluun tarkoitettu A3 dokumenttikehys, ja liitteessä 2 GOST-R – standardin mukainen A3 dokumenttikehys.

#### 5.2.6 Uuden komponentin tallentaminen

Työssä piirretyt uudet komponentit täytyy tallentaa tietokantaan ennen käyttöönottoa. Tallentaminen tapahtuu tietokantaeditorissa. Valitaan tietokanta aktiiviseksi, jonka jälkeen valitaan oikealla hiiren painalluksella valikosta *New Component*. Tämän jälkeen avautuu kuvan 17 mukainen valikko. Määritellään tarpeelliset tiedot, jonka jälkeen painetaan *Next*.

Component Wizard - Identification

Please select the type of component to be created.  
Define name and device letter code of the new component.

Type

- Standard device
- Cable
- Overbraid
- Wire Group
- Terminal
- Connector
- Connector with Inserts
- Feed-Through Connector
- Subcircuit
- Block
- Assembly
- Hose/Tube
- Connector Pin Terminal Group

Base Settings

Name and device letter code of the new component:

Name: Komponentin nimi

Version: Vers  current  old

Version text: <no entry>

Device letter code: -Q11

Use attributes and structure of the following component:

Name: Valmis pohja esim MS116

Version: Vers

Use supply for new component: <no entry>

Use information from file: ...

< Back Next > Finish Cancel

Kuva 17. Uuden komponentin luominen

Seuraavalla sivulla määritetään komponentille sen perustiedot, samalla myös määritetään kansio ja valikko mistä komponentti löytyy tietokannassa. Tietojen määrittämisen jälkeen painetaan uudestaan *Next*. Kuvassa 18 on esimerkki tietojen täyttämiseksi.

Component Wizard - Properties

Please enter the component-specific attributes.  
Select the 'Name' column to add attributes.

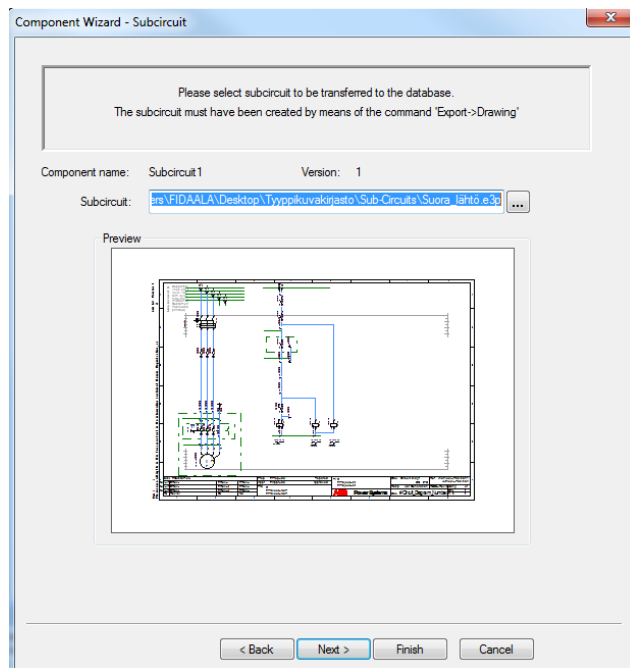
Component name: Subcircuit1      Version: 1

Name	Entry
01_SAP ID	<no entry>
02_Class	Typecircuits, Low Voltage
03_Group	Typecircuit
04_Description	Type Circuit
05_Type designation	Suora_lähtö
06_Technical data	<no entry>
07_Remark	<no entry>
08_Manufacturer	<no entry>
09_Manufacturer number	<no entry>
10_Issued	2014-4-28/DA
11_Modified	<no entry>

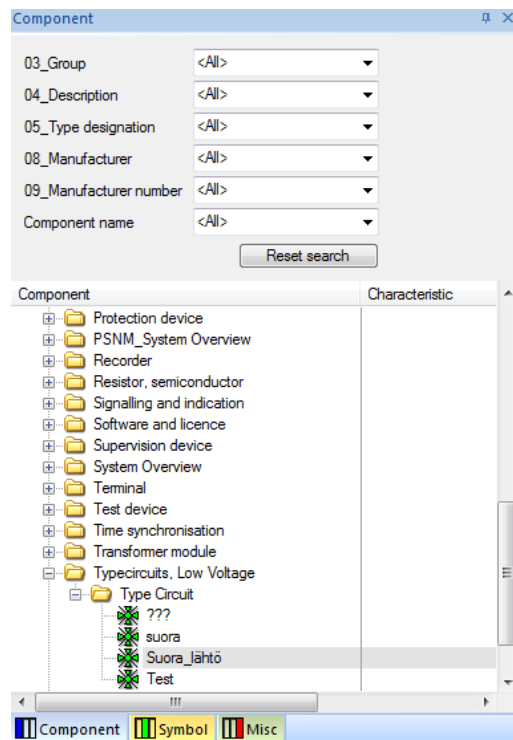
< Back    Next >    Finish    Cancel

Kuva 18. Perustiedot

Tässä tapauksessa kun luodaan *subcircuit* kuvaa, pyydetään valitsemaan haluttu piirretty tyypipiirikaavio. Tämän jälkeen voidaan painaa *Finish* ja tyypikuva on valmis käytettäväksi (kuva 19). Kuvassa 20 on esitelty kuinka edellisten kuvien tiedoilla määritelty tyypikuva löytyy tietokannasta.



Kuva 19. Tyypikuva tietokannassa



Kuva 20. Suora\_lähtö tietokannassa

## 6 TYYPIKUVAKIRJASTON LUONTI

Tyypikuvakirjaston luominen aloitettiin suoran moottorilähdön kartoituksella ja epävirallisella kyselyllä. Lähtökohtana ja mallina käytettiin SFS-käsikirjaa 16. Käsikirjasta valittiin vakiokytkentä 9.8.1-1 suora moottorilähtö (liite 3.) ja 9.8.1.-5 Moottoriventtiili (liite 4.) mallikuviksi. Kyseiset lähdöt esiteltiin palaverissa pienjännitesuunnittelua tehneille henkilöille ja esitettiin seuraavat kysymykset:

- Mitä hyvää, mitä huonoa tyypipiirikaaviossa on?
- Mitä siihen pitäisi lisätä/ottaa pois?
- Mitä muuta siihen tulisi tehdä?
- Mitä tulee tehdä, jotta lähdöstä saataisiin mahdollisimman monikäyttöinen ilman suuria muutoksia?

Palaverista saadut kommentit huomioitiin suoran moottorilähdön tyypikuvan suunnittelussa.

### 6.1 Tyypikuvakirjaston luominen E<sup>3</sup>:n tietokantaan

Tulevan tyypikuvakirjaston vaatimuksia oli tehdä siitä selkeä, helppokäyttöinen sekä kehitettävissä oleva. Lähtökohtana on, että sieltä löytyy jokaiselle yleisesti käytetylle moottorilähdölle valmis tyypikuva. Tiedot tyypikuviin tuodaan kulutuslaiteluettelosta ohjelmoinnin avulla. Tyypikuvien luominen tapahtuu kappaleen 5.2.3 mukaisesti.

Tyypikuvan piirtämisen jälkeen siitä tehdään tyypikuva-tiedosto. Tyypikuvan luominen tapahtuu samalla periaatteella kuin Windows tallentaminen, mutta valitaan valikosta *Export - Schematic*. Tallentaminen tietokantaan tapahtuu kappaleen 5.2.6 mukaisesti.

### 6.2 Suora moottorilähtö

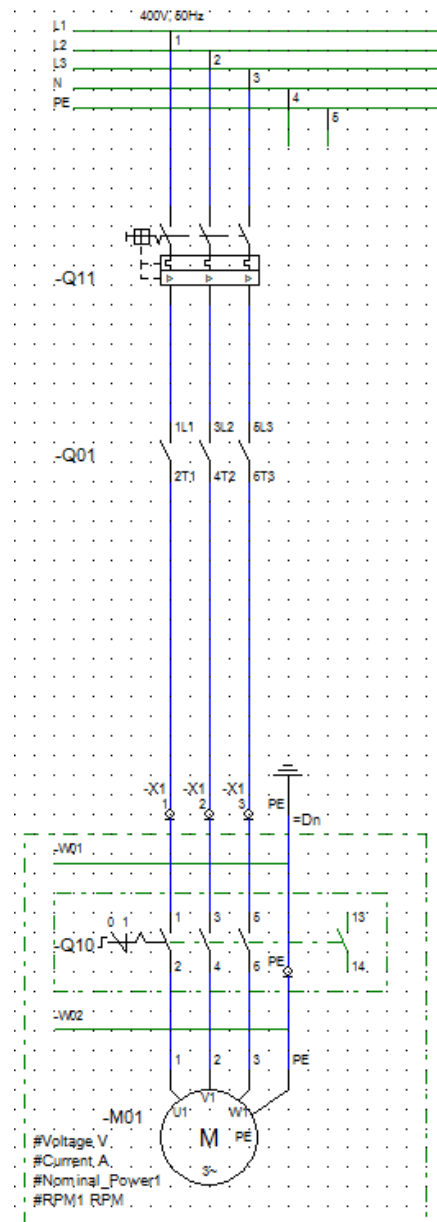
Suora moottorilähtö on tarkoitettu moottorille, joka pyörii yhteen suuntaan. Moottorin toimintaa ohjaa kontaktori ja sen koskettimet. Palaverista saatujen palautteiden ja kommenttien perusteella piirretty suora moottorilähtö on esitetty liitteessä 5.



E<sup>3</sup> – suunnitteluohjelmistolla piirretyt piirrosmerkit ovat yleisesti ottaen IEC-standardin mukaisia, mutta toisinaan ne ovat piirrosmerkkien yhdistämiä kokonaisuuksia. Työssä käytetään ABB:n laitteiden E<sup>3</sup>:een piirrettyjä symboleja. Käytettyjen laitteiden-, kaapeleiden-, johtimien- ja riviliittimien kirjainkoodit ovat standardin SFS-EN 61346-2 mukaisia. Standardin mukaiset kirjain- ja kaapelikoodit löytyvät liitteestä 6.

### 6.2.1 Päävirtapiiri

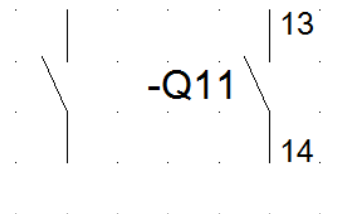
E<sup>3</sup>:lla piirretty suoran moottorilähdön päävirtapiiri on esitelty kuvassa 21. Kyseessä on sulakkeeton suora moottorilähtö. Symboleihin tiedot tuodaan myöhemmin VBS:llä.



Kuva 21. Päävirtapiiri

### Katkaisija (kytkin, ohjauskytkin, erotin, johdonsuojakatkaisija)

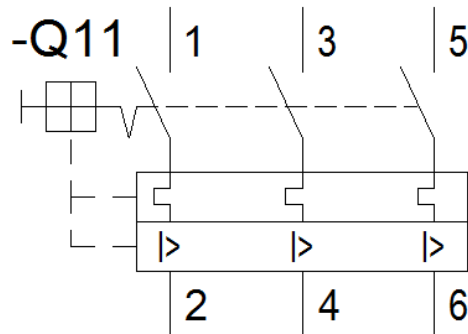
E<sup>3</sup>:ssa käytetty katkaisijan perussymboli on esitelty kuvassa 22, mutta kirjainkoodilla määritetään mitä tehtävää symboli ajaa. Johdonsuojakatkaisijoita käytetään esimerkiksi moottorilähdöissä ohjausjännitepiirin suojaamiseen. Katkaisija voi myös olla esimerkiksi liitteen 6 mukaan, mikäli katkaisijalle laitetaan kirjainkoodi ”-Q11” on se ”Moottori-  
piirin pääkytkimen tilatieto”.



Kuva 22. Q11 tilatieto

### Moottorisuojakytkin

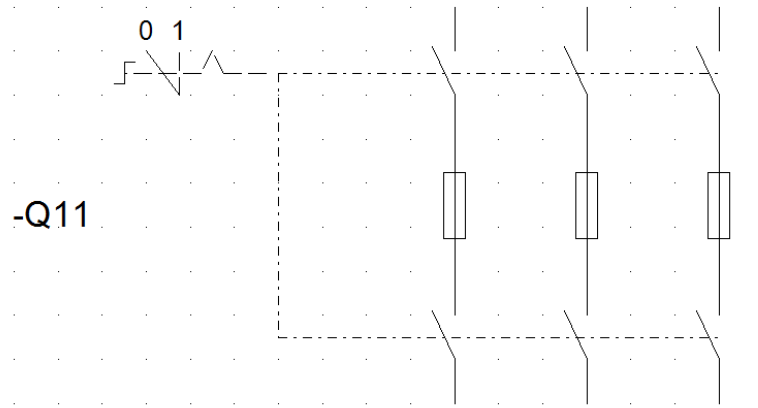
E<sup>3</sup>:ssa käytetty moottorisuojakytkimen symboli on esitelty kuvassa 23. Vesivoimalaitoksien moottorilähtöjä suunniteltaessa tila on yleensä rajallinen. Tämän takia yleisesti suositetaan moottorisuojakytkimiä kuten MS116 sarjaa.



Kuva 23. Moottorisuojakytkin

### Kytkinvaroke

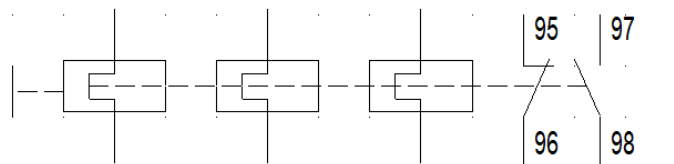
E<sup>3</sup>:ssa käytetty kytkinvarokkeen symboli, on esitelty kuvassa 24. Kytkinvarokkeita käytetään suuritehoisilla lähdöillä. Niillä toteutetaan piirin oikosulkusuojaus (Liite 3).



Kuva 24. Kytkinvaroke

### Ylikuormitusrele (lämpörele)

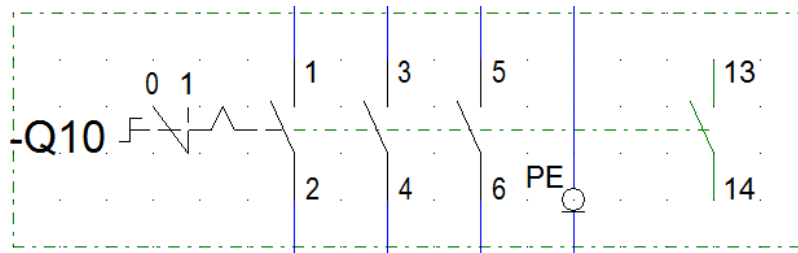
E<sup>3</sup>:ssa käytetty ylikuormitusreleen symboli on esitelty kuvassa 25. Ylikuormitusreleiden laukaisuluokat ja käyrät löytyvät standardista SFS-EN 60947-4-1. Kontaktorin ja lämpöreleen valinnassa ja yhteensopivuuden varmistamisessa käytetään standardin SFS-EN 60947-4-1 mukaisia tyyppiluokkia. Lisäksi on olemassa valmistajien kojevalintataulukoita, joissa on valmiiksi huomioitu kojeiden keskinäinen mitoitus.



Kuva 25. Ylikuormitusrele

### Kuormankytkin (Turvakytkin, pääkytkin, erotuskytkin)

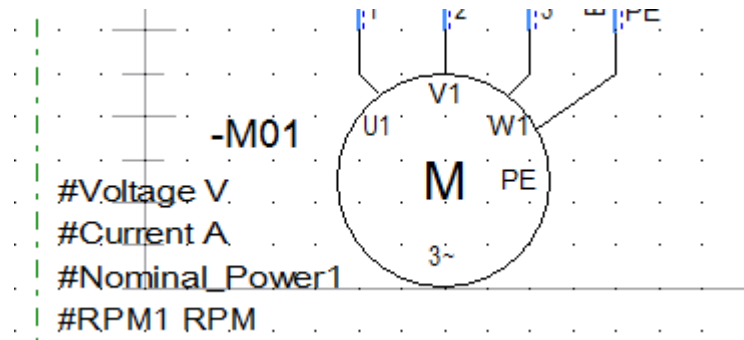
E<sup>3</sup>:ssa käytetty kuormankytkimen symboli on esitelty kuvassa 26. Kuva on kokoelma symboleja. Kuormakytкимиä löytyy myös nelinapaisella (L1, L2, L3, N) rakenteella ja eri apukosketinratkaisuilla.



Kuva 26. Kuormankytkin

### Moottori

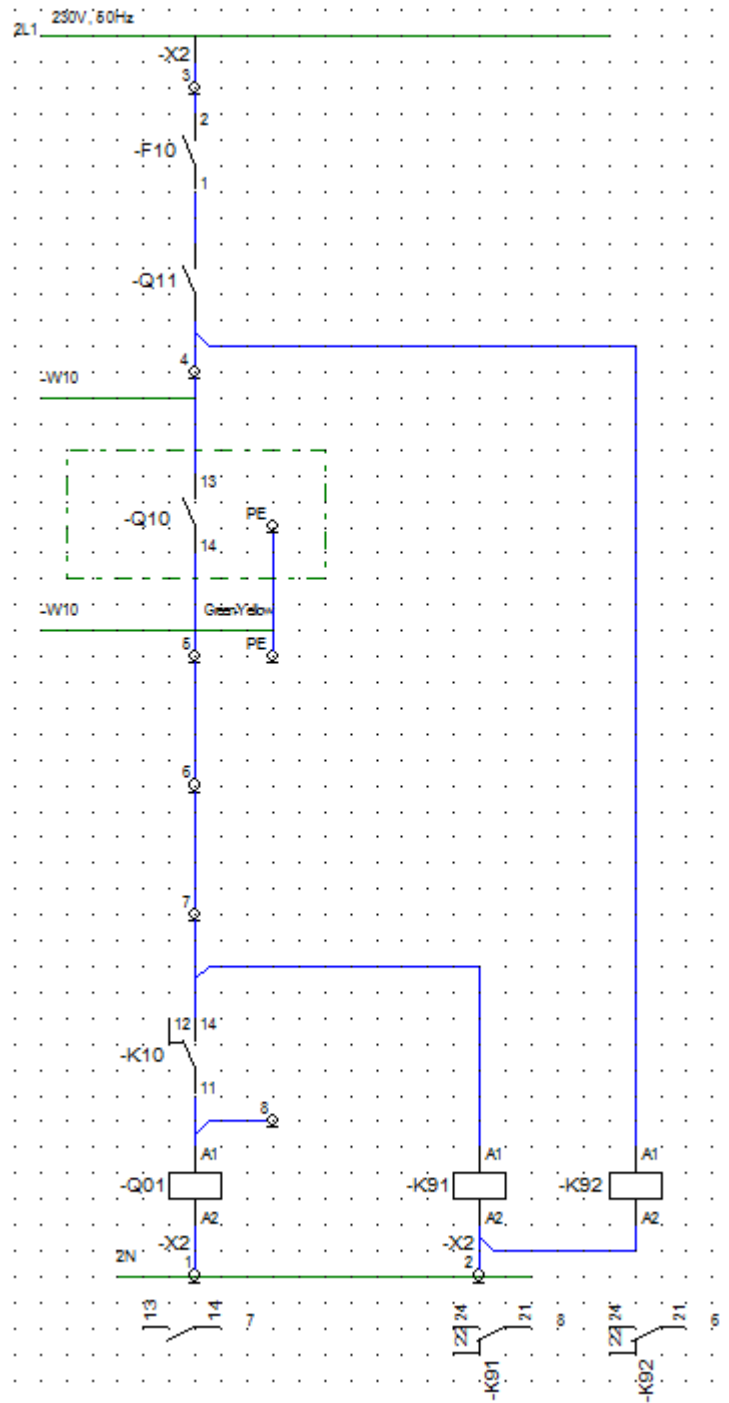
E<sup>3</sup>:ssa käytetty moottori symboli on esitelty kuvassa 27. Symbolissa käytetään tekstikenttiä, joihin tieto tuodaan suoraan kulutuslaiteluettelosta. Esimerkiksi moottorin arvot V, kW, A ja rpm saavat määritellyn arvon liitteen 7 mukaisesti.



Kuva 27. Moottori

### 6.2.2 Ohjausvirtapiiri

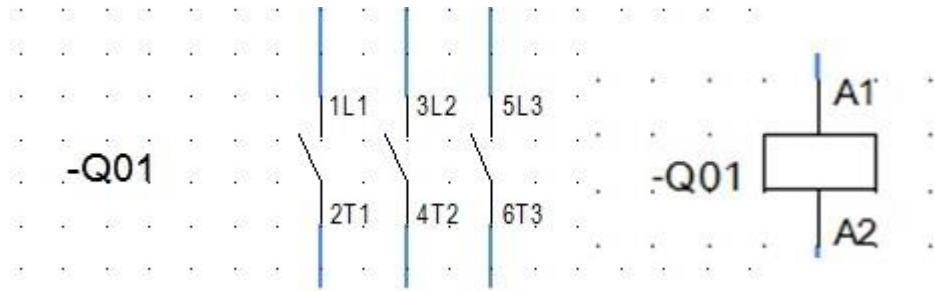
E<sup>3</sup>:lla piirretty suoran moottorilähdön ohjausvirtapiiri on esitelty kuvassa 28. Johtimien kytkentäpiste osoitetaan kulman suunnalla. Ohjausvirtapiirin symboleihin tiedot tuodaan VBS:llä.



Kuva 28. Ohjausvirtapiiri

### Kontaktori

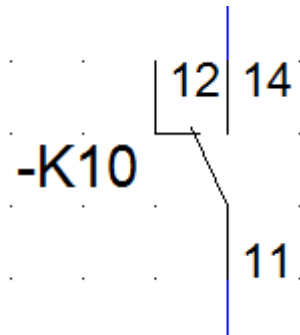
E<sup>3</sup>:ssa käytetty päävirtapiirin koskettimien ja kontaktorin kelan symboli on esitelty kuvassa 29. Kontaktorien käyttöluokat löytyvät standardista SFS-EN 60947-4-1. Esimerkiksi luokan AC-3 kojeita voi käyttää oikosulkumoottorin käynnistykseen ja pysäytykseen.



Kuva 29. Kontaktorin pääkoskettimet ja kela

### Apurele

E<sup>3</sup>:ssa käytetty releen ”-K10” apureleen symboli on esitelty kuvassa 30. Teollisuuden ohjasvirtapiireissä käytetään yleensä AC 12–15 tai DC 12–14 käyttöluokan laitteita. Esimerkiksi AC-15 käyttöluokan laite on tarkoitettu yli 72VA kuormien ohjaukseen, kuten kontaktori tai magneettiventtiili.



Kuva 30. Apurele

### 6.2.3 Automaatioliityntä

Tyypipiirikaavioita luodessa päädyttiin siihen, että automaatioliityntä sijoitetaan erilliselle sivulle. Erilliselle sivulle laitettaessa saadaan niihin tuotua I/O-tiedot VBS:ää käyttäen mittapisteluettelosta. Tähän on olemassa jo valmis koodi, joka tullaan yhdistämään myöhemmin tyypipiirikaavioiden luomiseen.

## 7 KULUTUSLAITELUETTELON YHDISTÄMINEN E<sup>3</sup>:EEN

### 7.1 Kulutuslaiteluettelo

Kulutuslaiteluettelo on Excel-dokumentti, johon perussuunnitteluvaiheessa kootaan toimituksen kohteena olevan laitteiston kulutuspisteiden tarkat tiedot. Näitä tietoja ovat mm. laitteiden positiot, nimitykset, nimellisjännitteet, tehot jne. Useiden muiden funktioiden lisäksi kulutuslaiteluettelo toimii määrittelytiedostona E<sup>3</sup>:lle. Lähtöjen määrittelyn jälkeen kirjoitettu kulutuslaiteluettelo voidaan yhdistää E<sup>3</sup>:een VBS:n avulla. Liitteessä 7 on esitelty esimerkki kulutuslaiteluettelosta.

### 7.2 Visual Basic Scripting Edition

Visual Basic Scripting Editon – ohjelmointikieli, eli VBScript on Microsoftin kehittämä kevyt ohjelmointikieli Visual Basic – ohjelmointikielestä. VBScriptiä voidaan kirjoittaa suoraan notepad:lle tai käyttää esimerkiksi Notepad++ ohjelmaa, josta löytyy kirjoittamista tukevia toimintoja. Kirjoitettu ohjelma täytyy tallentaa \*.vbs-päätteisenä, jotta Windows Script Host osaa tulkita ja toteuttaa komennot.

WSH eli Windows Script Host löytyy oletuksena kaikista Windows 98 käyttöjärjestelmistä ja sitä uudemmissa versioista. Se toimii kirjoitetun ohjelman isäntänä, toteuttaen sen sekä mahdollistamalla pääsyn kaikkialle minne skriptin täytyy päästä. Se mahdollistaa mm. viestien tuomisen ruudulle, objektien luomisen, pääsyn kovalevylle sekä rekisterimuutokset. (Microsoft Corporation www-sivut 2014, hakupäivä 26.4.2014.)

### 7.3 Skriptaaminen

Skriptaamisen voi suorittaa kahdella tapaa. Skriptin ajaminen voidaan toteuttaa Wscriptillä tai cscriptillä, joista molemmat ovat WSH:n skriptausta ympäristöjä. Oletuksena kaikissa Windows-pohjaisissa käyttöjärjestelmissä on Wscript, jonka käyttö esitellään seuraavassa kappaleessa. Tällöin ohjelman voi nähdä kuten kuvassa 31. Toinen tapa eli cscript:n käyttö on komentorivijä. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki toiminnot ajetaan

komentorivillä ja tulokset näkyvät siellä. (Microsoft Corporation www-sivut 2014, hakupäivä 26.4.2014.)

### 7.3.1 Skriptaamisen perusteet

Skriptaamisella voidaan toteuttaa samoja toimintoja, mitä normaalilla käsityölläkin. Skriptaamisella voidaan automatisoida toimintoja, jotka normaalisti ovat työläitä ja aikaa vieviä. Skriptaamiseen lähemmän tutustumisen jälkeen voidaan todeta, että VBSkriptaus on käytännössä toiminnallisuuden kirjoittamista englanniksi.

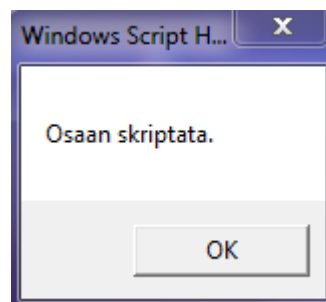
Esimerkkinä toimii seuraava yksinkertainen teksti. Luodaan uusi ”\*.txt” dokumentti. Avataan se ja kirjoitetaan siihen seuraavasti:

```
wscript.echo " Osaan skriptata. "
```

Suoraan suomennettuna voitaisiin skripti lukea seuraavasti:

Wscript, jolla viitataan Windows Scriptaus ohjelmaan, Echo eli huuda, ”Osaan skriptata”.

Tallennetaan tiedosto ”\*.vbs” päätteisenä, ja avataan se hiiren tuplaklikkauksella. Mikäli käyttöjärjestelmä on Windows-pohjainen, avautui juuri kuvan 31 näköinen laatikko.



Kuva 31. Skriptaus esimerkki

### 7.3.2 Tietojen tuominen Excel - E<sup>3</sup>

Tietojen tuomisessa käytettiin hyväksi olemassa olevia skriptejä. ABB Oy Industry Solutions -yksiköllä on olemassa jo skripti, jota käyttämällä saatiin kaikkiin #:lla varustet-



tuihin kohtiin tuotua Excelistä tieto. Jotta ohjelma osaa etsiä kaikki siirrettävät tietoken-  
tät, täytyy ne luoda tietokantaan sekä tyyppikuviin samanlaisina, ja niiden täytyy löytyä  
Excelistä.

Seuraavaksi käytetään esimerkkinä Exceliin kirjoitettua projektin nimeä 1, 2 ja 3. Koh-  
taan yksi tulee projektin asiakas, joka on jokaisella projektin tyyppi-  
piirikaaviolla sama. Tällöin käytetään korkeamman asetuksen omaavaa attribuuttia. Tekstiä joka tuodaan  
jokaiselle piirikaaviolle omana uniikkina tekstinä, riittää normaali määrä. Tällöin  
Exceliin kirjoitettu ”*Project\_Name2*” kentän teksti, siirretään tyyppi-  
piirikaavioissa ole-  
vaan tekstikenttään ”*#Project\_Name2*”.

Komponenttien määritys ja identifiointi toimivat korkeammalla tasolla. Komponentit  
ovat tallennettuna tietokantaan uniikilla tekstinumerosarjalla, ja tyyppi-  
piirikaavioihin tuotaessa ne saavat oman uniikin ID-numeron. Tätä ID-numeroa käyttämällä saadaan  
symbolille syötettyä uusi tekstinumerosarja, joka sisältää halutun komponentin tiedon.  
Liitteessä 8 on esitelty yksinkertainen versio komponentin vaihtamisesta.

## 8 POHDINTA

Työn tavoitteena oli kehittää ABB Oy Power Generationin vesivoimaprojektien pienjännitesuunnittelua. Työssä perehdyttiin aluksi standardien mukaiseen suunnitteluun ja sen tuomiin piirteisiin jokaisessa projektissa. Standardinmukaisuuden ymmärtämisen jälkeen, perehdyttiin tarkemmin pienjännitemoottorilähtöihin ja niiden vaatimuksiin. Lisäksi opinnäytetyön myötä ymmärrettiin moottorilähtöjen mitoituksen perusteet ja erinäisten taulukoiden käyttö tukemaan laskelmien päätöksiä.

Käytännössä opinnäytetyössä toteutettu kehittämisprojekti oli E<sup>3</sup>-suunnitteluohjelmiston käytön kehittäminen. Ohjelmaan tutustumisen ja sen opettelemisen myötä, pystyi näkemään mihin kaikkeen se on kykenevä. Tällä hetkellä ABB:lla ei ole kuin murto-osa ohjelman ominaisuuksista käytössä. Tämän kehitystyön hyödyntämisellä säästetään tulevaisuudessa huomattavasti suunnittelutunteja ja vähennetään mahdollisia virheitä. Virheiden väheneminen perustuu vakiolähtöjen toistuvuuteen ja niiden suunnittelussa tapahtuvien inhimillisten virheiden poistamiseen.

Työn henkilökohtaiseksi ja yrityksen yhteiseksi tavoitteeksi asetettiin suunnittelutietojen siirtäminen vakioidulle tyyppiipiirikaaviopohjalle skriptin avulla. Tuloksena voidaan todeta, että ohjelma osaa valita pohjan ja lähdöntyyppin käyttäjän valinnan mukaisesti, sekä tuoda siihen tiedot käyttäjän syöttämän mukaisesti. Tavoitteet on siis saavutettu.

E<sup>3</sup>:n käyttöä opetellessa sekä tiedonkeruun ohessa, opinnäytetyön tekijä havaitsi useita mahdollisia potentiaalisia tulevaisuuden kehityksenkohteita. E<sup>3</sup>-ohjelmana on tietokantapohjainen suunnittelueditori, mikä mahdollistaa jopa monen tietokannan käyttämisen yhtä aikaa. Kuitenkin käytössä on lähes yksikkökohtaiset tietokannat. Tietokantoja hie- man kehittämällä, olisi mahdollista luoda ABB:lle yksi yhteinen tietokanta, josta löytyisi kaikki komponentit ja symbolit. Tällä hetkellä Industry Solutions -yksikössä on käytössä eri tietokanta kuin Power Generationilla, vaikkakin ominaisuuksilta ja käytännöiltä suunnittelun lähtökohdat ovat hyvin samankaltaiset.

Jatkokehityksenä opinnäytetyölle olisi suotavaa luoda kattava tyyppikuvakirjasto, jotta siitä saadaan kaikki potentiaali irti. Ensimmäiseksi on syytä piirtää yleisimmät moottorilähdöt. Tämän jälkeen tulee tehdä valinnaisiksi eli optioiksi pienet lisäykset kuviin. Edellisten vaiheiden suorittamisen jälkeen, voidaan todeta käytännöllisyyden kautta,

että E<sup>3</sup>:n on käytössä tietokantaeditorina, eikä pelkästään piirto-ohjelmana. Toteutetun jatkokehitysvaiheen jälkeen voidaan todeta, että jopa henkilö joka ei ole ikinä piirtänyt tai käyttänyt E<sup>3</sup>:sta voi käyttää sitä kokonaisten projektien luomiseen.

## LÄHTEET

- ABB Oy 2014a. ABB\_tänään\_2013-1.ppt. Sisäinen Intranet. Hakupäivä 11.4.2014.
- ABB Oy 2014b. Peruskoulutus\_materiaali\_fi. Sisäinen Intranet. Hakupäivä 14.3.2014.
- ABB Oy 2014c. TTT- käsikirja. Sisäinen Intranet. Hakupäivä 16.4.2014.
- ABB Oy 2014d. Pienjännitekojeet Teollisuuskäyttöjen kojevalinnat. Hakupäivä 6.5.2014.  
<[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/48fb5907da82a086c2256e0b00213525/\\$file/a30fi03\\_11pdf.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/48fb5907da82a086c2256e0b00213525/$file/a30fi03_11pdf.pdf)>
- ABB Oy 2014e. Low voltage process performance motors according to EU MEPS EN 10-2013. Hakupäivä 30.4.2012.  
<[http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/4926be1f5d4df488c1257bf7003aa496/\\$file/Catalog\\_Process\\_performance\\_acc\\_to\\_EU\\_MEPS\\_9AKK105944\\_EN%2010\\_2013\\_LOW.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/4926be1f5d4df488c1257bf7003aa496/$file/Catalog_Process_performance_acc_to_EU_MEPS_9AKK105944_EN%2010_2013_LOW.pdf)>
- ABB Oy 2014f. ABB industrial drives ACS880, single drives 0.55 to 2800kW Catalog. Hakupäivä 6.5.2014.  
<[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/78a02f334321988fc1257c6e0040a0ad/\\$file/16957\\_ACS880\\_single\\_drives\\_3AUA0000098111\\_EN\\_Rev1\\_1owres.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/78a02f334321988fc1257c6e0040a0ad/$file/16957_ACS880_single_drives_3AUA0000098111_EN_Rev1_1owres.pdf)>
- ABB Oy www-sivut 2012. Selection Tool. Hakupäivä 30.4.2014.  
<<http://applications.it.abb.com/SOC/Page/Selection.aspx>>
- ABB Oy www-sivut 2014. Hakupäivä 11.4.2013  
<[www.abb.fi](http://www.abb.fi)>
- Aura, Lauri & Tonteri, Antti J. 2002. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. 3. – 4. painos. Vantaa: Dark Oy.
- CCSgroup www-sivut 2014. Hakupäivä 19.4.2014.  
<<http://www.ccsgroup.com/>>
- Etto, Jaakko 1998. Prosessisähköistyksen kunnossapito, osa 2. Hakupäivä 30.4.2014.  
<[http://www.momenthits.fi/ESV5230/kunnossapito\\_2.pdf](http://www.momenthits.fi/ESV5230/kunnossapito_2.pdf)>
- Fraser, Ian 2010. Konedirektiivin 2006/42/EY soveltamisopas. Hakupäivä 11.4.2014.  
<[http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/guide-appl-2006-42-ec-2nd-201006\\_fi.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/guide-appl-2006-42-ec-2nd-201006_fi.pdf)>
- Hietalahti, Lauri 2013. Teollisuuden Sähkökäytöt. 1. painos. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.
- IEC 60269-1, 2009. Low-voltage fuses – Part 1: General requirements. Geneve:IEC. Hakupäivä 30.4.2014. Sisäinen Intranet.
- IEC 60947-4-1, 2013. Low-volta switchgear and controlgear-General rules. Geneve:IEC. Hakupäivä 18.4.2014. Sisäinen Intranet.
- IEC 61355-1, 2008. Classification and designation of documents for plants, systems and equipment – Part 1: Rules and classification tables. Geneve:IEC. Hakupäivä 11.4.2014. Sisäinen Intranet.
- IHS www-sivut 2014. Hakupäivä 15.3.2014.  
<[www.ihs.com](http://www.ihs.com)>
- IEC 60364-1, 2005. Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions. Geneve:IEC. Hakupäivä 10.3.2014. Sisäinen Intranet.
- Kokkinen, Janne, myyntipäällikkö, ABB Oy. Haastattelu 10.3.2014.
- Korpinen, Leena 1998. Sähkövoimatekniikkaopus. Sähköturvallisuus. Hakupäivä 10.3.2014.  
<[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/7sahkoturvallisuus.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/7sahkoturvallisuus.pdf)>

- Korpinen, Leena & Mikkola, Marko & Keikko, Tommi & Falck, Emil 2008. Yliaalto-opus. Hakupäivä 17.3.2014  
<[www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/yliaalto-opus.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/yliaalto-opus.pdf)>
- Microsoft Corporation www-sivut 2014. Hakupäivä 26.4.2014.  
<<http://msdn.microsoft.com/fi-fi/>>
- Mäkinen, Markku J.J. & Kallio, Raimo & Tantarimäki, Reijo 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. 1. painos. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy
- Puska, Matias, Projekti-insinööri, Co-Automation Oy. Koulutus E<sup>3</sup>:sta 3.4.2014.
- PSK 1801 2000. Prosessiteollisuuden jakokeskus. PSK standardisointi. Hakupäivä 28.4.2014. Sisäinen Intranet.
- PSK- standardisointi www-sivut 2014. Hakupäivä 30.4.2014.  
<<http://www.psk-standardisointi.fi/index.htm>>
- Salin, Riitta 2013. Ford juhlii liukuhihnan 100-vuotista taivalta ja julkistaa joustavan tuotantomallin uudet tavoitteet. Hakupäivä 17.3.2014  
<<http://www.mynewsdesk.com/fi/oy-ford-ab/pressreleases/ford-juhlii-liukuhihnan-100-vuotista-taivalta-ja-julkistaa-joustavan-tuotantomallin-uudet-tavoitteet-915055>>
- SFS ry:n www-sivut 2014, Hakupäivä 7.2.2014.  
<[www.sfs.fi](http://www.sfs.fi)>
- SGS Fimko Oy 2014. Venäjän sekä Tulliliiton sertifiointi ja uudet määräykset, luento-materiaali.
- SS-EN ISO 13850, 2008. Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design. Hakupäivä 30.4.2014. Sisäinen Intranet.
- Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2003. SFS-käsikirja 16: Moottorikeskukset ja ohjelmoitavat ohjaukset. Vakiosovelluksia enintään 1000V moottorikäyttöille. 5. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2005. SFS-käsikirja 154: Jakokeskukset. 2. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2008. SFS-käsikirja 174-3: Tekninen dokumentointi. Osa 3: Piirustusten, kaavioiden, osaluetteloiden ja ohjein laatiminen. 1. painos. Helsinki: SFS.
- Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2012. SFS-käsikirja 600-1: Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. 1. painos. Helsinki: SFS.
- Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2013. SFS-käsikirja 1: Standardit ja standardisointi. 8. painos. Helsinki: SFS.
- Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2012. D1-Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 19., uudistettu painos. Helsinki: Painokurki Oy.
- Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2013. Sähköpiirrosmerkit. Helsinki: Painokurki Oy.

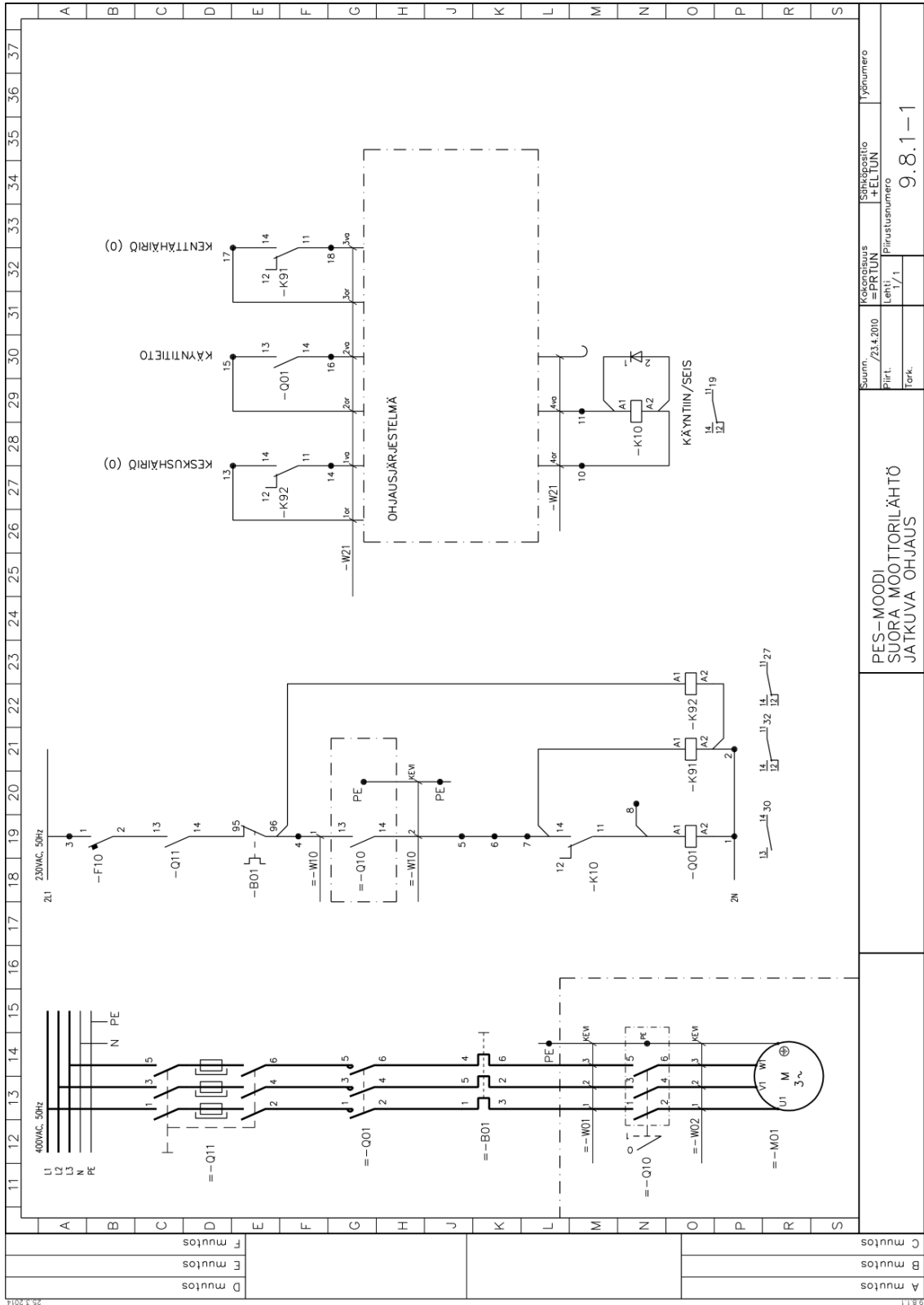
## LIITTEET

- Liite 1. FIABB Frame A3 Gen, Yleinen suunnittelu dokumenttipohja
- Liite 2. FIABB Frame A3 GOST, GOST-R mukainen dokumenttipohja
- Liite 3. Vakiokytkentä 9.8.1-1 Suora moottorilähtö, SFS 16-käsikirja
- Liite 4. Vakiokytkentä 9.8.1-5 Moottoriventtiili, SFS 16-käsikirja
- Liite 5. Suora moottorilähtö, generoituna skriptillä
- Liite 6. Kirjain ja kaapeli koodit, SFS 16-käsikirja
- Liite 7. Kulutuslaiteluettelo A3, Excel tiedosto Mallinnus
- Liite 8. Komponentin vaihto skripti
- Liite 9. GOST- standardin GOST 21.1101 - 2009 A3 tyypikuvan laatikoiden mitat.

A											
B											
C											
D											
E											
F											
1 2 3 4 5 6 7 8											
1 2 3 4 5 6 7 8	Based on #Customer_Doc_No #Rev_incl#Rev_no1 #Rev_incl#Rev_no2 #Rev_incl#Rev_no3 Rev_Revision_note #Prep_date #Appr_date #Project_Name2 #Project_Name3 #Prepared #Approved Title #Project_title2 #Project_title3 <b>ABB Power Systems</b> Doc. lvt. Circuit diagram DCC EFS Reg. art. Power Generation Doc. no. #Circuit_Diagram_Number Ref Des. =#Mechanical_Position +#Electrical_Position #ABB_Revisionlanguage Sheet n. sheet										







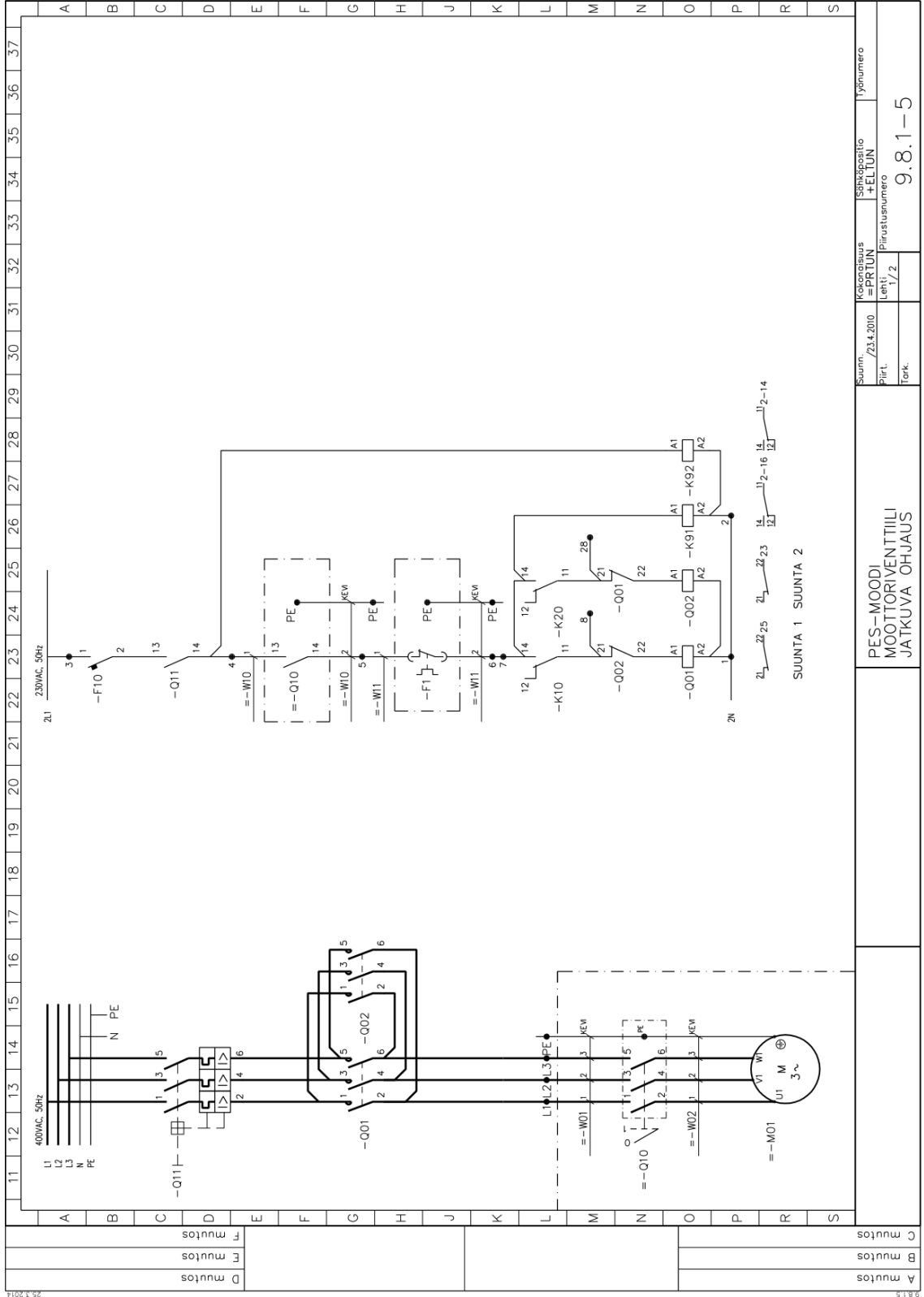
9.8.1.1 25.3.2011

A	muitos	
B	muitos	
C	muitos	
D	muitos	
E	muitos	
F	muitos	
G	muitos	
H	muitos	
I	muitos	
J	muitos	
K	muitos	
L	muitos	
M	muitos	
N	muitos	
O	muitos	
P	muitos	
Q	muitos	
R	muitos	
S	muitos	

PES-MOODI  
SUORA MOOTTORILÄHTÖ  
JATKAVA OHJAUS

Kokonaus	PRJUN	Sähköposti	+ELIUN	Työnumero
Lehti	1/1	Piirustusnumero	9.8.1-1	
Piirt.		Tark.		

Summ. /23.4.2010



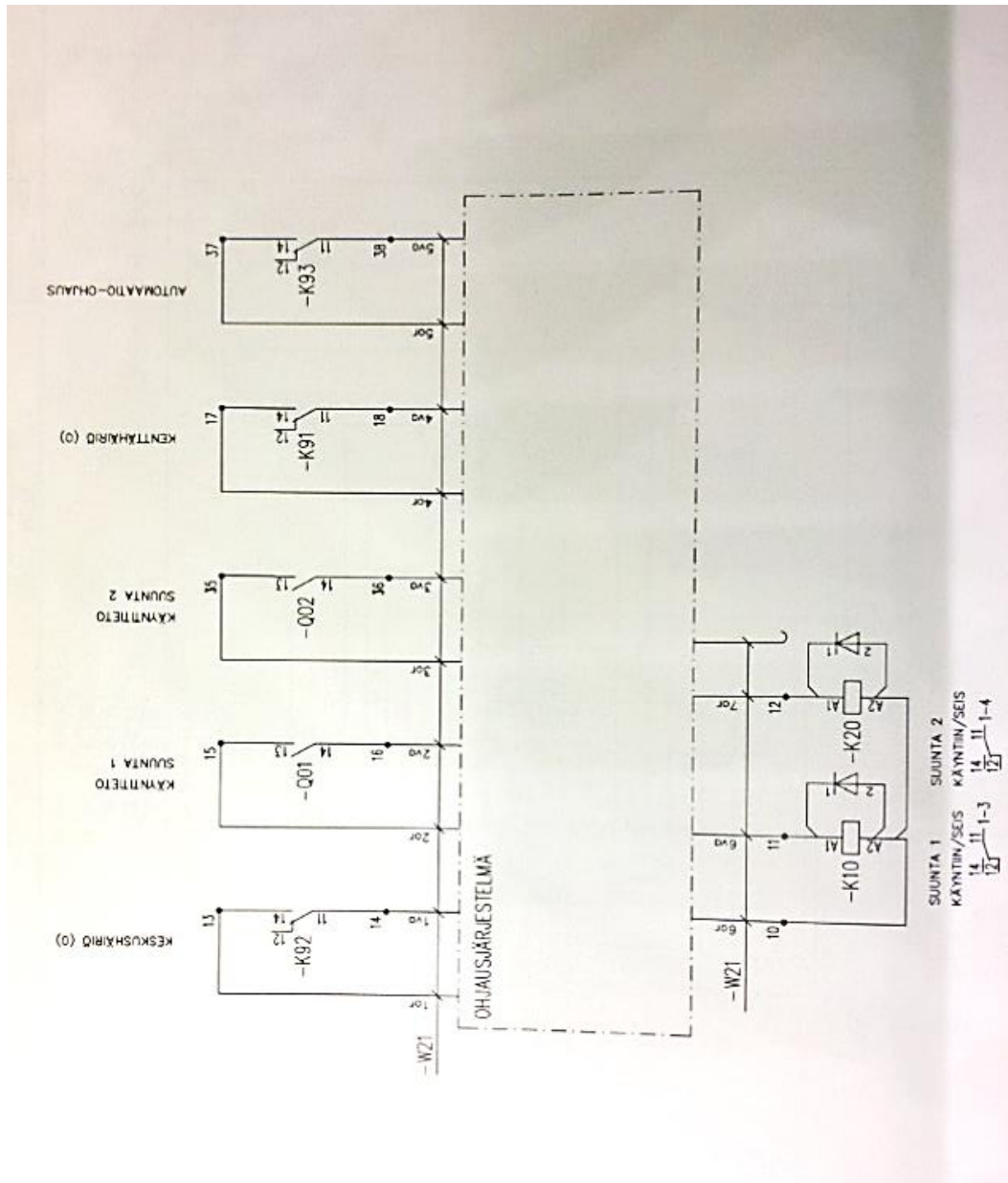
Summ. /23.4.2010  
Kokonaissuus =PRTUN  
Lehti /Pirustusnumero  
Sähköspositio =ELIUN  
Tyy numero

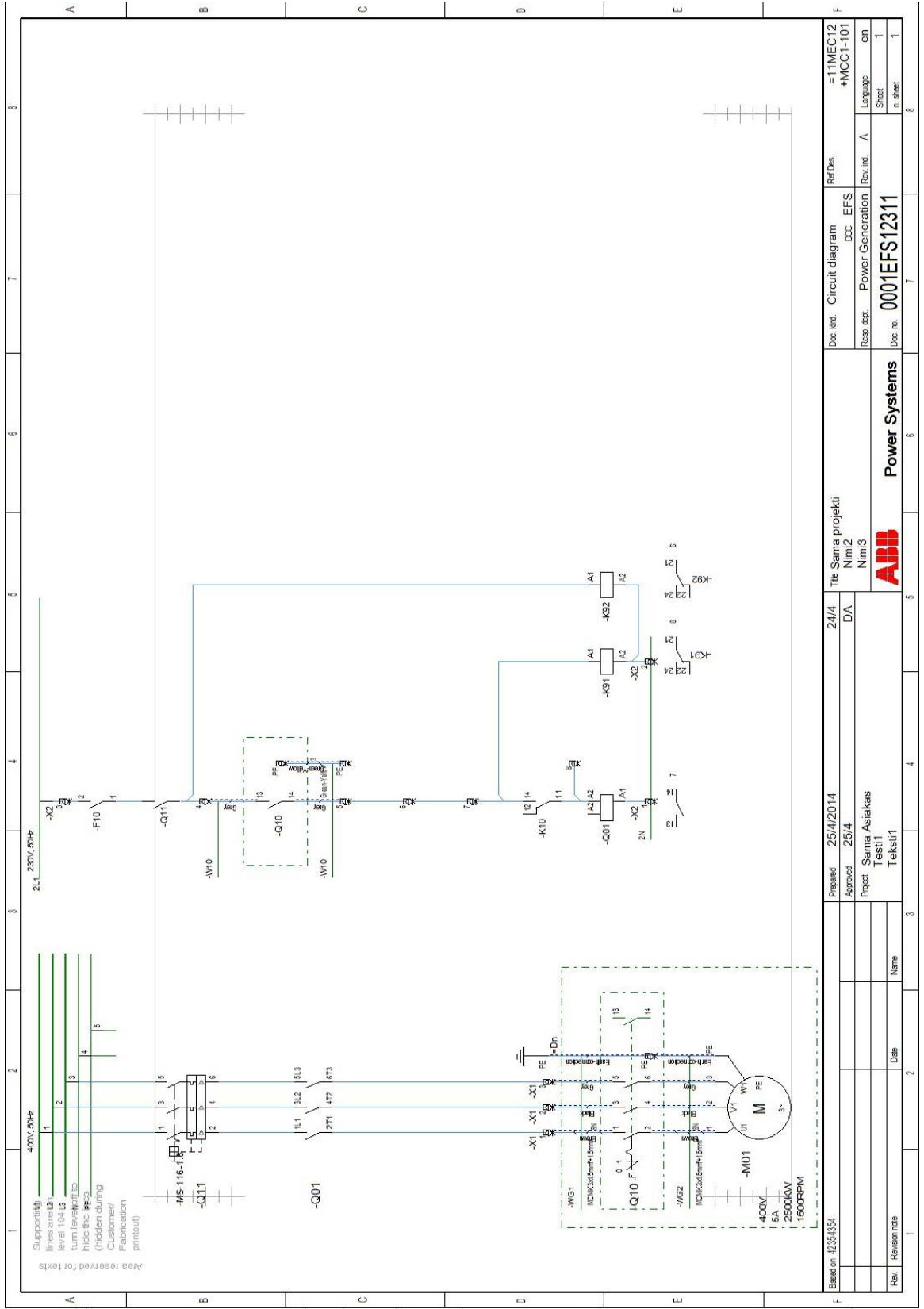
9.8.1-5

PES-MOODI  
MOOTTORIVENTTIILI  
JATKUVA OHJAUS

C muutos  
B muutos  
A muutos

25.3.2015





Based on: 4234354	Prepared: 25/4/2014	24/4	The Sama projekti	Doc. kat: Circuit diagram	Ref. Des. =11MEC12
	Approved: 25/4	DA	Nimi2	DOC: EFS	+MCC1-101
	Project: Sama Asiakas		Nimi3	Power Generation	Language en
	Teksti1			Rev. ind. A	Sheet 1
Rev. / Revision note	Date	Name	0001EFS12311		
			Doc. no. 0001EFS12311		
			Power Systems		
			ABB		
			8		

© 2012 ABB. All rights reserved. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

Print

Taulukko 7.4.1 - Laitteiden kirjainkoodit ja niiden vakiointi

Ote SFS-EN 61346-2 taulukosta 1			Vakiokytkennoissä käytettävien laitteiden kirjainkoodit	
			Vakiokoodit on valittu SFS-EN 61346-2 taulukon 1 perusteella. Tietyn kirjainkoodin 10-, 20-, 40- jne. sarjoja voidaan jatkaa (...) tarkoitta, että useat laitteet numeroidaan seuraavilla numeroilla juoksevasti  HUOM. Jos *)- merkitty kolmivaihejärjestelmän laite asennetaan jokaiseen vaiheeseen erikseen, voidaan käyttää alajaottelua esim. -B02 asemasta -B02.1 ja -B02..2 ja -B02.3	
Koodi	Kohteen tarkoitus tai tehtävä	Tyypillisiä ryhmään kuuluvia sähkötuotteita	Vakio-koodi	Tuotteen nimitys
A	Vähintään kaksi tarkoitusta tai tehtävää  HUOM. Tähän luokkaan kuuluvat vain kohteet, joille ei voida määrittellä päätarkoitusta tai päätehtävää.	Kosketusnäyttö	-A01...	Loistehon kompensointiyksikkö
			-A05	Keskukseen asennettava automaatio- tai logiikka-ohjausjärjestelmän I/O-kehikko
			-A10	Moottoriventtiilin takaisinkytkentäyksikkö
			-A20	Väyläliitännäinen ohjaus- ja suojausyksikkö
B	Syötettävän suureen (fysikaalisen ominaisuuden, tilan tai tapahtuman) muuttaminen prosessoitavaksi signaaliksi	Ilmainen Mittauselin Mittaava rele Mittausvastus Mittamuuntaja Valvontakytkin Asentokytkin Lähestymiskytkin Lähestymisanturi Suojarele Anturi Takogeneraattori Lämpötila-anturi Ylikuormitusrele	-B01	Lämpörele, raskaskäynnistysrele
			-B02	Lämpöreleen virtamuuntaja *)
			-B03	Takometri
			-B04	Asentolähetin, moottoriventtiilin asennoitin
			-B05	Virtamuuntaja pääpiirissä, *)
			-B06	Välivirtamuuntajayhdistelmä elektroniselle moottorinsuojayksikölle *)
			-B11	Virtamuuntaja *)
			-B20	Sulakevahti
			-B21	Termistorirele
			-B30	Summavirtamuuntaja (esim. maasulun valvontaan)
			-B31	Maavuotorele
			-B40	Rajakytkin
			-B50	Valokaarirele
C	Materiaalin, energian tai informaation tallentaminen	Kondensaattori Akku/akusto Kuivaparisto	-C01	Kondensaattori

Taulukko 7.4.1 - Laitteiden kirjainkoodit ja niiden vakiointi

Koodi	Kohteen tarkoitus tai tehtävä	Tyypillisiä ryhmään kuuluvia sähkötuotteita	Vakio-koodi	Tuotteen nimitys
E	Säteily- tai lämpöenergian tuottaminen	Valaisin Lämmityslaite	-E01...	Hehkulamppu
			-E11...	Lämmityslaite kennon lämmitykseen
F	Energia- tai signaalivirran, (automaattinen) suojaaminen henkilöiden tai laitteiden välitön vaaralliselta tai ei-toivotulta tilalta. Mukaan lukien suojaukseen käytettävät järjestelmät ja laitteet	Sulake Varokeautomaatti Ylijännitesuoja Ylikuormitus-suojalaite	-F01	Pääpiirin oikosulkusuoja *)
			-F10...	Ohjauspiirin oikosulku- ja ylikuormitusuoja Käytetään väliä -F10...-F19
			-F21	Syöksyaallon vaimennin, keloille ja releille
G	Energia- tai materiaalivirran käynnistäminen Informaation välittäjinä tai vertailulähteenä toimivien signaalien kehittäminen. Uuden tyyppisen energian, materiaalin tai tuotteen tuottaminen			
K	Signaalien tai informaation prosessointi (vastaanottaminen, käsitteleminen ja tuottaminen) (ei kuitenkaan suojaustarkoituksen kohteet, ks. luokkaa F)	Prosessitietokone Kytkinrele Apukontaktori Keskusyksikkö Takaisin-kytkentäinen säädin Ohjelmoitava logiikka Aikarele	-K10	Kontaktoria -Q01 tai relettä -K11 ohjaava välirele
			-K11	Kontaktoria -Q01 ohjaava välirele, suuret lähdöt
			-K12	Kontaktoria -Q01 ohjaava välirele, suunnanvaihdossa seis-käsky, suunta 1
			-K20	Kontaktoria -Q02 ohjaava välirele
			-K22	Kontaktoria -Q02 ohjaava välirele, suunnanvaihdossa seis-käsky, suunta 2
			-K40...	Digitaalinen I/O-yksikkö (jos yksiköitä on useampi, ovat tunnuksat -K40, -K41 jne.)
			-K50...	Analoginen I/O-yksikkö (jos yksiköitä on useampi, ovat tunnuksat -K50, -K51 jne.)
			-K80...	Turvareleet
			-K91	Kenttähäiriön välirele
			-K92	Kenttä- ja keskushäiriön välirele
M	Mekaanisen energian (pyörimisliikkeen tai lineaarisen mekaanisen liikkeen) tuottaminen tarkoituksena pitää käynnissä	Toimilaite Kelatoimilaite Sähkömoottori Lineaarimoottori	-M01	Moottori
			-M10	Sähkömekaanisen jarrun moottoritoimilaite

Taulukko 7.4.1 - Laitteiden kirjainkoodit ja niiden vakiointi

Koodi	Kohteen tarkoitus tai tehtävä	Tyypillisiä ryhmään kuuluvia sähkötuotteita	Vakio-koodi	Tuotteen nimitys
P	Informaation esittäminen	Ampeerimittari Optinen merkinantolaite Merkkilamppu Volttimittari Wattimittari Wattituntimittari	-P01	PÄÄLLÄ-merkkilamppu, (esim. ETEENPÄIN)
			-P02	POIS-merkkilamppu
			-P03	PÄÄLLÄ-merkkilamppu, (esim. TAAKSEPÄIN)
			-P04	VIKA-merkkilamppu
			-P05	Valmiustilaa ilmoittava merkkilamppu
			-P09	LED-yksikkö
			-P10	Käynnistimen ampeerimittari
			-P11	Monimittari
			-P40	Ampeerimittari, Energianjakelun ampeerimittari *)
			-P44	Jännitemittari
			-P46	Tehomittari
			-P48	Tehokerroin-mittari
			-P49	kWh-laskuri
			-P50	Varoitus- tai hälytysmajakka
-P51	Äänihälytin			
Q	Ohjattu energia-, signaali- tai materiaalivirtauksen kytkeminen tai muuttaminen (Ohjauspiirien signaalien osalta, ks. luokat K ja S)	Katkaisija Kontaktori (tehopiirin) Erotin Varokekytkin Varokekuormanerotin Käynnistin Tehotransistori Kytkin (tehopiirin) (Jos suojaus on pää-tarkoitus, ks luokka F)	-Q01	Pääkontaktori, suunta 1
			-Q02	Pääkontaktori, suunta 2
			-Q01	Pääkatkaisija, Pääkytkin
			-Q03	Tähtipistekontaktori
			-Q09	Jarrun kytkentäkontaktori
			-Q10	Erotuskytkin (odottamattoman käynnistyksen estämiseksi)
			-Q11	Moottorilähdön pääkytkin
			-R01...	Diodi, vastus, induktiokela
			-R10	Virtaa rajoittava laite
			-S01	Käytön paikallisohjauskytkin
			-S02	Ulosvedettävän lähtöyksikön lukituskytkin (yksikön hallintakytkin)
-S04	Odottamattoman käynnistyksen estokytkin, OKE-kytkin, lukittava			
-S10	PÄÄLLE-POIS-kytkin (esim. linjan käyttökytkin)			

Taulukko 7.4.1 - Laitteiden kirjainkoodit ja niiden vakiointi

Koodi	Kohteen tarkoitus tai tehtävä	Tyypillisiä ryhmään kuuluvia sähkötuotteita	Vakio-koodi	Tuotteen nimitys
S (jatkuu)			-S11	POIS (AUKI)-kytkin
			-S12	PÄÄLLE (KIINNI)-kytkin, (ensimmäinen suunta)
			-S13	PÄÄLLE (KIINNI)-kytkin, (toiseen suuntaan)
			-S14	Valintakytkin
			-S15	Ohjaus-kontrolleri
			-S16	Asetusarvovalitsin
			-S20	Kauko- / paikallisohjauksen valintakytkin
			-S30	Kuittaus-kytkin
			-S44	V-mittarin vaihtokytkin
			-S90	Hätäpysäytys – painike (mm. keskijännitekatkaisijan POIS/AUKI-ohjaus pj-puolen pääkeskuksesta)
T	Energian muuttaminen energialajia muuttamatta Signaalin muuttaminen informaation sisältöä muuttamatta. Materiaalin muodon tai profiilin muuttaminen	Muuttaja Taajuusmuuttaja Mittausanturi Mittauslähetin Jakelumuuntaja Tasasuuntaaja Signaalimuunnin Signaalimuuntaja	-T01	Tehomuuntaja
			-T02	Taajuusmuuttaja
			-T10	Virtalähetin (moottorilähtö)
			-T41	Energianjakelun virtalähetin *)
			-T44	Energianjakelun virtalähetin *)
V	Materiaalin tai tuotteiden prosessointi (käsittelemisen kuten esikäsitteily ja jälkikäsitteily)	Suodatin	-V01...	Suodatin
W	Energian, signaalien, materiaalin tai tuotteiden johtaminen tai kuljettaminen paikasta toiseen	Kokoomakisko Kaapeli Johdin Läpivientieristin	-W01...	Kiskosilta, jakelukisko Kaapeli <sup>1)</sup> Johdin 7
X	Kohteiden liittäminen	Liitin <sup>2)</sup> Riviliitin Liitinrima	-X01	Pääpiirin liitinrima (sisään)
			-X02	Pääpiirin liitinrima (ulos)
			-X10	Ohjauspiirin liitinrima (-X10.1 ja -X10.2)
			-X11	Liitinrima, tarvittaessa
			-X12	Liitinrima, tarvittaessa
			-X40	Väylän haaroitin

<sup>1)</sup> ks. Taulukko 7.4.2 Kaapeli- ja johdintunnusten vakiointi

<sup>2)</sup> ks. Taulukko 7.4.3 - Riviliittimien vakiointi eri käyttötarkoituksiin

HUOM. Mekaanisten, hydraulisten tai pneumaattisten tuotteiden toimintaan perustuvilla tunnuksilla ei tässä esitetä eikä niille ei ole vakioitu tässä numeroita. Niiden valinta on esitetty standardiin SFS-EN 61346-2 taulukossa 1.



Taulukko 7.4.2 Kaapeli- ja johdintunnuksien vakiointi

**–W01...–W9 Moottori- ja tehokaapelit**

- W01: moottori kaapeli
- W02: moottori kaapeli (erotuskytkin - moottori)
- W03: moottori kaapeli (Y-D, toinen suunta)
- W04: vapaa käyttö
- W05: vapaa käyttö
- W06: vapaa käyttö
- W07: vapaa käyttö
- W08: vapaa käyttö
- W09: jarru

**–W10...–W20 Ohjauslaitteiden kaapelit**

HUOM. Ohjauspiiriin kuuluvat kaapelit –W10...–W20 voivat saada ylemmän tason toiminnallisen prosessitunnuksen = PROSTUNN tai sijaintiin perustuvan sähkötunnuksen + ELTUNN

- W10: OKE-kytkin
- W11: vapaa käyttö
- W12: termistori tai PT100
- W13: moottorin seisonta lämmitys
- W14: hätäseis
- W15: moottoriventtiilin rajakytkimet
- W16: nopeus mittaus (takometri)
- W17: rajakytkin
- W18: rajakytkin
- W19: jarru
- W20: paikallis-ohjaus

**–W21...–W30 Ohjausjärjestelmän kaapelit**

- W21: ohjausjärjestelmä DO/DI
- W22: ohjausjärjestelmä DO/DI
- W23: ohjausjärjestelmä AO/AI
- W24: ohjausjärjestelmä AO/AI
- W25: moottoriventtiilin asennon osoitus (AI)
- W26...–W30: vapaa käyttö

**–W31...–W50 Muut kaapeit**

- W31: lämpötilan ohjaus
- W32: lukitukset
- W33: lukitus syöttävälle katkaisijalle
- W34: lukitus syöttävälle katkaisijalle
- W35: hälytys
- W36: virtamuuntaja
- W37: maavian etsintä
- W38...–W50: vapaa käyttö



## Komponentin vaihto skripti

```

'Komponentin vaihto skripti, yksinkertaistettuna.
'
'
'Tehty 28.4.2014 /DA
Set App      = ConnectToE3 ' Otetaan yhteys kaikkiin tarvittaviin ob-
jekteihin.
Set Job      = CreateObject("CT.job")
Set Dev      = CreateObject("CT.device")
Set Sym      = CreateObject("CT.symbol")
Set WshShell = CreateObject("WScript.Shell")
Dim          Appexcel, paikka1, paikka2, paikka3, paikka4, MS1, MS2, MS3,
MS4, elecpos1, mechpos1 ' Nimetään kaikki tekijät jotta niitäoidaan käy-
tää vapaasti.

If Job.GetId = 0 Then
Tarkistetaan yhteys projektiin
    WshShell.run message & " No_Project"
    WScript.quit
End If
'
'
'
excelPath = "C:\Excel_tiedostosi.xls " 'Nimetään polku "excelpath"
Set Appexcel = CreateObject("Excel.Application")
'Otetaan yhteys ohjelmaan Excel
Set Sht = Job.CreateSheetObject
Appexcel.DisplayAlerts = 0
'Ei haluta varoituksia esim. käyttöoikeuksista.
AppExcel.visible = false
'Ei haluta nähdä mitä tapahtuu, eli tapahtuu piilossa.
Appexcel.Workbooks.open excelPath, false, true
'Avataan kyseinen tiedosto
Appexcel.Sheets("Data sheet").Select
'Valitaan "Data Sheet" lehti.

elecpos1 = Appexcel.Cells(2,"E").Value
'Nimetään kyseisen solun tieto "Elecpos4", sekä tehdään siitä arvo.
elecpos2 = Appexcel.Cells(3,"E").Value
'Tallennetaan excelistä komponentin sijainti tietoja.
elecpos3 = Appexcel.Cells(4,"E").Value
elecpos4 = Appexcel.Cells(5,"E").Value

mechpos1 = Appexcel.Cells(2,"F").Value
mechpos2 = Appexcel.Cells(3,"F").Value
mechpos3 = Appexcel.Cells(4,"F").Value
mechpos4 = Appexcel.Cells(5,"F").Value
'Sama kuin yläpuolella.

MS1 = Appexcel.Cells(2,"G")
'Tallennetaan komponentin tiedot.
MS2 = Appexcel.Cells(3,"G")
MS3 = Appexcel.Cells(4,"G")
MS4 = Appexcel.Cells(5,"G")

    If found
'Jos löytyy
    Devlocation = dev.Search ("-Q11", "=" & mechpos1, "+" & elecpos1)
'Etsitään aikaisemmin tallennetuilla tiedoilla oleva komponentti.

```

```

then
'Niin...
    Print Devlocation
'Tulosta sen ID
    Dev.SetComponentName MS1,""
'Asetetaan sen komponentin arvoksi MS1 soluun aseteltu komponentti.
    else
'Muulloin
    Print "Not found"
'Tulosta ei löynyt.

    Devlocation = dev.Search ("-Q11","=" & mechpos2,"+" & elecpos2)
    Print Devlocation
    Dev.SetComponentName MS2,""

    Devlocation = dev.Search ("-Q11","=" & mechpos3,"+" & elecpos3)
    Print Devlocation
    Dev.SetComponentName MS3,""

    Devlocation = dev.Search ("-Q11","=" & mechpos4,"+" & elecpos4)
    Print Devlocation
    Dev.SetComponentName MS4,""

    Devlocation = dev.Search ("-Q11","=" & mechpos5,"+" & elecpos5)
    Print Devlocation
    Dev.SetComponentName MS5,""

Function ConnectToE3                                     ' Tällä
ali-ohjelmalla tarkastetaan E3, onko se yksin käynnissä
    Dim objWMIService, objItem
    Dim colItems
    Dim ProcessCnt
    Dim strComputer

    If InStr(WScript.FullName, ".series") Then           ' in-
        Set ConnectToE3 = WScript                       ' ternal
    Else
        strComputer = "."
        Set objWMIService = GetObject("winmgmts:\\\" & strComputer &
"\root\cimv2")
        Set colItems      = objWMIService.ExecQuery("Select * from
Win32_Process",,48)
        ProcessCnt = 0
        For Each objItem In colItems
            If InStr(objItem.Caption, "E3.series") Then ProcessCnt =
ProcessCnt + 1
        Next
        Set objWMIService = Nothing
        Set colItems      = Nothing
        If ProcessCnt > 1 Then
            MsgBox "More than one E3-Application running. Script
can't run as external program." & VbCrLf & _
                "Please close the other E3-Applications.", 48
            WScript.Quit
        Else
            Set ConnectToE3 = CreateObject ("CT.Application")
external
    End If

```

```
End If

Set Appexcel = Nothing
Set Sht = Nothing
Set App = Nothing
Set Job = Nothing
Set Dev = Nothing
Set Sym = Nothing
Set WshShell = Nothing
Vapautetaan objektit.

End Function
'Päätetään funktio.
```

GOST- standardin GOST 21.1101 - 2009 A3 tyypikuvan laatikoiden mitat

