

Sami Muittari

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOSUUNNITTELU TIETOKO-
NEAVUSTEISESSA YMPÄRISTÖSSÄ

Opinnäytetyö

Syksy 2009

Tekniikan yksikkö

Tietotekniikan koulutusohjelma

Mekatroniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Seinäjoen ammattikorkeakoulu
Koulutusohjelma: Tietotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto: Mekatroniikka

Tekijä: Muittari, Sami Mikael

Työn nimi: Sähkö- ja automaatio suunnittelu tietokoneavusteisessa ympäristössä

Ohjaaja: Lehtonen, Martti

Vuosi: 2009 Sivumäärä: 53 Liitteiden lukumäärä: 14

Tämän työn tarkoituksena oli laatia piirikaavioita Seinäjoen ammattikorkeakoulun automaatio- ja sähkösuunnittelukurssin oppimateriaaliksi, jota voidaan käyttää esimerkkinä ja työpohjana tietokoneavusteisessa suunnittelussa. Teoriaosuudessa on käsitelty läheisesti sähkösuunnittelun perusteita sekä ohjeistusta, dokumentoinnin yleisiä vaatimuksia ja piirtämistä CAD-ohjelmistoa avuksi käyttäen.

Automaation osuutta tarkasteltiin lähinnä konedirektiivien, turvallisuusstandardien ja ohjausjärjestelmän suunnitteluun liittyvien käsitteiden ja turvakomponenttien pohjalta. Teollisuusautomaation monimutkaiset automaatiojärjestelmät vaativat suunnittelijalta vankan perusosaamisen, joka koostuu tiedon ja kokemuksen yhdistelmästä. Tämän osaamisen kehittyminen voi tarvita useankin vuoden käyttökokemuksen.

Varsinainen lopputyö tehtiin luomalla sähkökaavioita, joten tässä tapauksessa teoriaosuus keskittyy suurimmaksi osaksi piirikaavioiden tuottamisen käsittelyyn. Työkaluna käytettiin suomalaisen Kyndata Oy:n toimittamaa CADS Planner-ohjelmistoa. Työhön lisättiin käyttäjäselvitystutkimus, jota käsitellään teoriaosuudessa viimeisenä.

Opetuskäyttöön pohjamateriaaliksi tarkoitettuja piirikaavioita laadittaessa huomattiin joitakin parannettavia osa-alueita. Uusille käyttäjille, ja muutenkin yleisimpinä ongelmina sähkösuunnitteluohjelmistoissa, on niiden merkkikirjastojen yhteensovittavuus ja tästä seuraava samaa tarkoittavien symboleiden määrä. Suurin osa ohjelmistoista ei tunne muuta käyttöjärjestelmää kuin Windows. Käyttäjämukavuuden kannalta olisi tärkeää, että käytetyimmät suunnitteluohjelmat toimisivat muillakin käyttöjärjestelmillä. Ohjelmien oppimista voidaan auttaa tekemällä parempia ohjeistuksia, johon tälläkin työllä osittain pyrittiin. Kuitenkin vain tekemällä oppii.

Asiasanat: automaatio, sähkösuunnittelu ja dokumentointi

SEINÄJOKI SCHOOL OF TECHNOLOGY

Thesis abstract

Faculty: School of Technology
Degree programme: Computer Science
Specialisation: Mechatronics

Author: Muittari, Sami Mikael

Title of the thesis: Electric and automation planning in a CAD environment

Supervisor: Lehtonen, Martti

Year: 2009 Number of pages: 53 Number of appendices: 14

The purpose of this thesis was to draw electrical circuits that can be used as examples and exercises at the course of Electric- and Automation planning at the School of Technology, at Seinäjoki University of Applied Sciences. The theoretical part closely focused on the basics of electrical planning and instructions. This part also dealt with the basic principles of documentation and the requirements concerning planning. A CAD-program with a circuit diagram application was used for drawing.

The theoretical part concerning automation, focused on official international directives, safety standards and the principles of control systems from the perspective of used content and safety components. The complexity of industry automation requires vast basic knowledge and know-how that develops during many years of user experience.

The purpose of the actual work focused on drawing electrical circuits and, therefore, in this case the biggest part of theory culminates on electrical planning. A program called CADS Planner, developed by a Finnish company Kymdata Ltd, was used as the main tool. A user survey was implemented into the thesis. The survey is introduced in the final chapter of the theoretical part.

While drawing the circuits to be used as the basis for the teaching material a few improvable areas opened up. The most common problem, especially for the new users of electric computer assisted programming, is the incompatibility of symbol libraries between the software, and consequently, the amount of symbols that have an identical meaning. Most software does not support any other operating system than Windows. Concerning user amenities, it would be good if the most popular design software were also available for other operating systems. It is possible to help the learning process by making better manuals, which was partly the purpose of this thesis. However, doing is the best way of learning .

Keywords: automation, electrical planning, documentation

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO.....	1
2 SÄHKÖ- JA AUTOMAATIO SUUNNITELUN OHJEISTUSTA	2
2.1 Kaaviot	3
2.1.1 Pääkaavio	3
2.1.2 Piirikaavio.....	3
2.1.3 Liitântäkaaviot ja -taulukot.....	5
2.1.4 Muita kaavioita	6
2.2 Dokumentointi	7
2.3 Moottorikytkennät.....	8
2.4 Logiikkaohjaukset.....	10
3 CAD-PIIRTÄMINEN.....	12
3.1 Yleistä	12
3.2 Piirustuskoon valinta	12
3.3 Tasot ja viivat	12
3.4 Yksi- ja moniviivainen esitystapa.....	13
3.5 Koneellinen piirtäminen ja piirrosmerkit.....	14
4 STANDARDIT JA DIREKTIIVIT	17
4.1 Järjestöt	17
4.2 Standardit suunnittelussa	17
4.3 Luvat ja sertifiointi	18
4.4 CE-merkintä ja konedirektiivit.....	19
4.4.1 Yleistä ja koneen suunnittelun lähtökohdat	20
4.4.2 Ohjaujärjestelmät	21
4.4.3 Turvalaitetyyppejä	23
4.4.4 Turvalaitevalinnat.....	24
4.5 Laatu automaatiossa.....	26
5 CAD-OHJELMISTOT.....	29
5.1 Ohjelmistot käyttäjämäärä/sovellus vertailussa.....	29
5.1.1 Automaatiosuunnittelu	30

5.1.2	Elektroniikkasuunnittelu	31
5.1.3	Sähkösuunnittelu	32
5.1.4	Laitossuunnittelu	33
5.2	CAD/CAM-alueen kehittäminen ja tiedostetut ongelma-alueet	33
5.3	Järjestelmän valinta	34
6	TYÖN TOTEUTTAMINEN.....	35
6.1	Ohjelman käyttö	35
6.2	Piirikaavioiden tuottaminen	42
6.2.1	Moottorilähdöt	42
6.2.2	Logiikkakytkennät	43
6.2.3	24 VDC -jännitejako	47
6.2.4	Hätäseis- ja turvaoviipiiri	48
7	YHTEENVETO.....	50

1 JOHDANTO

Päättötyön ensisijainen tavoite on luoda Seinäjoen ammattikorkeakoulun sähköautomaatiosuunnittelukurssia varten erilaisia opetuskäyttöön käytettäviä piirikaavioita. Tutkimuksen työosuutta varten perehdytään erityisesti turvapiireihin sekä moottorilähtöjen ja logiikankytkentöjen erilaisiin ohjaustapoihin. Työn toissijainen tavoitteena oli saada aikaan tutkimus, joka tarjoaa lukijalle mahdollisimman monipuolisen käsityksen niistä asioista, jotka läheisesti liittyvät laadun ja turvallisuuden takaamiseen sähkö- ja automaatiosuunnittelussa. Teorian tulee rakentua siten, että vähän käytännön kokemusta omaava suunnittelija saa hyvän kuvan varsinaisen työelämän suunnitteluympäristöstä.

Työn alue on niin laaja, että sitä on vaikea täysin hahmottaa yhdessä työssä. Teoria rajataan niin, että lukija saa riittävän käsityksen niistä tiedoista ja säännöistä, jotka läheisesti liittyvät itse suunnitteluun. Tämän ohella on tarkoitus, että lukija ymmärtää työn liitteinä olevat piirroset. Teoria koostuu neljästä suuremmasta kokonaisuudesta, jotka käsittävät työn luvut 2 - 5. Ensimmäisessä osuudessa käydään pääpiirteittäin läpi sähkösuunnitteluun liittyviä peruskaavioita, yleisiä kytkentöjä ja dokumentteja. Teorian toisessa osuudessa käsitellään CAD-ohjelmistoa apuna käyttäen piirtämiseen liittyviä käytäntöjä ja sääntöjä. Kolmannessa osuudessa perehdytään lyhyesti automaatiosuunnitteluun sisältyviin konsepteihin sekä erityisesti turvallisuuteen liittyviin säädöksiin, että sähköautomaatiosuunnittelussa käytettyihin turvakomponentteihin. Teorian viimeisessä osiossa tutustutaan vielä hieman suunnittelutyökalujen Suomen markkinoiden antiin.

Työn toteutuksen tulee antaa selvyttä ohjelman käytössä ilmenevistä ongelmatilanteista. Sen lisäksi, toteutuksen tulee tukea teoriassa käsiteltyä tietokoneavusteista suunnittelua tavalla, joka antaa selvyttä, miten teoria toteutuu käytännössä.

2 SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOSUUNNITELUN OHJEISTUSTA

Luvussa käsitellään ensin lyhyesti periaatetta tietokoneavusteisesta piirtämisestä nykyaikaisilla työkaluilla. Tämän jälkeen käydään läpi tärkeimmät sähkösuunnittelussa käytetyt kaaviot sekä perehdytään dokumentointiin. Eri teollisuudessa käytetyt moottorikytkennät ja taajuusmuuttajakäyttö käsitellään yleisesti. Logiikkaohjaukseen tutustutaan viimeisessä kappaleessa sen tarjoamien variaatioiden pohjalta automaatiokäytössä. Logiikanohjelmointia ei kuitenkaan käsitellä kovin laajasti.

Sähköpiirustus esittää sähkötekniikassa erilaisia toimintoja sekä kytkentöjä tarkoituksena antaa käsitystä valmistuksen, huollon sekä asennuksen varalle. Suunnittelijan olisi ensinnäkin otettava huomioon piirroksen helppolukuisuus. Epäselvästi luotu kaavio johtaa helposti väärintulkintaan ja sitä mukaa seuraukset asennusvaiheessa tai jälkikäteen voivat olla arvaamattomia. Standardinmukaiset merkinnät sekä huolellisesti ja oikein tehty tuotos täytyy muistaa priorisoida. (Pere, 1984, 59.)

Koneellisella piirtämisellä ja suunnittelulla laaditaan tietokoneen kuvaruudulle piirustuksia erilaisilla tietokoneelle tehdyille piirto-, lasku- ja kirjoitusohjelmilla. Ne tallennetaan tietokoneen muistiin sekä tulostetaan piirustusohjalle. Tämä on tietokoneavusteista suunnittelua, joka tunnetaan myös nimellä CAD. Nimi juontaa englannin kielen sanoista Computer Aided Design. (Joki-Korpela, 2001.)

Taloudellisuus on suunnittelussa varsin huomioon otettava asia. Piirustus olisi syytä laatia mahdollisimman edullisesti, mutta kuitenkin laadusta tinkimättä. Lopullinen käyttö olisi näin ollen ensisijainen tavoite ja ulkonäkö ja muut vähemmän tärkeät asiat toissijainen seikka. (Jumpponen 2001, 11.)

2.1 Kaaviot

Sähköpiirustuksien keskinäinen tarkoitus on antaa tietoa johtojen kytkennöistä, sähkölaitteiden toiminnasta, asennuksesta, huollosta, ynnä muusta. Seuraavassa syvennyttään lyhyesti kolmeen olennaiseen sähkösuunnitteluun liittyvään kaavioon: pää-, piiri-, sekä johdotuskaavioon. Tämän lisäksi käsitellään lyhyesti esimerkkinä muutamaa erityyppistä kaaviota, jotka eivät suoranaisesti liity sähkösuunnitteluun, vaan pikemminkin hahmottavat erilaista järjestelmää tai toimintaa.

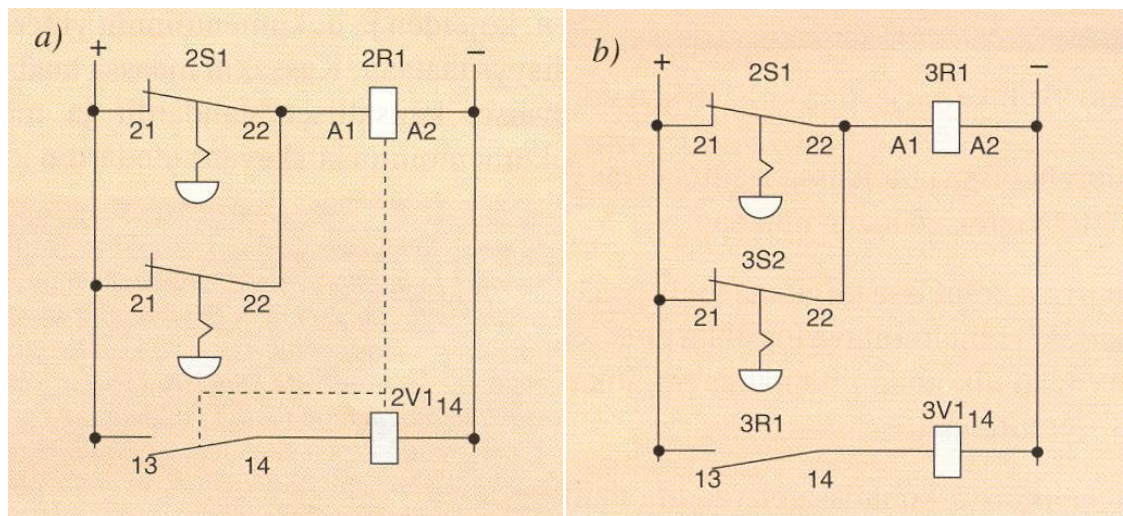
2.1.1 Pääkaavio

Pääkaaviossa esitetään sähköjärjestelmän päävirtapiirit. Tästä tulee selvittää keskuksen pääjännite, virta- ja taajuustiedot, liittymisteho sekä syöttökaapelointi. Pääkaavio on yleiskuva keskukselta, josta sähköalalla toimivat henkilöt saavat ymmärryksen sen kokoonpanosta ja rakenteesta. Pääkaavion merkitykseen voidaan laskea sen käytön keskusvalmistuksen suunnittelun perusteena. Asentajan kannalta sen tulisi antaa nopeasti ymmärrettävä kuvaus keskukseseen liitettävien kulu- tuskajojien, kuten esimerkiksi moottorit, lukumäärästä sekä tehotiedoista. Tästä selviää myös käynnistys- ja suojalaitteiden sijainnit. Nämä ovat tietoja, joita tarvitaan sulakkeiden vaihdon ja keskuksen varatiloja arvioidessa. (Kallio & Mäkinen 2004, 208.)

2.1.2 Piirikaavio

Piirikaaviossa eli toimintakaaviossa esitetään, mitä kytkentöjä ja toimintoja laitteis- tassa on. Piirrosmerkeistä ei kuitenkaan saa tarkkaa selvyyttä komponenttien ko- koon, muotoon tai sijaintiin katsottuna. Kaaviossa esiintyviä yleisiä ohjauskom- ponentteja ovat esimerkiksi painikkeet, kytkimet, koskettimet ja kelat. (Jumpponen 2001, 373-412.)

Piirikaavio on keskeisin suunnitteludokumentti. Graafisilla piirrosmerkeillä esitetään yksityiskohtaisesti koko järjestelmän, laitteen tai virtapiirin kytkennät ja toiminnot. Huoltoa ja vikatilanteita ajatellen sähköasennuksessa piirikaaviot ovat välttämättömyys. Piirikaavioille tavanomaista on vapaa (kuva 1b), moniviivainen esitystapa. Tosin muidenkin esitystapojen käyttö on mahdollista. (Jumpponen 2001, 406.)



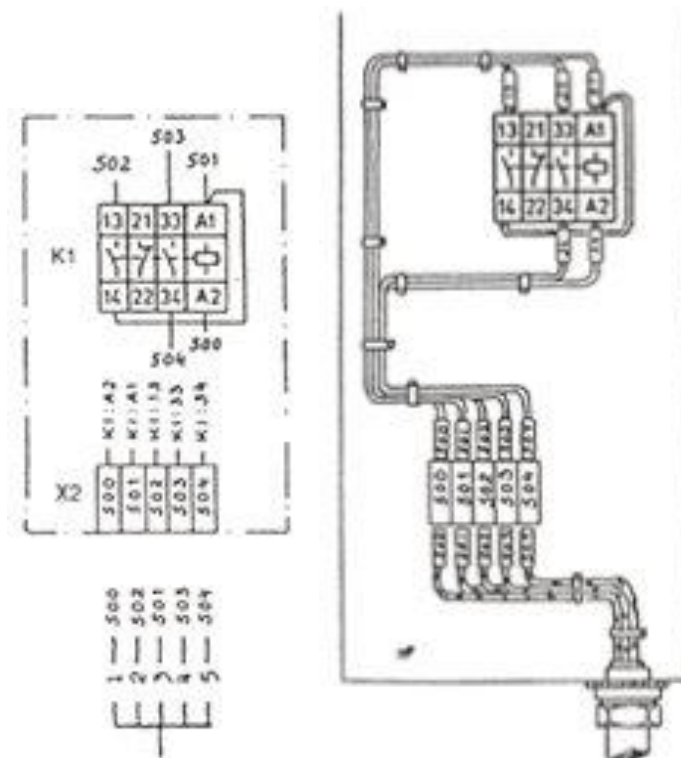
KUVA 1. Ohjauspiirikaavio. a) Sidottu esitystapa, b) Vapaa esitystapa (SFS 2008, 115.)

Piirikaavio laaditaan käyttäen seuraavia:

- piirrosmerkit
- liitännäviivat
- viitetunnukset
- liitintunnukset
- loogisiin signaaleihin soveltuvia signaalitason sopimuksia
- piirien ja kulkureittien etsimisessä tarvittavaa tietoa
- lisäinformaatiota, joka auttaa ymmärtämään kohteen toimintaa (SFS 2008, 60.)

2.1.3 Liitântäkaaviot ja -taulukot

Johdotuskaavioita laaditaan laitteiden valmistusta ja huoltoa varten. Nämä voivat olla joko sisäisiä, ulkoisia tai yhdistettyjä kaavioita. Sisäisistä kaavioista löydetään tietoja kojeiden, rakenneyksiköiden tai kojeistojen sähköjohdotuksista. Yksinään liitântäkaavio ei yleensä selvitä laitteiston toimintaa, vaan siihen tarvitaan piirikaaviota. Tiedot, joita saadaan yksikön tai yksikköryhmien sähköjohdotuksista, käytetään laitteiston valmistuksen, käyttöönoton ja huollon yhteydessä. Toisaalta näistä selviää piirikaavion mukaisten yhteyksien toteutuminen sekä liittimien että johtimien tunnusmerkinnät, värit ja kaapelitunnukset. Kuvassa 2 hahmotellaan liittimien ja kojeiden välisiä yhteyksiä. (Pere 1984, 59.)



KUVA 2. Johdotuskaavio. (Rajala 2009)

Johdintaulukkojen tarkoitus on täydentää johdinkaavioita. Tunnistamistieto vaaditaan jokaisesta liitântäkohdasta/liittimestä sekä johtimista ja kaapeleista, jotka muodostavat liitântöjä. Liitântäkaaviossa esitetyt tiedot on mahdollista esittää

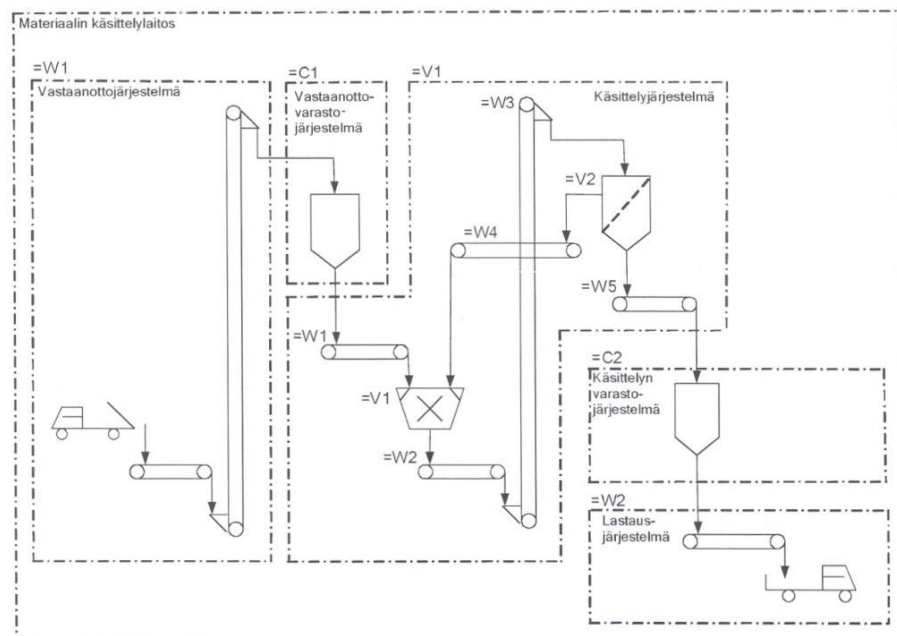
myös taulukon muodossa. Yleensä nämä laaditaan erikseen sisäistä ja ulkoista liitääntä ajatellen. Johdintaulukot on laadittava joko:

- liitoskohtaan perustuvassa muodossa.
- liitääntään perustuvassa muodossa. (Jumpponen 2001, 432.)

Piiri- ja johdotuskaavio esitetään normaalisti yhdellä sivulla, mikäli ohjauspiirissä on niin vähän komponentteja, että ne eivät vaadi liiaksi tilaa. (Kallio & Mäkinen 2004, 210.)

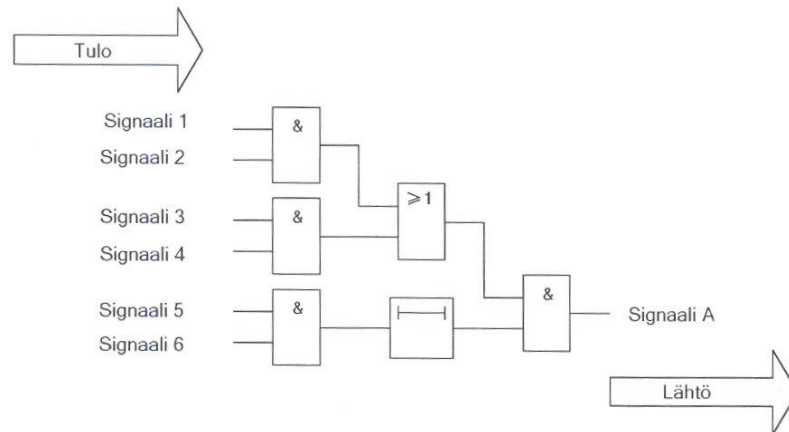
2.1.4 Muita kaavioita

Yleiskaaviolla voidaan antaa yleisvaikutelma kohteesta esittämällä sen pääasialliset rakenneosat ja niiden väliset suhteet. Tällä voidaan esittää esimerkiksi kohteen toiminnallista järjestelmää. Vaiheet kuvataan tässä kaaviossa käyttäen yksiviivaisia esitystapaa. Kuvassa 3 on esimerkki yksiviivaisesta esitystavasta. (Jumpponen 2001, 327.)



KUVA 3. Materiaalinkäsittelylaitoksesta esitetty yleiskaavio. (SFS 2008, 48.)

Toimintakaavio voi olla esimerkiksi logiikanohjaus kaavio, jossa esitetään signaalin kulkua piirissä. Signaalin tulisi tällöin kulkea vasemmalta oikealle ja ylhäältä alas, kuten on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Esimerkki toimintakaaviosta. (SFS 2008, 59.)

2.2 Dokumentointi

Dokumentointi on sähkö- ja automaatio suunnittelijalle olennainen osa työprosessia. Nykyajan tietotekninen kehitys, ja sen mukana kehittyneet ohjelmat, helpottavat olennaisesti työn kulkua. Tietokoneavusteinen suunnittelu on jo pelkillä piirto-ominaisuuksillaan korvannut perinteisen lyijyn käytön. Suurimmat edut perustuvat dokumentoinnin laatuun, muutosten teon nopeutumiseen, sekä virheiden määrän vähenemiseen. (Kallio & Mäkinen 2004, 200.)

Tekniselle dokumentoinnille olennaista on näyttää, että tuotteeseen tai järjestelmään liittyvät turvallisuus-, ympäristö-, ja laatuvaatimukset ovat ajan tasalla ja kohdallaan. Dokumentin sisältämä informaation on oltava mahdollisimman yksikäsittelistä. (SFS 2008, 14.)

Prosessisuunnittelusta saadun tiedon pohjalta suunnittelija tekee sähköpiirustukset. Kyseistä tietoa sisältäviä dokumentteja voivat olla esimerkiksi:

- PI-kaaviot
- LVI-piirrustukset
- laite-erittelyt ja näiden tekniset tiedot sekä tunnuksot
- laitevalmistajien tekniset selostukset
- laitoksen tai sen osan toimintaselostukset
- layout-piirrustukset. (Kallio & Mäkinen 2004, 205.)

Suunnittelun ohjelmavalmiinnassa dokumentoinnin osalta tulisi ottaa huomioon ja varmistaa, että kyseinen ohjelma käyttää tunnettuja standarditietolauseita, eritoten jos vaaditaan suunnittelutiedon siirtoa eri tietokonejärjestelmien välillä.

2.3 Moottorikytkennät

Moottorilähdöt voidaan luokitella kolmeen eri ryhmään: suorat, vaihtuvat ja säädettävät sähkökäytöt. Näiden variaatioita on esitetty liitteissä 1 - 5. Valinta tapahtuu käytön ja kytkennän mukaan. Vaihtuvaan sähkökäyttöön voidaan luokitella suuntaa vaihtavat ja tähti-kolmiokäynnisteiset moottorit. Suorassa sähkökäytössä moottori kytketään suoraan verkkoon. Säädettävään ryhmään kuuluvat esimerkiksi taa-juusmuuttajat ja servokäytöt. (Kallio & Mäkinen 2004, 162-172.)

Oheisessa ovat listattuna yleisimmät moottorilähdöissä käytetyt komponentit. Näitä ovat:

- katkaisija
- moottorinsuojakytkin
- ylikuormitusrele
- kuormankytkin
- kytkinvaroke
- vikavirtasuojakytkin
- ohjausjännitemuuntaja
- apurele
- kontaktori

- puolijohderele
- aikarele
- valvontarele
- virtamuuntaja. (Kallio & Mäkinen 2004, 115-134.)

Kolmivaiheinen oikosulkumoottori on ylivoimaisesti käytetyin moottorityyppi teollisuudessa. Oikosulkumoottorin tarkoitus on muuntaa sähköenergiasta mekaanista energiaa. (Kallio & Mäkinen 2004, 149.)

Yleisin ja yksinkertaisin tapa on kytkeä oikosulkumoottori verkkoon kytkimellä. Tällainen kytkentä on edullinen suorittaa, se on normaalisti toimintavarma ja luo lisäksi suuren käynnistysmomentin. Momentista johtuen haittapuolena on suuri virtasysäys, joka voi olla 5 - 10 -kertainen verrattuna koneen nimellisvirtaan. Jos moottorilla on rajoitettu teho, voidaan virtapiikkiä rajoittaa Y/D-kytkennällä eli tähti-kolmiokäynnistyksellä. Tällöin käynnistysmomentti putoaa noin kolmasosaan nimellismomentista. Kytkentä muutetaan kolmioon, kun käytettävä kone ja moottori saavuttavat tarvittavan kierrosnopeuden. Pyörimissuunta saadaan vaihdettua, kun mitkä tahansa kaksi vaihetta vaihtaa paikkaansa. (Kallio & Mäkinen 2004, 162-164.)

Suoran tai tähti-kolmiokäynnistyksen lisäksi oikosulkumoottoria voidaan ohjata taajuusmuuttajalla, jolloin käynnistysvirtaa voidaan rajoittaa pidentämällä moottorin kiihdytysramppia. Samalla saadaan myös moottorin kierrosluvun säätö. Taajuusmuuttaja eroaa tavallisesta pehmokäynnistimestä juuri nopeuden säädöllä, koska pehmokäynnistimen tarkoituksena on rajoittaa oikosulkumoottorin käynnistysvirtaa, ja käyttää sitä niin sanottuun pehmeään pysäytykseen. (Kallio & Mäkinen 2004, 137.)

2.4 Logiikkaohjaukset

Teollisuusautomaatiossa käytetään ohjausjärjestelmiä, joiden tarkoitus on antaa kaksitilaista "on/off"-tietoa työalueelta. Kytketyt toimilaitteet toimivat käyntiin/seis-tai auki/kiinni-tyyppisillä komennoilla. Ennen kuin logiikkaohjaus valtasi alaa oli tavallista, että ohjaukset toteutettiin ainoastaan releillä. Tästä seurasi monimutkaisia langoituksia sekä suuri määrä komponentteja. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2001, 241.)

Ohjelmoitava logiikka toimii osana ohjausjärjestelmää. Logiikan tuloihin kytketään antureita sekä lähestymiskytkimiä, jotka toimivat sen "aisteina". Lähdöt taas koostuvat erilaisista toimilaitteista, kuten sähkömoottoreista, merkkilampuista, magneettiventtiileistä ja releistä. Vapaasti ohjelmoitava logiikka, joka tunnetaan myös nimellä PLC (Programmable Logic Controller), kykenee ohjaamaan monimutkaisen järjestelmää, jossa liikkuu useita kappaleita ja jonka pääteasemat muuttuvat. (Keinänen ym. 2001, 243-244.)

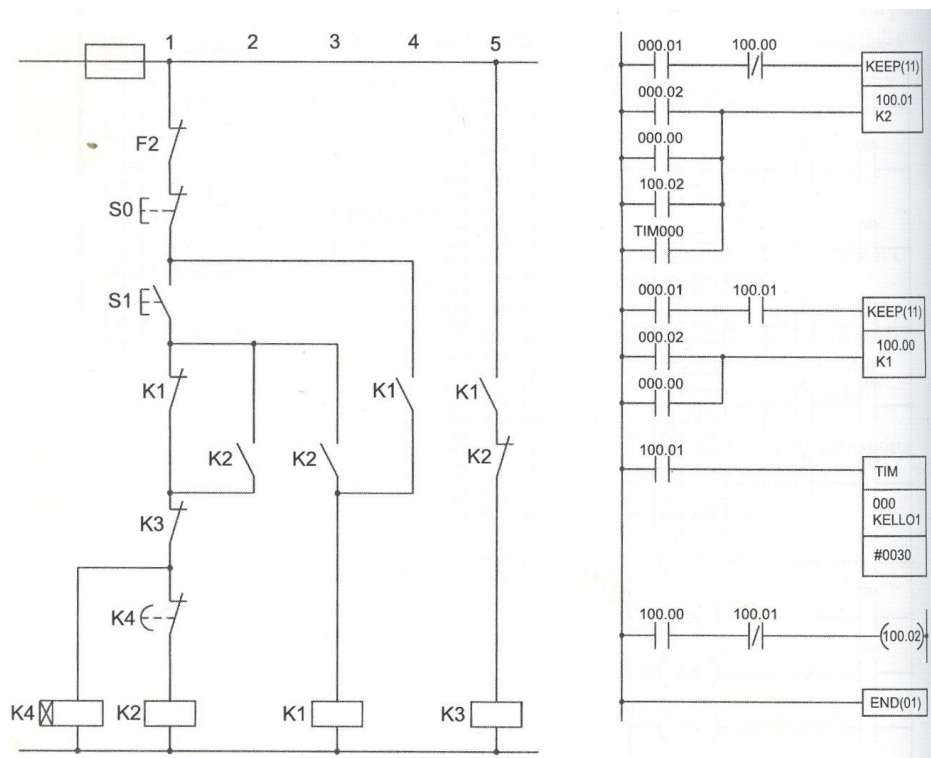
Logiikan lähdöt ovat yleisesti joko rele- tai transistorilähtöjä. Tasasähkön ohella relelähtöjen kautta voidaan ohjata noin 2 ampeerin vaihtovirtaa. Toimintaviive näillä on noin 10 millisekuntia ja käyttöjännite on koneautomaatiossa normaalisti 24 VDC. Jännite on sama yleisesti myös tuloissa. Sisäisellä tehonsyötöllä ohjataan lähtöpiirejä sekä logiikkaan liitettäviä muita komponentteja. Ulkoisiin liitäntöihin vaaditaan jännitelähteet sekä tulo- että lähtöpiirejä ajatellen. Jännitelähteenä voidaan käyttää erillistä yksikköä, joka kytketään logiikkaan, tai joka on osana logiikkalaitetta (esimerkiksi 230VAC) riviliittimillä verkkokaapelin välityksellä. (Keinänen ym. 2001, 247.)

Ohjelmoitava logiikka soveltuu varsin hyvin pneumaattiseen- sekä sähkömoottoreiden ohjaukseen. Koska niiden hinnat ovat varsin alhaisia, voi yksinkertaiseenkin ohjaustehtävään harkita logiikkaa. Mainittavia etuja, joita ohjelmoitavan logiikan käytöstä voi saavuttaa ovat:

- Järjestelmän kytkentä täytyy normaalisti tehdä vain kerran.

- Prosessiin vaikuttavien tekijöiden, kuten ajastimien ja laskurien arvojen tai työnjakson muuttaminen, suoritetaan ohjelman avulla.
- SET-komennolla toteutetaan itsepitotoiminnot.
- Ohjelman pysyessä muuttumattomana se ei yleensä aiheuta häiriöitä tai seisokkeja.
- Ohjelman muuttaminen on helppoa. (Keinänen ym. 2001, 270.)

Logiikan tulo-, lähtö- ja kytkentäpiirikaaviot ovat esitettyinä liitteissä 6, 7, 8 ja 9. Seuraavassa esimerkissä (kuva 5) kuvataan oikosulkumootorin tähti-kolmiokäynnistys logiikkaohjattuna. Moottorin tähtikytkentä-käynnistys tapahtuu painikkeella S1, jolloin pääkontaktori K1 ja tähtikontaktori K2 alkavat vetää. Logiikkaohjelmaan asetetun ajan, 3 sekuntia, jälkeen K2 päästää ensin ja K3 alkaa vetää. Tällöin moottori toimii kolmiokytkennässä. Moottorin pysäytys tapahtuu painikkeella S0. Tämä laukaisee pääkontaktorin K1 ja sen jälkeen kolmiokontaktorin K3. Lämpörele F2 suojaa moottoria. (Keinänen ym. 2001, 286.)



KUVA 5. Piirikaavio muutettuna logiikan tikapuukaavioksi. (Keinänen ym 2001, 286.)

3 CAD-PIIRTÄMINEN

3.1 Yleistä

CAD-ohjelmien tarjonta on nykyisin niin laaja, että lähes kaikille toimialoille löytyy eri lähtökohdista rakennettuja ohjelmistoja tai sovelluksia. AUTOCAD on tämän hetken ylivoimainen markkinajohtaja ympäri maailmaa. Tästä johtuen suurin osa kilpailevista ohjelmistotaloista tekee omat tuotteensa juuri AUTOCAD -yhteensopiviksi tukemalla dwg-tiedostomuotoa, joka on CAD-tallennusmuoto. Suomessa käytetyin sähkösuunnitteluohjelmistontarjoaja on kotkalainen Kyndata Oy, jonka Electric Pro -suunnittelutyökalulla on tuotettu myös tässä työssä tehdyt piirrokset.

3.2 Piirustuskoon valinta

A3-koko on yleisin käytetty koko sähköpiirustuksissa. Tätä tukee sen helppo ja nopea lukeminen ja käytettävyys esimerkiksi työmaalla. Lisäksi A3-koko on helposti kansioitavissa tai sidottavissa kirjamaisiksi kokonaisuuksiksi. Muitakin kokoja (A1 - A4) toki voidaan myös käyttää, mutta käytön hankaloitumisen johdosta nämä eivät ole yhtä yleisiä. (Jumpponen 2001, 290.)

3.3 Tasot ja viivat

Ohjelmankäytön piirtämiselle ominaista on se, että kaikki merkit on tehty suorista viivan pisteistä. Esimerkiksi ympyrän kaari koostuu monesta eri pisteestä, jotka ovat lyhyen suoran osia. Normaalisti sähkösuunnittelussa käytetään kaksidimensioista esitystapaa (x- ja y-akselit). Kolmedimensioista sähkösuunnittelua nähdään harvemmin, koska sille ei sähkökaavioita ajatellen ole normaalisti tarvetta. Tällöin voidaan kahteen akseliin rinnastaa z-taso, jolloin pisteet ovat määriteltynä pisteinä

avaruudessa. Kappaletta voidaan pyöritellä ja katsoa eri suunnasta ja kulmista. (Jumpponen 2001, 59.)

Seuraavat asiat joudutaan määrittelemään viivoja piirrettäessä:

- viivan alku- ja loppupiste
- viivatyyppi
- viivan leveys tai väri
- taso (Jumpponen 2001, 59.)

Standardi IEC 60617 määrittelee liitännäviivojen käytön ja näiden tulee olla piirrosmerkin S00001 mukaisia. S00001:llä tarkoitetaan yhtenäistä, ehyttä viivaa. Kuvassa 6 esitetään liitännäviivojen yhdistämistapoja. S01414 osoittaa yhden liitännäviivan avulla kaksi väliliitännää ja samalla suuntaa, josta sähköinen väliliitäntä tulee. Merkkiä S01415 käytetään graafiseen niputukseen ja osoittamaan tulevaa suuntaa. (SFS 2008, 34-35.)



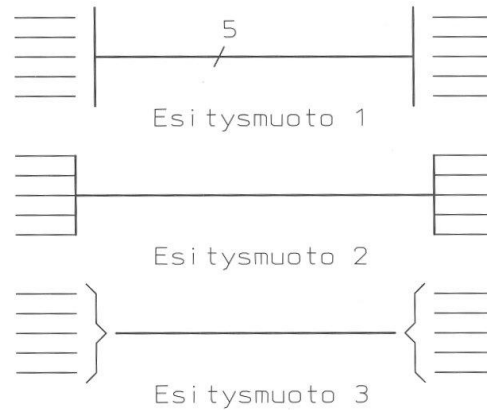
KUVA 6. Liitännäviivojen yhdistäminen. (SFS 2008, 35.)

Viivan leveytenä käytetään tavallisesti 0,35millimetriä. Periaatteena on, että pääpiirin kaavioissa olevat pääpiirit piirretään paksummalla viivalla kuin apu- ja ohjauspiirit. (Jumpponen 2001, 291.)

3.4 Yksi- ja moniviivainen esitystapa

Kaaviossa liitännäviivat voidaan esittää joko yksiviivaisesti tai moniviivaisesti. Moniviivaisessa kaaviossa kaikki johtimet, viivat ja piirrosmerkit on piirretty esiin. Yksiviivaisessa muodossa olevassa esityksessä puolestaan johtimien lukumäärä il-

maistaan vinoviiva-numeromerkillä. Yksiviivainen esitys ei rajoitu pelkästään joh-
timiin, vaan tätä voidaan käyttää myös laitteiden merkinnöissä. (Jumpponen 2001,
316.)



KUVA 7. Moniviivaisen esitystavan muuttaminen ensin yksiviivaiseksi ja sitten ta-
kaisin kaksiviivaiseksi. (Jumpponen 2001, 318.)

3.5 Koneellinen piirtäminen ja piirrosmerkit

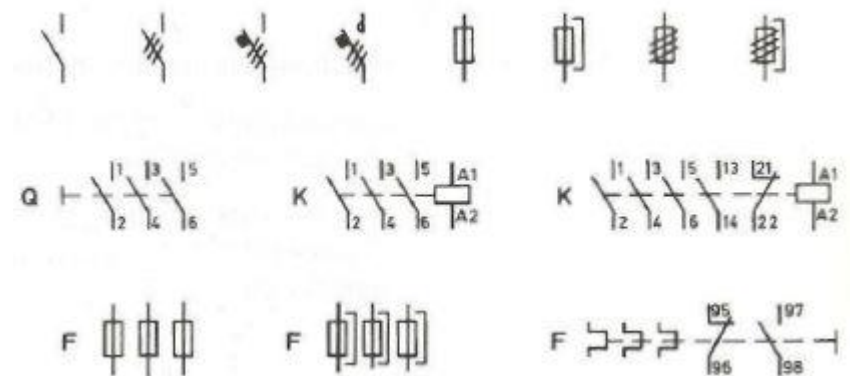
Koneellisessa piirtämisessä merkit koodataan niin, että näiden tunnuksat soveltu-
vat kokonaispiirustusjärjestelmään. Sähköpiirrosmerkkeihin sovelletaan standardia
IEC 60617 ja niiden on oltava sen mukaisia. Aina ei kuitenkaan voida käyttää
standardisoituja piirrosmerkkejä muokkaamattomana, vaan niitä täydennetään
esimerkiksi lisäviivoilla niin, että kyseinen merkki voidaan toimivasti vaihtaa toi-
seen. Lopputuloksen ei kuitenkaan tule olla standardin vastainen. (Jumpponen
2001, 292.)

Joitain perussääntöjä piirrosmerkkien käyttöön liittyen:

- käytetään yksinkertaista asian esittävää piirrosmerkkiä
- käytetään merkin suositeltavaa muotoa
- merkit jotka poikkeavat standardimerkeistä, täytyy aina selittää piirustus-
sissa, joissa niitä on käytetty

- merkkejä voidaan yhdistää ja standardimerkeistä voidaan johtaa uusia merkkejä
- merkin koko valitaan piirustuksen koon sekä mittakaavan ja esitettävän asian mukaan
- kokonaisuus on rakennettava niin, että merkin merkitys ei jää tulkinnanvaraiseksi. (Jumpponen 2001, 292-293.)

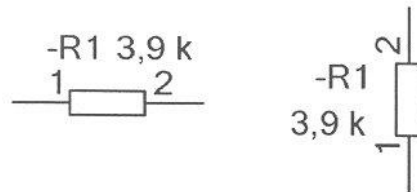
Standardisymbolit CAD-suunnittelussa nopeuttavat huomattavasti työntekeä. Suunnittelija voi poimia jo valmiiksi räätälöityjä merkkejä, piirustuksia tai molempia ja rakentaa/muokata näiden pohjalta uutta projektia. Piirrosmerkkejä on siis kirjastoitu huomattava määrä, ja näiden käytöstä on tehty yksinkertaisen nopeaa. Merkkien ja symbolien määrästä johtuen on haastavaa opetella ja sisäistää merkkien tarkoitus sekä erilaiset käyttömahdollisuudet. Symbolikirjasto on erinomainen esimerkki CAD:lle ominaisesta ajattelutavasta "asia kannattaa tehdä vain kerran". Omien merkkisymboleiden luonti on myös mahdollista. Alla olevassa kuvassa 8 esitetään tyypillisimpiä suunnittelussa käytettyjä symboleja. (Jumpponen 2001, 58.)



KUVA 8. Tyypillisiä CAD-järjestelmän piirrosmerkkejä. (Jumpponen 2001, 59.)

Mikäli piirrosmerkeille halutaan esittää teknisiä tietoja, nämä olisi näytettävä kyseisen merkin vieressä. Olettaen, että merkki on vaakasuorassa, sijoitetaan tieto näin ollen sen yläpuolelle. Kun taas jos se esitetään pystysuorassa, tiedon tulee olla

sen vasemmalla puolella. Viitetunnukseen nähden ne ovat joko alapuolella tai siitä oikealla, kuten kuva 9 osoittaa. (SFS 2008, 42.)



KUVA 9. teknisten tietojen esittäminen piirrosmerkeissä. (SFS 2008, 42.)

4 STANDARDIT JA DIREKTIIVIT

4.1 Järjestöt

Standardit ovat olennainen osa teknistä dokumentointia. Suomessa toimiva vuonna 1947 perustettu SFS eli Suomen standardisoimisliitto on jäsenenä ISO:ssa (International Organization for Standardization) sekä eurooppalaisessa CEN:ssä (Comité Européen de Normalisation). Sähköalan standardeihin liittyen on syytä myös tietää IEC (International Electrotechnical Commission), joka perinteisesti yhteistyössä ISO:n ja omien alakomiteoidensa SC 3C:n ja SC 3D:n kanssa sopii ja laatii sähkötekniikan alan standardit. (SFS 2008, 3.)

4.2 Standardit suunnittelussa

Ajatus yleisen standardisoinnin takana keskittyy ymmärtämisen helpottamiseen. Tämän ideologian edellä kulkee myös turvallisuuden parantaminen, koska pienikin kuvan väärintulkitseminen saattaa aiheuttaa suurta vahinkoa tai kasvattaa turvallisuusriskiä. Suunnittelijan olisi syytä tutustua asetettuihin alaa vastaaviin standardeihin. Taulukkoon 1 on lisättyä joitakin oleellisia sähkö- ja automaatio-suunnitteluun liittyviä standardeja.

TAULUKKO 1. Teollisuuteen liittyvät yleiset standardit.

Standardin numero	Standardin nimi
SFS-61346-1...4	Teollisuuden järjestelmät, asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet
DIN 19227	Control technology; graphical symbols and identifying process control
ISO 3511-1...4	Process measurement control functions and instructions
SFS-IEC 60617	Sähkökaavioiden piirrosmerkit
SFS-EN60617-12	
SFS-EN 61355	Teollisuuslaitosten, järjestelmien ja laitteiden dokumenttien luokittelu ja sähkötekniikassa käytettävien dokumenttien laatiminen
SFS-EN 61082-1...6	

4.3 Luvat ja sertifiointi

Sähkösuunnittelusta ei itsessään tarvitse enää tehdä selvitystä TUKES:ille. Se siis ei ole enää luvanvaraista tai vaadi selvitystä. Sähköturvallisuuslaki kuitenkin edellyttää, että laitteiston suunnittelu kattaa suunnittelun, valmistuksen ja korjauksen niin, että niistä ei aiheudu vaaraa kenenkään hengelle, turvallisuudelle eikä omai-

suudelle. Suunnitellusta laitteistosta ei saa aiheutua kohtuutonta häiriötä, eikä laitteiston käytön tule häiriytyä helposti. Nykyään asennusmääräykset korostavat enemmän sähkösuunnittelun merkitystä kuin aiemmat sähköturvallisuusmääräykset. (TUKES 2006.)

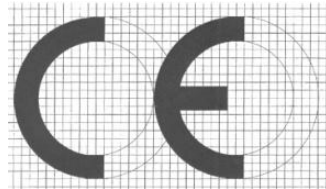
Sähkösuunnittelijan on mahdollista hankkia pätevyystodistus. Syksyllä 2004 yhteistyössä olevat organisaatiot Sähkösuunnittelijat NSS ry, Suomen Konsulttiyhdistys SNIL ry, Sähköinsinööriliitto ry, Sähkötarkastusyhdystys SÄTY ry, Insinööriliitto IL ry ja rakennuttajatahoa edustava Senaatti-kiinteistöt aloittivat henkilösertifioinnin, jonka ideana on auttaa asiakasta varmistamaan sähkötekniisiin suunnittelutehtäviin tarjolla olevien henkilöiden pätevyys suunnittelukohteissa, jotka edellyttävät eri vaatimusluokkia. Puolueeton lautakunta, joka koostuu edellä mainittujen organisaatioiden edustajista, päättää sertifiointista, jolla määräytyy myönnettävä pätevyys. Järjestelmän tarkoitus on toimia vakuutuksena asiakkaille, että suunnittelijan kokemus ja koulutus riittää tarjouskohteen projektihallinnasta suoriutumiseen. Tavoitteena hankkeella oli taata mahdollisimman luotettavat edellytykset sähkösuunnittelijan kelpoisuuden arvioinnille, ja samalla rakentaa järjestelmä, joka toimii jatkuvana itse kehitys ponnahduslautana sähkötekniikan koulutuksen saaneelle henkilölle. (NSS ry, 2004.)

Pätevyysvaatimusten eri tasojen pohjana ovat olleet maankäyttö- ja rakennuslain mukaiset koulutus- ja kohdevaatimukset. Luokitus porastuu alimmasta C-luokasta korkeimpaan AA-luokkaan. Luokitus myönnetään henkilökohtaisesti suunnittelijalle. Perustason vähimmäisvaatimuksena on suoritettu sähkötekniikan tutkinto ja kahden vuoden käytännön kokemus suunnittelutyöstä. Eri tasoihin tarvittavat lisäpisteet hankitaan ja myönnetään työkokemuksesta ja erilaisia vaatimustasojia edustavista työkohteista. Pätevyyden toteaminen korostaa sähkösuunnittelijan työkokemusta projektinhallinnassa. (NSS ry, 2004.)

4.4 CE-merkintä ja konedirektiivit

CE-merkintä tuotteessa osoittaa, että valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän sitä koskevien direktiivien vaatimukset, ja että tuote on läpikäynyt mahdollisesti vaadi-

tut tarkastukset. Euroopan talousalueella merkintä on pakollinen tietyissä tuoterhyimissä, kuten useimmissa koneissa ja sähkölaitteissa. (Ala-Risku, Kivistö-Rahnasto & Mattila 1997, 51-52.)



KUVA 10. CE-merkintä.

Yleisenä lähtökohtana tulee olla että kaikissa sähkölaitteissa on CE-merkintä. Vaatimustenmukaisuus ja sen valvonta on viranomaisten käsissä, ja CE-merkinnän väärinkäytöstä seuraa sanktioita, jos viranomaiset tämän havaitsevat. Sanktio voi olla esimerkiksi sakkorangaistus tai markkinakielto. (Pahkala & Siirilä 2001, 35.)

Sähkötyöselityksen tulisi edellyttää, että järjestelmään liitetyt sähkölaitteet ja -tarvikkeet ovat varustettuja CE-merkinnällä, ja näistä olisi saatavilla valmistajan vakuutus vaatimustenmukaisuudesta. Näin ollen sähkösuunnittelijan kannattaa olla perillä voimassa olevista direktiiveistä, ja ottaa nämä huomioon suunnittelua aloitettaessa. Turvallinen suunnittelu koostuu turvallisista tarvikkeista ja laitteista. (TUKES, 2006.)

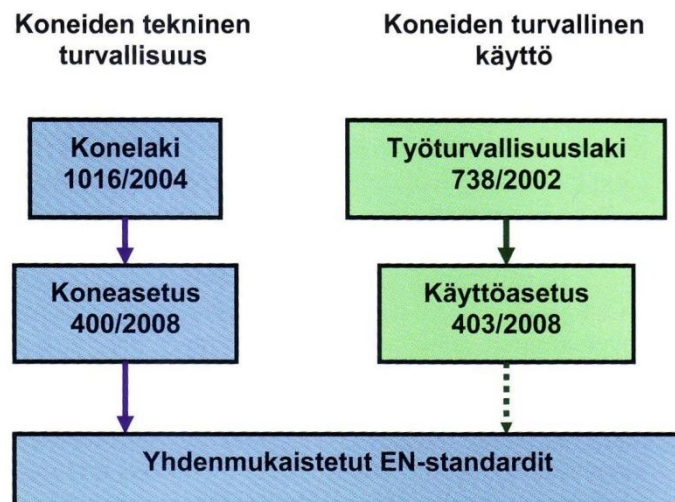
4.4.1 Yleistä ja koneen suunnittelun lähtökohdat

Direktiivien periaatteellinen tarkoitus on poistaa koneenkäyttöön liittyvät riskit jo suunnitteluvaiheessa. Käytännössä mikään kone saati järjestelmä ei ole koskaan täysin turvallinen, vaan häiriöitä ja poikkeustilanteita voi aina syntyä. Direktiiveillä siis toisin sanoen karsitaan riskitekijöitä. Lopulta ei riitä pelkästään koneen tai jär-

jestelmän oikeellisuuden toteaminen suunnitteluvaiheessa, sillä vastuu siirtyy työnantajalle koko elinkaaren ajaksi. (Siirilä 2009, 64.)

Koneen suunnitteluun liittyviä yleisiä periaatteita ovat:

- Koneen suunnittelu ja rakentaminen on tehtävä niin, että sen käyttö, säätäminen tai huolto voidaan suorittaa vaarantamatta henkilöitä.
- Riskin määrittelyyn tulisi kattaa koneen ennakoitun elinkaaren, tähän mukaan lukien kuljetus-, kokoonpano- ja käytöstäpoistamisvaiheet.
- Kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö on otettava huomioon konetta suunniteltaessa ja valmistettaessa.
- Suunniteltaessa ja rakennettaessa konetta tulee pyrkiä siihen, että sitä ei voi käyttää epätavallisella tavalla, mikäli se aiheuttaisi käyttöön liittyen riskejä.
- Erikoislaitteet ja varusteet, joita tarvitaan koneen käyttöä, huoltoa ja säätöä varten tulee toimittaa koneen mukana. (Siirilä 2009, 63.)



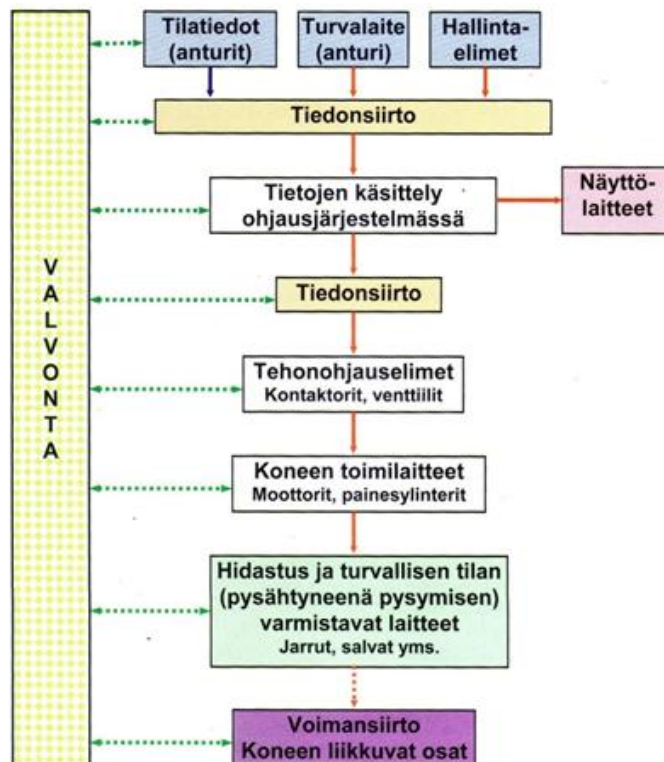
KUVA 11. Keskeiset säädökset liittyen koneiden turvallisuuteen. (Siirilä 2009, 26.)

4.4.2 Ohjausjärjestelmät

Kun tarkastellaan ohjausjärjestelmää automaatioissa, on turvallisuuteen liittyvien tekijöiden määrä huomattava. Komponenttien ketju järjestelmässä alkaa turvalaitteiden antureista ja päättyy erilaisiin toimilaitteisiin. Näitä voivat olla esimerkiksi

moottorit tai sylinterit, joita ohjataan kontaktoreilla ja venttiileillä. Komponenttien ja osajärjestelmien yhteen kytkennän tulee muodostaa kokonaisuus sillä periaatteella, että turvatoiminnon toteutuksen jättäminen olisi mahdollisimman alhaisella tasolla. Turvalaitteet, joita kytketään ohjausjärjestelmään, ovat erilaisia signaaleja synnyttäviä antureita. Näitä voivat olla esimerkiksi käynnistys- ja pysäytyspainikkeet, säätölaitteet ja muut hallintaelimet. Toimiessaan anturi välittää tiedon ohjausjärjestelmään, joka silloin käsittelee sen lähettämien käskyjen tehonohjauselimille, tai muille ohjausjärjestelmän komponenteille. Yleensä tämä tieto johtuu kiinteästi langoitettuna ja turvareleillä valvottuna. Sen tarkoitus on paljastaa tiedonsiirtojärjestelmän oikosulut, katkokset tai muut viat. (Siirilä 2009, 92-94.)

Usein ohjausjärjestelmässä turvajärjestelmien tietojen perusteella syntyvät käskyt ohjataan tehonohjauselimille, kuten esimerkiksi kontaktoreille ja venttiileille. Tehonohjauselimien tarkoitus on ohjata ja säätää sähkön, paineen tai muun energian pääsyä sylintereihin, moottoreihin tai muihin liikettä tuottaviin toimilaitteisiin. Tällä voidaan kontrolloida koskettimien avautumista tai venttiilin sulkeutumista. Kuvassa 12 voidaan tarkastella ohjausjärjestelmään liittyviä tekijöitä ja sen rakennetta. (Siirilä 2009, 95.)



KUVA 12. Esimerkki turvallisuuteen liittyvästä ohjausjärjestelmän rakenteesta. (Siirilä 2009, 93)

4.4.3 Turvalaitetyyppejä

Teollisuudessa liikkuvat osat aiheuttavat usein vaaratilanteita ihmisille. Näitä vaaroja karsitaan suunnittelemalla ja sijoittamalla liikkuvat osat tavalla, ettei niiden koskettaminen olisi mahdollista. Kun pelkkä ympäristöpohjainen suunnittelu ei riitä takaamaan täyttä turvallisuutta, turvaudutaan turvalaitteisiin. Koneturvallisuuden perusstandardi SFS-EN ISO 12 100-1 esittää turvalaitetyypeistä seuraavat esimerkit:

- toimintaankytkentälaitte
- sallintalaitte
- pakkokäyttöinen hallintalaitte
- kaksinkäsinhallintalaitte

- tunnistava turvalaite
- aktiivinen valosähköinen turvalaite
- mekaaninen este tai pidätinlaite
- rajoitinlaite
- nykäyskäytön hallintalaite. (Siirilä 2009 397-398.)

4.4.4 Turvalaitevalinnat

Automaattisten turvallisuusratkaisuiden suunnittelu vaatii kokemusta ja taitoa. Kömpelösti räätälöidyt ratkaisut usein hidastavat työntekoa. Järjestelmä tulisi suunnitella tasapainotetusti turvallisuutta ja työn suorittamista ajatellen. Turvallisuus on myös suunniteltava niin, että se on varmistettu vikatilanteessakin. Oikeanlaista turvalaitetta valittaessa on mietittävä sen mukauttaminen tiettyyn järjestelmään, ja mahdolliset vaihtoehdot toteutusta ajatellen. Alla on lueteltuna seikkoja, joita on otettava huomioon valintaa tehdessä:

- koneen ominaisuudet
- ympäristön ominaisuudet
- ihmisten ominaisuudet ja toiminta
- suojusten ja turvalaitteiden ominaisuudet
- turvalaitteiden ja ohjausjärjestelmän osuus riskin vähentämisessä. (Siirilä 2009, 348.)

Turvareleet ovat tärkeä osa koneautomaation sovelluksissa. Niitä koskevat useat kotimaiset sekä kansainväliset standardit, minkä lisäksi niitä koskevat komponenttien sähkötekniisiä ominaisuuksia käsittelevät standardit. Nämä vaativat, että turvapiireihin asennetut releet, kytkimet ja anturit asennetaan tavalla, joka minimoi käyttäjälle aiheutuvaa riskiä. Tällöin hätäseis-painikkeet ja turvakytkimet asennetaan turvareleen avulla ohjausjärjestelmään. Koneturvallisuusstandardi EN 954-1 pohjalta tehty riskikartoitus vaikuttaa oikean releen valintaan. Lisäksi valinnassa tulee ottaa huomioon hätäseis-piirien määrä ja jännite, sekä koskettimien määrä ja mahdollinen aikaviiveen tarve. (Pahkala & Siirilä 2001, 310-311)



KUVA 13. Erimallisia hätäkatkaisureleitä. (Sähkölehto 2007)

Automaatiojärjestelmäsuunnittelijan turvarelevalikoimasta tulisi löytyä seuraavat:

- hätäkatkaisureleet
- suojaporttireleet
- 2-käsiturvareleet
- pysähtymisvahdit
- kytkentäreleet
- viivästysyksiköt
- laajennusyksiköt
- valoverhoreleet
- turvamattoreleet
- korttiturvareleet. (Pahkala & Siirilä 2001, 281-282.)

Joissakin tapauksissa kiinteästi asennetut hätäseis-painikkeet ovat vaikeasti tavoiteltavissa tai käyttäjän ulottumattomissa. Näissä tilanteissa voidaan turvautua langattomiin, radio-ohjattuihin hätäseis-painikkeihin, joilla relettä ohjataan. Langaton katkaisu onnistuu sekunnin murto-osassa. Radio-ohjauksessa periaatteena on se, että kone käy ainoastaan silloin kun hätäpysäytyslaite lähettää signaalia. Signaalin loppuminen tulkitaan hätäpysäytyskäskyksi. (Pahkala & Siirilä 2001, 312.)

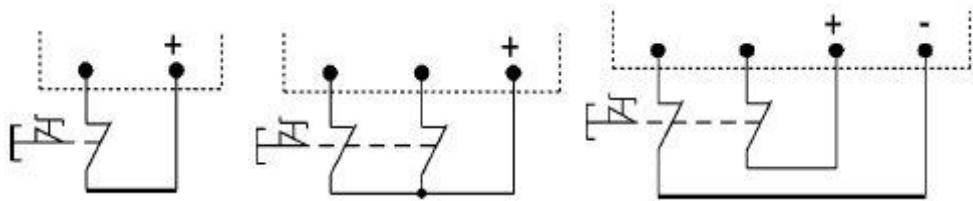
Turvareleillä on useita eri käyttötarkoituksia järjestelmän kytkennöissä. Niillä voidaan valvoa esimerkiksi:

- hätäseis-painikkeita, turvakytкимиä ja valoverhoja
- kontaktoreita ja venttiileitä
- turvapiirin oikosulkuja

- kuittauksia
- moottorin pysäytystä
- laajennusyksiköitä
- jännitekatkoksia. (Pahkala & Siirilä 2001, 311)

Kuvassa 14 esitetään turvareleen 3 erilaista sisääntulokytkentää:

- 1-kanavainen:
Hätäseis-painikkeen valvonta yksikanavaisesti.
- 2-kanavainen:
Hätäseis-painikkeen valvonta kaksikanavaisesti kytkettynä samaan napaan.
- 2-kanavainen oikosulkusuojauksella:
Hätäseis-painikkeen valvonta kaksikanavaisesti kytkettynä vastakkaisiin napoihin.



KUVA 14. Turvareleen sisääntulokytkennät.

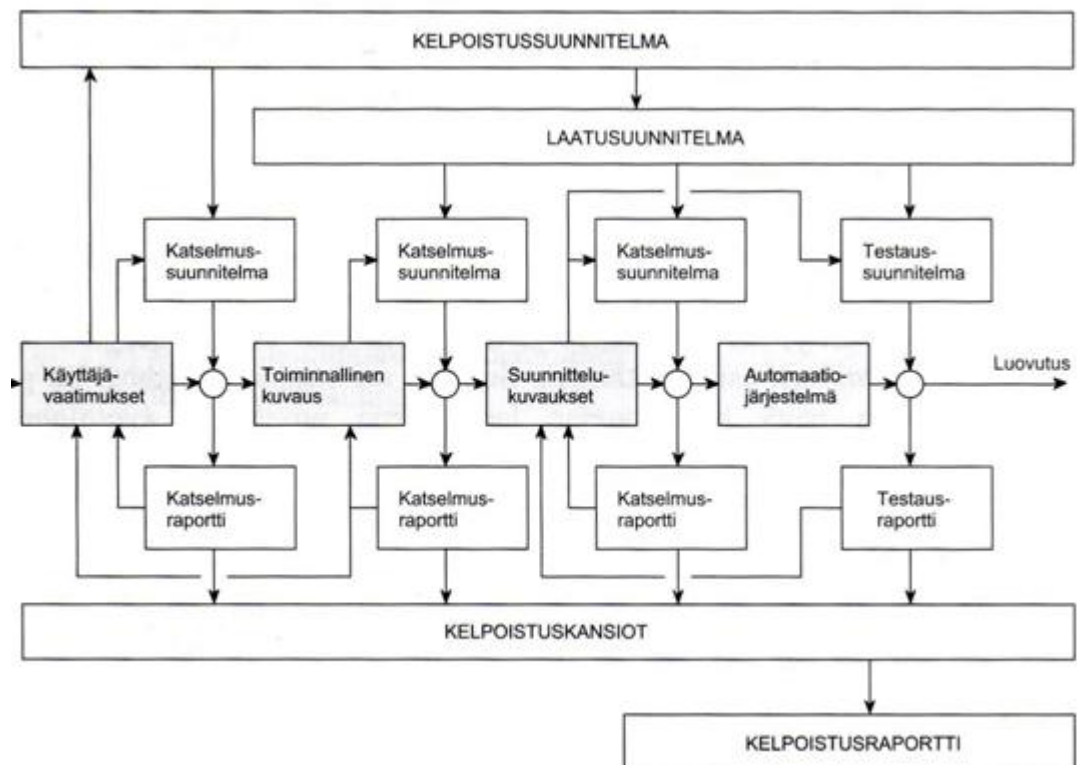
4.5 Laatu automaatiassa

Turvallisuuden kannalta on tärkeää perehtyä automaatiosuunnittelussa laadun takaamiseen. Ennakkosuunnitelmat, suunnittelun rinnalla etenevä laadunvarmistaminen sekä kattava dokumentointi ovat pääperiaatteet laadun tuottamisen kannalta. Suunnittelijoiden vastuuntunto ja ammattitaito sekä työmenetelmät, työkalut ja johtaminen ovat myös osaltaan merkittäviä osia palapelissä. Laadunhallinta heijastuu järjestelmän elinkaareen. Tämä määrittelee laatupolitiikan, tavoitteet sekä

niihin liittyvät vastuut, joita toteutetaan laadun suunnittelun, -ohjauksen ja -varmistuksen avulla. Kelpoistamisella selvitetään onko tuote käyttäjävaatimusten mukainen. Tällä tarkoitetaan jatkuvaa suunnittelun ja toteutuksen rinnalla etenevää prosessia. Kelpoistus, josta käytetään myös nimikettä validointi, muodostuu järjestelmän eri vaiheisiin liittyvistä laadunvarmistustoimista. Näitä vaiheita nimitetään kvalifioinneiksi. Suoritetut edellytykset järjestelmän validointiin ovat seuraavat:

- Suunnittelun kvalifiointi (Design Qualification, DQ)
- Asennuksen kvalifiointi (Installation Qualification, IQ)
- Toiminnallinen kvalifiointi (Operation Qualification, OQ)
- Suorituskyvyn kvalifiointi (Performance Qualification, PQ). (Automaatioseura ry 2001, 22-23)

Kelpoistetun laadunhallinnan takana oleva ajatusmalli on, että jatkuvalla tarkastelulla sekä tulosten ja eri vaiheiden seuraamisella, saadaan aikaan lopputulos, joka sisältää vähemmän virheitä, ja näin ollen nostaa sen laadun tasoa. Kelpoistusvaiheessa kerätty aineisto arvioidaan, minkä pohjalta määritellään kelpoistustestaus. Tämä yhdessä aiemmin kertyneen aineiston kanssa muodostaa lopullisen kelpoistusraportin. Kuvassa 15 on mallinnettu validointihierarkia siihen liittyvien vaiheiden kera. (Automaatioseura ry 2001, 22-23.)



KUVA 15. Validointihierarkia. (Automaatioseura ry 2001, 26.)

Automaation elinkaari koostuu kolmesta elementistä, jotka muodostavat pohjan laadukkaalle suunnittelulle.

- Vaiheistus: Pilkottu projekti, joka koostuu yksittäisistä, hallituista osakokonaisuuksista.
- Dokumentointi: Elinkaaren vaiheissa syntyviä automaatioon sekä laadunvarmistukseen liittyviä teknisiä dokumentteja.
- Laadunvarmistus: Yhteenlaskettu summa kaikista suunnitelluista ja järjestelmällisistä toimenpiteistä. Nämä ovat takeena, että laatu vastaa käyttötarkoitusta. (Automaatioseura ry 2001, 30.)

5 CAD-OHJELMISTOT

Suomessa toimii useita eri CAD-ohjelmistoja kehittäviä yrityksiä. Tässä luvussa käydään läpi ohjelmistotalojen markkinaosuuksia ja yleisyyttä Suomessa. Luvun tarkoitus on käyttäjämäärän pohjalta hahmottaa millaiseen suunnitteluun on tietty ohjelmisto parhaiten soveltuva. Tietysti näitä tuloksia ei voi suoraan verrata soveltuvuuteen ohjelmistojen alakohtaisessa vertailussa pelkän käyttäjäsuosion pohjalta.

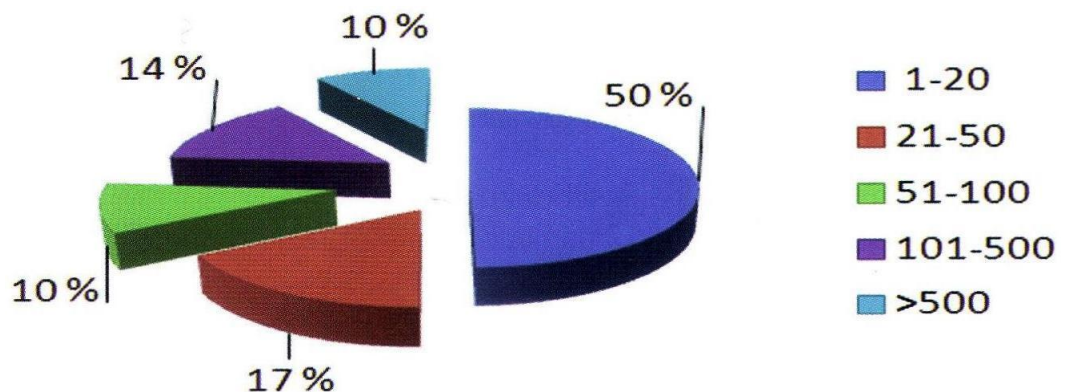
CAE/PLM-kyselyn on tehnyt Suomen CAD/CAM-yhdistys ry. Yhdistys on perustettu vuonna 1981 ja se on täysin ohjelmisto/laitteistoriippumaton. Sen tarkoitus on välittää tietoa tietokoneavusteiseen suunnitteluun, valmistukseen ja tuotteen elinkaarenkaareen liittyen sekä muutenkin kaikkeen, mitä alalla tapahtuu. Neljä kertaa vuodessa yhdistys julkaisee Valokynä-nimisen lehden, jossa muun muassa informoidaan alaan liittyviä uutisia, käydään läpi asiantuntijoiden artikkeleita ja esitellään tutkimuksia. Juuri riippumattomuutensa pohjalta yhdistys on soveltuva tutkimuspohja ohjelmistotalojen tämän hetken markkinakatsauksiin. (Valokynä 2009, 23.)

5.1 Ohjelmistot käyttäjämäärä/sovellus vertailussa

CAE-PLM-aluetta kartoittava käyttäjätutkimus toteutettiin maaliskuun 2009 aikana. Se toteutettiin verkkokyselynä ja siihen vastasi 1150 henkilöä 940 ohjelmistoa käyttävästä yrityksestä. Kyselyn tulokset julkaistiin Valokynälehdessä numerossa 2/2009. Kyselyyn vastasi myös 70 eri oppilaitosten edustajaa. Näitä lukuja ei kuitenkaan lisätty kyseiseen tutkimukseen. CAD/CAM-ohjelmistoista kysyttiin seuraavia:

- pääasialliset käyttämänsä suunnitteluohjelmistot Suomessa
- järjestelmän sovelluskohde
- onko kyseessä 2D- vai 3D-järjestelmä

- käyttäjämäärän muutos seuraavien 12 kuukauden kuluessa, (Valokynä 2009, 24.)



KUVA 16. Vastanneiden yritysten kokojakauma. (Valokynä 2009, 23.)

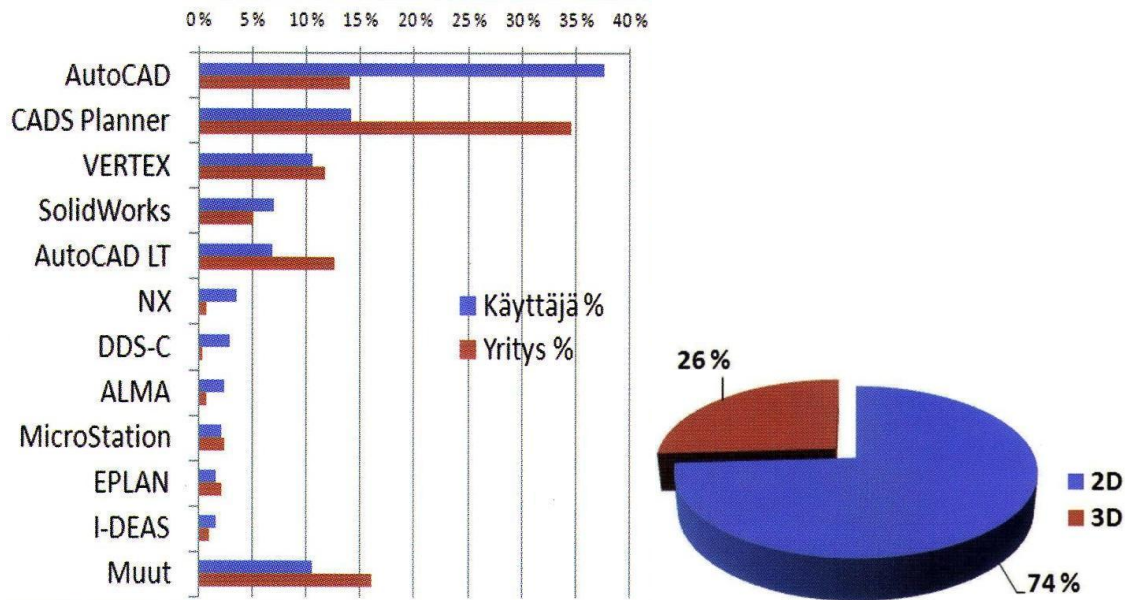
Kyselyyn vastanneiden joukossa oli kaiken kokoisia yrityksiä. Silmiinpistävää kuitenkin oli, kuten kuvasta 16 voidaan todeta, että jopa 50 % vastanneista yrityksistä on henkilövahvuudeltaan alle 20. Suuren käyttäjämäärän ansiosta suurten yritysten vaikutus tilastoihin on kuitenkin merkittävä, vaikka suuryrityksiä onkin vain 10 % vastanneista. (Valokynä 2009, 23.)

Tutkimukseen liittyviä sovelluksia oli useita. Näistä karsittiin pois ne, jotka eivät suoranaisesti liittyneet tässä dokumentissa käsiteltävään sähkö- tai automaatio-suunnitteluun. Karsinnan jälkeen jäljelle jääneet sovellukset käydään läpi seuraavissa alaluvuissa.

5.1.1 Automaatiosuunnittelu

Oheisista jakaumista huomataan, että AutoCAD-pohjaiset sovellukset ovat edelleen suosituimpia automaatiosuunnitteluun liittyvistä ohjelmista. CADS planner ohitti Vertexin. SolidWorks ja AutoCAD LT tulevat näiden jälkeen neljäntenä ja viidentenä. Muiden ohjelmistojen käyttö jää edellä mainituista kauas taakse, vaikka kyselyssä tuli esille jopa 46 eri ohjelmistoa. Automaatiosuunnittelusta 74 % toteu-

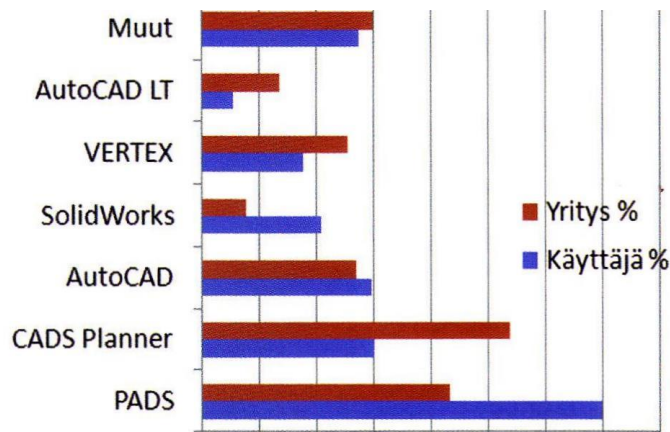
tetaan 2D:nä. Alla oleva kuva 17 esittää vertaillut ohjelmat sekä 2D/3D-jakauman. (Valokynä 2009, 24.)



KUVA 17. Automaatiosuunnitteluohjelmistot ja 2D/3D-jakauma. (Valokynä 2009, 24.)

5.1.2 Elektroniikkasuunnittelu

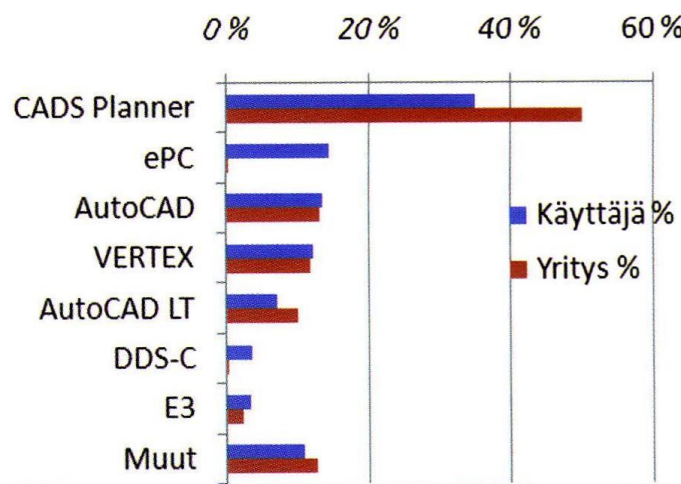
CADS Planner ja AutoCAD ovat suurin piirtein yhtä suosittuja elektroniikkasuunnitteluovelluksia. Paljon näitä edellä on suunnitteluohjelma PADS. Maininnan arvoisia ovat myös Vertex ja SolidWorks. Kuten automaatiosuunnittelussa, ohjelmistokirjo on laaja. 84 % elektroniikkasuunnittelusta on 2D-pohjaista. (Valokynä 2009, 24.)



KUVA 18. Elektroniikkasuunnitteluohjelmistot (Valokynä 2009, 24.)

5.1.3 Sähkösuunnittelu

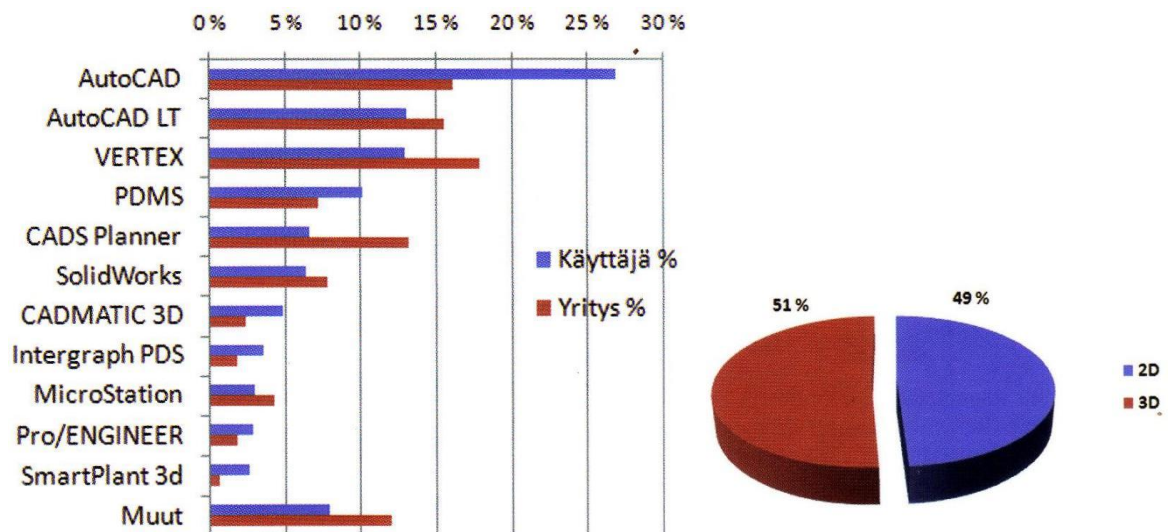
CADS Planner on ylivoimaisesti suosituin sähkösuunnittelussa käytetty ohjelma. AutoCAD-ohjelmistot ja Vertex ovat pienillä marginaalieroilla seuraavia tässä luokassa. CADS-ohjelman suosio selittyy pitkälti pienten yritysten sille antamaan luottamukseen. Jopa 89 % sähkösuunnittelusta toteutetaan 2D-muodossa. (Valokynä 2009, 24.)



KUVA 19. Sähkösuunnitteluohjelmistot (Valokynä 2009, 24.)

5.1.4 Laitossuunnittelu

Auto-CAD dominoi laitossuunnittelukäytössä. Vertex, laitossuunnittelun erityisohjelmisto PDMS, CADS planner sekä SolidWorks ovat muut eniten käytetyt ohjelmistot. Eroavana tekijänä edellisiin suunnittelukohteisiin on 2D/3D-jakauma. Laitossuunnittelusta noin 51 % tapahtuu kolmiulotteisena. (Valokynä 2009, 25.)



KUVA 20. Laitossuunnitteluohjelmistot ja 2D/3D-jakauma. (Valokynä 2009, 25.)

5.2 CAD/CAM-alueen kehittäminen ja tiedostetut ongelma-alueet

Tutkimuksessa kysyttiin, mitä asioita aiotaan kehittää CAD/CAM-alueella seuraavan vuoden aikana. Kyselyn mukaan lista on seuraavanlainen:

1. 3D
2. Käytön tehostaminen
3. Osaamisen kehittäminen
4. Tiedonhallinnan kehittäminen. (Valokynä 2009, 27)

Listaa luettaessa täytyy ottaa huomioon, että karsittujen sovellusten määrä on huomattava. Esimerkiksi kolmiulotteisuutta ei laitossuunnittelua lukuun ottamatta juurikaan käytetä. Käytön tehostaminen ja osaamisen kehittäminen kulkevat käsi

kädessä, koska juuri osaamisen kehittämisellä tehostetaan käyttöä. Tiedonhallinnan neljännestä sijasta voidaan todeta, että tuotetiedonhallinnan merkitys yrityksessä on huomattava ja sen kehittämiseen uhrataan sekä aikaa että energiaa.

CAD/CAM-alueisiin liittyvistä ongelmista tiedusteltiin tutkimuksen yhteydessä myös. Kyselyn mukaan lista on seuraavanlainen:

1. Ohjelmistojen hinta
2. Toimintatavat
3. Ohjelmistojen yhteensopimattomuus
4. Ohjelmistojen virheet ja puutteellisuus. (Valokynä 2009, 27-28)

Erittäin kalliit ohjelmapaketit tuntuvat yrityksiensä taloudessa. Toisaalta ohjelmahinnalla erityisesti pienemmät ohjelmatalot voivat kilpailla asiakkaista. Toimintatavat ja aiemmin mainittu osaamisen kehittäminen nitoutuvat yhteen. Samalla voidaan olettaa yrityksissä olevan ongelmia koskien yhteisiä pyrkimyksiä toimintatapojen yhdenmukaistamiseksi. Kolmantena mainittu ohjelmistojen yhteensopimattomuusongelmia voidaan selittää ohjelmistojen huomattavalla määrällä, joka väistämättä nostaa ristiriitaisuuden mahdollisuutta. Neljänneksi eniten käyttäjiä vaivasi ohjelmien niin sanottujen raakaversioiden tuominen markkinoille. Tämä on hyvin yleistä ja usein ohjelmiston kehittäjille ei anneta tarpeeksi aikaa viimeistellä ja testata tuotetta, ennen kuin se jo julkaistaan. (Valokynä 2009, 28.)

5.3 Järjestelmän valinta

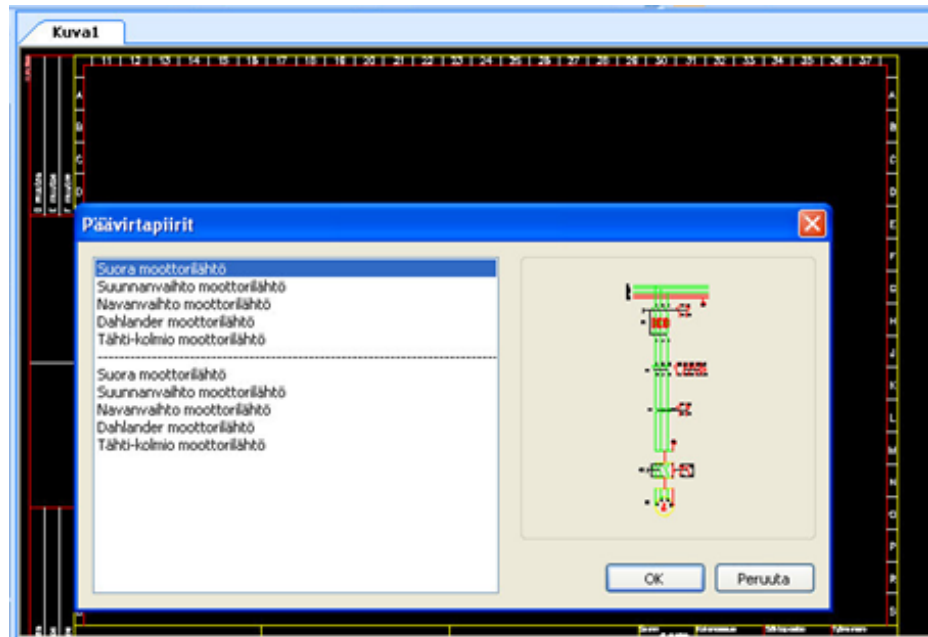
Kolme tärkeintä seikkaa, kysyttäessä valintaan vaikuttavia kriteereitä, olivat helpokäyttöisyys, hinta/laatu-suhde ja ominaisuudet. Tässä tapauksessa arvostettiin myös aiempia kokemuksia. Järjestys laskettiin niin, että ensimmäisenä mainittu asia oli saanut kolme pistettä, toinen kaksi ja viimeinen yhden pisteen. (Valokynä 2009, 28.)

6 TYÖN TOTEUTTAMINEN

Työ alkoi etsimällä laaja määrä alaan liittyvää kirjallisuutta. Tämä luonnollisesti käsitti erityisesti sähköpiirtämiseen liittyviä teoksia ja yleensäkin piirtämisen ohjeistusta sekä sääntöjä käsitteleviä lähteitä. CAD-piirtämiseen liittyvän teorian ja ohjeistuksen kirjoittamisen jälkeen alkoi tietokoneavusteisen suunnittelun harjoittelu Kymdatan CADS Planner -ohjelmistolla, jonka avulla työ ja kaaviot tuli toteuttaa.

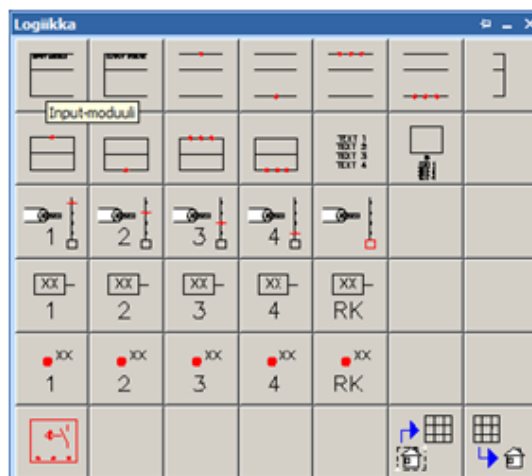
6.1 Ohjelman käyttö

Ensimmäisenä sähkö- ja automaatio suunnitteluun täytyy valita oikea sovellus. Tätä varten sovellusvalikosta poimitaan ”Electric Pro, Piirikaaviot”. Ohjelmaan tutustuttaessa on järkevintä aloittaa tutkimalla valikoita ja symboleita on olemassa, liittyen siihen, mitä on tarkoitus piirtää ja suunnitella. CADS:llä piirtäminen on suhteellisen helppoa ja nopeaa. Valikoista voi poimia esimerkiksi valmiita moottorin päävirtapiirejä, joista voi valita haluamansa pohjan, ja lähteä tämän avulla johdottamaan riviliitinkytkentöjä. Kuvasta 21 huomataan millaisia moottorilähtöjen vaihtoehtoja valikko sisältää.



KUVA 21. Moottorilähtöjen päävirtapiirit.

Samantapaisia valmiita pohjia löytyy myös logiikkapuolelta (kuva 22). Logiikan tulo- ja lähtökuvia varten voidaan käyttää moduulipohjaa. Avautuvasta valikosta valitaan joko Input- tai Output-moduuli sekä lähtösuunta (ylös tai alas), mihin piirikaaviota halutaan jatkaa.



KUVA 22. Logiikkakaaviot-valikko.

Tasojä käytettiin hyväksi, kun päävirtapiiri, johdotuskaavio ja ohjauspiirikaavio eivät mahtuneet samaan raamiin. Tässä tapauksessa kaikista töistä ainoastaan suunnanvaihtokytkentä ja tähti-kolmiokäynnistys vaativat sen verran tilaa, ettei niitä olisi voinut mahtuttaa yhdelle sivulle. Tasoilla siis tässä sovelluksessa tarkoitetaan sivuja, joita voidaan vaihtaa siirryttäessä pääpiirikaaviosta ohjauspiirikaavioon. 0-tasoa, joka on erikoistaso, ei piirroksissa tarvittu ollenkaan.

Johdotukseen käytettiin normaalisti rasterijakoa 1,75. Kun tästä jouduttiin poikkeamaan, esimerkiksi muokattaessa symbolia, saatettiin joutua turvautumaan ”snap-tartuntaan”. Toisaalta johtojen piirtämiseen ja kuvan esteettisyyteen auttoi myös ”pakotus 90°”, jolla varmistettiin että johdot tulivat pysty- tai vaakatasoon.

Kuvan raamin valintaan vaikutti ennalta arvioitu kuvan koko. Normaalisti pienemmälläkin kehyksellä selvisi hyvin. Mutta jos esimerkiksi ohjauspiirikaavion ja päävirtapiirin halusi mahtuttaa samalle sivulle, oli suurempi kehys luontaisempi vaihtoehto. Nimiö, joka on osa raami-symbolia, tuli täyttää siten, että siitä selviää aika jolloin työ on valmistunut, piirtäjän etukirjaimet, työnnumero eli järjestys valmistumisen mukaan, sekä piirustuksen yksityiskohdat, kuten esimerkiksi onko kyseessä piirikaavio, johdotuskaavio vai molemmat. Tärkein huomioitava kenttä oli kokonaisuus ja sähköpositio (=4333 ja +MCC1).

Nimiön täyttö

Numerot ja tunnukset

Piirustusnumero: Työnumero:

Kokonaisuus: Sähköpositio:

Piirustuksen nimitys

1. rivi:

2. rivi:

3. rivi:

Päiväys, osallistajat, yms.

Päiväys: Suunnittelija:

Piirtäjä / Pvm: Tarkastanut / Pvm:

Lehti / Lehtiä: / Piirustuksen laji:

Muutokset

A: D:

B: E:

C: F:

OK Attribuutit... Peruuta Ohje

KUVA 23. Nimiön täyttö.

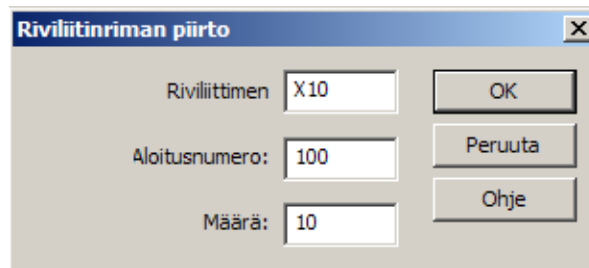
Nimiökenttä näkyy raamin alareunassa seuraavanlaisesti:

3-vaiheinen oikosulkumoottori Taajuusmuuttajakäyttö Johdotus- ja piirikaavio	Suunn.	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
	/2.10.2009	=4333	+MCC1	2
	Piirt. SM	Lehti 1/1	Piirustusnumero	
	Tark.		SÄH	

KUVA 24. Nimiö raamissa.

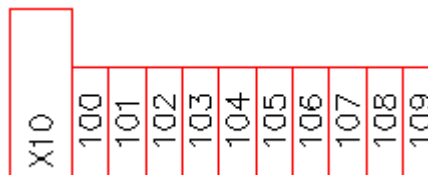
Kaapelimerkintöjä käytettiin moottorikytkennöissä. Esimerkiksi MMJ-tyyppiset muovivaippakaapelit soveltuivat hyvin riviliitinkaapelointiin. Päävirtapiirejä johdotettiin sopivilla kupari- ja alumiinisilla voimakaapeleilla (MCMK ja AMCMK). Sekä kupari- että alumiinijohtimille ominaista sähköasennustekniikassa on niiden helppo muovattavuus. Molemmat ovat myös hyvin sopeutuvia ilmaston rasitukseen.

Lisättäessä kaapelikampauksia aloitettiin ensin riviliittimistä. Riviliittimien piirto onnistui ”Riviliitin toiminnot” -valikosta. Riviliittimet piirrettiin vaakaan. Luontia oli usein mahdollista nopeuttaa, kun riviliittimen numerointi aloitettiin juoksevana.



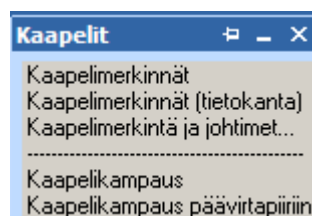
KUVA 25. Riviliitinriman piirto.

Valittiin ”OK” ja ruudulle syntyi annettujen arvojen mukainen riviliitinrima.



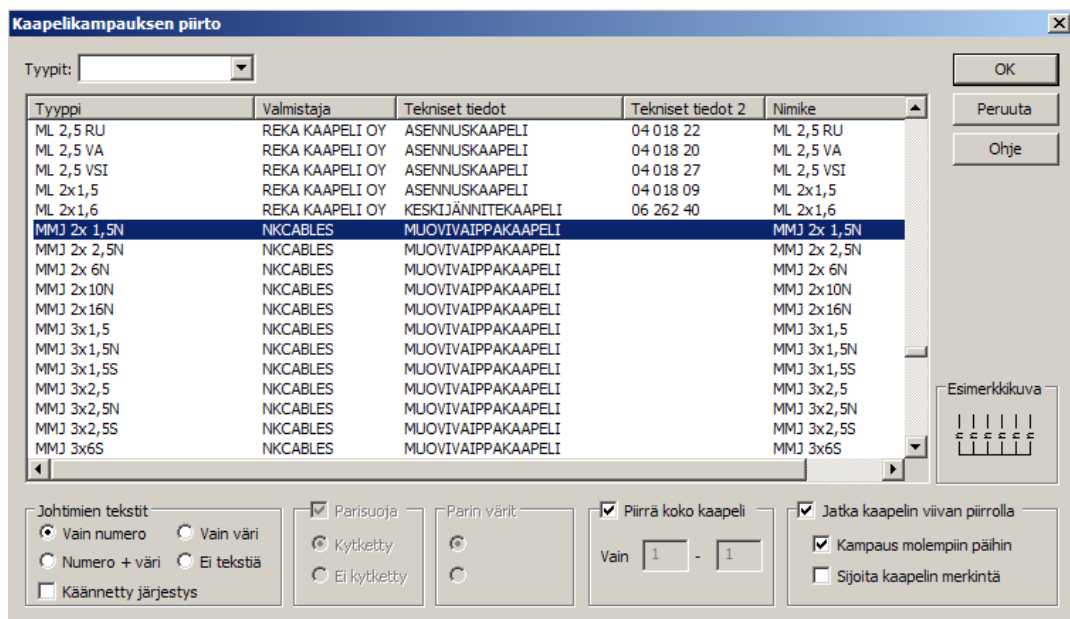
KUVA 26. Riviliitinrima.

Tämän jälkeen kaapelointi onnistui kätevästi Kaapelit-valikosta, josta valittiin kaapelikampaus.



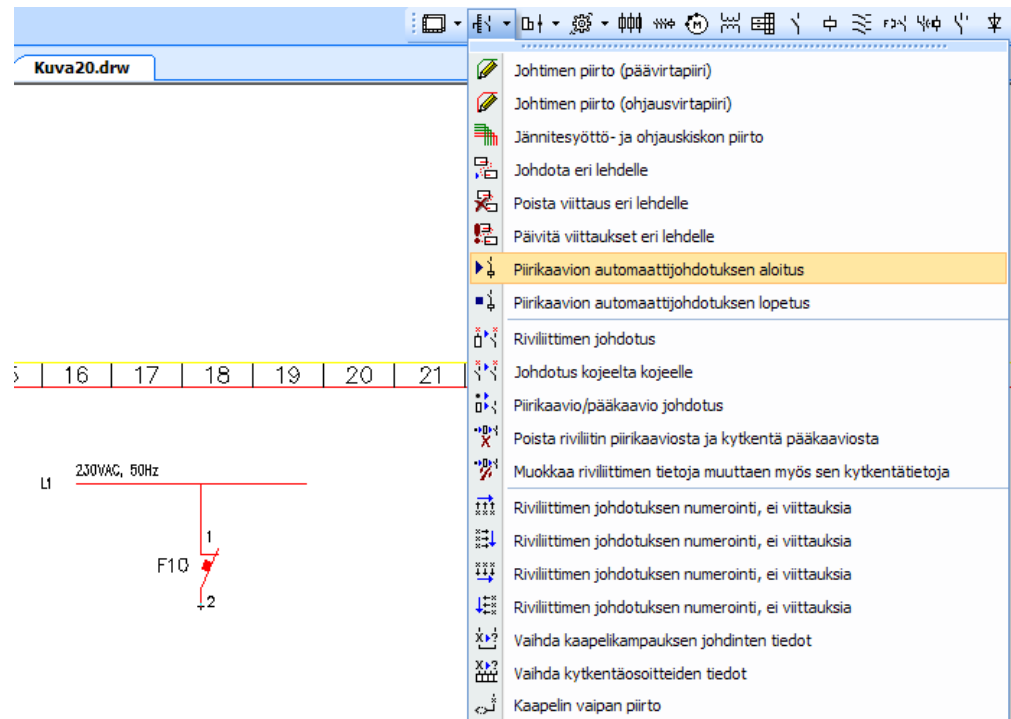
KUVA 27. Kaapelit-valikko.

Seuraavaksi näytölle avautui valikko, josta poimittiin halutun tyyppinen kaapelityyppi. Jos haluttiin piirtää koko kaapeli samalla kertaa, valittiin ”Piirrä koko kaapeli” sekä ”Jatka kaapelin viivan piirrolla” -valikosta kampausta molempiin päihin. Kaapelityyppiä seuraava numero ilmaisee monestako haarasta on kysymys. Samasta Kaapelit-valikosta (kuva 28) voitiin myös lisätä valmiiksi piirretyille johtimille kaapelimerkintöjä.



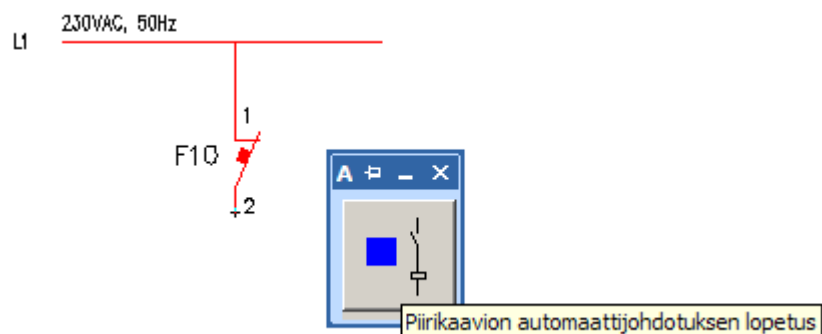
KUVA 28. Kaapelikampauksen piirto.

Ohjausvirtapiirejä ajatellen johdotus oli mahdollista suorittaa eri menetelmillä. Yksi vaihtoehto oli sijoittaa symbolit ensin paikoilleen, ja tämän jälkeen johdottaa käyttäen normaaleja viivoja. Symbolien sijoittelu johdotuksen jälkeen oli hieman hitaampaa. Ohjelman ”Ohjauspiirikaavion automaattinen johdotus” -toiminto oli myös tarjolla. Tässä kuvaan liitettävät symbolit johdotetaan toisiinsa automaattisesti. Tämä tapahtui päätyökaluriviltä Johdotustoiminnot painikkeesta valitsemalla ”Piirikaavion automaattijohdotuksen aloitus”.



KUVA 29. Automaattisen johdotuksen aloitus.

Kun automaattijohdotuksen aloituspiste oli annettu, ohjelmaan avautui kuvan 30 mukainen painike, josta johdotus voitiin lopettaa. Nyt kuvaan voitiin lisäillä haluttuja symboleita. Sijoittelun jälkeen johdotus lopetettiin nollakiskoon.



KUVA 30. Automaattisen johdotuksen lopetus.

6.2 Piirikaavioiden tuottaminen

Varsinainen työ vaati yhteensä kahdentoista eri käyttöön liittyvän kaavion tuottamisen. Näiden purkaminen aloitettiin moottorilähdöistä, koska juuri moottorilähtöihin löytyi selvästi eniten valmiita esimerkkejä ja kaavioita käytettävissä olevasta materiaalista.

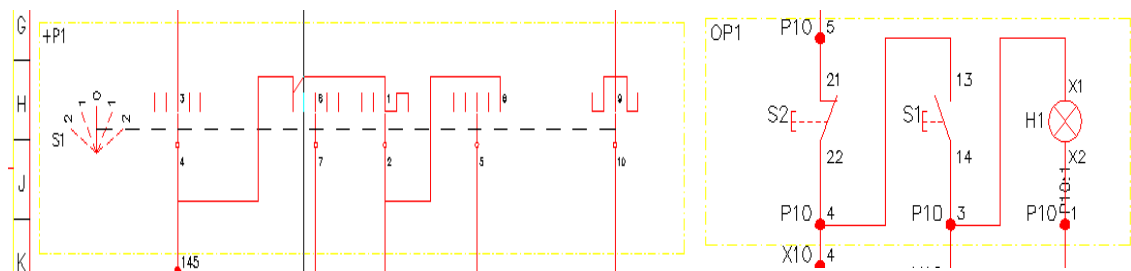
6.2.1 Moottorilähdöt

Moottorien ohjauksen sai periaatteessa valita itse. Esimerkkejä töissä esiintyvistä ohjauksista ovat muun muassa painike- sekä kytkinohjaus ja taajuusmuuttaja. Harkinnassa oli myös vaihtoehtoisesti toteuttaa kytkinohjaus tähti-kolmiokytkennässä sekä taajuusmuuttajassa automaatiojärjestelmällä (DCS). Kyseinen järjestelmä ei kuitenkaan ollut oleellinen osa kurssimateriaalia, jota varten näitä pohjia tulevaisuudessa oli tarkoitus hyödyntää, joten sitä ei myöskään lisätty piirroksiin. Oikosulkumoottorin moottorilähdöistä tuli työstää 4 eri variaatiota: suorakäynnistys, suunnanvaihtokäynnistys, tähti-kolmiokäynnistys (Y/D-käynnistys) ja taajuusmuuttajakäyttö.

Taajuusmuuttajakytkennästä tehtiin kaksi eri variaatioita (liitteet 4 ja 5). Molempiin piirrettiin pohjalle Vacon-mallin NX04605 -taajuusmuuttaja. Ensimmäisestä kytkennästä tuli kokonaisuudessaan valmis kaavio. Toiseen kytkentään lisättiin päävirtapiirin riviliitin ja keskus rajattiin uudelleen. Tämän jälkeen poistettiin johdotukset moottorin päävirtapiiriin ja taajuusmuuttajan väliltä. Tarkoituksena oli jättää toinen kytkentä avoimeksi koulutustarkoitusta varten, jolloin se sopisi paremmin kytkentäpohjaksi taajuusmuuttajasovelluksia ajatellen.

Suunnanvaihtokäynnistys toteutettiin kytkinohjauksella (liite 2). Mikäli kytkimen sijasta olisi valittu automaattinen ohjaus, ohjauspiirikaaviosta olisi todennäköisesti tullut jonkin verran monimutkaisempi, kun taas kytkinohjaus on selkeä ja helpom-

min hahmoteltavissa. Kuvassa 31 on esitelty suunnanvaihto- ja suoranmoottori-
lähdön ohjauspiirikaavioissa käytetyt kytkintoiminnot.



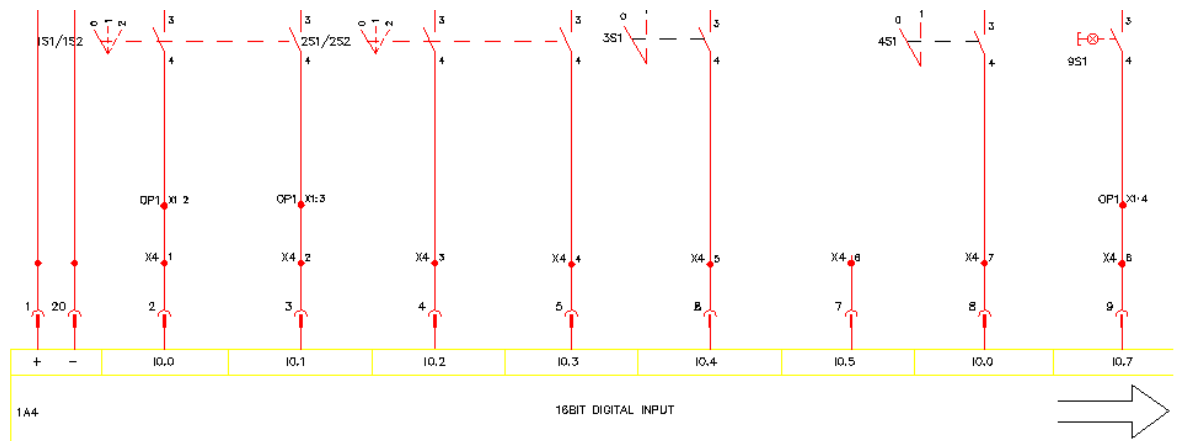
KUVA 31. 5-asento vääntökytkin ja painikeohjaus.

6.2.2 Logiikkakytkennät

Logiikan piirikaavioita työhön tuli kolme: logiikan tulot, logiikan lähdöt ja logiikan syöttö. Ennen piirikaavioiden tekoa täytyi perehtyä logiikan kytkennän periaatteisiin ja käytettyihin komponentteihin sekä selvittää löytyykö symbolikirjastosta tarpeeksi logiikkaan liittyviä piirrosmerkkejä. Ohjelmassa oli tarjolla moduulilähdöt (sekä -tulot) johdotusta helpottamaan, mutta nämä oli yhtä hyvin mahdollista piirtää selkeästi itse.

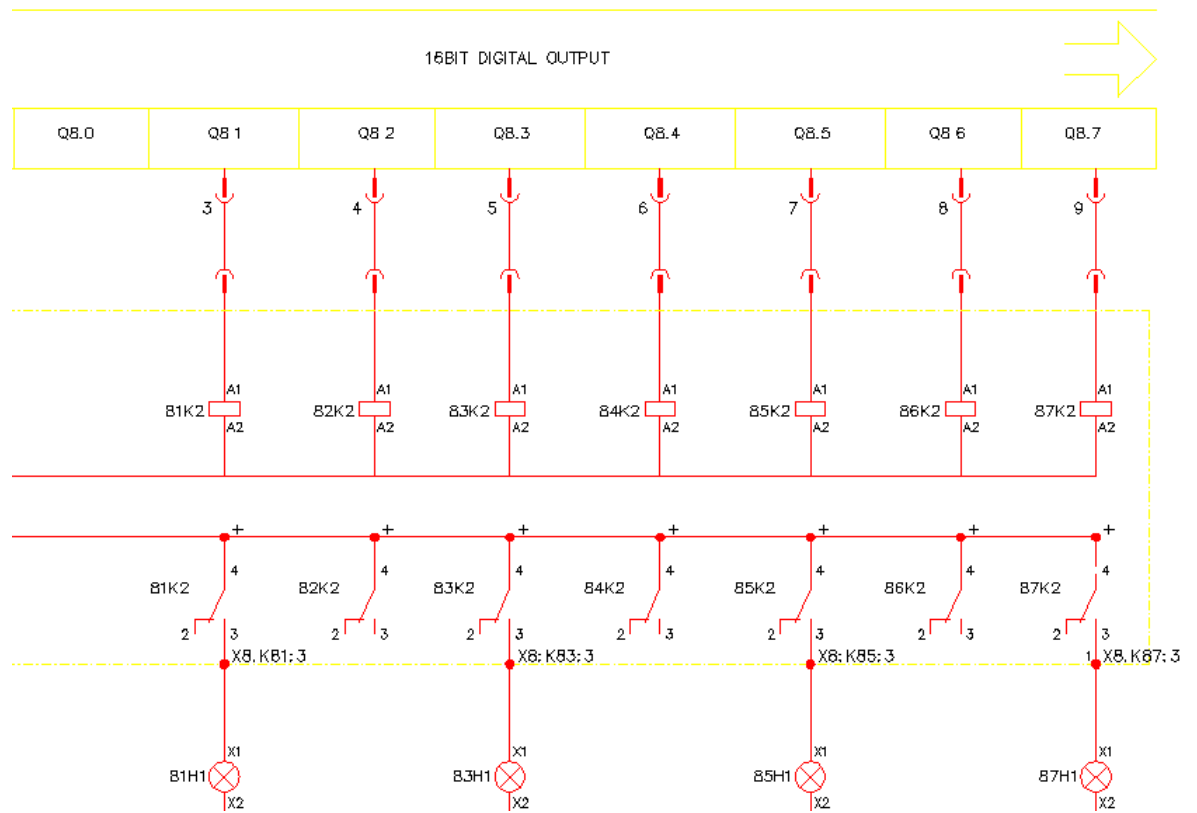
Periaatteessa logiikan tulot ja lähdöt voi esittää yhdellä sivulla. Tässä tapauksessa sekä tuloissa että lähdöissä oli liian paljon komponentteja, jotta niitä olisi ollut järkevää sijoittaa samaan kaavioon. Malleja logiikan ohjaukseen löytyi valmiiksi tulojen ja lähtöjen työasemakytkennöistä. Tässä suunnittelussa ei kuitenkaan ollut tarkoitus käyttää tietyn merkisiä laitteita. Suunnittelu aloitettiin purkamalla logiikan tulokaaviota (liite 6). Siihen sijoitettiin 8 eri tuloa (I0.0-I0.07). Jokaiseen tulopiiriin sijoitettiin kytkin (kuva 32) ja pistokeliitin. Lisäksi tulopiirit suojattiin johdonsuojakatkaisimella. Tuloja I0.0-I0.1 sekä I0.2-I0.3 ohjattiin 0-1-St -vääntökytkimillä. Tämän tarkoituksena oli mahdollistaa kahden tulo ohjaus yhdellä vääntökytkimellä.

Tuloihin I0.4 sekä I0.6 valittiin vastaavasti erilliset 0-1 -kytkimet. Kaksikäsi-painike valittiin viimeiseen tuloon. Tätä voisi esimerkiksi käyttää logiikkaan ohjelmoidun työkierron käynnistimenä.



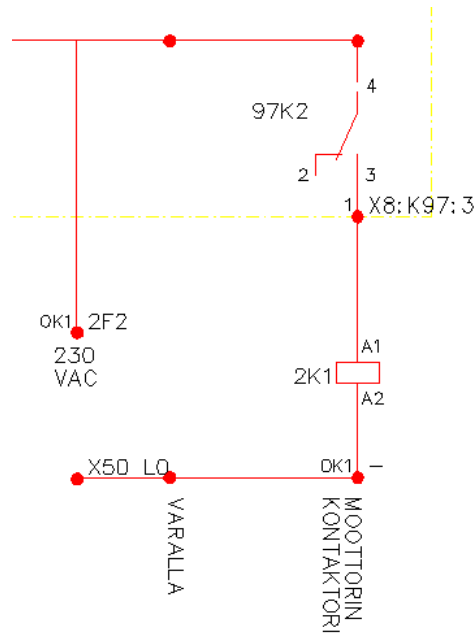
KUVA 32. Logiikan tulojen ohjaus.

Logiikan lähtöpuolella oli 16 digitaalista ulostuloa. Näin ollen oli järkevintä luoda piirikaaviot kahteen eri kuvaan. 8/8-lähtötunnukset nimettiin seuraavasti. Ensimmäiset seitsemän Q8.1 - Q8.7 (kuva 33) ja toiseen kaavioon Q9.1 - Q9.7. Samoin kuin tulopuolella, jokaiseen lähtöön sijoitettiin pistokeliitin. Piirikaavioon rajattiin keskus X8. Lähtöihin sijoitettiin merkkilamppu ilmaisemaan, milloin mitäkin lähtöä käytetään, ja ohjaukseen valittiin vaihtokoskettimet. Esimerkiksi kun kela 83K2 vetää, kosketin 83K2 vaihtaa asentoa, jolloin merkkilamppu 83H1 syttyy ja ilmaisee että lähtö Q8.3 on aktiivinen. Kaikki lähdöt on tarkoituksella jätetty vapaaksi, jolloin niihin voidaan kytkeä haluttuja toimilaitteita. Lähtökytkentä on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 7. Huomioitavaa logiikan lähtöjä piirrettäessä oli, että halutunlainen johdonsuojakytkin (tässä tapauksessa 4F3) puuttui CADS:in symbolikirjastosta ja sen joutui luomaan erikseen molempiin lähtöpiirikaavioihin.



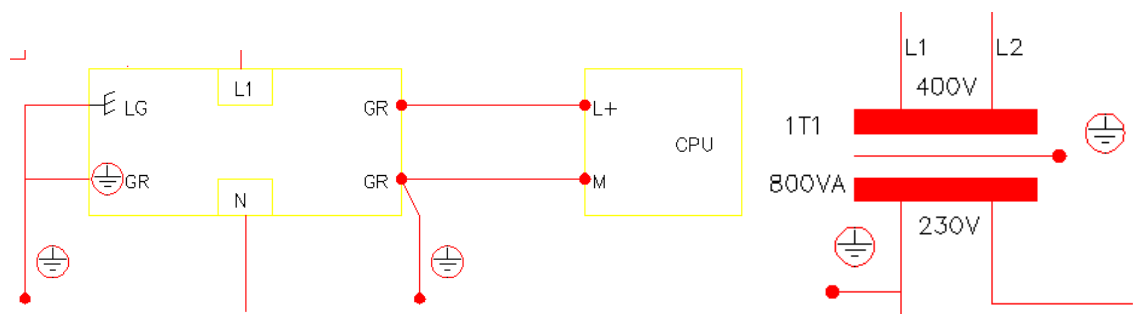
KUVA 33. Logiikan lähtöjen ohjaus.

Toinen logiikanlähtökaavio (lähdöt Q9.1 - Q9.7/liite 8) rakennettiin samalta pohjalta. Eroavaisuutena oli, että merkkilamppuavusteisen tilan ilmaisun sijasta tässä ohjattiin toimilaitteita sekä keloilla että magneettiventtiileillä. Lisäksi lähtöön Q9.7 suunniteltiin erillinen jännitekytkentä (230VAC), joka on esitetty seuraavassa kuvassa.



KUVA 34. 230VAC jännitekytkentä kontaktorin ohjauksessa.

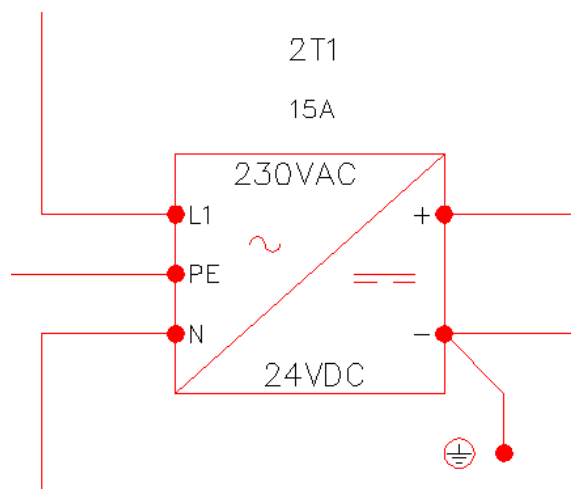
Logiikan syöttökaavioon (liite 9) luotiin 3 komponenttia: muuntaja, logiikan virtalähde sekä keskusyksikkö (CPU). Muuntaja 1T1 ottaa 2-vaiheisen jännitteen verkosta ja muuntaa sen 400V -> 230V, joka kytketään logiikan 1A1virtalähteeseen johdonsuojakatkaisijan välityksellä. Keskusyksikkö 1A2 saa jännitteen samasta virtalähteestä. Molemmat ovat suojamaadoitettuja. CADs-kirjasto ei sisältänyt komponenttisyboleja logiikan virtalähteestä eikä keskusyksiköstä. Näin ollen nämä piirrettiin erikseen tätä kytkentää varten. Muuntaja (400V/200V/800VA) mallinnettiin myös. Nämä kolme komponenttia on esitetty kuvassa 35.



KUVA 35. Logiikan virtalähde, keskusyksikkö ja muunnin.

6.2.3 24 VDC -jännitejako

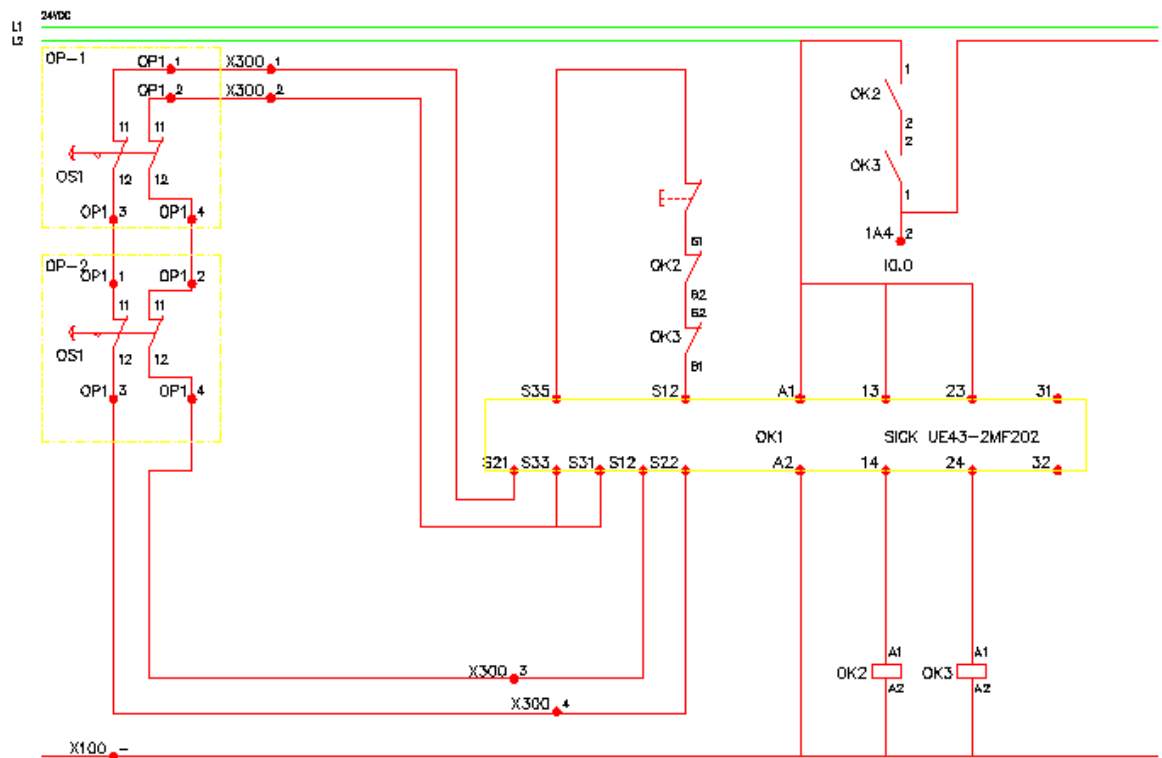
24V jännitejaon periaatteena on jakaa jännite eri laitteille ylivirtasuojien kautta. Käyttökohteiksi voidaan soveltaa esimerkiksi logiikan tuloja ja lähtöjä. Jännitejako-kaavio (liite 10) muodostui kolmesta komponentista, johon kuului kaksi johdon-suojakatkaisijaa sekä kuvassa 36 esitetty 230VAC/24VDC/15A-virtalähde. Piirroksen löytyi kyseinen virtalähde kätevästi symbolivalikoista. Johdonsuojakatkaisijat sijoitettiin tulopuolen yksivaiheohjausjännitteelle sekä lähtöpuolen 24 tasajännitteelle. Virtalähteestä saadaan 15 ampeerin maksimivirta. Tulopuolella 2F3 -johdonsuojakatkaisimen ollessa kiinni, maksimivirran (10A) ylittäminen aiheuttaa välittömästi jännitteen katkeamisen. Näillä hakkureilla voidaan ohjata tasajännitettä esimerkiksi logiikan korteille. Hyötysuhde on suurin piirtein 85 - 90 %, joten suuria tehoja ei mene hukkaan. Tasasuuntaaja muuttaa verkosta syötetyn vaihtojännitteen sykkiväksi tasajännitteeksi. Yleisin sovelluskohde näille on elektroniikkalaitteiden verkkolaitteessa vaihtojännitteen muuttaminen tasajännitteeksi. Lineaarisessa teholähteessä tasasuuntaus tehdään muuntajan jälkeen, hakkuriteholähteessä tasasuuntausta tarvitaan sekä verkkojänniteosassa että pienjänniteosassa.



KUVA 36. 230VAC/24VDC/15A virtalähde.

6.2.4 Hätäseis- ja turvaoviipiiri

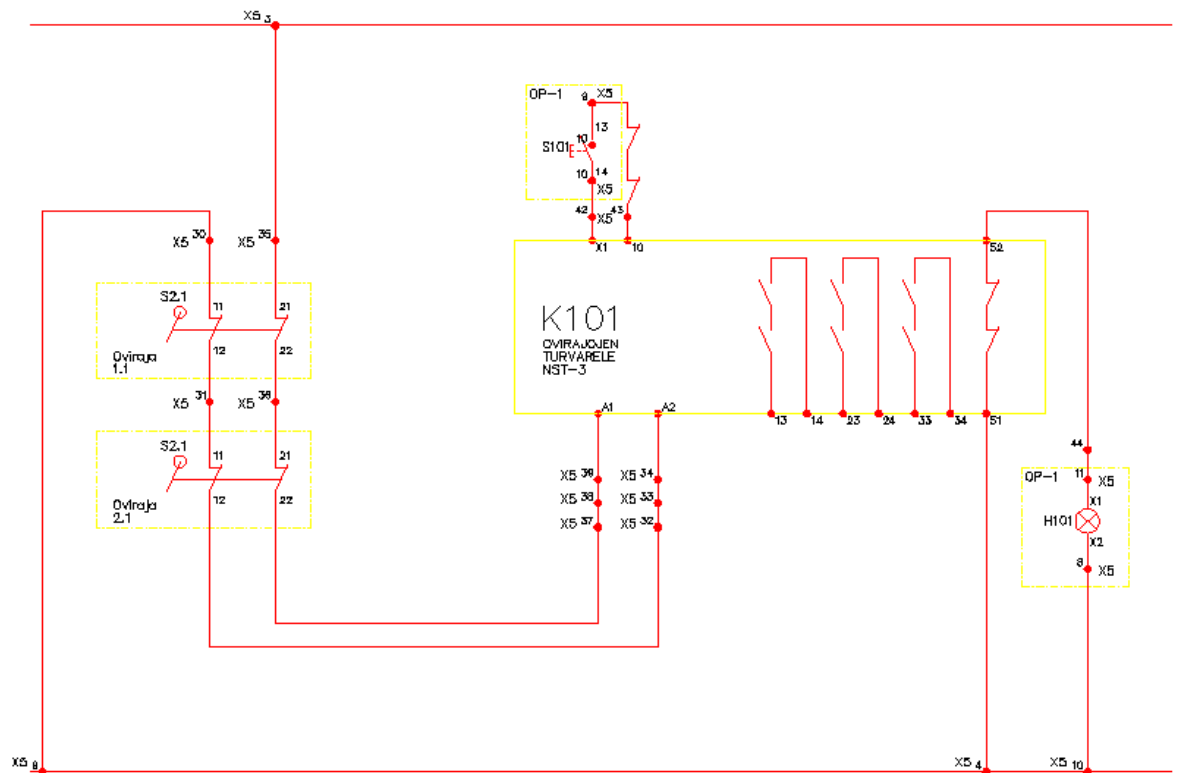
Liitteessä 11 esitetty hätäseis-piiri rakentuu turvarelemoduulin SICK UE43-2MF202 ympärille. Moduuli on liitetty 24VDC jännitelähteeseen. Tässä tulot S21, S33, S31, S12 ja S22 muodostavat hätäseislenkit, joihin on liitetty 2 avauskoskettimilla toimivaa hätäpainiketta. Ensimmäinen lenkki koostuu parittomista riviliittimistä ja toinen parillisista. Lähtöliittimet 14 ja 24 ohjaavat keloja OK2 ja OK3. Toimintaperiaate tässä piirissä on, että jos hätäkytkintä OS1 tai OS2 painetaan, molemmista hätäseis-piireistä katkeaa virta, kela OK2 ja OK3 eivät vedä, ja L2- lähtöpiiristä katoaa jännite. Alla olevassa kuvassa 37 esitetään ohjauspiirikaavio kokonaisuudessaan.



KUVA 37. Hätäseis-piirikaavio.

Viimeisessä kuvassa (ja liitteessä) esitetään 2 sarjaankytkettyä ovirajakytkintä liitettyinä (kolmanteen turvaluokkaan kuuluvan) turvarelekytkimen NST-3 A1 (+) ja A2 (-) syöttöjännitteisiin. Ovirajakytkiminä käytetään mekaanisia turvarajakytkimiä.

Toimintaperiaate on, että jos toinen tai molemmat ovirajojen koskettimista avautuvat, turvareleeseen (lähtöihin 13-14, 23-24 ja 33-34) kytketty laite tai laitteet menevät OFF-tilaan. Samalla merkkilamppu H101 syttyy. Ovirajojen kiittauspainikkeella S101 voidaan turvarele asettaa uudelleen valmiustilaan, jolloin myös merkkilamppu sammuu. Turvarajakytkin voidaan korvata myös muunlaisella turvalaitteella kuten esimerkiksi turvavaloverholla..



KUVA 38. Turvaovi-piirikaavio.

7 YHTEENVETO

Päättötyön tavoitteena oli saada ohjaajan pyytämät sähkö- ja automaatio suunnitellu kaaviot tehtyä siten, että ne olisivat mahdollisimman selkeälukuisia ja helposti muokattavia. Erilaisia kaavioita muodostui yhteensä 12. Näitä käytetään osana kurssimateriaalia Seinäjoen ammattikorkeakoulun automaatiotekniikan opiskelijoita ajatellen. Se, että opiskelija pääsee itse käytännössä perehtymään ja tekemään CAD-suunnittelua, joko valmiilta pohjalta jatkaen tai niistä mallia ottaen, auttaa huomattavasti asian sisäistämistä.

Teoriaosuudesta muodostui laajempi, mitä alun perin odotettiin. Tämä johtui lähinnä tutkittavan alueen laajuudesta. Jos alue olisi rajattu pelkkään sähkösuunnitteluun, kokonaisuudesta olisi tullut huomattavasti suppeampi. Kuitenkaan työn aiheen ja yhtäläillä koulutusohjelman valinnan ohella, ei automaatio suunnittelussa huomioitavia järjestelmiä ja koneturvallisuuteen liittyviä käytäntöjä voitu rajata pois.

Ohjelman käytön aikana ongelmia ilmeni aluksi ohjelmassa sisäänrakennettuina olevien automaatiotoimintojen sisäistämisessä. Sähkösuunnittelussa käytetyissä eri ohjelmissa esiintyi samaa tarkoittavia, mutta eri tavoin mallinnettuja piirrosmerkkejä. Tämä oli useissa tapauksissa melko sekavaa. Toisaalta SähköCAD kirjastokaan ei ole täydellinen. Ehkä suurin yleisongelma alalla on se, että sähkösuunnitteluohjelmistoja tuottavat yritykset ovat pitkälti rajanneet järjestelmäyhteensopivuutta ainoastaan Windows-pohjaiseen arkkitehtuuriin sopivaksi.

Selkeästi kehitettäviä osa-alueita ovat näin ollen ohjelmistojen kehittäminen suuntaan, jossa tuetaan useita käyttöjärjestelmiä sekä aina parannettava ohjeistus. Varsinkin kun ohjelmakehitys lisää ohjelman sisäistä automatiikkaa. Lisäksi ohjelmien merkkikirjastoja tulisi yhdenmukaistaa. Myös eri laitteistovalmistajat voisivat tehdä valmiita sähkösymboleita. Tästä esimerkkinä vaikka liitteeseen neljä mallinnettu Vaconin toimittama taajuusmuuttajasymboli voisi olla ladattavana Vaconin verkkosivuilta, jolloin tätä ei suunnittelijan tarvitsisi mallintaa omatoimisesti.

Opinnäytetyön teko alkoi syyskuun vaihteessa. Kaiken kaikkiaan aikaa työn suoriutumiseen olisi pitänyt varata enemmän, ottaen huomioon alueen laajuuden ja erityisesti sen, että ohjelmistoihin totuttelu jo itsessään vaatii paljon syventymistä. Alustavasti suunnitellut aikataulut kuitenkin pitivät ja työ saatiin päätökseen. Tästä voidaan osaltaan antaa kiitokset opinnäytetyöohjaajalle.

LÄHTEET

- Ala-Risku, M., Kivistö-Rahnasto, J. & Mattila, M. 1997. Koneturvallisuus. Helsinki: Opetushallitus.
- Jumpponen, E. 2001. Sähköpiirustuskirja. 5.uud. p. Espoo: Sähköinfo Oy.
- Kallio, R. & Mäkinen, M. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Helsinki: Otava.
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T. & Putkonen, K.. 2001. Logiikat ja ohjausjärjestelmät: Koneautomaatio 2. Vantaa: Helsinki WSOY.
- Joki-Korpela, R. 2001. Tietokoneavusteinen suunnittelu. [www-dokumentti] [viitattu 12.10.2009.] Saatavana: <http://cs.joensuu.fi/~rjokik/la.htm>
- Pahkala, J. & Siirilä, T. 2001. EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. 3.uud.p. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- Pere, T. 1984. Sähköpiirustus. 2. uud. p. Helsinki: Offsetpiste.
- Rajala, H. 2009. Sähkökaaviot. Luentomoniste. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö. Julkaisematon.
- Sertifiointi. 2004. Neuvottelevat Sähkösuunnittelijat NSS ry. [www-dokumentti] [viitattu 13.10.2009.] Saatavana: <http://www.nssoy.fi/fi/sertifiointi/>
- SFS 2008. Tekninen dokumentointi . Osa 3: Piirustusten, Kaavioiden, Osaluetteloiden ja ohjeiden laatiminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- Suomen Automaatioseura ry. 2001. Laatu automaatiassa. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.
- Siirilä, T. 2009. Koneturvallisuus: Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. 2. uud. p. Helsinki: Inspecta Koulutus Oy.
- Sähkötöiden tekeminen. 2006. TUKES. [www-dokumentti] [viitattu 24.9.2009.] Saatavana:<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkoalan-vastuuhenkilot-ja-urakointi/Sahkotoiden-tekeminen/>

Tehokkaat ja tuottavat laite- ja automaattioratkaisut. 2007. Sähkölehto Oy. [www-dokumentti] [viitattu 24.09.2007.] Saatavana:

http://www.sahkolehto.fi/tuotteet/releet/fi_FI/turvarele/ files/12192991240007483/default/Turvarele_L46.pdf

Valokynä 2/2009. Tampere: CAD/CAM-yhdistys ry.

LIITTEET

LIITE 1: Suorakäynnistys pää- ja ohjauspiirikaavio

LIITE 2: Suunnanvaihtokäynnistys pääpiirikaavio

LIITE 3: Suunnanvaihtokäynnistys ohjauspiirikaavio

LIITE 4: Tähti-kolmiokäynnistys pääpiirikaavio

LIITE 5: Tähti-kolmiokäynnistys ohjauspiirikaavio

LIITE 6: Taajuusmuuttaja pää- ja ohjauspiirikaavio

LIITE 7: Taajuusmuuttaja 2 pää- ja ohjauspiirikaavio

LIITE 8: Logiikan tulopiirikaavio

LIITE 9: Logiikan lähtöpiirikaavio

LIITE 10: Logiikan lähtö 2 -piirikaavio

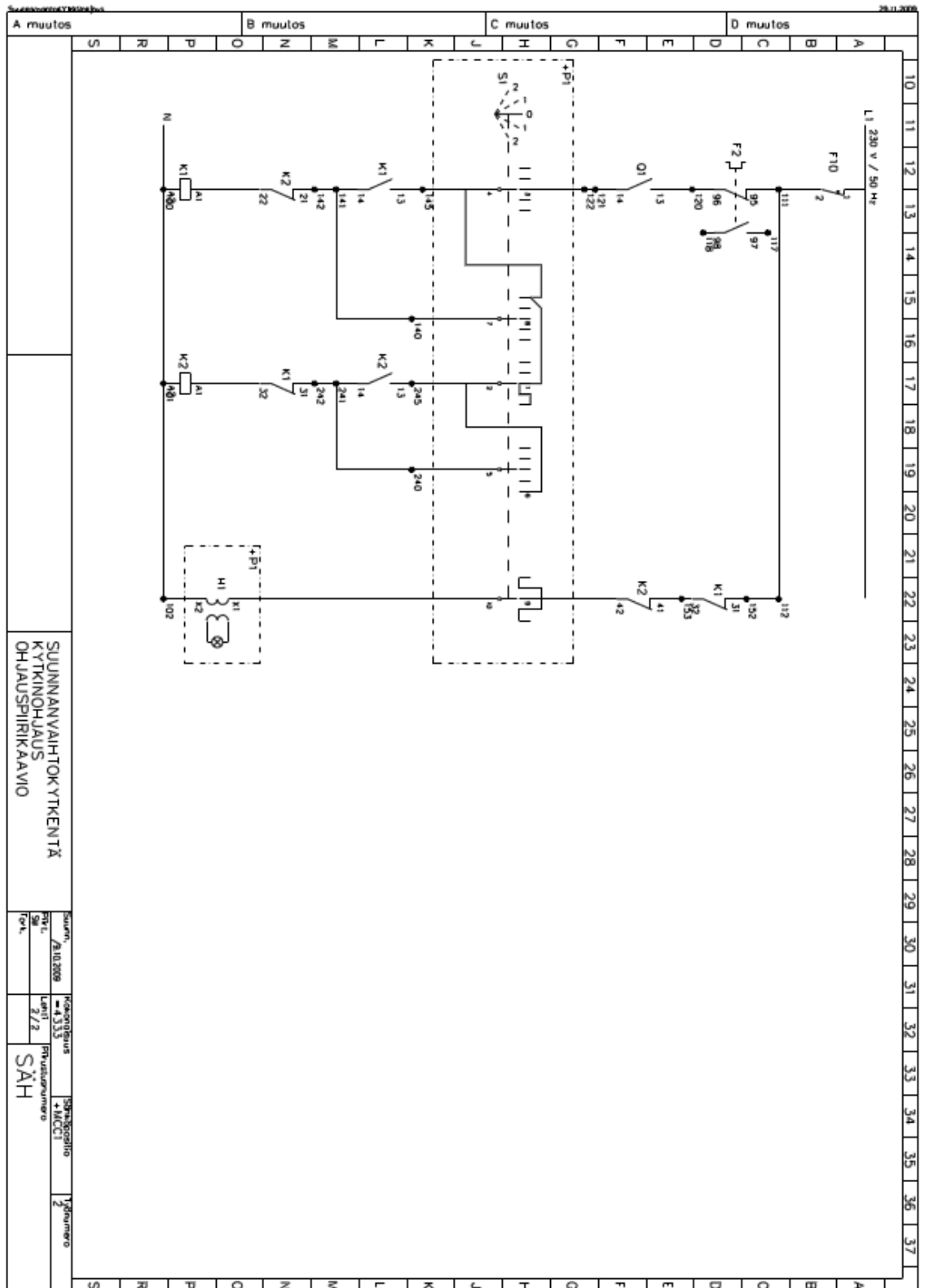
LIITE 11: Logiikan syöttöpiirikaavio

LIITE 12: Jännitejako-piirikaavio

LIITE 13: Hätäseis-piirikaavio

LIITE 14: Turvaovi-piirikaavio

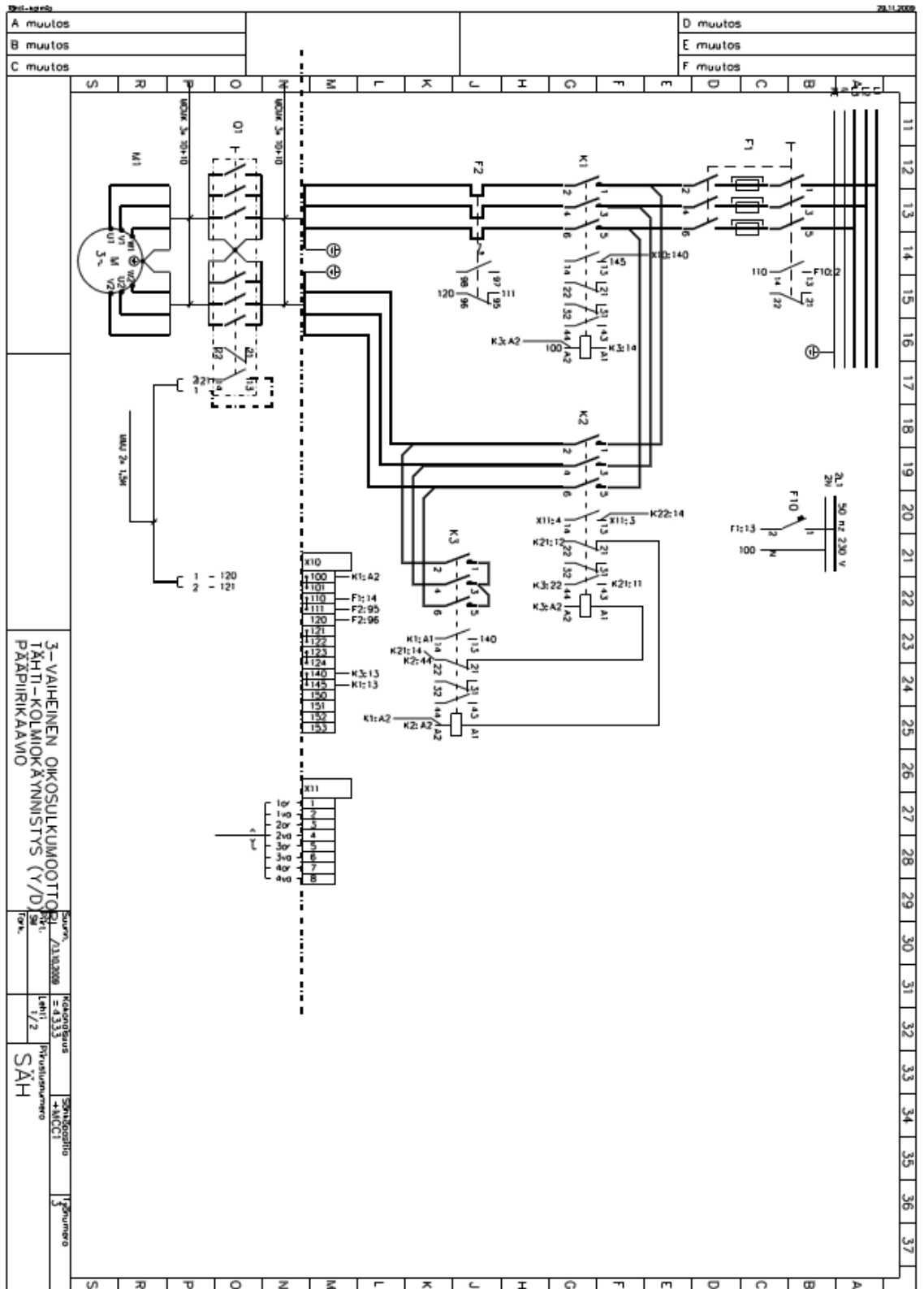
LIITE 3: Suunnanvaihtokäynnistys ohjauspiirikaavio



SUUNNANVAIHTOKYTKENTÄ
KYTKINOHJAUS
OHJAUSPIIRIKAAVIO

suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	1	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	2	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	3	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	4	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	5	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	6	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	7	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	8	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	9	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	10	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	11	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	12	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	13	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	14	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	15	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	16	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	17	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	18	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	19	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	20	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	21	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	22	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	23	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	24	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	25	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	26	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	27	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	28	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	29	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	30	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	31	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	32	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	33	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	34	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	35	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	36	numero
suunn.	23.10.2009	kaapitegus	SÄHÄSUUNNITUS +MCC	37	numero

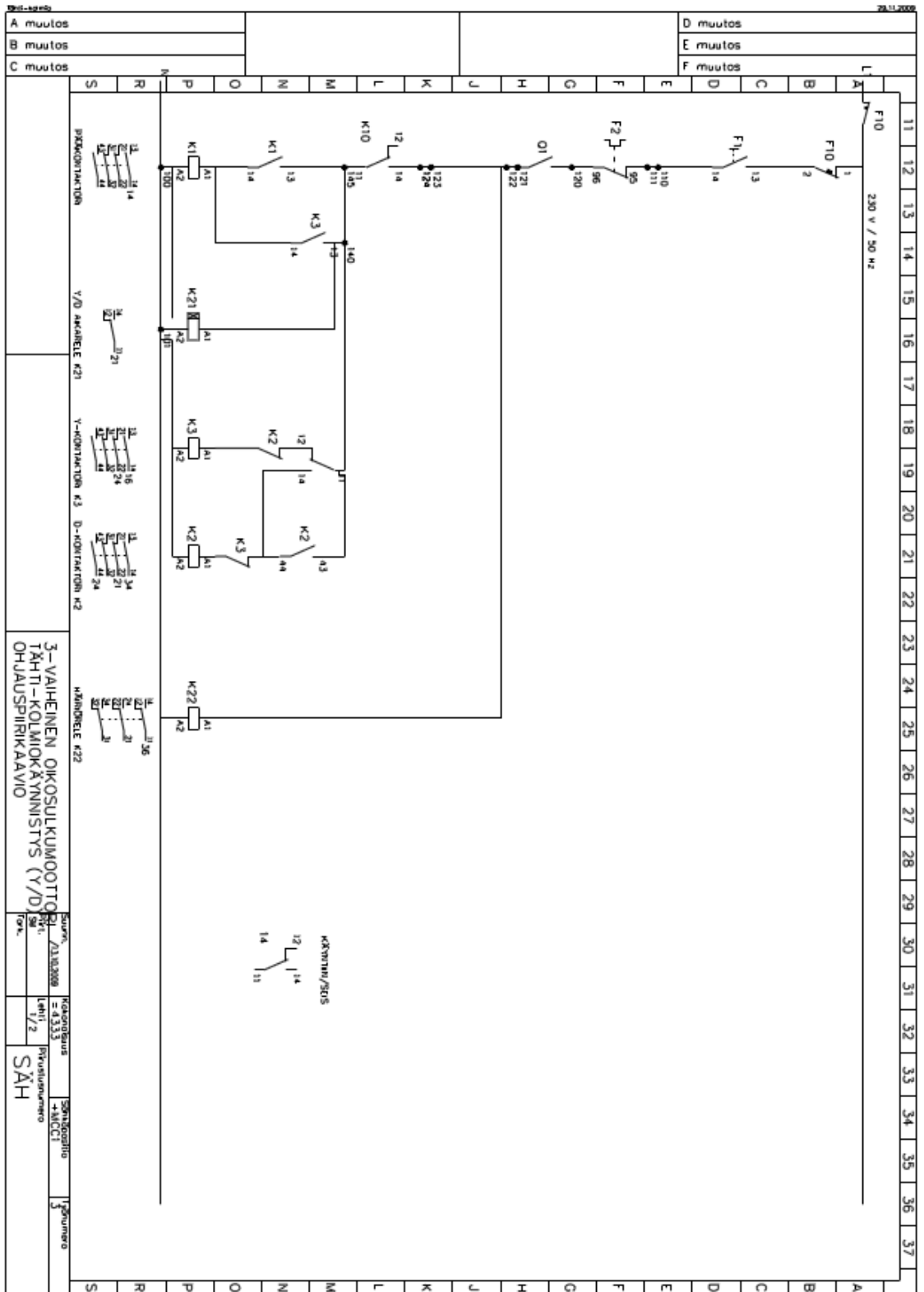
LIITE 4: Tähti-kolmiokäynnistys pääpiirikaavio



3 - VAHHEINEN OIKOSULKUOOTTO
TÄHTI-KOLMIOKÄYNNISTYS (Y/D)
PÄÄPIIRIKAAVIO

suunn. / 13.3.2008
Kokoonpiirits
Päiväysnumero
SAH

LIITE 5: Tähti-kolmiokäynnistys ohjauspiirikaavio

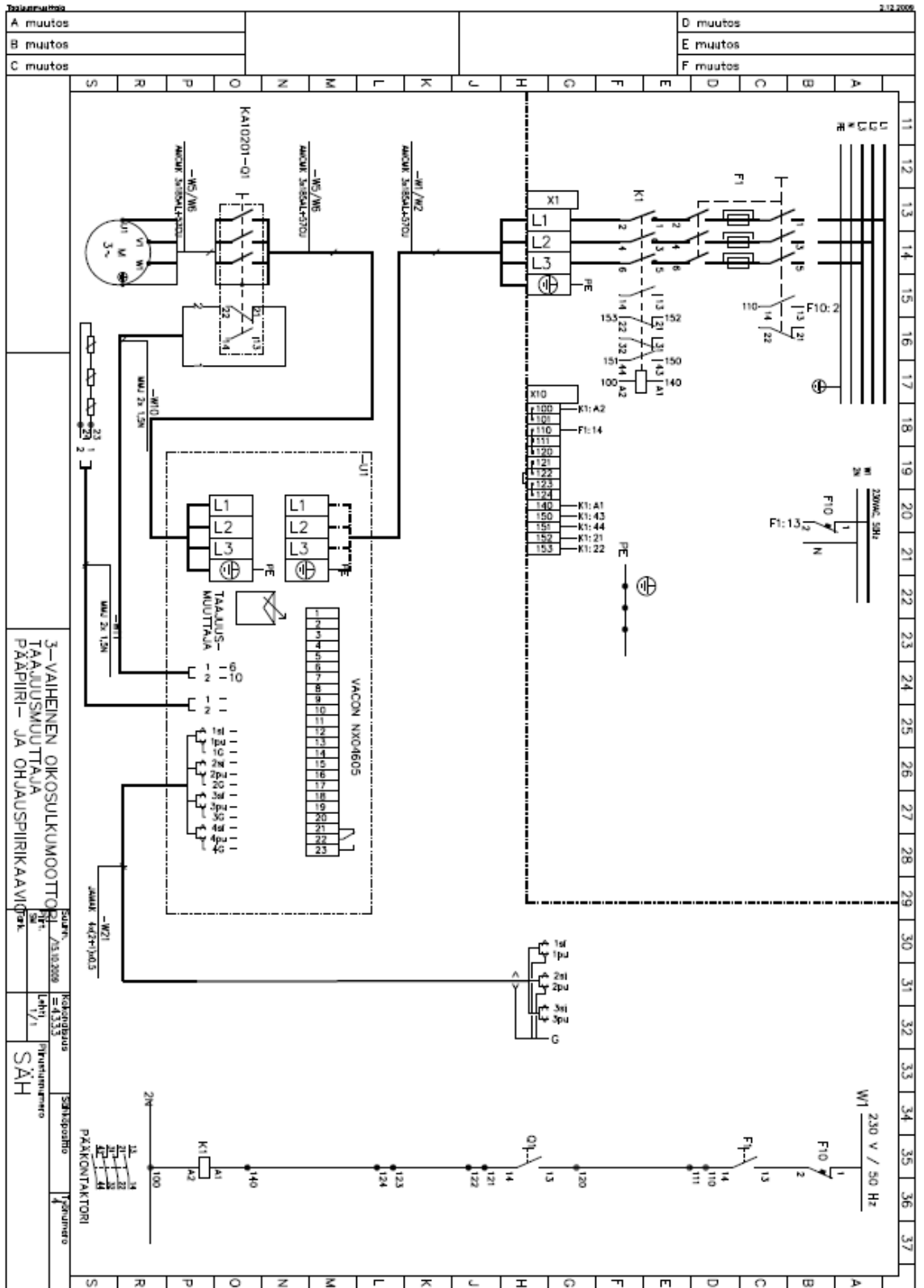


3-VAIHEINEN OIKOSULKUOITTO
 TÄHTI-KOLMIOKÄYNNISTYS (Y/D)
 OHJAUSPIIRIKAAVIO

Surj. / 23.10.2008
 Käärmitus = 4333
 Tekijä / 2
 Pivutusnumero
 SAH
 Sähköpiiri
 +MCC1
 Tgnumero
 3

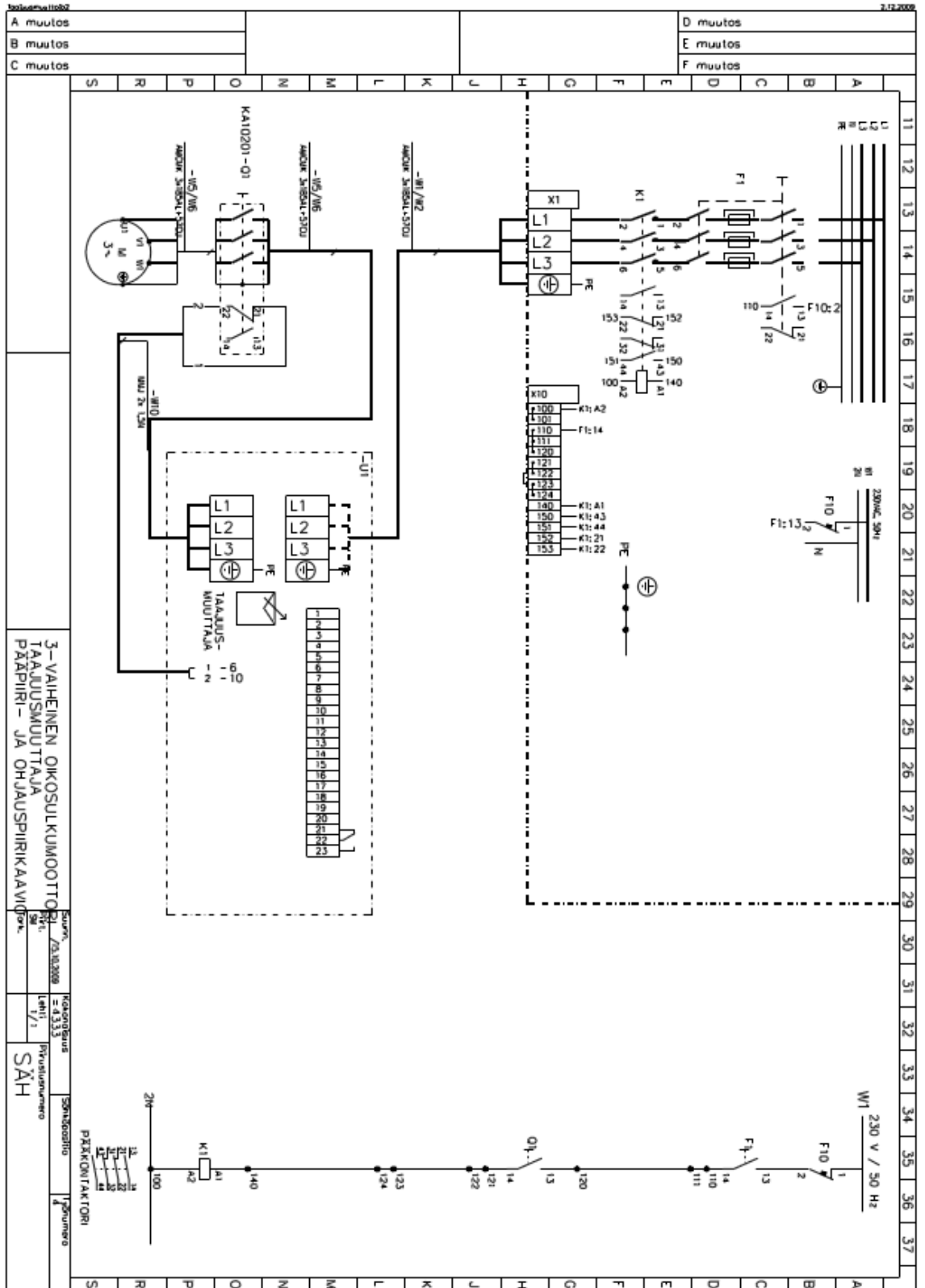
LIITE 6: Taajuusmuuttaja pää- ja ohjauspiirikaavio

6 (14)



LIITE 7: Taajuusmuuttaja 2 pää- ja ohjauspiirikaavio

7 (14)



3-VAIHEINEN OIKOSULKUMOOTTO
TAAJUUSMUUTTAJA
PÄÄPIIRI- JA OHJAUSPIIRIKAAVIO

Suunn. / 23.10.2009
K1, K2, K3, T1, S1

Kokonaissuus
= 0333
Lehti
V/1

Sähkötöiden
PÄÄKONTAKTORI

