

Toni Jäntti

Automaatioprojektien modulaariset mallikuvat

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

28.11.2018

Tekijä Otsikko	Toni Jäntti Automaatioprojektien modulaariset mallikuvat
Sivumäärä Aika	27 sivua + 33 liitettä 28.11.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkötekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Osmo Massinen Key Account Manager, Automation Petri Saarinen
<p>Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella mallikuvia, joita voidaan käyttää laivojen automaatioprojektien ohjauskeskuksissa laivoissa ja tavoitteena oli helpottaa sähkösuunnittelua mallikuvien avulla. Mallikuvat ovat yhden tai kahden sivun mittaisia eli moduuleita, joita voidaan yhdistellä toisiinsa. Mallikuvat on tehty CADS 17 -ohjelmistolla ja tarkoitettu automaatioprojektien suunnittelun helpottamiseksi. Mallikuvat on tarkoitettu laivojen ohjauskeskusten sähkösuunnitteluun. Opinnäytetyön tein eteläsuomalaiselle automaatio alan yritykselle.</p> <p>Mallikuvia ovat tehty, sillä tavalla, että kokonainen projekti voitaisiin tehdä yhdistelemällä moduuleita ja muokkaamalla osien tunnuksia. Mallikuvien tarkoitus on avustaa projektien teossa ja olla tukena isommille mallikuville.</p> <p>Mallikuville on tehty ohjeet, jotka opastavat kuinka mallikuvia tuodaan projektiin ja miten niitä käytetään. Ohjeissa on myös selostus mistä mallikuvat löytyvät. Mallikuvista on kerrottu, miten niitä käytetään ja mitä ne sisältävät.</p> <p>Mallikuvien käyttö nopeuttaa sähkösuunnittelu työtä, kun ei tarvitse piirtää jokaista osaa uudelleen. Koska mallikuvat ovat modulaarisia, niitä voidaan käyttää myös vanhojen automaatioprojektien päivityksessä.</p>	
Avainsanat	Piirikaavio, suunnittelu, automaatio, CAD, mallikuva

Author Title	Toni Jäntti Modular templates for automation projects
Number of Pages Date	27 pages + 33 appendices 28 November 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Technology
Instructors	Lecture Osmo Massinen Key Account Manager, Automation Petri Saarinen
<p>The subject of the thesis was to design templates that can be used in ship's automation projects control cabinet and the aim of the project was to facilitate electrical design with the help of templates. These templates are one or two pages long, so called modules that can be combined with each other. The templates are made with CADS 17 software and designed to help design automation projects. The templates are intended for the electrical design of ship control centers. Thesis was made for a South-Finnish automation company.</p> <p>The template has been made so that a whole project can be done by combining modules and modifying part names. Templates are designed to assist in project design and support larger templates.</p> <p>For templates has been made instructions that guide how templates are imported into a project and how to use them. The instructions also contain an information where can found templates. In instruction guides how the templates can be used and what they contain.</p> <p>The use of templates accelerates electrical design without having to recompile each part. As the templates are modular, they can also be used to update old automation projects.</p>	
Keywords	Wiring diagram, planning, automation, CAD, templates

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähkösuunnittelu pohjien rakentaminen	2
2.1	Standardit	2
2.2	Komponenttien nimeäminen	2
2.3	Suojaus	3
2.4	Syöttö	4
2.4.1	Pääsyöttö	4
2.4.2	UPS	5
2.4.3	Syöttötyypit	6
2.5	Kaapelointi	7
2.6	Moottorien ohjaus	12
2.7	Automaatiikka	14
2.7.1	Logiikka	14
2.7.2	Ohjaus	15
2.8	Pohjapiirustus	16
2.9	Automaatioprojektin kaaviot	17
3	Mallikuvat	19
3.1	Mallikuvien valinta	19
3.2	Automaatioprojektiin kuvien lisääminen	21
3.3	Tietokannan hyödyntäminen	22
3.4	Vanhaan automaatioprojektiin lisääminen	25
4	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

Liitteet

Liite 1. Ohje mallikuvien käyttöön

Liite 2. Mallikuvat

Lyhenteet

EMC	Electromagnetic Compatibility. Sähkömagneettinen yhteensopivuus
HMI	Human Machine Interface. Näyttöpääte.
IAS	Integrated Automation System. Kokonaisuuden automaatio järjestelmä, joka ohjaa kaikkia ohjauskeskuksia.
PLC	Programmable logic controller. Ohjelmoitava logiikka
PROFIBUS	Process Field Bus. Tällä tarkoitetaan automaatioteknologiassa olevaa kenttäväylätietoliikenneprotokollaa.
PROFINET	Process Field Net. Tällä tarkoitetaan automaatioteknologiassa olevaa tietoliikennettä, joka tapahtuu teollisuudessa ethernet-kaapeleiden avulla.
UPS	Uniterruptible Power Supply. Keskeyttämätön virran syöttö.

1 Johdanto

Työn tavoitteena oli tehdä yksi- tai kaksisivuisia mallikuvia eli moduuleita, jotka kattavat yleisimmät osa-alueet ohjauskeskusten sähkösuunnittelussa. Mallikuvat tein Cads 17 -ohjelmalla, jota pääsääntöisesti käytetään yrityksen sähkösuunniteluissa. Cads 17 -ohjelma on Kyndata Oy:n luoma tietokoneavusteinen suunnittelu ohjelmisto.

Opinnäytetyön tarkoitus on helpottaa ja nopeuttaa laivojen ohjauskeskusten sähkösuunnittelua. Helpotuksen seurauksena automaatioprojekteihin kuluu vähemmän aikaa ja rahaa, jolloin automaatioprojektit ovat taloudellisempia.

Aluksi mietin, että mitä kaikkea tarvitaan ohjauskeskuksen sähkösuunnittelussa, jonka jälkeen aloin selvittämään, mitä lisävaatimuksia on laivojen ohjauskeskuksissa. Näiden lisävaatimusten selvittämiseen käytin IEC 60092-standardia ja vertasin niitä SFS-EN 61439:n kanssa.

Ohjauskeskus koostuu seuraavista osista, mutta kaikki eivät ole pakollisia jokaiseen keskukseseen. Nämä osat ovat syötöt, muuntajat, 24 VDC-virtalähteet, moottorien ohjaukset, lämmittimet ja niiden ohjauksien, sekä lähtevät ja tulevat signaalit. Näistä osista aloin tekemään modulaarisia mallikuvia, joiden tarkoitus on helpottaa ja nopeuttaa sähkösuunnittelijan työtä. Kuitenkin moduulien lisäyksen jälkeen pitää vielä muokata kuvia oikeanlaisiksi, että niissä on oikeat komponentit ja oikean kokoiset suojat. Sekä niiden nimet pitää muokkaa, ettei olisi samaa nimeä eri laitteilla.

Samat osat jouduin tekemään moneen kertaan, koska jännitteet ja taajuudet muuttuvat pääpiirissä sekä ohjauspiirin taajuus muuttuu pääpiirin mukaisesti. Näin saadaan tehtyä modulaarinen rakenne sähkösuunnittelupohjalle, johon voidaan lisätä yksi osa tuolta ja toinen täältä.

Eteläsuomalaiselle automaatioalan yritykselle, jolle tein opinnäytetyön, on vuonna 2006 perustettu sähkö- ja automaatioalan palveluita tuottava yritys, joka on erikoistunut tietokonepohjaisten (PC/PLC) kappaleen- ja materiaalinkäsittelyyn sovellettavien ohjausjärjestelmien toteuttamiseen sekä ohjaus- ja moottorikeskusten valmistukseen. Vuodesta 2013 yritys on laajentanut osaamistaan (soveltaen olemassa olevaa

osaamistaan) myös kuluttajapuolelle, osallistumalla nk. robottipysäköintijärjestelmien kehittämiseen.

2 Sähkösuunnittelupohjien rakentaminen

2.1 Standardit

Laivan ohjauskeskuksissa käytetään standardeja IEC 60092 ja SFS-EN 61439. Teollisuuden ohjauskeskuksissa käytetään standardia SFS-EN 61439, jolloin kaikki eroavaisuudet ovat standardin IEC 60092 kohtaisia erikoissääntöjä. Ohjauskeskuksen sijainti määrätään standardissa, missä se saa olla ja mitä vaatimuksia tulee noudattaa, jos ohjauskeskus asennetaan erikoispaikkaan. Laivojen ohjauskeskusten suojaus on tarkempi kuin teollisuudessa.

Ohjauskeskusten standardit ovat SFS-EN 61439-1 ja SFS-EN 61439-2 sekä laivojen ohjauskeskusten standardi on IEC 60092-302, josta viitataan muihin standardin IEC 60092:n osiin. Laivojen sähköasennuksissa tulee noudattaa standardin IEC 60092 mukaisia kaapeleita.

Komponenttien on täytettävä standardien mukaiset vaatimukset, jos niitä halutaan käyttää. Lisäksi niiden pitää täyttää laivojen pienjännitekeskusten standardit, jos kyseistä komponenttia halutaan käyttää laivojen ohjauskeskuksissa.

2.2 Komponenttien nimeäminen

Ohjauskeskuksiin tulevat laitteet pitää olla tunnistettavissa toisistaan, jolloin ne pitää nimetä tietyllä tavalla. Ohjauskeskuksissa pääpiirin linjat ovat L1, L2 ja L3 ja hätäseispiiriin tulee lisäksi kirjain E linjan nimen perään. 230 VAC-piirit nimetään alkaen 0L1, 1L1, 2L1 ja niin edelleen. 1L1 on katkeamattoman jännitteen piiri. 24 VDC-piirit nimetään sen piirin mukaisesti mihin piiriin on sijoitettuna 24 VDC-muuntaja, mutta piirin nimeen lisätään plussa. Esimerkiksi, jos 1L1 lisätään 24 VDC-piiriin nimeksi tulee +1L1.
[9.]

Komponentit nimetään piirien mukaisesti. Esimerkiksi pääpiirin komponentit ovat 0xyz. X on pääpiirin lähtöjen järjestysnumero. Y kuvaa komponenttia esimerkiksi F on suoja, K on kontaktori, Q on kytkin. Z on yhdenlähdön sisäisten komponenttien järjestysnumero, jos kyseessä on samankaltaisia komponentteja useampi kuin yksi. Myös moottorilähtöihin liittyvät ohjaukset nimetään samalla tavalla. Erona on se, että Z alkaa numerosta 10 eikä 1. Logiikan lähdöt ja tulot nimetään kortin paikan ja osoitteen mukaisesti. [9.]

Jos kenttälaitteilla ei ole tunnusta, se voidaan nimetä logiikan lähdön tai tulon mukaisesti. Ohjauskeskuksen sisäiset laitteet, jotka ovat lähdöissä tai tuloissa ja ne eivät ole saaneet nimiä muutoin, nimetään ne logiikkakortin tunnuksen ja lähtevän kanavan mukaisesti. Jos kortin tunnus olisi Q300, silloin kyseisen kortin releet olisivat 300KQx, josta x on kanavan numero. [9.]

Keskuksiin pitää lisätä arvokilpi, jossa on keskuksen valmistajan nimi tai tavara merkki ja keskuksen valmistajan tunniste, jonka avulla saadaan valmistajalta tarpeellisia tietoja. Arvokilpi tulee olla näkyvillä ja luettavissa, kun keskus on käynnissä [4].

2.3 Suojaus

Perustason suojaukseen kuuluu ylivirta-, oikosulku- ja maasulkusuojaukset. Keskuksen sisäiset laitteet ja lähdöt tulevat suojata ylivirtaa kestäville sulakkeilla tai johdonsuojakatkaisijoilla. Jos syntyy keskuksen oikosulku, johdonsuojakatkaisijoiden pitää laueta samalla hetkellä, että keskuksen osat eivät rikkoonnu. Jokaisen jakelupiirin johdonsuojakatkaisijan tulee olla moninapainen laivojen ohjauskeskuksissa [3]. Keskuksia maadoitetaan laivan metalli rungossa olevaan massaan. Moottorit, jotka ylittävät 1,0 kW tehon, pitää suojata moottorikohtaisella ylivirtasuojalla. [3.]

Keskuksen kaikki laitteet tulee suojata oikean kokoisilla suojilla. Vaihtovirtapiirin laitteet tulee suojata johdonsuojakatkaisijoilla ja tasavirtapiirin laitteet voidaan suojata lasiputkisulakkeilla tai johdonsuojakatkaisijoilla. Yhden suojan takana voi olla enemmän kuin yksi komponentti tai laite, kuten ohjauskeskuksen moottorin ohjauksien kontaktorien käänit voidaan kytkeä yhden johdonsuojakatkaisijan taakse. Ohjausjännitemuuntajalla käytetään kolmenapaista johdonsuojakatkaisijaa, jonka kolmea kärkeä johdotetaan kahdella vaihteella. Ohjausjännitemuuntajien johdonkatkaisijasuoja on hieman erilainen

kuin moottorin johdonkatkaisijan suoja, koska ohjausjännitemuuntajien käynnistys virta saattaa kohota kaksikymmentäkertaiseksi nimellisvirtaa nähden. Laitteiden suoja valitaan nimellisvirran mukaisesti ja tarvittavan laukeamisluokan mukaan.

2.4 Syöttö

2.4.1 Pääsyöttö

Automaatioprojektiin tarvitaan tiedot jännitteestä ja taajuudesta. Ilman näitä kahta tietoa automaatioprojekti pitää suunnitella ilman pääjännitteen syöttöä, kunnes saadaan jännitteen ja taajuuden tiedot. Yleisimmät käytetyt jännitteet päävirtapiirissä ovat 380, 400, 420, 440, 460 sekä 480 VAC ja 660 sekä 690 VAC. Taajuusalueita on 50 Hz ja 60 Hz. Ohjausvirtapiirin jännitteet ovat 230 VAC ja 24 VDC. Ohjauskeskuksen tarvitsema virran määrä tulee laskea, kun ollaan kaikki kyseisen jännitteen virransyötöt lisätty.

Pääkytkimen tai johdonsuojakatkaisija koko pitää määrittellä, mikä tapahtuu sen jälkeisten laitteiden virtojen laskuna. Kaikki maksiminimellisvirrat lasketaan yhteen, jolloin saadaan tieto, kuinka paljon teoreettisesti ohjauskeskus käyttää virtaa. Huomioitavana on kuitenkin se, ettei pienempiä jännitteitä lasketa mukaan. Jännitteet jaetaan kolmeen osaan, jotka ovat pääjännite ja ohjausjännite vaihtovirtapiirissä sekä ohjausjännite tasavirtapiirissä.

Pääkytkimen koko valitaan sen tarvitseman jännitteen, taajuuden ja virran mukaisesti. Aina voidaan valita isompi pääkytkin kuin arvokilpeen on merkitty nimellisvirraksi ja käyttää sitä pienempänä, jolloin saadaan pelivaraa, jos halutaan ohjausyksikköön lisätä myöhemmin lähtöjä. Nimellisvirran mukaisesti muuttuu lyhytaikainen virransieto sekä virtapiikkien kestävyys. Virran määrä lasketaan pääpiirissä olevista lähdoista sekä kaapin sisäisistä laitteista.

Jos käytetään osissa tai virtakiskoissa alumiinia, varmistetaan, ettei synny galvaanista korroosiota. Galvaaninen korrosio syntyy sähkökemiallisena reaktiona, kun kaksi tai useampi metalli on keskenään sähköisessä kontaktissa ja upotettuna samaan elektrolyyttiin. [1.]

Ohjaujännitemuuntaja valitaan suurimman virrankulutuksen mukaisesti, jotta saadaan laitteet toimimaan. Ohjaujännitemuuntajan valinnassa pitää ottaa huomioon sen näennäisteho. Mitä suurempi näennäisteho, sen suuremman virran se tuottaa. Tämä pätee molempiin muuntajiin eli 230 VAC-muuntajaan ja 24 VDC-virtalähteeseen. Molemmat muuntajat voivat olla samassa laitteessa, kuten liitteessä 2 kohdassa 2.2 on esitettyinä, jolloin se saa virtansa pääsyötöltä. Kun ne ovat samassa, niillä on sama näennäistehon arvo. Silloin kun ne eivät ole yhdessä ja molempia tarvitaan, 230 VAC-muuntaja saa virtansa pääsyötöltä ja 24 VDC saa virtansa 230 VAC-ohjaujännitteestä tai pääjännitteestä. Jos ohjauksyksikössä ei tarvita 230 VAC-jännitettä, pitää valita sellainen 24 VDC-virtalähde, joka voidaan kytkeä suoraan päävirtapiiriin. Jokaisella tasavirran virtalähteellä pitää olla yksi jännite- ja virtamittaja, pois lukien käynnistyslaitteiden virtalähteet. Käytössä olevien ohjaujännitemuuntajien koko vaihtelee 50 VA 5000 VA.

2.4.2 UPS

UPS (Uninterruptible Power Supply) eli keskeyttämätön syöttö tuodaan ohjaukeskukselle 230 VAC:n jännitteisenä tai 24 VDC:n jännitteisenä. Jännitteestä riippuen UPS:n tarkoitus on syöttää tärkeille laitteille virtaa, jotta ne eivät sammu. Vaihtoehtoisesti voidaan tehdä UPS-virtaa UPS-moduulin avulla. Jos virrat katkeavat ohjaukeskukselta, UPS-moduulin patteri alkaa syöttämään virtaa ja on käynnissä, kunnes sen varastoitunut virta loppuu.

Mahdollisesti voi olla enemmän kuin yksi 24 VDC-virtalähdettä, mutta sen tarkoituksena on saada katkeamatonta 24 VDC jännitettä laitteille, joiden on välttämätöntä olla päällä. Kun UPS-syötöltä virtansa saanut 24 VDC-virtalähde on ainoastaan päällä, voidaan ohjelmoida logiikka, jotta tärkeimmät laitteet jäävät päälle. Se tarkoittaa, että pääsyöttö on katkennut tai jompikumpi sen jälkeisistä muuntajista on hajonnut. 24 VDC-virtalähteet voidaan kytkeä rinnan, jolloin kaikki 24 VDC-laitteet saavat katkeamatonta virtaa.

UPS 24 VDC-virtalähde voidaan myös kytkeä erikseen, jolloin se voi syöttää tarpeellisia laitteita yksin, jolloin häiriö päävirtapiirissä ei haittaa.

Apusyöttö ja UPS-syöttö ovat eri asia. Apusyöttöä voidaan käyttää esimerkiksi, jos ei ole 230 VAC-muuntajalle tilaa tai se olisi liian kallista hankkia semmoinen. Jos ohjaukeskus tarvitsee vain yhdelle laitteelle 230 VAC, voidaan myös käyttää apusyöttöä.

2.4.3 Syöttötyypit

Automaatioprojektin alussa päätetään syöttötyyppi, joita yleisesti on käytössä. Syöttötyypin valitsemisessa pitää ottaa huomioon, kuinka monta syöttöä ohjauskeskukseen tulee sekä se, vaaditaanko pääjännitettä vai ohjausjännitettä ohjauskeskukseen.

Tavallista syöttöä käytetään tilanteissa ja ohjausyksiköissä, joissa ei mitään erikoisvaatimuksia tai ole kytketty hätäsyöttöä tai varasyöttöä. Yleisesti käytetään tätä syöttöä. Laivojen ohjauskeskuksissa ei tarvitse olla nollajohdinta, mutta suojamaa on pakollinen.

Tuplasyöttöön tulee tavallinen syöttö ja varasyöttö. Näitä ohjataan käsin pääkytkimellä, jossa on 1-0-2-asennot. Tuplasyötön tarkoituksena on pystyä käyttämään pakollisia laitteita vikatilanteessa tai sähkölinjaston korjausten aikana. Koska syötön valitseminen on manuaalista, voidaan laittaa varasyötön puolelle kytkeä milloin tahansa. Varasyötön yhteydessä voi olla UPS-syöttö 24 VDC-muuntajalle, kuten liitteessä 2 kohdassa 1.4 nähdään. Pääkytkimeltä voidaan lähettää signaalia logiikalle kertomaan, että varasyöttö on käytössä, mikä tarkoittaisi joidenkin laitteiden sulkemista.

Kaksoissyöttö on kuin tuplasyöttö, mutta molemmat syötöt ovat samaa aikaan päällä. Ne toimivat kahdella pääkytkimellä, mutta toinen on hätäsyöttö, jonka tarkoitus olisi olla aina päällä. Tämä takaisi tärkeitten laitteiden päällä pysymisen. Pääkytkimet voivat olla erikokoisia. Hätäsyöttö syöttää virtaa esimerkiksi muuntajalle ja tärkeille moottoreille.

Automaattiseen tuplasyöttöjen rinnalle tulee muuntaja, koska tarvitaan syötön valinnan ohjaukselle 230 VAC. Tavallisen syötön rinnalla on varasyöttö tai hätäsyöttö, joka menee päälle vain silloin kun tavallinen syöttö ei saa virtaa ja aikareleen aika ylittyy. Aikareleessä on kaksi kärkeä, avautuva ja sulkeutuva, jotka ohjaavat syöttöjen kytkeytymistä. Kuten tavallisessa tuplasyötössä, tämän varasyötön rinnalle voidaan lisätä UPS.

Kolmivaiheisten syöttöjen lisäksi voidaan kytkeä ohjauskeskuksiin syöttö yksivaiheisena. Yleensä kyseessä on ohjauskeskus, jossa on logiikkaa muttei kolmivaiheisia

moottorilähtöjä. Tällaiset keskuksien syötöt voidaan joko tehdä pääkytkimen avulla tai vastaavasti johdonsuojakatkaisijan avulla, jolloin ohjauskeskuksessa ei saisi tavallisella tavalla virtoja kytkettyä pois [7]. Virrat saisi pois päältä, jos avaisi kaapin ja laskisi johdonsuojakatkaisijan vivun alas.

Yleensä pienemmissä koteloissa käytetään 24 VDC, mutta on huomioitava kaapelin pituus. Tällaiset kotelot sisältävät logiikkaa ja siihen liittyviä laitteita. Näiltä koteloilta voi lähteä kaapeli nappikotelolle, jossa on esimerkiksi hätäseispainike tai moottorin ohjaukseen lisätty käynnistys- ja/tai pysäytyspainike.

2.5 Kaapelointi

Kaapeloidessa tulee ottaa huomioon jännitteen alenema, oikosulkukestoisuus, kuormitettavuus sekä asennustapa.

Ennen kuin syöttökaapeli voidaan tyypittää, pitää laskea kuinka iso poikkipinta-alan se vaatii. Laskiessa pitää ottaa huomioon kaapelin tyyppi ja sen materiaali, välimatka pääkeskukselta ohjauskeskukseen, asennustapa, sekä resistiivisyys. Näiden avulla lasketaan, kuinka suuren poikkipinta-alan kaapeli tarvitsee. Jännitteen alenemat pitää ottaa huomioon, jotta ohjauskeskukselta lähtevät laitteet toimivat oikealla tavalla. Seuraavana on jännitteen häviön kaava (1), jota käytetään laskiessa häviön prosentuaalista osuutta, joka saa olla korkeintaan 1,5 %. Tämä tulee ottaa huomioon erityisesti 24 VDC-syötöissä.

$$U_h = I \times (R \times \cos \varphi + X \times \sin \varphi) \quad (1)$$

U_h on vaihejännitteen alenema

I on johtimen virta

R on johtimen vaihtovirtaresistanssi

X on johtimen reaktanssi

φ on vaihejännitteen ja -virran välinen vaihesiirtokulma.

Oikosulkukestoisuuden voidaan jakaa kahteen alakategoriaan, jotka ovat terminen ja dynaaminen. Johdon terminen oikosulkukestoisuus ilmoitetaan tavallisesti suurimpana sallittuna 1 sekunnin virta-arvona lähtien suurimmasta sallitusta käyttölämpötilan arvosta. Kaavalla (2) lasketaan voimakaapeleilla 0,6/1 kV aikaa vastaava oikosulkuvirta, kun oikosulun vaikutus aika on 0,2-5 sekuntia.

$$I_k = \frac{I_{1s}}{\sqrt{t}} \quad (2)$$

I_k on oikosulkuvirta.

I_{1s} on yhden sekunnin oikosulkuvirta.

t on oikosulun kesto aika sekunteina.

Termistä oikosulkukestoisuutta tarkasteltaessa on aina otettava huomioon mahdolliset pika- ja aikajälleenkytkennät ja niiden vaikutus oikosulkuvirran vaikutusaikaan. Vastaavasti on aina huomioitava suojarleiden ja katkaisijan toiminta-ajat. [6.]

Oikosulkuvirrat rasittavat mekaanisesti kaapeleita ja komponentteja. Oikosulun sattuessa komponentit ja kaapelien kiinnitykset pitää tarkistaa dynaamisen kestoisuuden takia. Oikosulkuhetkellä suurimmat vaikuttavat voimat määrää syysoikosulkuvirta, jonka suuruus on noin 2,5 kertainen alkuoikosulkuvirtaa verrattuna. Dynaamisten rasitusten minimointi edellyttää oikeiden varusteiden lisäksi oikeaa asennustekniikkaa.

Oikosulkuun pitää varautua, joten virtapiirit tulee varustaa oikosulkusuojilla, jotka katkaisevat kyseisen piirin oikosulkuvirran, ennen kuin se aiheuttaa johtimissa ja liitoksissa lämpö- ja mekaanisista vaikutuksista johtuvaa vaaraa.

Kuormitettavuuden oletusarvoista poikkeavat arvot maksimikuormitettavuus kerrottava korjauskertoimilla. Seuraava luettelo on kaapeleiden oletusarvoja.

Suurin sallittu johtimen käyttölämpötila

- PVC- ja PEX eristeiset 1 kV:n kaapelit 70 °C
- PEX eristeiset kaapelit yli 1 kV:n 90 °C

- PEX eristeiset 1 kV kaapelit erityisolosuhteissa 90 °C

Yksijohdinkaapelien vapaa välimatka

- Tasossa: kaapelin ulkohalkaisija
- Kolmiossa: kaapelit koskettavat toisiaan

Kosteussuojauspiiri

- Avoin: kaapelien kosketussuojat yhdistetty toisiinsa ja maadoitettu vain yhteyden toisessa päässä
- Suljettu: kosketussuojat yhdistetty toisiinsa yhteyden molemmissa päissä ja maadoitettu ainakin kaapeliyhteyden toisessa päässä

Ilma-asennuksessa

- Ympäröivän ilman lämpötila +25 °C

Maa-asennuksessa

- Maaperän lämpötila +15 °C
- Asennussyvyys: 0,7 metriä (alle 110 kV kaapelit) ja 1,0 metriä (110 kV kaapelit)
- Maaperän lämpöresistiivisyys 1,0 K m/W

Asennustapa vaikuttaa suurimpaan sallittuun jatkuvaa kuormitusvirtaan. Taulukossa 1 on esitelty asennustavat.

Taulukko 1. Taulukko asennustavoista. [6]

Asennustavat A ja A2	
A	Eristetyt johtimet eristetyssä seinässä olevassa asennusputkessa.
	Monijohtiminen kaapeli eristetyssä seinässä.
	Eristetyt johtimet asennusputkessa asennuslistassa.
A2	Monijohtiminen kaapeli eristetyssä seinässä olevassa asennusputkessa.
Asennustavat B ja B2	
B	Eristetyt johtimet puisen seinän pinnalla olevassa asennusputkessa.
	Eristetyt johtimet puisen seinän pinnalla olevassa kanavassa.
	Eristetyt johtimet tuulettuvassa lattiakanavassa olevassa
B2	Monijohdinkaapeli puisen seinän pinnalla olevassa asennusputkessa.
Asennustapa C	
	Seinän pinnalla oleva monijohdinkaapeli.
	Seinän pinnalla olevat yksijohdinkaapelit.
	Monijohdinkaapeli kivirakenteessa.
	Yksi- tai monijohdinkaapelit avoimessa tai tuulettuvassa kourussa.
	Monijohdinkaapelit kanavassa tai asennusputkessa avoimessa ilmatilassa tai tiiliseinän kanssa kosketuksissa (kerro arvot kertoimella 0.8
	Lattian tai katon pinnalla oleva kaapeli.
Asennustapa D	
	Monijohtimiset kaapelit maassa olevissa kanavissa.
	Yksijohdinkaapelit maassa olevissa kanavissa.
	Yksi- ja monijohdinkaapelit suoraan maassa.
Asennustavat E, F ja G	
E	Monijohdinkaapeli ilma-asennuksessa.
	Vapaa välimatka seinästä vähintään 0,3 kertaa kaapelin halkaisija.
F	Yksijohtimiset kaapelit koskettavat toisiaan ilma-asennuksessa.
	Vapaa välimatka seinästä vähintään kaapelin halkaisija.
G	Yksijohtimiset kaapelit ilma- asennuksessa.
	Vapaa välimatka kaapeleiden välillä vähintään kaapelin halkaisija.

Moottoreita kaapeloitaessa, pitää ottaa huomioon kaapelin koko ja tyyppi. Kaapelien pitää olla standardien mukaiset laivan sähköasennuksissa. Kaapelin koko pitää valita sen nimellisvirran mukaisesti. SFS-Käsikirja 154:ssa on taulukko 1, jonka mukaan valitaan kaapelin paksuus. Vaikka taulukko on tarkoitettu sisäisille johtimille, sen nimellisvirta arvoja voidaan käyttää suuntaa antavasti muille, kuin kaapin sisäisille johtimille. Kun suunnitellaan kaapelointia, pitää ottaa huomioon, että tarvitaanko kaapeli, jossa on suoja mukana. Moottorit, joissa on taajuusmuuttaja, tarvitsevat maasuojatun kaapelin. Analogia ohjaukseen tarkoitetut kaapelit tarvitsevat häiriösuojauksen. Digitaali- ja analogiasignaaleilla käytettäisiin mielellään omia kaapeleita. Kaapeleita ei tulisi käyttää useammalle kuin yhdelle jännitteelle.

Taulukko 2. SFS-käsikirja 154 Ohjearvo keskuksen sisäisten johtimien mitoitukseen. [8]

Taipuisat (monisäikeiset) johtimet	
Nimellisvirta A	Poikkipinta mm²
6	0,75
8	1,5
10	1,5
12	2,5
16	2,5
20	4
25	4
32	6
40	10
63	16
80	25
100	25
125	35
160	50
200	70
250	95 tai 2x35
315	150 tai 2x50
400	240 tai 2x70
630	2x150

Maadoituskaapeli mitoitetaan käyttämällä kaavaa (3) ja taulukkoa 3. Tulokseksi saadaan poikkipinnan pinta-ala suojajohtimille, joiden on kestettävä virtojen termiset rasitukset 0,2 – 5 s ajan [4].

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \times t}}{k} \quad (3)$$

S_p on poikkipinta-ala neliömillimetreinä.

I on tehollisarvo ampeereina vikavirralla.

t on toiminta-aika sekunteina suojalaitteelle.

k on kerroin, jonka voi poimia taulukosta 3.

Taulukko 3. Kertoimen k arvot eristetyille suojajohtimelle. [4]

	Suojajohtimien ja kaapelin päällyksen eristys		
	Termoplastinen (PVC)	PEX EPR Paljaat johtimet	Butyylikumi
Loppulämpötila (°C)	160	250	220
Kerroin k			
Johtimen materiaali			
Kupari	143	176	166
Alumiini	95	116	110
Teräs	52	64	60
Johtimien alkulämpötilan oletetaan olvean 30 °C			

Kaapelia valittaessa on huomioitava myös johtojen määrä. Moottoreille kaapeloidaan suojamaajohdin. Normaalityönteissa kolmivaihemoottorin virransyöttöön riittää nelijohtiminen kaapeli, joista maajohdin ei ole pakollinen vetää ohjauskeskukselta, mutta se on moottorilla pakollinen. Yksivaihemoottori sekä tasavirtamoottori tarvitsevat kolmijohtimisen kaapelin. Jos moottori on erikoismoottori tai siinä on ylimääräisiä kojeita mukana, johtojen tai kaapelien määrä kasvaa. Moottoreilla voi olla erialisia mittaus- tai lämmityslaitteita.

2.6 Moottorien ohjaus

Moottoreita ohjataan automatiikalla tai manuaalisesti käsin. Moottorin ohjaukseen voidaan lisätä komponentteja, mikäli moottori tarvitsee nopeuden ohjauksen tai hitaamman käynnistyksen. Moottoreille tarvitaan suojalaite, joka on johdonsuojakatkaisija tai sulakkeen jokaisella vaihteella, sekä ohjauslaite, joka voi olla kontaktori, painike tai jokin muu komponentti, joka pystyy estämään ja sallimaan

virrankulun. Tavallisessa kolmivaihe moottorin ohjauksessa on johdonsuojakatkaisija ja kontaktori, jota ohjataan käsin painikkeilla tai automatiikalla.

Moottoreille voidaan lisätä myös pehmokäynnistin, jos sille on tarvetta. Sitä voidaan käyttää äkillisen paineen estämiseen pumpuissa tai liukuhihnojen tasaisempaan käynnistämiseen, jolla estetään nykäisy ja jännitys ohjauskomponenteissa. Laitteissa, jotka ovat hihnavetoisia, kuten tuulettimet, voidaan käyttää pehmokäynnistintä estääkseen hihnan paikaltaan lähtemisen. Kaikissa järjestelmissä pehmokäynnistin rajoittaa kytkentävirtaa ja parantaa virtalähteen vakautta ja vähentää ohimeneviä jännitehäviöitä, jotka vaikuttavat muihin kuormituksiin.

Moottorien ohjauksille tulee kontaktorit, joissa voi olla myös apukoskettimet. Niiden avulla voidaan ohjata, milloin sähkö kulkee moottorin suojalta riviliittimille, josta sähkö kulkisi moottorille. Ohjaus tapahtuu logiikalla, josta se saa virtaa tiettyjen parametrien mukaisesti, esimerkiksi jos kyseessä olisi pumppu, joka pumppaa nestettä säiliöön. Säiliössä on jokin laite, joka vahtii, kuinka paljon säiliössä on nestettä. Jos nestettä on liikaa, logiikka sammuttaa sähköön pääsyn kontaktorin läpi, jolloin pumppu sammuu. Moottorisuoja ja kontaktori voi olla samassa komponentissa, kuten liitteessä 2 kohdassa 3.3 näkyy.

Joidenkin moottorien tarvitsee pyöriä molempiin suuntiin, jolloin tarvitaan vaihteen muutos. Tämä voidaan tehdä ylimääräisen kontaktorin avulla, jolloin tarvittaessa tai manuaalisesti ohjaamalla saadaan moottori pyörimään vastakkaiseen suuntaan. Tällaisia moottoreita tarvitaan esimerkiksi hallinosturissa, joka liikkuu kattorakenteissa, jonka nostokärki laskee ja nousee. Tällaista voidaan ohjata käsin tai logiikan avulla, kuitenkin molemmat kontaktorit eivät saa syöttää virtaa moottorille. Manuaalisesti ohjatessa tällaiseen voidaan laittaa kääntökytkin, jolla on asennot 1-0-2, jolloin suunnan vaihto tapahtuisi aina pysähdyksen kautta.

Kontaktori pitää valita moottorin tehon mukaisesti. Toisin sanoen tehokkaammalle moottorille vaaditaan kestävämpää kontaktoria. Tarpeen mukaisesti voidaan lisätä ylimääräisiä apukoskettimia kontaktoreille, minkä avulla saadaan lisää ohjauksia. Mikäli moottori on pienitehoinen, ei tarvita kontaktoria, mutta voidaan korvata se releellä tai jollain muulla ohjauslaitteella.

Moottorin ohjaukseen voidaan lisätä taajuusmuuttaja, jonka tarkoituksena on säätää moottorin nopeutta. Taajuusmuuttajan lisäksi nopeussäätteiselle moottorille voidaan lisätä jarrut, jotta moottori saataisiin helpommin pysäytettyä tai hidastettua tarpeen vaatiessa. Taajuusmuuttajalle voidaan lisätä erilaisia lisäkortteja ja niihin voidaan lisätä eriominaisuuksia, kuten lämmönmittaus tai kauko-ohjaus. Moduulissa on myös taajuusmuuttajan ohjauskaavio, josta näkee, missä on tulo- ja lähtösignaalit sekä virransyöttö ja suojava.

Moottorien ohjaukseen voidaan lisätä kytkimiä, joiden avulla voidaan vaihtaa moottorin ohjausta manuaalista automatiikkaa ja paikallishjauksesta kauko-ohjaukseen. Kytкимиä voidaan myös käyttää, jos halutaan pakottaa moottoria käymään. Moottorin pakottamista voidaan käyttää, jos moottorin ohjauksessa on virhe tai laite, jota moottorin pitää liikuttaa syystä tai toisesta.

2.7 Automatiikka

2.7.1 Logiikka

Logiikkayksikkö valitaan vaadittavan muistin ja tarvittavien signaalien perusteella. Mitä laajempi ohjelma on kyseessä, sen enemmän se tarvitsee muistia. Eri logiikoilla on eri määrä työmuistia. Logiikkatyypin välillä on ohjelmointieroja, joten samaa ohjelmaa ei voida käyttää eri logiikkatyypissä. Kun on saatu selville, kuinka suuri ohjelma vaaditaan, voidaan alkaa lisäämään digitaalisia ja analogisia tulo- ja lähtökortteja. Analogisia tuloja ja lähtöjä lisättäessä pitää ottaa huomioon, ovatko ne virtasignaaleja vai jännitesignaaleja. Joissain analogiakorteissa voidaan johdon paikkaa muuttamalla vaihtaa virta- ja jännitesignaalin välillä.

Tulosignaaleja ovat esimerkiksi moottorisuojien vikatilatieto ja moottorien käyntitieto. Tulotietoihin voidaan myös laittaa eri säiliöiden rajakytkimien tietoja ja paineantureita sekä kaikki anturit, jotka lähettävät digitaalista signaalia. Analogiatuloihin voidaan laittaa paineantureiden lisäksi myös lämpötila-antureita sekä kaikki muut, joissa on vaihteleva arvo. Lähtösignaalit ovat käskyjä, kuten moottorien käynnistäminen, avaussignaalit ja sulkemissignaalit sekä keskusautomatiikalle lähtevät kättelytiedot. Tulosignaalit vaikuttavat, milloin lähtösignaalit lähettävät.

Logiikkaa valittaessa pitää ottaa huomioon, mitä yhteyksiä ohjauskeskukselta lähtee, jonka jälkeen voidaan tarvittaessa lisätä HMI-paneeli ohjauskeskukseen ja/tai erilaiset kytkimiä. Jotkut logiikat ovat fyysisesti isompia kuin toiset, minkä takia pitää varmistaa tilan riittävyys.

Logiikkaan tulevat tulosignaalien kenttälaitteet pitää johdottaa kenttälaitteiden käytössä olevien pistokkeiden avulla. Lähtösignaalit voivat olla releiden takana, jolloin logiikka syöttää releelle virtaa. Lähtö- ja tulosignaalien kaapelit ovat joko parikaapeleita tai ohjauskaapeleita, joissa on tarpeeksi johtimia laitteelle. Jos käytössä on nelijohtiminen kaapeli, kaksi johdinta on kytketty plussaan ja miinukseen ja kaksi muuta on signaaleja varten.

Releet pitää valita siihen yhdistetyn jännitteen mukaisesti. Tasa- ja vaihtovirralla on eri releet, koska niiden sisältämä käämi on erilainen. Releen valinnan suhteen pitää ottaa huomioon, kuinka monta kosketinta tarvitaan kyseiseen lähtöön sekä kuinka suuren virran releiden kärjet kestävät. Esimerkiksi muuntajan jälkeen voidaan sijoittaa yksi rele, jolla voi olla joko yksi tai useampi kärki. Tämän releen kärjet voidaan esimerkiksi kytkeä logiikalle ilmoittamaan antaako muuntaja virtaa vai ei. Releitä ei tarvitse logiikalle, jos logiikan lähdöt sisältävät releet.

2.7.2 Ohjaus

Yleensä kauko-ohjaus lisätään automatiikkaan. Kauko-ohjauksessa käytetään muutamia eri protokollia, jotka ovat Profibus, Profinet ja Modbus. Jos kyseessä on ohjauskeskus, jossa ei ole edellä mainittuja protokollia, voidaan lähettää signaalia myös tavallisella ohjauskaapelilla. Tällaisissa tapauksissa ohjauskaapeli yhdistetään lähtösignaaleihin, jolloin vastaanottava puoli lisää kaapeli tulosignaaleihin.

Ohjauskeskuksia yleensä pitää ohjata, mikä tapahtuu joko keskukselta tai kauko-ohjauksen avulla jostain muualta. Lähiohjausta voidaan käyttää joko erilaisilla kytkimillä tai HMI-paneelin avulla, jos kyseisellä ohjauskeskuksella on älyä sisällä. Kun kauko-ohjaus on kytkettynä päälle, ei voida käyttää ohjauskeskuksella olevia ohjauksia. Jos on käytössä kääntökytkimellä valittava ohjausmoodi, voidaan vaihtaa kauko- ja lähiohjauksen väliltä ohjauskeskukselta.

2.8 Pohjapiirustus

Pohjapiirustuksen suunnittelussa pitää ottaa myös huomioon pohjan tulostusrajat sekä pohjan koko. Rajat pitää laittaa pohjan mukaisesti, että tulosteet ovat oikean kokoisia. Pohja pitää mitoittaa ohjauskeskuksen koon mukaisesti, että keskus mahtuu pohjan sisään ja keskukseen jää ylimääräistä tilaa mahdollisille uusille komponenteille. Kaikki tarvittavat komponentit on saatava piirustus pohjaan. Koska keskusta muokataan sinne laitettavien tavaroiden mukaisesti, niin ei voi tehdä hyvää moduulia pohjapiirustusta. Voidaan kuitenkin tehdä uusiokäytössä oleville automaatioprojekteille yleispohja. Kaikille irrotettaville laitteille tulee laittaa näkyviin osan tunnus sekä sen paikalle pitää laittaa tunnus, jos joskus osaa vaihdettaessa tiedetään, mihin uusi osa tulee laittaa. [1;2.]

Pohjapiirustukseen voidaan laittaa näkyviin kaapin korkeus ja leveys millimetreinä. Kaikki komponenttien tulee sijoittaa keskukseen, koska se rakennetaan pohjapiirustuksen avulla ja asentajat löytävät sen avulla oikeat osat oikeasta paikasta. Oviin tulevat komponentteihin pitää lisätä etäisyys kulmasta, jotta komponenttien reikien tekeminen oikeaan kohtaan on mahdollista. Myös pitää lisätä näkyviin laitteet, jotka ovat keskuksien sivuseinässä, kuten jäähdyttimet.

Keskuksiin kiinnittävien kaapelien paksuus pitää ottaa huomioon, kun niiden läpiviennit pitää pienemmissä kaapeissa tehdä läpivientiholkkien avulla. Läpivientiholkit ovat yleensä samaa materiaalityyppiä kuin kyseessä oleva keskus. Metallisia läpivientiholkkeja käytetään metallisille kaapeille ja koteloille sekä sama muovisille. Näiden lisäksi on vielä EMC-läpivientiholkkeja, jotka on tarkoitettu käytettäväksi EMC-suojattujen kaapeleiden kanssa. EMC (electromagnetic compatibility) tarkoittaa sähkömagneettista yhteensopivuutta, jota voidaan vaatia joissakin laitteissa.

Isommille keskuksille voidaan käyttää esimerkiksi solukumitiivistettä tai kaapeliläpivientilevyä. Solukumitiivistettä käyttäessä tulisi välttää sijoittamasta erikokoisia kaapeleita vierekkäin.

Läpivientiholkin koko määräytyy kaapelin, joka kytketään läpivientiholkin läpi, paksuuden mukaan.

2.9 Automaatioprojektin kaaviot

Blokkikaavion tarkoituksena on selkeyttää automaatioprojektin keskuksien yhteyksistä keskenään ja eri kenttälaitteille. Siitä näkee, mistä lähtee kaapeleita ja mihin. Kaapelitiedot saadaan projektitietokannasta, jolloin ei tarvitse itse kirjoittaa kaapelintietoja. Eri keskuksien välille tulevat kaapelit myös ilmoitetaan kaaviossa, jotta sähköasentaja sekä asiakas saa tiedon, mistä kaapelit kulkevat ja mihin.

Jokainen kaapeli blokkikaaviossa piirretään yhdellä viivalla. Blokkikaavion tarkoitus on kertoa yksinkertaisesti laitteiden ja keskuksien yhteyksistä. Kaapelien tiedot pitää myös muistaa lisätä kuvaan. Kaapelin tietoihin tulee mistä se lähtee ja mihin se menee.

Blokkikaavioon tulee kaikki automaatioprojektiin liittyvät keskuksat ja niiden väliset kaapelit. Jos automaatioprojektiin kuuluu jonkun muun valmistamia keskuksia, ne myös pitää laittaa blokkikaavioon. Kaikki kaapelit, jotka tulevat kaapilta ja menevät laitteille, tulee merkitä blokkikaavioon sekä tieto siitä asentama kaapeli on.

Jos automaatioprojektissa käytetään samoja kuvia monelle kaapille, voidaan numeroida ohjauskeskukset. Jos käytössä on jokin tunnus ohjauskeskukselle, esimerkiksi OKA1 saadaan tietää, mikä ohjauskeskus on kyseessä ja missä se sijaitsee. Kun käytetään tunnuksia kaaviossa, voidaan lisätä saman nimisiä laitteita monelle keskukselle. Samaa periaatetta käyttäen voidaan nimetä kaapit seuraavanlaisesti: OKA1, OKA2, OKB1, OKB2 ja niin edelleen. Samaa käytäntöä voidaan käyttää, jos eri keskuksilla on samalla tunnuksella olevia, mutta eri laitteita.

Blokkikaavio voidaan tehdä kahdella eri tavalla, joista toisessa on vain telakan asentamat kaapelit ja toisessa on eroteltuna, kenen asentama kaapeli on. Ensimmäisen tarkoitus on auttaa telakan sähköasentajia. Toisessa telakan johtoväki näkee, mitä kaapeleita on ohjauskeskuksista vedetty.

Yleisistä ohjauskeskuksista tehdään valmiita pohjia, joihin voidaan lisätä tai poistaa tarpeen mukaan osia. Näitä voidaan automaatioprojektista riippuen yhdistää, että saadaan yksi yhtenäinen blokkikaavio tai voidaan käyttää erillisinä tiedostoina.

Systemikaavio on samanlainen kuin blokkikaavio, mutta niissä on eroja. Systemikaavio on tarkoitettu telakan sähköasentajille, koska systemikaavioon

laitetaan vain telakan sähköasentajien asentamat kaapelit. Systemikaavioon voidaan lisätä laitteiden ja ohjauskeskusten sijainnit ja tunnukset. Systemikaavion kaapelit piirretään yhdellä viivalla, kuten blokkikaaviossa on tehty. Systemikaavioon merkitään, minkä tyyppisiä kaapelit ovat. Kuvaan merkitään selite, josta näkee mikä on kyseisen kaapelin käyttötarkoitus tai kommunikaatioprotokolla.

3 Mallikuvat

3.1 Mallikuvien valinta

Mallikuvat valitaan projektikohtaisesti. Jokaiseen keskukseseen tulee vähintään yksi syöttö, ellei kyseessä ole riviliitinkotelo. Syöttö valitaan kohdan 2.3 mukaisesti. Pääsyöttö tulee sähkökeskukselta ohjauskeskukseen, mutta pienemmät syötöt voivat tulla myös toiselta ohjauskeskukselta. Eri syöttöjen mallikuvat ovat liitteessä 2 kohdassa 1. Syötöistä tehtyjä mallikuvia on neljä pääjännitesyötöllistä ja kaksi ohjausjännitesyötöllistä. Ohjauskeskuksessa voidaan käyttää useampaa kuin yhtä syöttöä riippuen siitä, kuinka monta eri jännitettä tarvitaan keskuksessa.

Kun on valittu syöttö, pitää tarvittaessa valita myös muuntaja. Tämän jälkeen lisätään tarvittaessa 24 VDC-virtalähde. Jos ohjauskeskuksessa on käytössä UPS, voidaan lisätä myös toinen virtalähde. Tarpeen mukaan toista virtalähdettä käytetään yksin tai sitten molempia käytetään samoihin laitteisiin. Muuntajien ja virtalähteiden mallikuvat ovat liitteessä 2 kohdassa 2. Muuntajien mallikuvat ovat samanlaisia riippumatta jännitteestä ja taajuudesta, mutta niiden tuotetiedot eivät ole samoja, joten niistä on tehty monta mallikuvaa. Mallikuvissa on samanlainen kuva jännitettä kohden. Toisessa muuntajien mallikuvassa on kaksisyöttöinen muuntaja, joka syöttää 230 VAC ja 24 VDC ohjausjännitettä. Muuntajien jälkeen on vielä 24 VDC-virtalähteistä mallikuvat, joista ensimmäinen on 230 VAC ohjausjännitteen jälkeen liitettävä virtalähde ja toinen on pääjännitteen jälkeen liitettävä virtalähde. Virtalähteen jälkeen jaetaan 24 VDC turvapiireille, mikäli keskuksessa on sellaisia, jos ei ole ne voidaan poistaa. UPS virtalähde on samanlainen. Virtalähteen jälkeen on mallikuva virtalähteiden yhdistämisestä, jolloin kaikki laitteet ovat päällä, joihin ne ovat liitetty vaikka päävirrat katkeaisivat.

Kun tiedetään, tuleeko ohjauskeskukseen 230 VAC, voidaan lisätä johdonsuojakatkaisijoita käytössä oleville laitteille. Muutama ylimääräinen on hyvä lisätä, jos tulee myöhemmin tarvetta.

Moottorilähtöjen määrä ja niiden tyypit pitää valita. Kuitenkin, jokainen moottorilähtöön liittyvä osa pitää varmistaa ja muokata oikean kokoiseksi kyseiselle moottorille. Jos on käytössä taajuusmuuttajalla varustettu moottorin ohjaus, pitää lisätä taajuusmuuttajan

piirikaavio moottorin ohjauksen jälkeen. Moottorilähtöjen mallikuvat ovat liitteessä 2 kohdassa 3. Moottorilähdöistä tehtyjä mallikuvia on kuusi, niitä voi yhdistää ja muokata. Mallikuvassa 3.1 on tavallinen moottorilähtö, jossa on johdonsuojakatkaisija ja kontaktori, sekä ohjaus on oikeassa reunassa. Mallikuvassa 3.2 on moottorilähtö, jossa on johdonsuojakatkaisija ja kaksi kontaktoria, sekä ohjaus on oikeassa reunassa. Kontaktorien kärjet on kytketty, etteivät molemmat kontaktorit saa virtaa saman aikaisesti. Mallikuvassa 3.3 on yhdistetty johdonsuojakatkaisija ja kontaktori. Logiikanohjaus on oikeassa reunassa ja vikatilatiedot on yhdistetty logiikkaan. Mallikuvassa 3.4 on moottorinlähdössä pehmokäynnistin, joka ohjaa kontaktorin virran saantia. Mallikuvassa 3.5 on virtamittari ja virtamuuntaja. Mallikuvassa 3.6 on taajuusmuuttajan avusteinen moottorinohjaus. Taajuusmuuttajan ohjauspiiri on erillinen moduuli, jossa on kaikki käytössä olevien taajuusmuuttajien ohjauspiirit.

Lopuksi tulee ohjauskeskukseen lisätä logiikka, jos ohjauskeskus tarvitsee sitä, ja siihen tarvittavat osat. Aluksi pitää päättää, mitä järjestelmää käytetään. Jos kyseessä oleva automaatioprojekti on tehty vanhan automaatioprojektin pohjalta, niin ohjelma saattaa toimia uudessa ohjauskeskuksessa tai osa ohjelmaa. Mallikuvissa 4.1 on logiikkakortteja ja niiden johdotus. Mallikuvissa 4.2 on moottorilähtöjen käyntitietoja, virhetietoja sekä mallikuvissa 4.3 lähtösignaalit releillä, joihin voi ohjelmoida moottoreidenkäynnistyskäskyjä.

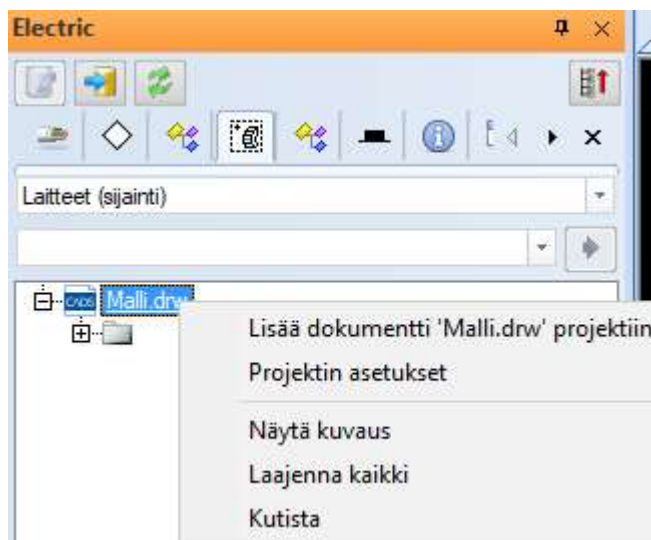
Kun on valittu kaikki komponentit, voidaan alkaa tekemään keskuksen pohjapiirustusta. Sijoitetaan komponentit jännitteen ja piirin mukaisesti. Jos on käytössä pienempi keskus, silloin voidaan pohjapiirustus kuvaan merkitä eri jännitealueet.

Automaatioprojekti voidaan aloittaa tai lopettaa tekemällä blokki- ja/tai systeemikaaviolla. Mallikuvat 5.1 ja 5.2 ovat blokki- ja systeemikaavioita. Kaavioiden mallikuvissa on ohjauskeskuksia, joiden sähkökuvia käytetään useasti eri automaatioprojekteissa. Näitä mallikuvia voidaan muokata ja käyttää sellaiseen ohjauskeskukseen, jonka sähkökuvat pitää piirtää kyseistä automaatioprojektia varten.

3.2 Automaatioprojektiin kuvien lisääminen

Kun on valittu, minkälaisia kuvia tarvitaan, ne pitäisi myös yhdistää kuvaan. Tapoja on muutamia, joilla saadaan yhdistettyä sivuja yhteen kuvaan. Voidaan käyttää CBPROJECT-komentoa, joka tuo uuden kuvan projektiin, mutta ei yhdistä kyseistä kuvaa vanhaan kuvaan. Tämä komento toimii seuraavasti. Kirjoitetaan CADS 17:n tehtäväpalkkiin cbproject, jonka jälkeen ohjelma kysyy, mitä käytetään, aloita/avaa/tuo ja valitaan aloita. Aloitetaan komennolla ”kopio valitut kuvat leikepöydälle”, minkä jälkeen voidaan käyttää ”tuo”-komentoa, joka tuo valitut kuvat samaan projektikansioon ja yhdistää ne samaan projektitiedostoon.

Vaihtoehtoisesti kuvia voidaan myös tuoda projektiin kopioimalla. Etsitään haluttu kuva ja kopioidaan se projektikansioon. Kun on saatu kopioitua kuva projektikansioon, avataan kyseinen kuva Cads 17 -ohjelmalla. Avataan oikealta Electric-välilehti (katso kuva 1) ja painetaan hiiren oikealla [Kuvan nimi].drw päältä. Valitaan ”lisää dokumentti ”[Kuvan nimi].drw” projektiin” jolloin kyseinen kuvan saa lisättyä projektiin. Jos tätä tapaa käytetään, tuotavan kuvan tuotetiedot eivät tule mukaan. Tässä kohtaa voidaan käyttää kuvan 2 ”tuo”-komentoa, mikäli tarvitaan kuvan tuotavan kuvan tuotetiedot. Tätä on hyvä käyttää silloin, kun tuotavan kuvan tuotetiedot pitää muuttaa.



Kuva 1. Sähkökuvan lisäys projektiin.

Liitteessä 1 on ohjeet sähkösuunnittelijoille. Ohjeet neuvovat, mistä löytyy mallikuvat ja pieni selostus niistä. Liitteessä 1 opetetaan, kuinka mallikuvat ja niiden tuotetiedot

tuodaan sähkökuvaan ja oikealla sivulle siirto. Mahdollisesti voidaan myös kopioida kuvan sivut vanhaan kuvaan. Liitteessä 1 on ohjeet, kuinka tuodaan vanhaan tai uuteen projektin kuvaan uusia sivuja, sekä niiden tuotetiedot.

3.3 Tietokannan hyödyntäminen

Cads 17 -ohjelmiston avulla voidaan laittaa jokaiselle komponentille mitta tiedot jo piirtämisen aikana. Kun on saatu sähkökuvat valmiiksi, lasketaan, kuinka paljon tilaa komponentit käyttävät ja siitä päätellään vaadittava kaapin koko. Kaapit voivat olla monikenttäisiä, jolloin niiden sisälle mahtuu enemmän ja isompia komponentteja.

Kuva 2. Laitetieto ikkuna Cads 17 -ohjelmasta.

Kuten kuvasta 2 näkyy, laitteille voidaan lisätä tuotetiedot, kokotiedot ja laitetekstiä, joka voidaan laittaa kilpitietoihin. Vaikka lisää kokotiedot oikein, pitää myös muistaa laittaa

sellainen piirrosmerkki, jossa on muuttavat kokotiedot, jotta komponentti muuttuu oikean kokoiseksi pohjapiirustuksessa. Pohjapiirustukseen voidaan lisätä myös kaapin oven avautumiskaari, jotta tiedetään, kuinka paljon kaapin edessä tarvitsee olla tilaa.

Komponenttien paikat kaapissa on määritettävä, samankaltaiset komponentit ovat kentässä vierekkäin, samoin kuin mitoiltaan samankokoiset moottorisuojat, kontaktorit ja johdinsuojakatkaisijat. Ohjauskeskukseen laitteiden sijoittelussa katsotaan, mihin piiriin laite kuuluu ja sen mukaan voidaan laittaa se paikalleen. Kun käytetään vapaita komponentteja, voidaan sijoittaa eri piirin samat komponentit vierekkäin välikappaleita käyttäen. Tällä tavoin keskuksesta tulee siistin näköinen ja selkeä. Koska asentamista ei tehdä yhtä tarkasti kuin sähkösuunnittelua, voidaan pyöristää mitat viiden millimetrin tarkkuudella.

Blokkikaavioon saa laitetiedot tuotua, joten ei tarvitse itse kirjoittaa laitetietoja, jos on aikaisemmin kirjoittanut laitetiedot tietokantaan. Jos kaavio ei ole samassa kansiossa kuin projektin ohjauskeskukset, voidaan niiden tietokannat siirtää blokkikaaviolle.

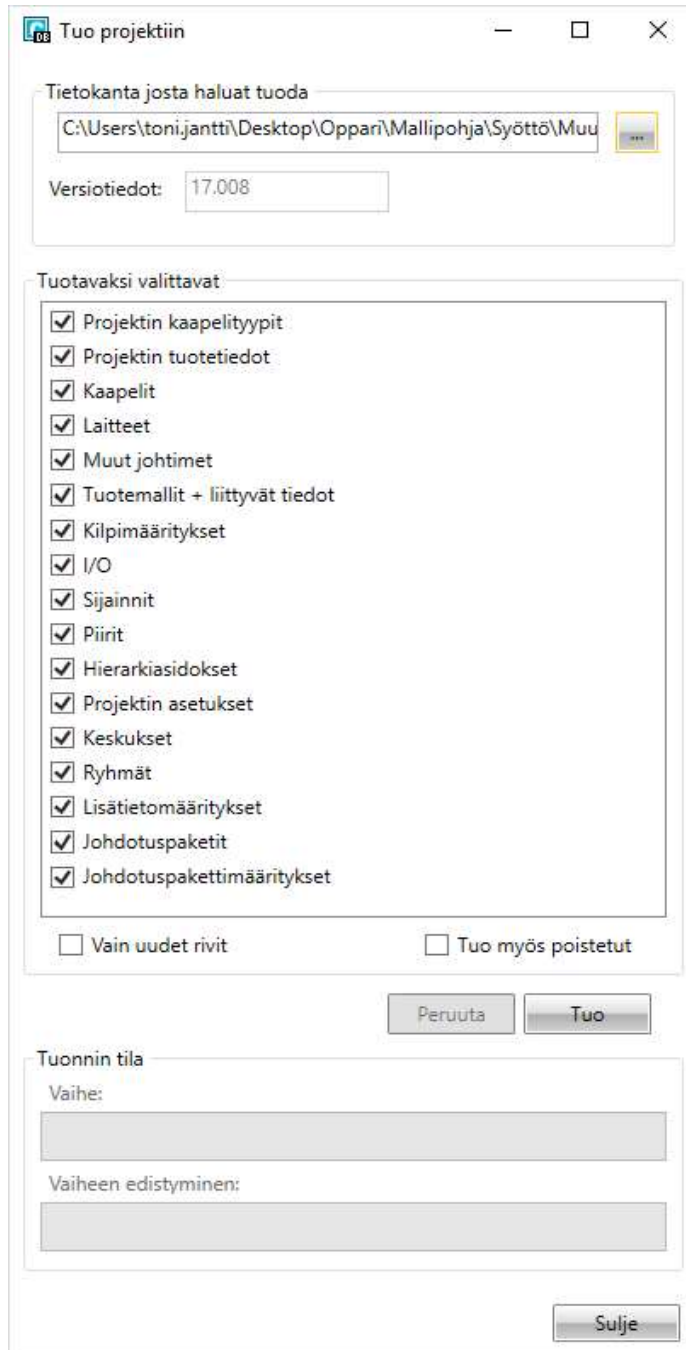


Kuva 3. Toisesta projektista tuonti

Toisen projektin siirtoon pääsee, kun menee aluksi Electric DB työkaluun ja sieltä valitsee toiminnot ja ottaa tuo valinnan kuva 3. Kun tietokantaa siirretään, voidaan valita mitä ei haluta siirtää ja mitä halutaan. Kuten kuvasta 4 nähdään tuotavaksi valittavat tiedot. Jos laitteille on laitettu sijaintitiedot oikein, niiden pitäisi mennä automaattisesti oikean sijainnin alle. Tämä helpottaa laitetietojen kirjoittamista, mutta silti pitää itse laittaa oikean laiset kuvat laitteille.

Tietokannan tuontia käytetään mallikuvissa, koska mallikuville on laitettu tuotetiedot, jotta sähkösuunnittelu vaihe nopeutuisi. Jokainen mallikuva on tehty Cads 17 ohjelmalla omaksi projektiksi. Tietokannan tuonti vaiheessa pitää tarkistaa mallikuvassa käytössä

olevat laitetunnukset, jotta ei tule päällekkäisyyksiä olemassa olevien kanssa. Tämän voi kiertää kopioimalla mallikuva kansio ja avaamalla mallikuva, jonka jälkeen muokkaa mallikuvan sisällä laitetunnukset oikeiksi.



Kuva 4. Tietokannan siirto toiselle kuvalle

3.4 Vanhaan automaatioprojektiin lisääminen

Koska mallikuvat ovat moduuleita, niitä voidaan lisätä vanhaan automaatioprojektiin. Kuitenkin pitää huomioida, että vanha automaatioprojekti todennäköisesti on erilainen muodoltaan, jolloin moduulia pitää muokata sopivammaksi. Huomioitavana on myös vapaan tilan määrä sekä uusien tarvikkeiden koot. Vanhaan automaatioprojektiin voidaan lisätä kenttäkoteloita, joihin yhdistetään kenttälaitteita, tai suoraan kenttälaitteita, kunhan kyseessä olevassa kaapissa on logiikassa tilaa kenttälaitteille. Jos kyseisessä automaatioprojektin keskuksessa ei ole tilaa, voidaan luoda automaatioprojektille uusi keskus.

Kun lisätään vanhaan automaatioprojektiin uusia osia, voidaan käyttää vanhan automaatioprojektin komponenttien nimeämistyyliä. Tällöin nimestä tunnistetaan komponentit, mitä ne ovat ja mihin ne kuuluvat.

Jos vanhaa automaatioprojektia käytetään uudelleen ja siihen tarvitsisi lisätä jotain uutta, voidaan käyttää moduuleita hyödyksi. Automaatioprojektin kuvat voidaan myös uudelleen rakentaa moduulien avulla, jolloin saadaan selkeä ja yhdenmukainen kuva. Kun on saatu lisättyä kaikki tarpeellinen ja mahdollisesti poistettua ylimääräinen osa mallikuvasta, pitää vielä tarkastaa keskuskaavio tilantarpeen takia. Joudutaan uudet osat sijoittamaan huonosti, jos ei ole samankaltaisien osien vieressä tilaa.

4 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Cads 17 -ohjelmistolle modulaarisia mallikuvia tuleville projekteille helpottaakseen sähkösuunnittelijoiden työtä ja pitämään suunnittelu tavan samanlaisena jokaisella sähkösuunnittelijalla.

Mallikuvia tehtiin yleisistä käytössä olevista osista. Mallikuvat ovat liitteessä 2. Mallikuvat auttavat projektin sähkökuvien teossa, kun niissä on valmiiksi tuotetiedot. Samasta mallikuvasta on tehty monta mallikuvaa eri tuotetiedoilla, koska se nopeuttaa osien tuotetietojen lisäämistä projektiin. Kun ei tarvitse lisätä erikseen tuotetietoja jokaiselle komponentille, sähkökuvien piirtäminen nopeutuu. Kun käytetään vähemmän aikaa kuvien piirtämiseen, säästyy enemmän rahaa. Ohjeita käyttämällä voi sellainenkin oppia tekemään kyseisellä ohjelmalla, joka ei ole käyttänyt sitä mihinkään.

Mallikuvia voidaan jatkossa lisätä, jos tulee tarve tai niitä voidaan muokata, mikäli joitain osia pitää vaihtaa. Tämä on nopeampaa kuin vaihtaa mallikuvan liitoksen jälkeen, koska se tarvitsee tehdä vain kerran. Kyseiset mallikuvat voidaan myös viedä eteenpäin ohjelman seuraavaan versioon, mikäli piirustustyyli ei vaihdu. Blokki- ja systeemikaavioita voidaan tehdä sitä mukaan lisää, kun uusia keskuksia tehdään, jos kyseinen ohjauskeskus ei ole uudelleen suunniteltu.

Lähteet

- 1 IEC 60092-302 Electrical Installations in Ships - Part 302: Low-Voltage Switchgear and Controlgear Assemblies, 1997, Sveitsi, Geneva: Kansainvälinen sähkötekniinen komissio
- 2 IEC 60092-101 Electrical installations in ships - Part 101: Definitions and general requirements, 2018, Sveitsi, Geneva: Kansainvälinen sähkötekniinen komissio
- 3 IEC 60092-202 Electrical installations in ships – Part 202: System design – Protection, 2016, Sveitsi, Geneva: Kansainvälinen sähkötekniinen komissio
- 4 SFS-EN 61439-1 Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset, 2013, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 5 SFS-EN 61439-2 Pienjännitekeskukset. Osa 2: Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot, 2013, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 6 ABB:n TTT-käsikirja 2000-07 Luku 19 sähköjohtojen mitoittaminen, ABB Oy, 2000. Verkkoaineisto.
http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/19_1_S%84hk%94johtojen%20mitoittaminen.pdf, luettu 26.11.2018
- 7 SFS-EN 60204-1 Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset, 2006, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 8 SFS-käsikirja 154, 2005, Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto.
- 9 Yrityksen sisäinen ohjeistus.

Ohje mallikuvien käyttöön

Tässä liitteessä on ohjeet, kuinka mallikuvia tuodaan ja miten niitä käytetään.

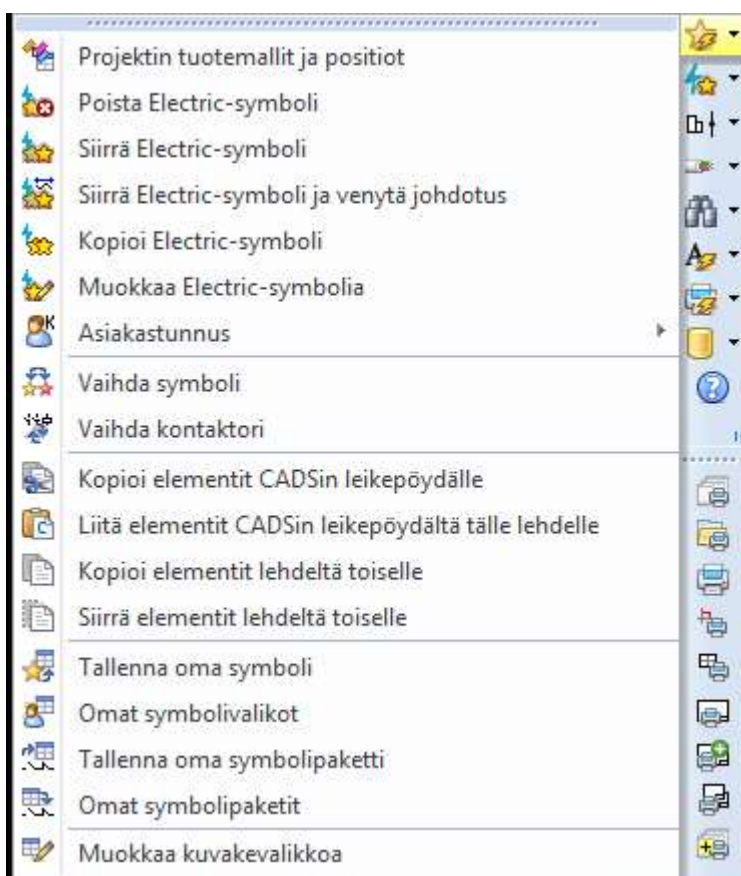
Sisällys

1	Mallikuvien tuonti	2
1.1	Mallikuvien lisäys yksi sivu kerralla	2
1.2	Mallikuvien lisäys monta sivua kerralla	4
2	Mallikuvat	7
2.1	Syöttö	7
2.2	Muuntaja	7
2.3	Hätäseis	8
2.4	Logiikka	8
2.5	Signaalit	8
2.6	Blokkikaavio	8

1 Mallikuvien tuonti

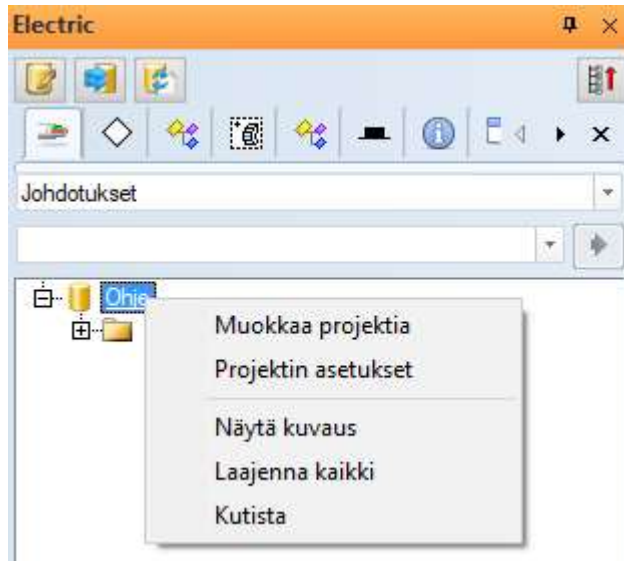
1.1 Mallikuvien lisäys yksi sivu kerralla

Käytetään mallikuva pohjana polusta R:\CADS\CADS17\Mallikuvat löytyviä mallikuvia, mutta kun muutetaan kuvia, käytetään näitä moduuleita. Kun on löytynyt tarvittava mallikuva, se pitää lisätä projektiin. Tämän voi tehdä ensimmäiseksi luomalla uuden sivun projektiin. Avataan mallikuva ja kopioidaan mallikuva leikepöydälle (Kopio elementit CADS:in leikepöydälle). Jonka jälkeen siirrytään projektiin ja mennään uudelle tyhjälle sivulle, jossa liitetään leikepöydälle kopioitu mallikuva (Liitä elementit CADS:in leikepöydältä tälle lehdelle).



Kun mallikuva on saatu kopioitua projektille, sitten voidaan tuoda mallikuvan tuotetiedot. Avataan ensin Electric DB työkalu, jonka saa auki Electric välilehdeltä painamalla keltaista lieriöön (seuraavassa kuvassa ensimmäinen painike vasemmalta

) tai painamalla oikealla hiiren painikkeella projektista ja valitsemalla ”Muokkaa projektia” valinnan.

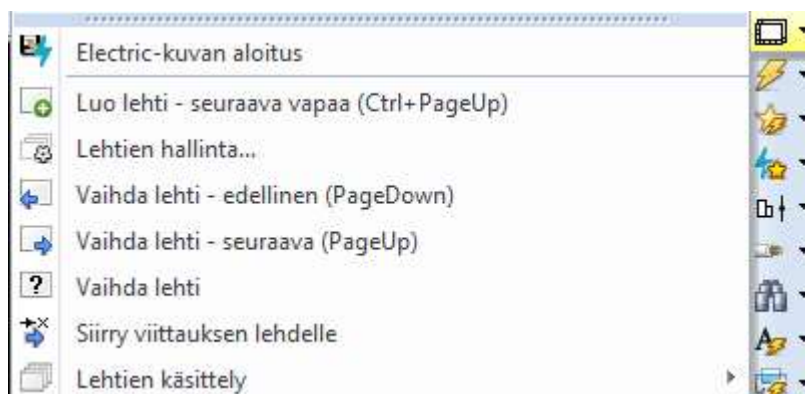
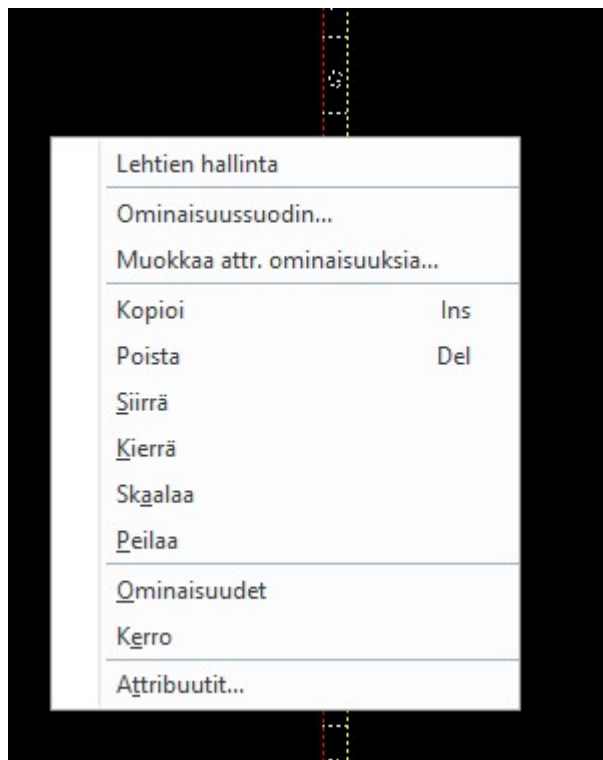


Minkä jälkeen aukeaa ”Electric DB Työkalu”-ikkuna, josta valitaan ylhäältä olevasta valintanauhasta ”Toiminnot” ja sen jälkeen ”Tuo” valinta. Tämän jälkeen valitaan ”Tuo toisesta projektista...” ja etsitään mallikuvan kansio ja tuodaan sen mallikuvan tietokanta, mutta koko tietokantaa ei tarvitse tuoda ja voidaan valita mitä halutaan tuoda.



1.2 Mallikuvien lisäys monta sivua kerralla

Kun halutaan tuoda enemmän kuin yksi sivu kerrallaan, voidaan kopioida lehtien hallinnan kautta sivuja. Avataan lehtien hallinta ja valitaan mitkä sivut halutaan kopioida. Lehtien hallintaa pääsee painamalla hiiren oikealla piirustusohjelmassa ja valitsemalla lehtien hallinta. Tai vaihtoehtoisesti ”kaaviokuvien/lehtien käsittely” taulukosta valitaan lehtien hallinta.



Kun ollaan saatu lehtien hallinta auki valitaan lehdet, jotka kopioidaan ja painetaan ”Electric-kaaviokuvien lehdet” alta kopioi. Ja kun halutaan liittää nämä kopioidut sivut projektiin, valitaan kopioi painikkeen sijasta liitä. Kun liitetään lehtien hallinnan kautta sivuja, ne tulevat aina viimeisemmäksi.

Electric-kaaviokuvien lehdet

Kopioi Liitä Poista Järjestä Lisää uusi lehti

	Layout	Leh	Leht	Kokonaisu	Sähköposi
+	Suunnittelu	1	7		
+	Suunnittelu	2	7		
+	Suunnittelu	3	7		
+	Suunnittelu	4	7		
+	Suunnittelu	5	7		
+	Suunnittelu	6	7		
>	+	Suunnittelu	7	7	

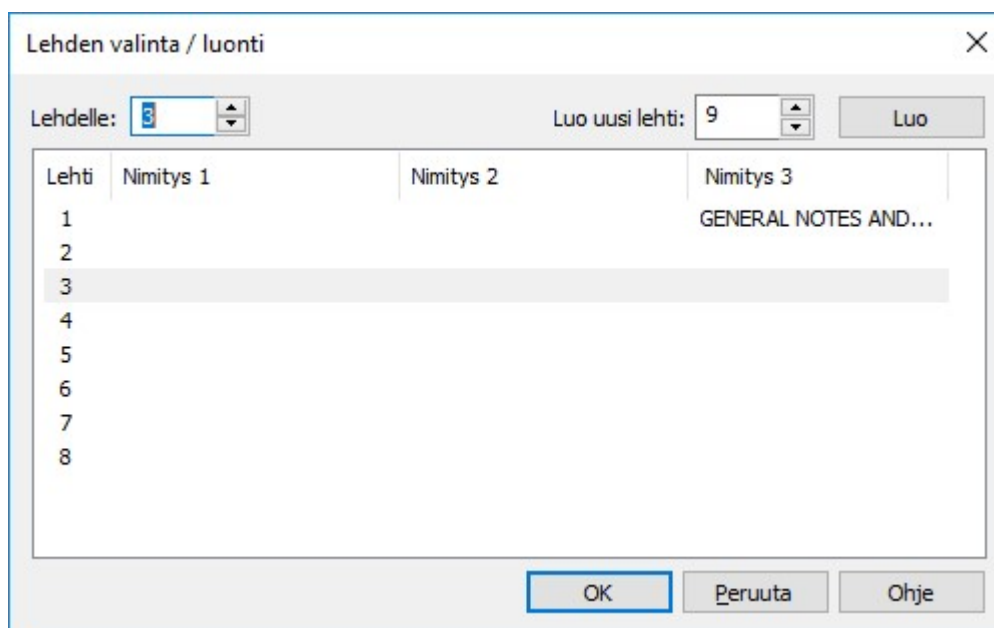
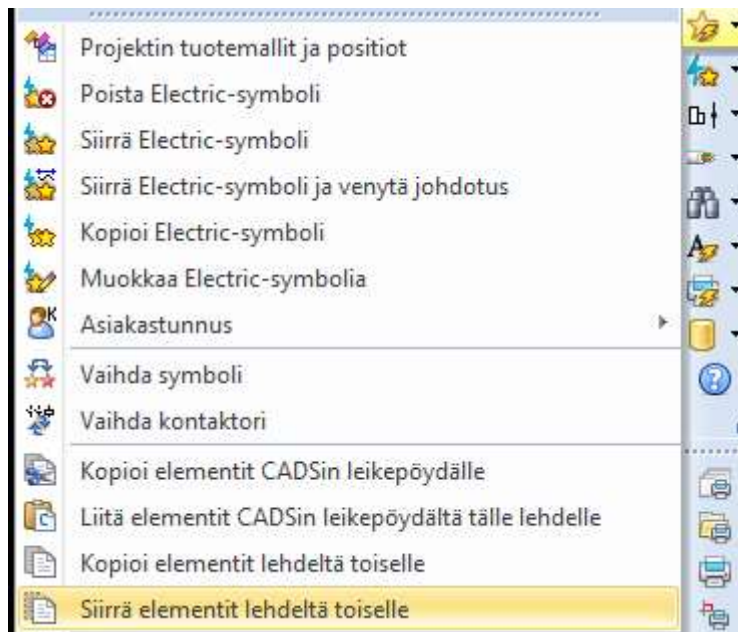
Lisää uusi lehti

Kopioitu leikepöydälle lehdet 2, 5, 7

OK

Kun halutaan siirtää tuodut lehdet oikealle paikalle, tehdään uusi sivu kyseiselle paikalle. Lehti luodaan lehtien hallinnasta, jos halutaan sivu muualle kuin projektin keskelle. Valitaan sivu, johon uusi sivu tulee ja painetaan ”lisää uusi lehti”.

Sen jälkeen siirretään osat tuodulta sivulle luodulle sivulle. Avataan ”symbolitoiminnot” valikko ja valitaan sieltä ”siirrä elementit lehdeltä toiselle”. Valitaan sivu, jolle elementit siirretään, ja sen jälkeen elementit, joita halutaan siirtää. Lehden valinta ikkunassa voidaan luoda uusi lehti, mutta sen voi vain luoda viimeiseksi.



Tuotetietojen tuonti katso 1.1.

2 Mallikuvat

2.1 Syöttö

Vaihdetaan syöttö projektiin sopivaksi. Kaikki eri syöttö tyypit on nimetty ja järjestetty sen mukaisesti. Syötöissä on mukana nollajohdin, jonka voi poistaa tarvittaessa. Kansiot on nimetty syöttötyyppien mukaan, joka helpottaa oikean syötön löytämistä. Syötöissä kannattaa tuoda tietokanta, jos käytetään automaattista tupla syöttöä, koska siinä on paljon osia, joita voidaan käyttää eri kokoisilla virroilla.

Syötön vaihto alkuperäisen tilalle onnistuu, kun poistaa alkuperäisen syötön (sivua ei tarvitse poistaa), jonka jälkeen seurataan 1.1 tai 1.2 kohdan ohjeita. Pääkytkintä ei ole tyypitetty, joten se tarvitsee tyypittää sekä sille tarpeelliset lisälaitteet.

Mallikuvat/Syötöt

2.2 Muuntaja

Mallikuvapohjassa on tavallinen muuntaja kuva, mutta moduuleista voidaan ottaa semmoinen muuntaja, missä on 230 VAC- ja 24 VDC. Muuntaja vieressä on moduuleissa vaiheseuranta rele, jonka voi tarvittaessa poistaa. Muuntajille on tehty mallikuvia eri kokoisille muuntajille 500 VA muuntajasta 4000 VA muuntajaan.

Muuntajien mallikuvat on laitettu nimen mukaisiin kansioihin, joista tietää kuinka suuri jännite on kyseessä sekä kuinka tehokas muuntaja. Mallikuvat eroavat toisista vain muuntajan tehon ja sen suojausten mukaan.

/Mallikuvat/Muuntajat

2.3 Moottorilähdöt

Moottorilähdöissä ei ole erillisiä mallikuvia, koska käytössä olevat ovat isossa pohjakuvassa. Kun valitaan sieltä mitä käytetään pitää tietää, moottorin vaatimukset lisälaitteille. Myös pitää tietää moottorin arvot.

2.4 Hätäseis

Mallikuvissa on hätäseispiiri, jota voi muokkaa. Se on muokattavissa, jos tarvitsee lisää valoja, ulkoisia tai sisäisiä hätäseis painikkeita, tai hätäseisreileitä.

/Mallikuvat/Hätäseis

2.5 Logiikka

Logiikkaa valittaessa pitää ottaa huomioon logiikan koko, valmis ohjelma ja signaalin tyyppi. Mallikuvapohjissa on logo logiikkaa ja sen kytkentä.

Mallikuvat/Logiikka/Kortit

2.6 Signaalit

Signaalien mallikuvassa on yleisesti käytössä olevia ulkoisia signaaleja ja niiden johdotus. Siellä on myös moottorilähtöjen signaalit. Käynnissä signaali, virhesignaali ja ylikuormasignaali jolloin voidaan helpommin ja nopeammin lisätä signaaleja projektiin.

Mallikuvat/Logiikka/Signaalit

2.7 Kaaviot

Blokkikaaviota tehdessä voidaan käyttää valmiita blokkien osia. Valmiina on yleisesti käytössä olevia kaappeja. Jos kyseessä olevassa blokissa on rajattuja alueita, kyseessä

on joko valinta, joka otetaan tarpeen mukaan, tai eri kokoisia laitteita, jolloin valitaan oikean kokoinen. Poistetaan rajaukset, jos otetaan kyseinen osa käyttöön.

Systeemikaaviota tehdessä pitää tarkistaa, mitä kaapelia on käytetty ja mikä kommunikaatio on kyseessä. Ainoastaan lisätään telakan sähköasentajien asentamat kaapelit.

Huomio kopioidessa, että kopioit myös piirustusohjan, johon on laitettu sähköpositio. Sähköpositioihin on laitettu kyseessä olevan kaapin positio, jos tehdään yksi tiedostoinen blokkikaavio. Muuten CADS 17 luulee saman nimisten laitteiden eri kaapissa olevan samoja laitteita ja laittaa niiden tiedot samoiksi. Jos on enemmän kuin yksi samaa keskusta, laitetaan numero sähköposition perään.

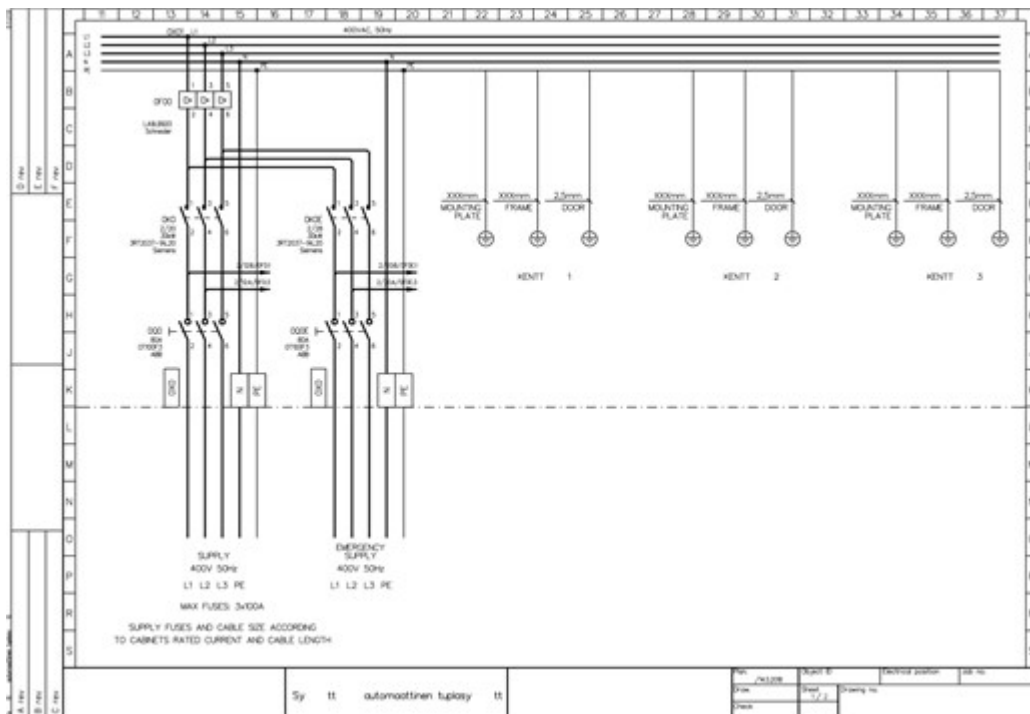
/Mallikuvat/Kaaviot

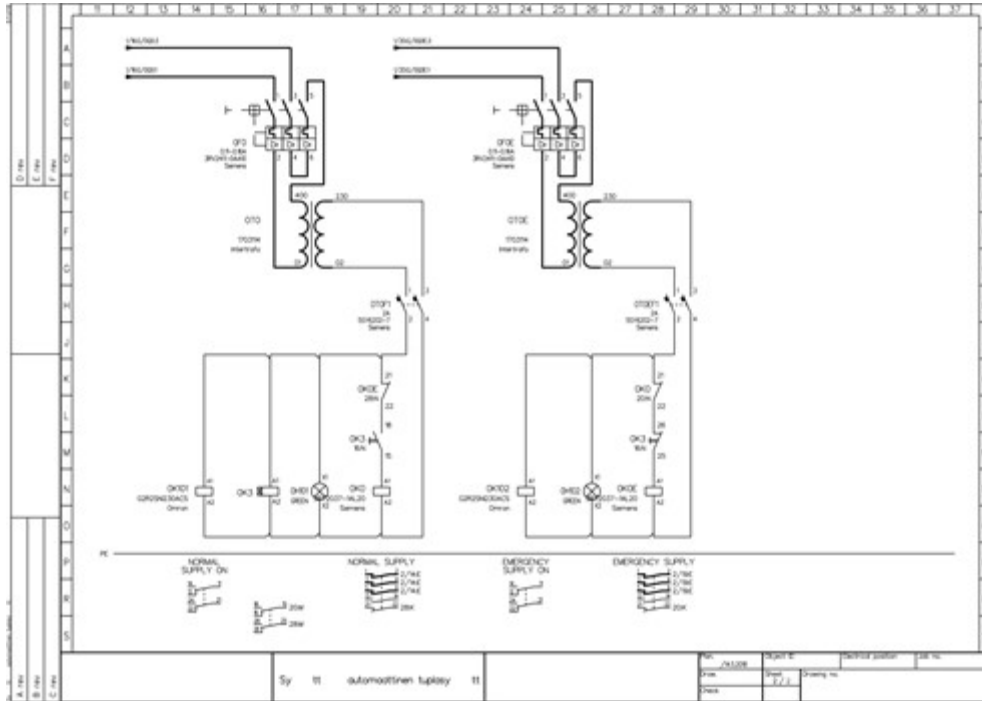
Mallikuvat

Tässä liitteessä on tehdyt mallikuvat.

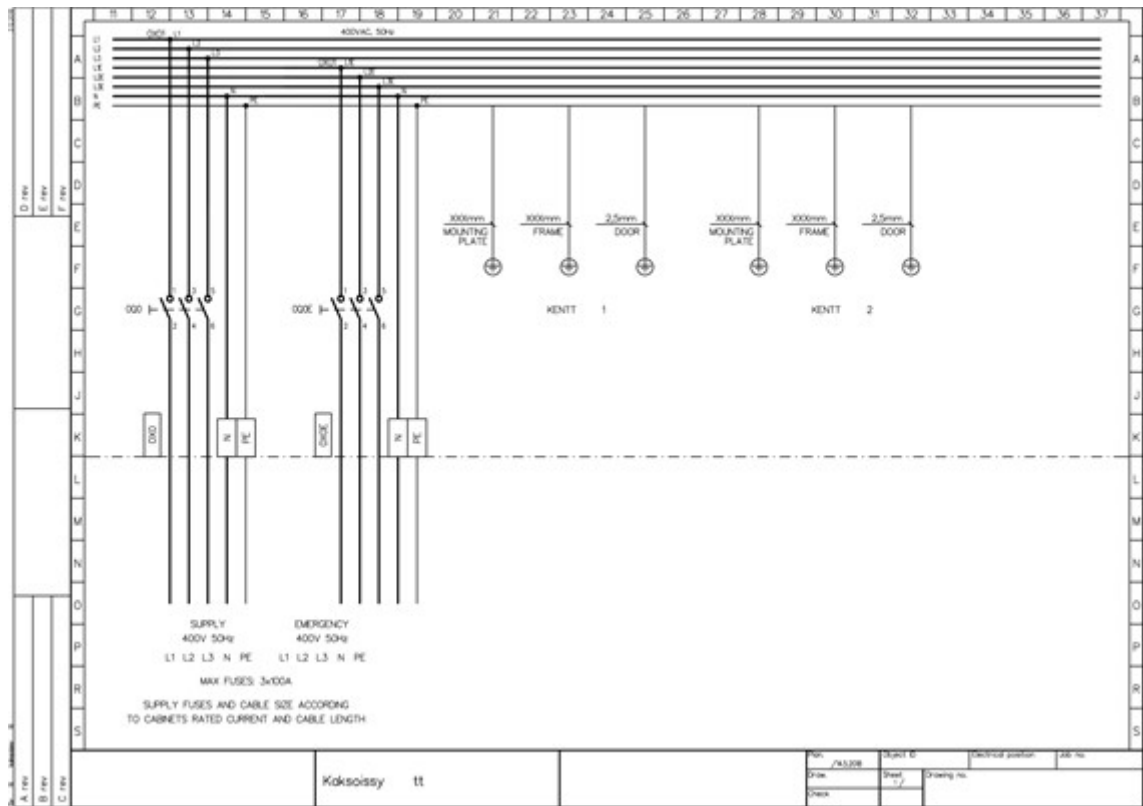
1 Syötöt

1.1 Automaattinen tuplasyöttö

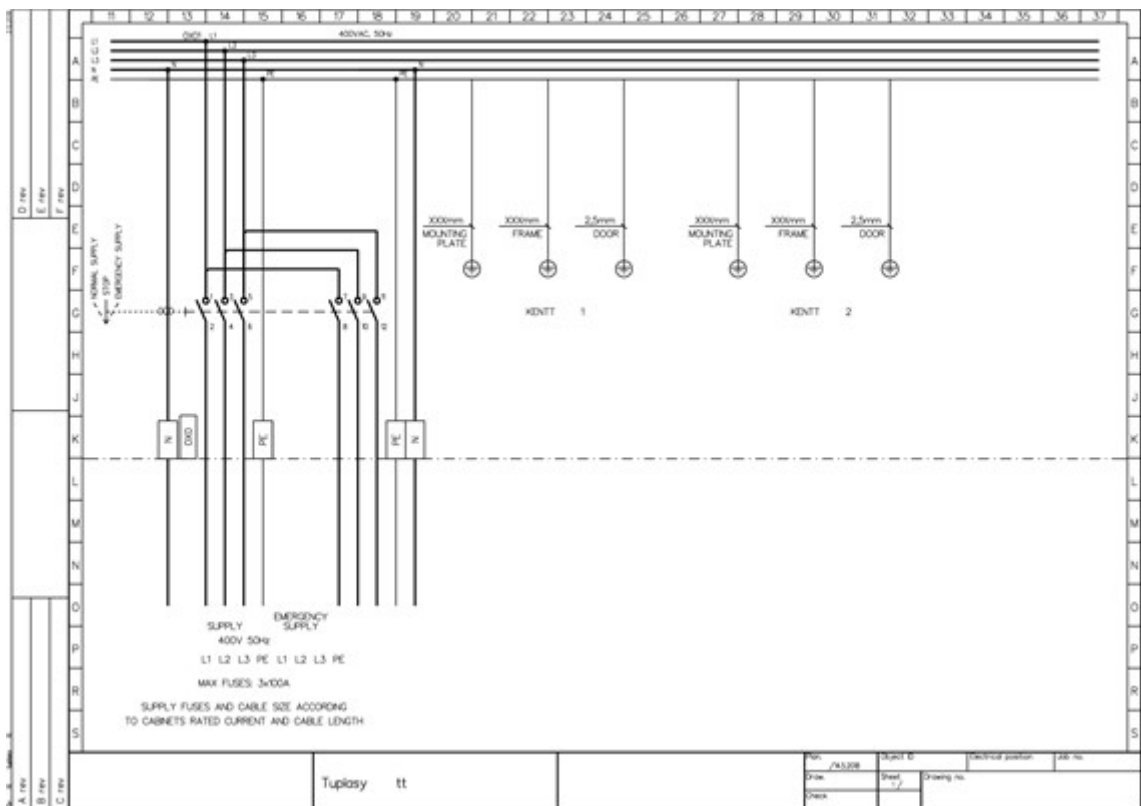




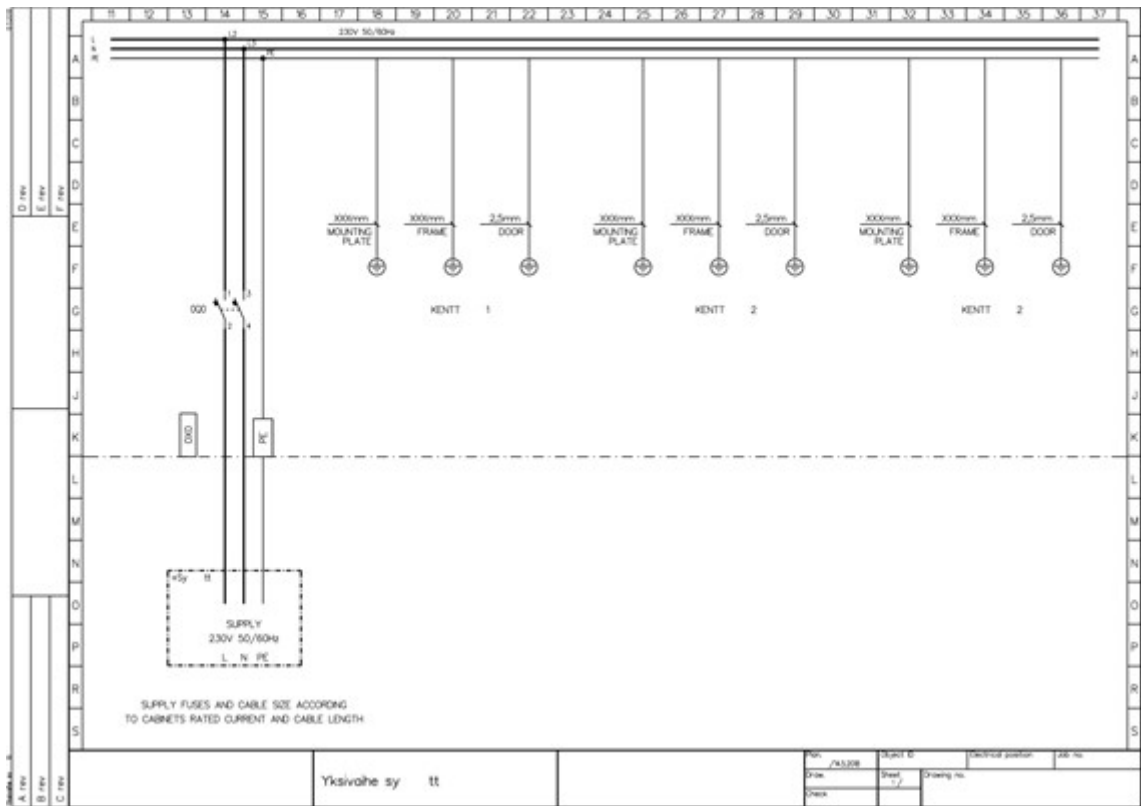
1.2 Kaksoissyöttö



1.3 Tuplasyöttö

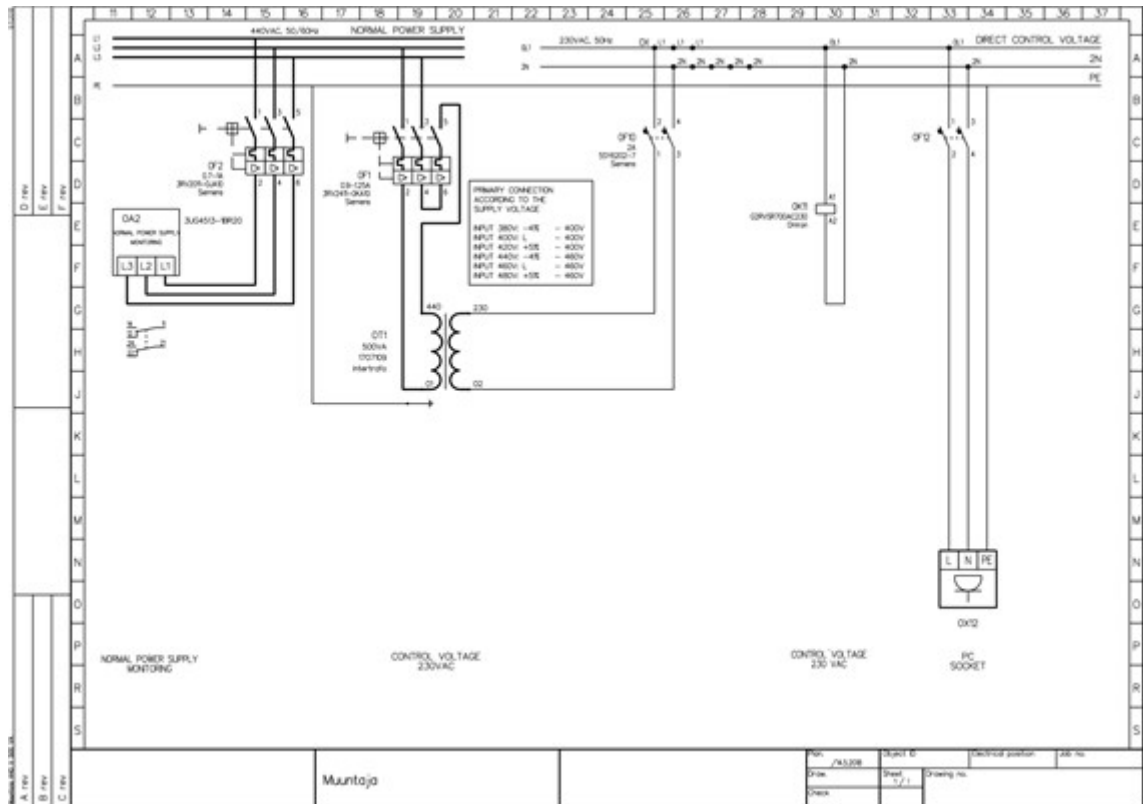


1.4 1-Vaihe syöttö

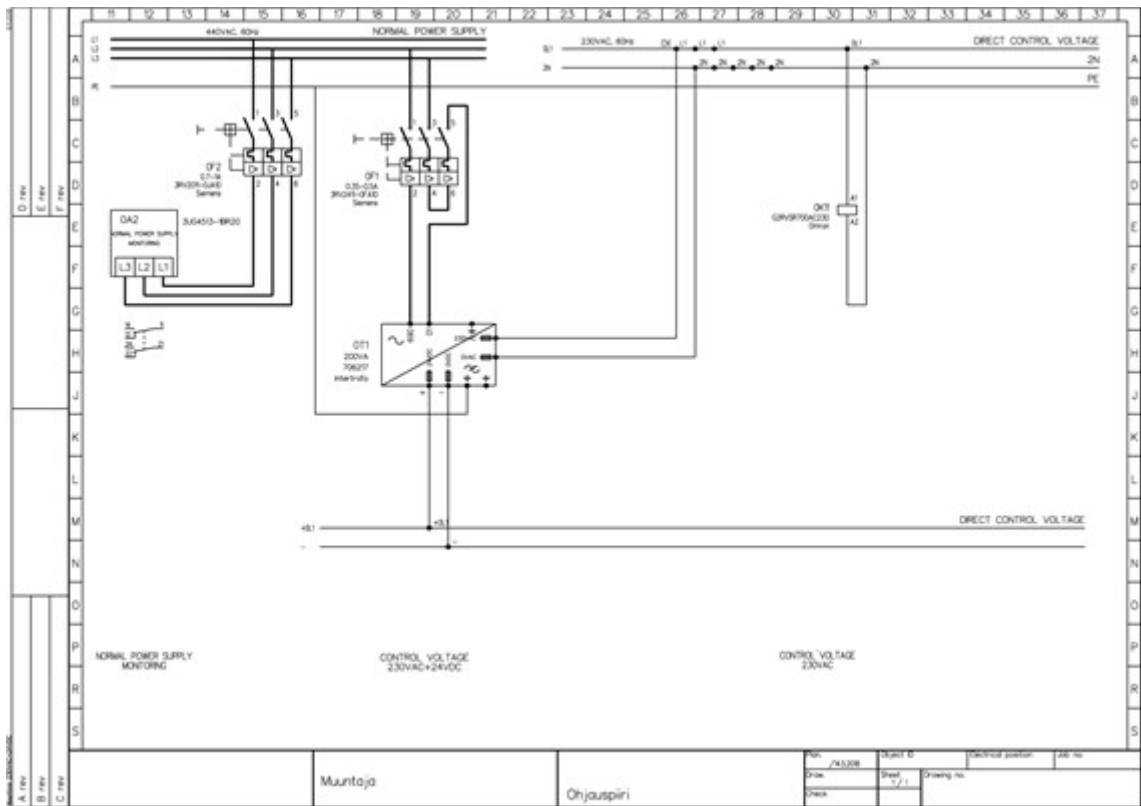


2 Muuntajat

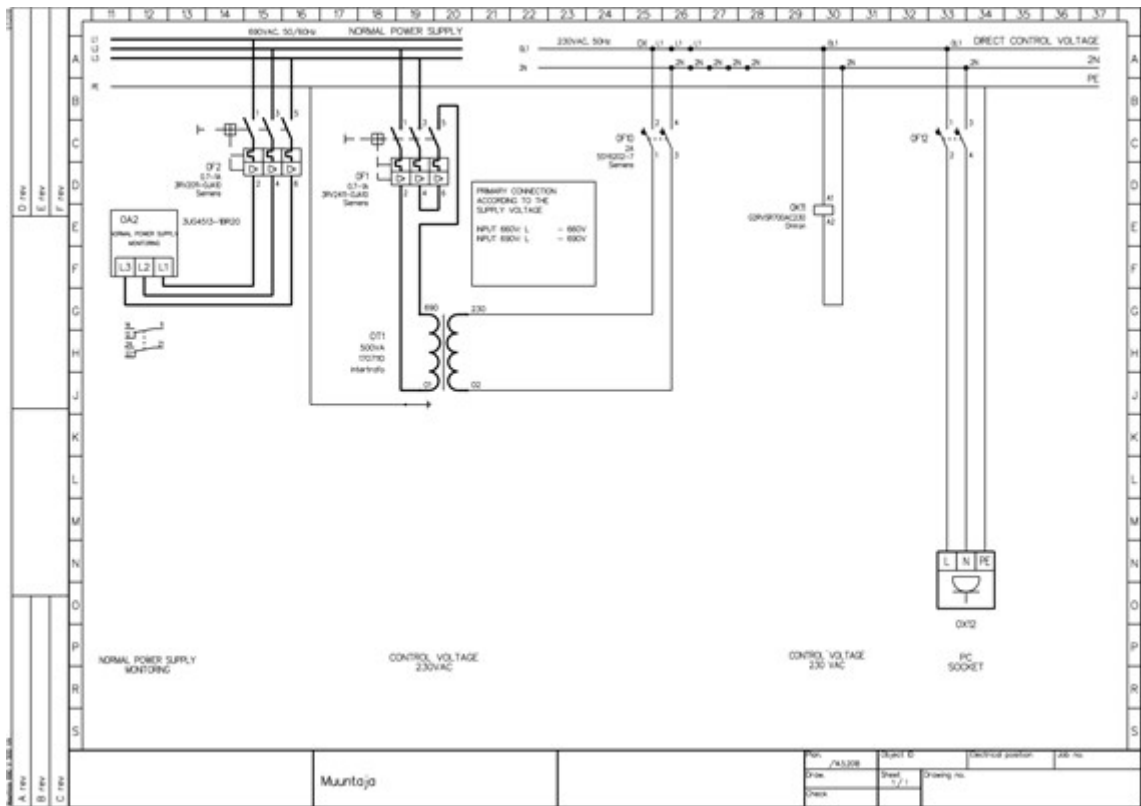
2.1 380-480 V Muuntaja 230 VAC 500 VA



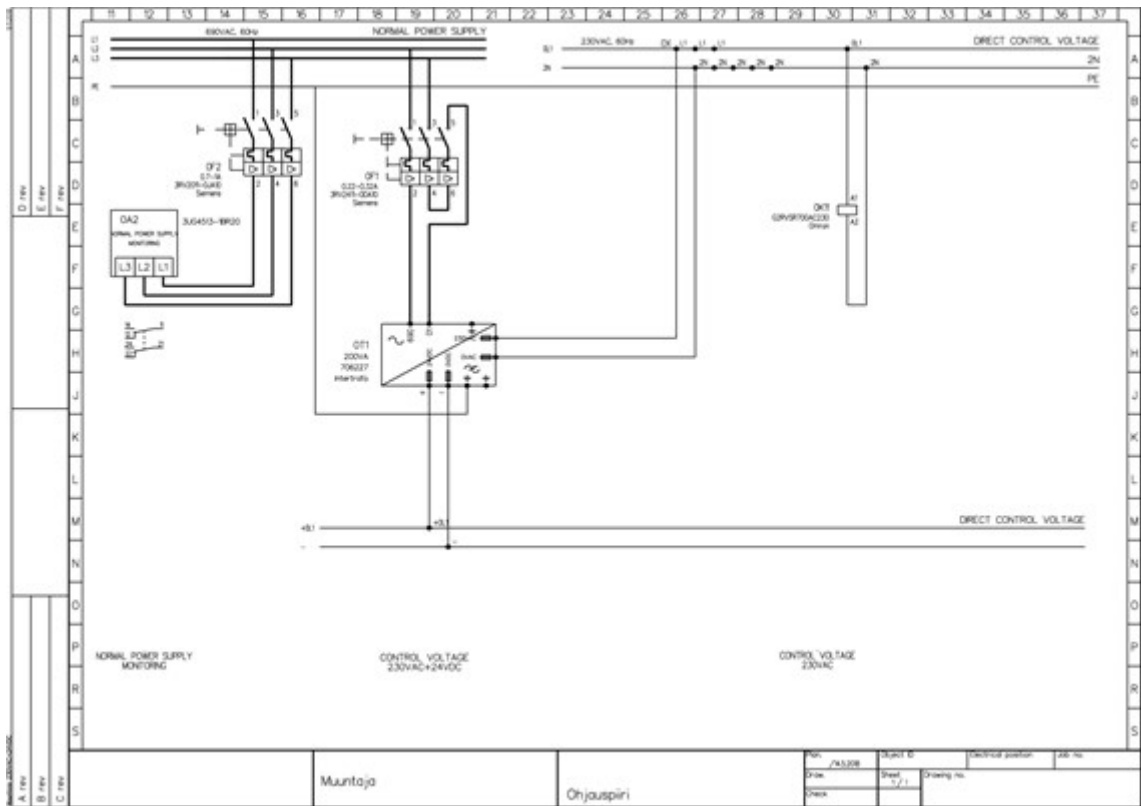
2.2 380-480 V Muuntaja 230 VAC / 24 VDC



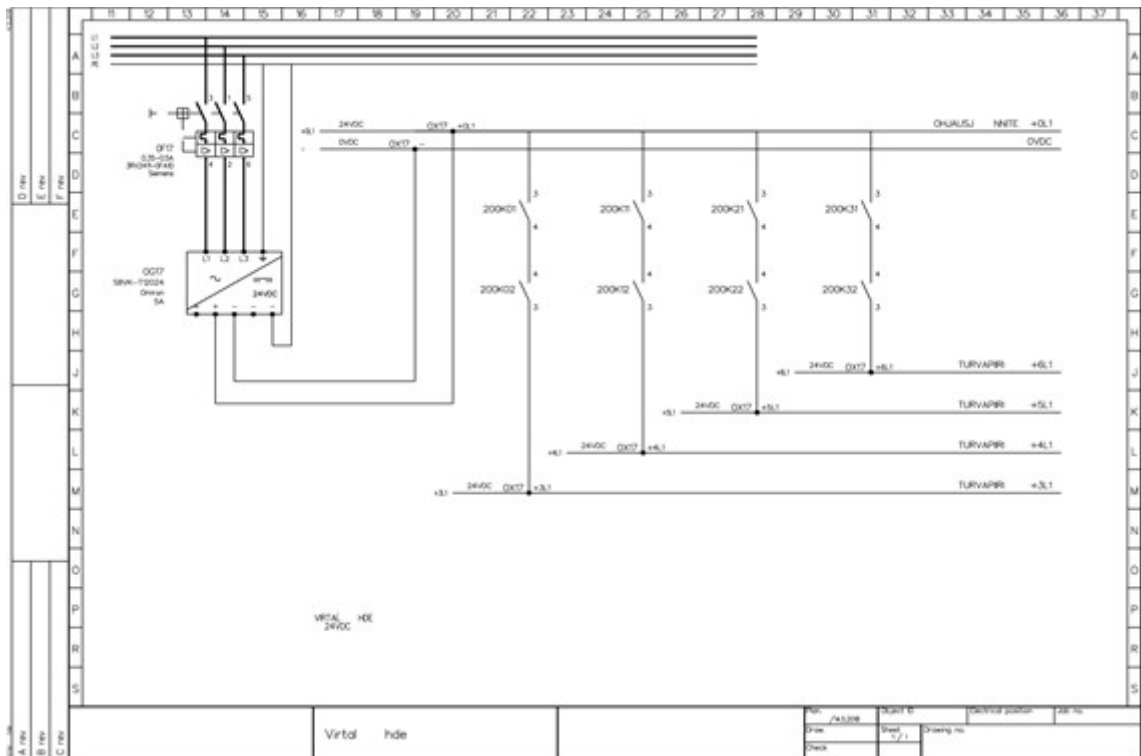
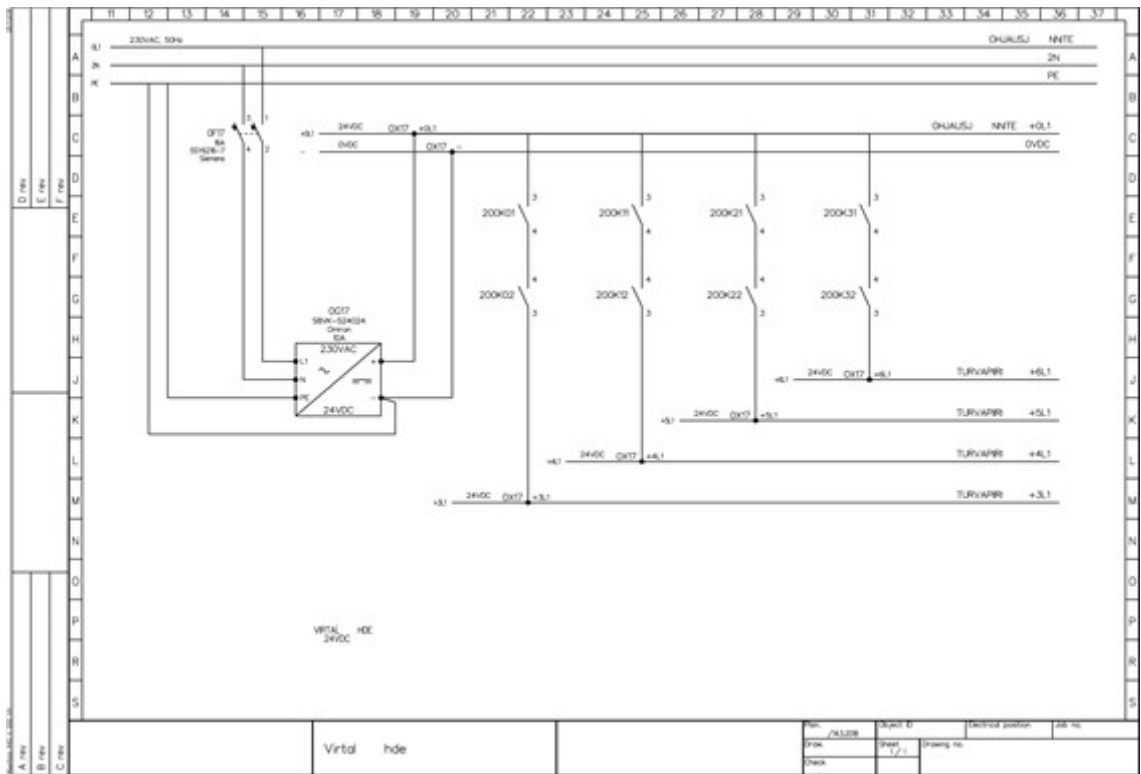
2.3 660-690 V Muuntaja 230 VAC 500 VA



2.4 660-690 V Muuntaja 230 VAC / 24 VDC

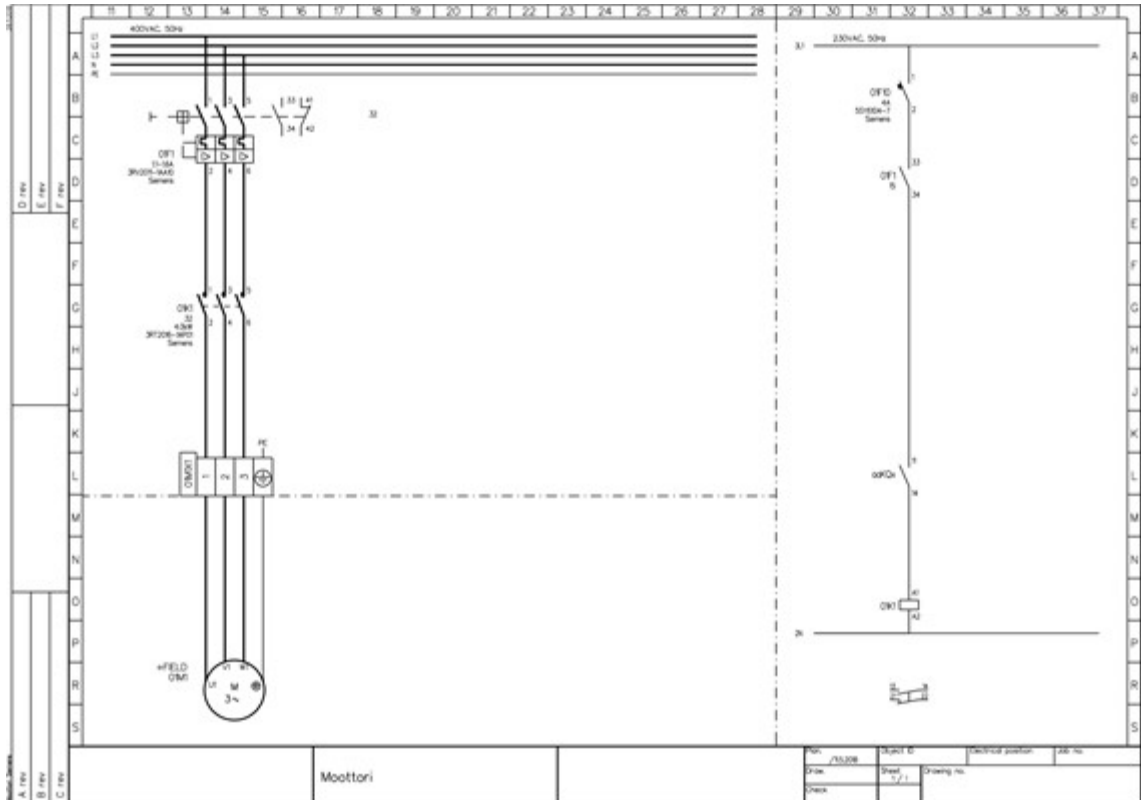


2.5 Virtalähteet

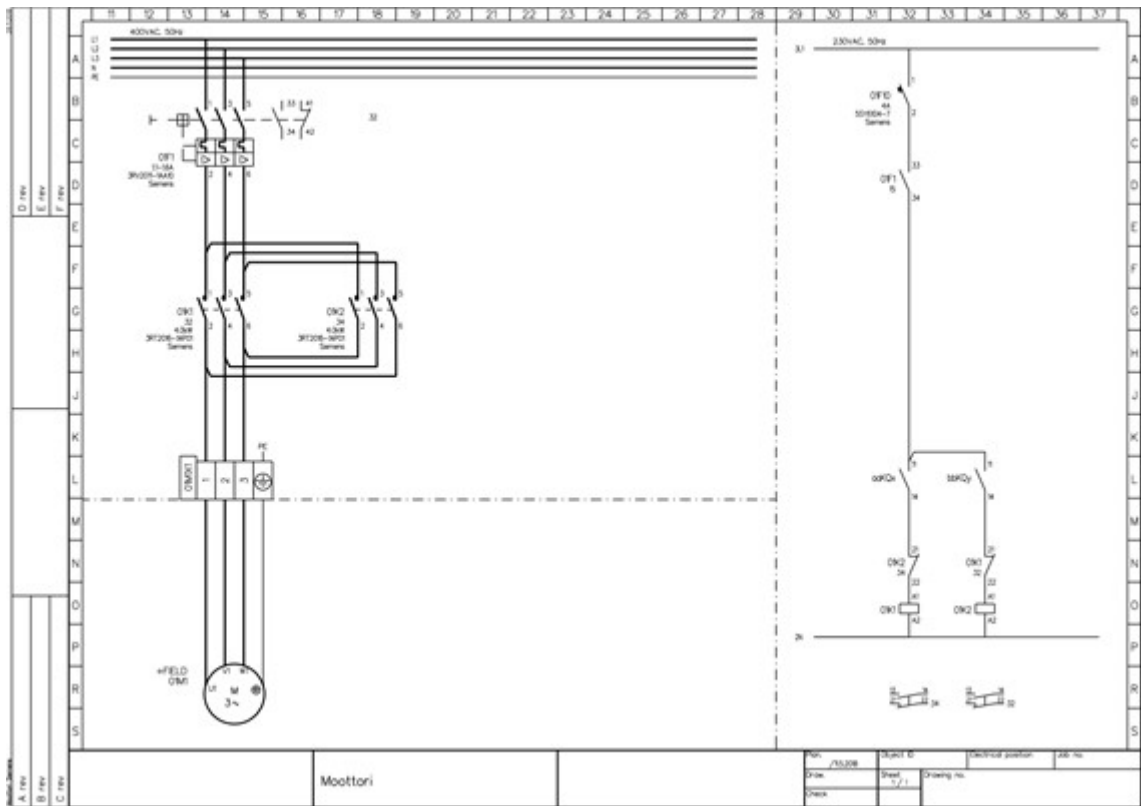


3 Moottorilähdöt

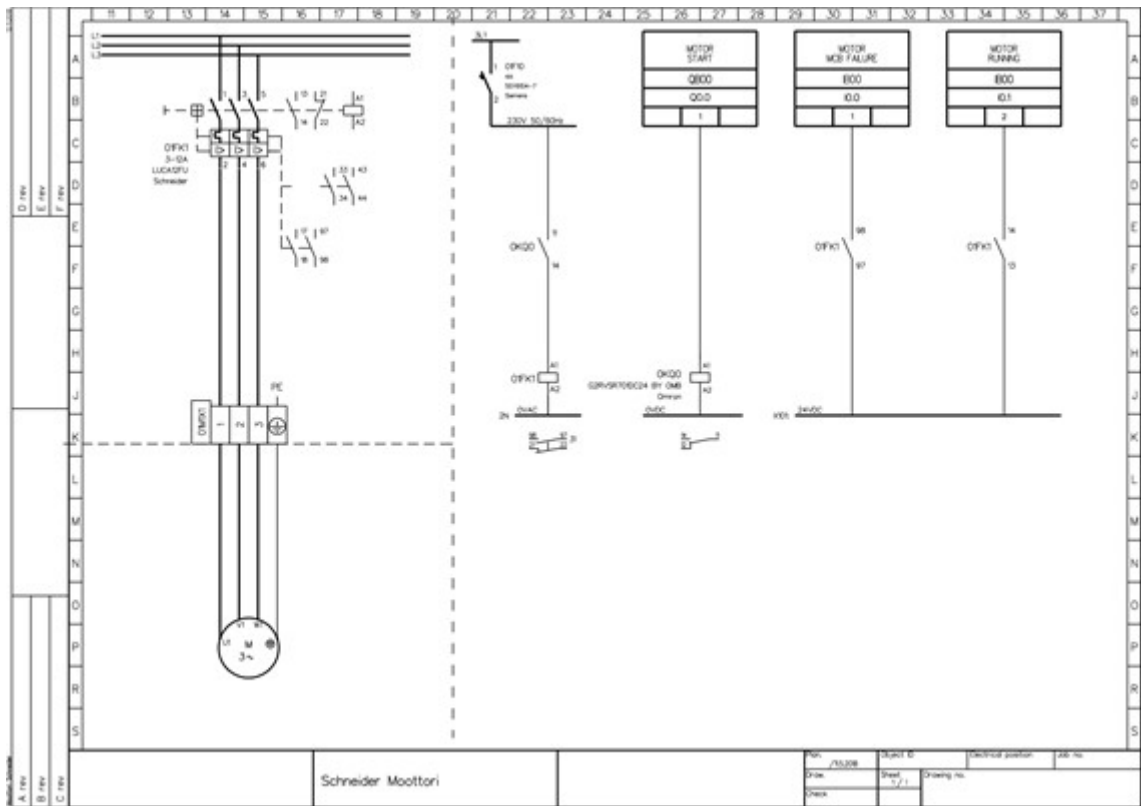
3.1 Tavallinen moottorilähtö



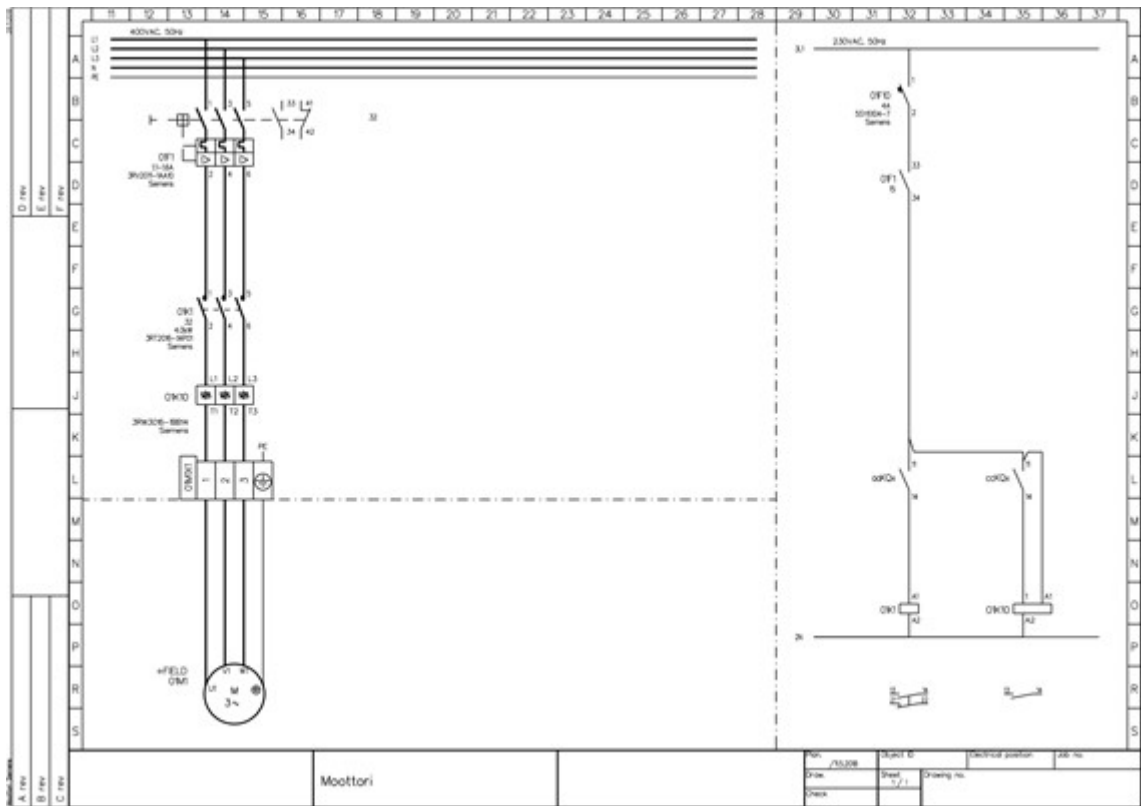
3.2 Suunnanvaihdollinen moottorilähtö



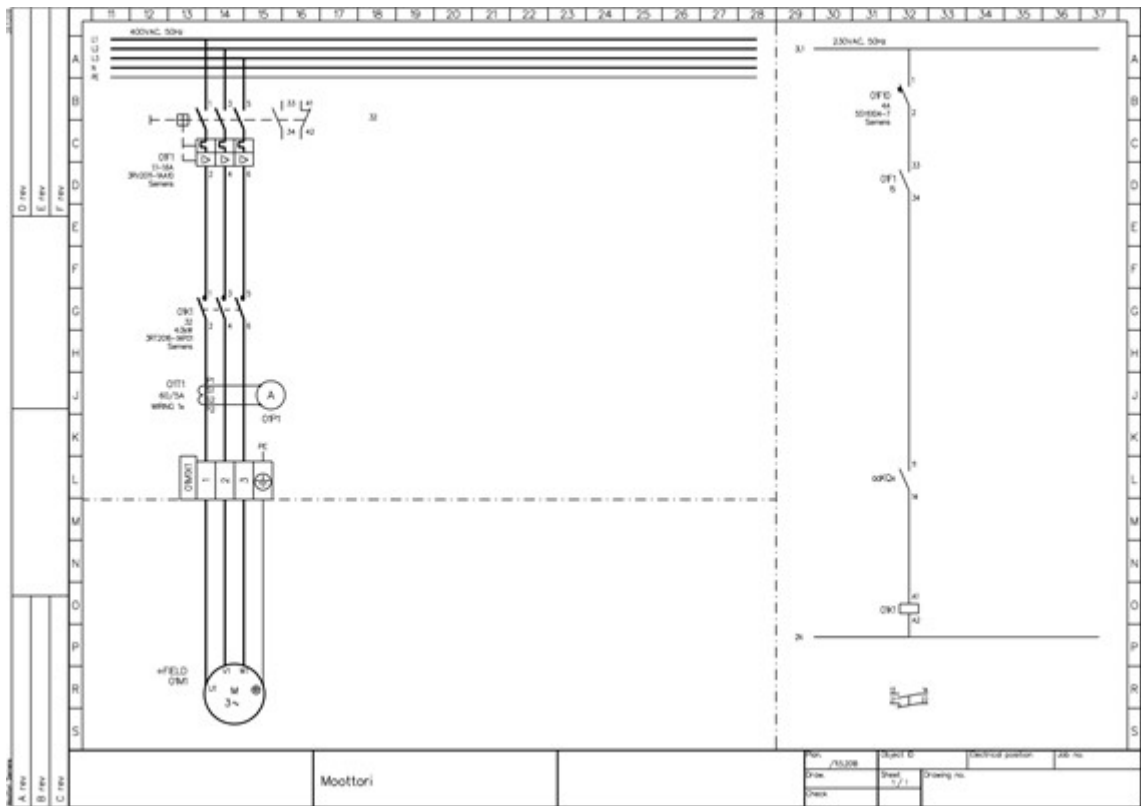
3.3 Yhdistetty suoja ja kontaktori



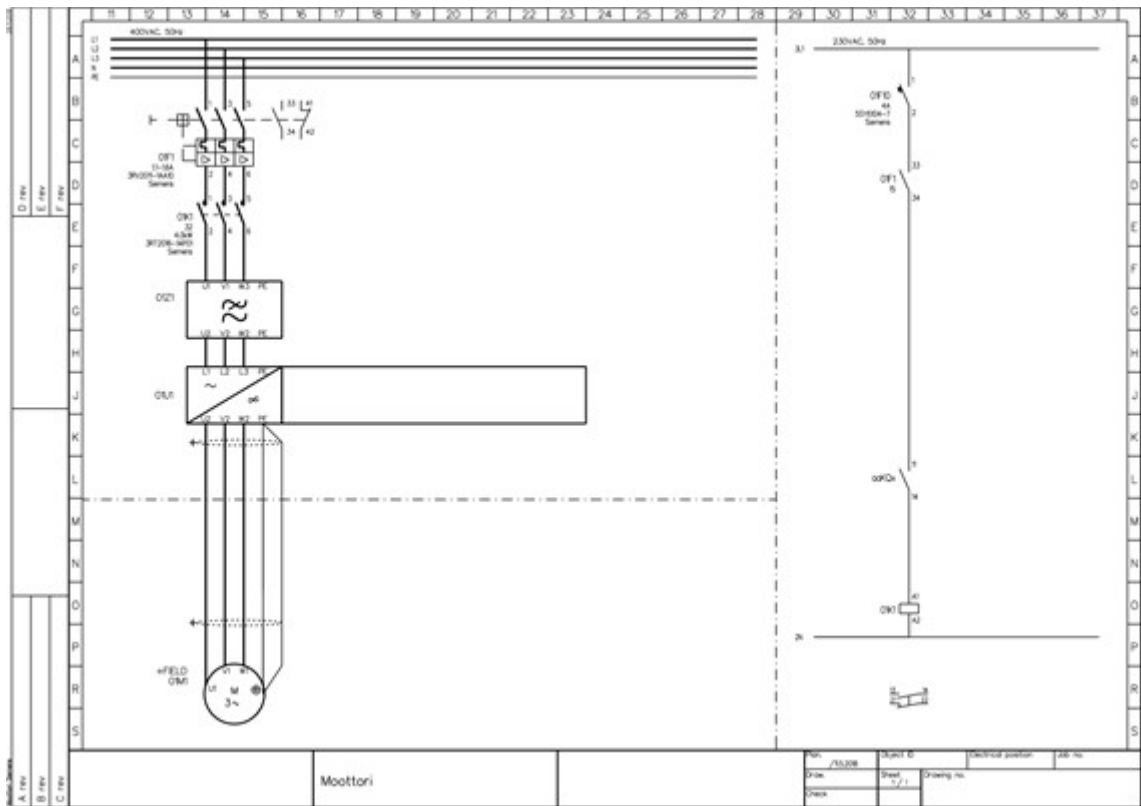
3.4 Pehmökäynnistimen avusteinen moottorilähtö



3.5 Moottorilähtö virtamittarilla

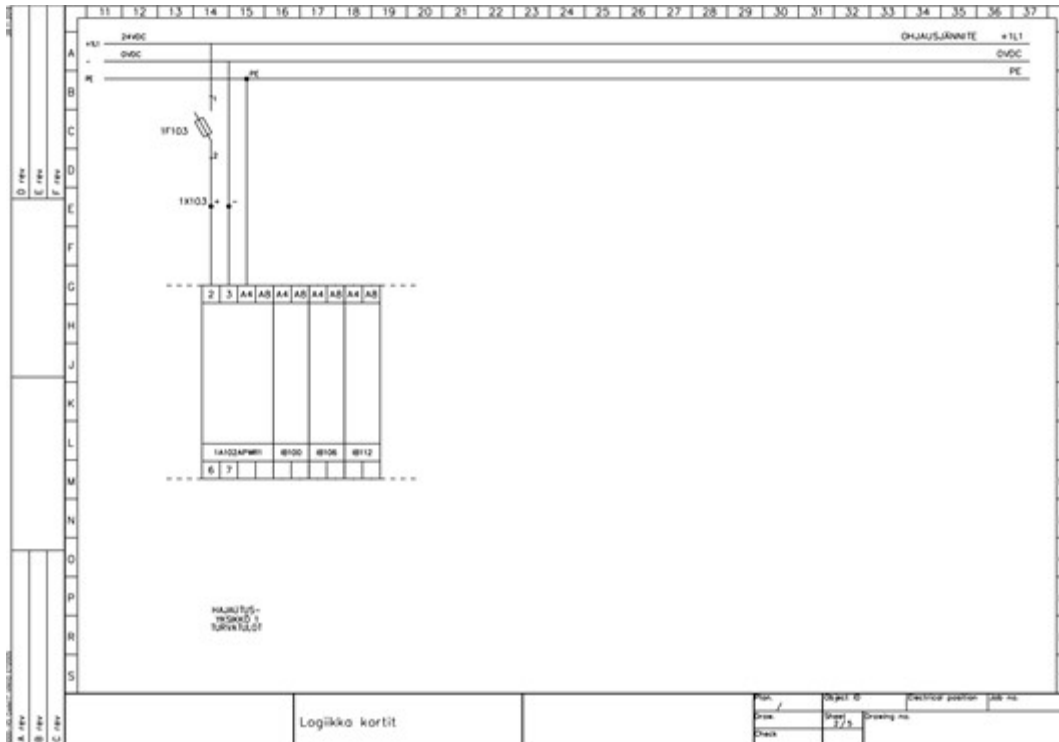
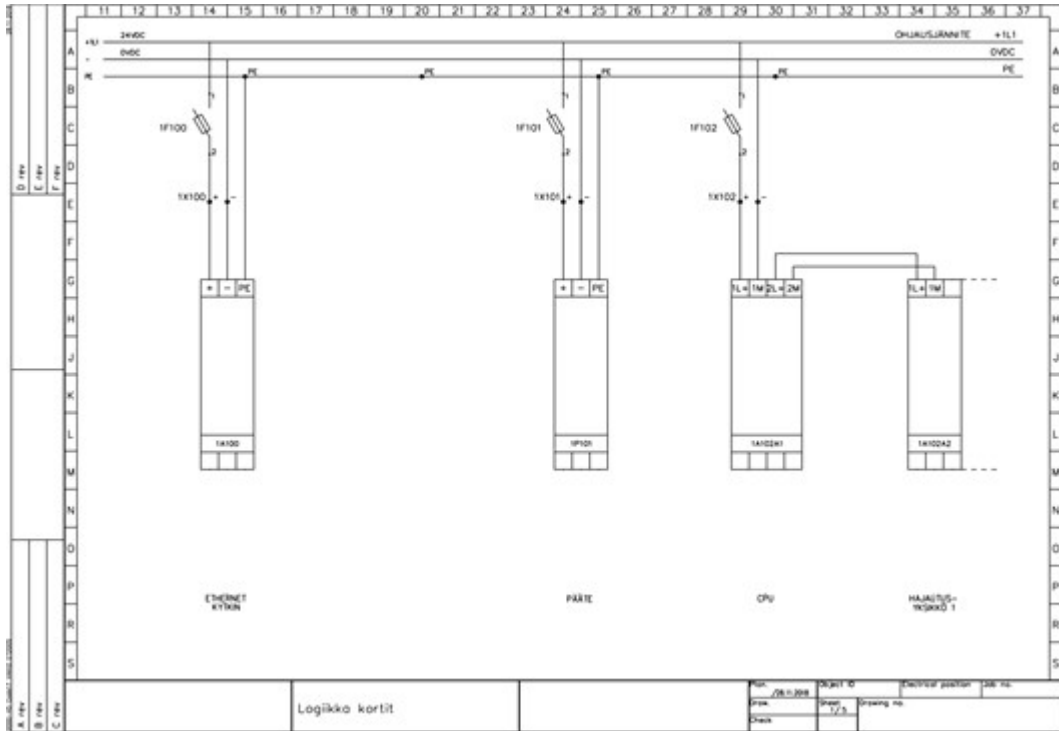


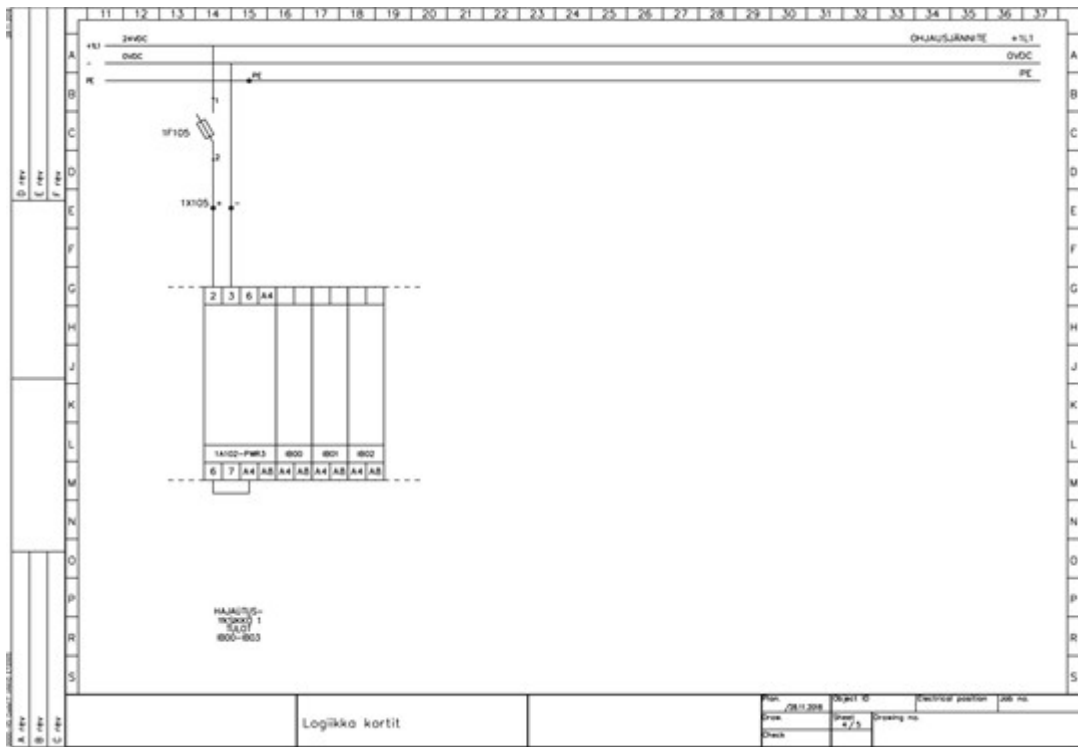
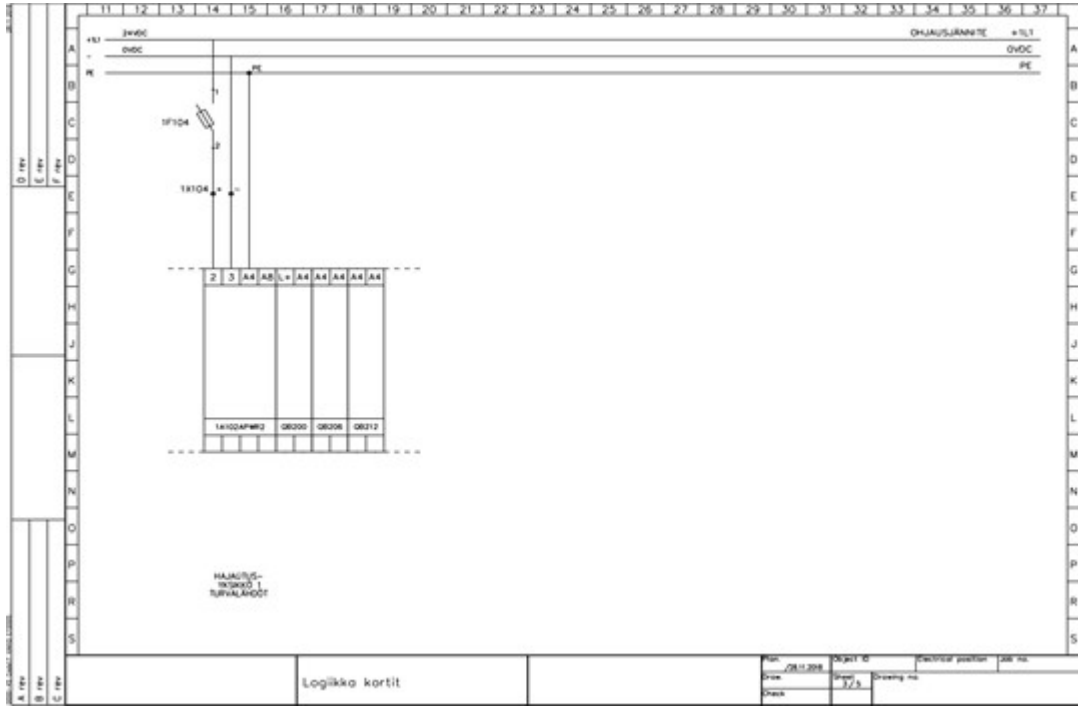
3.6 Moottorilähtö taajuusmuuntajalla

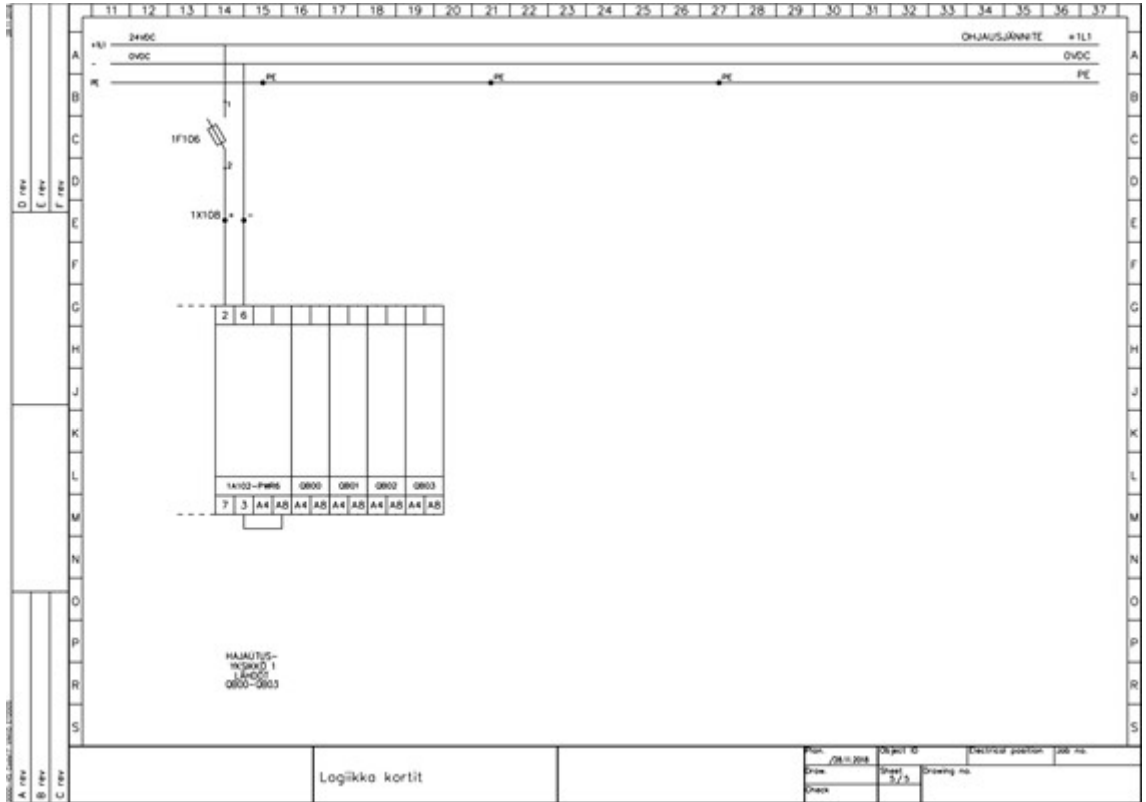


4 Logiikka

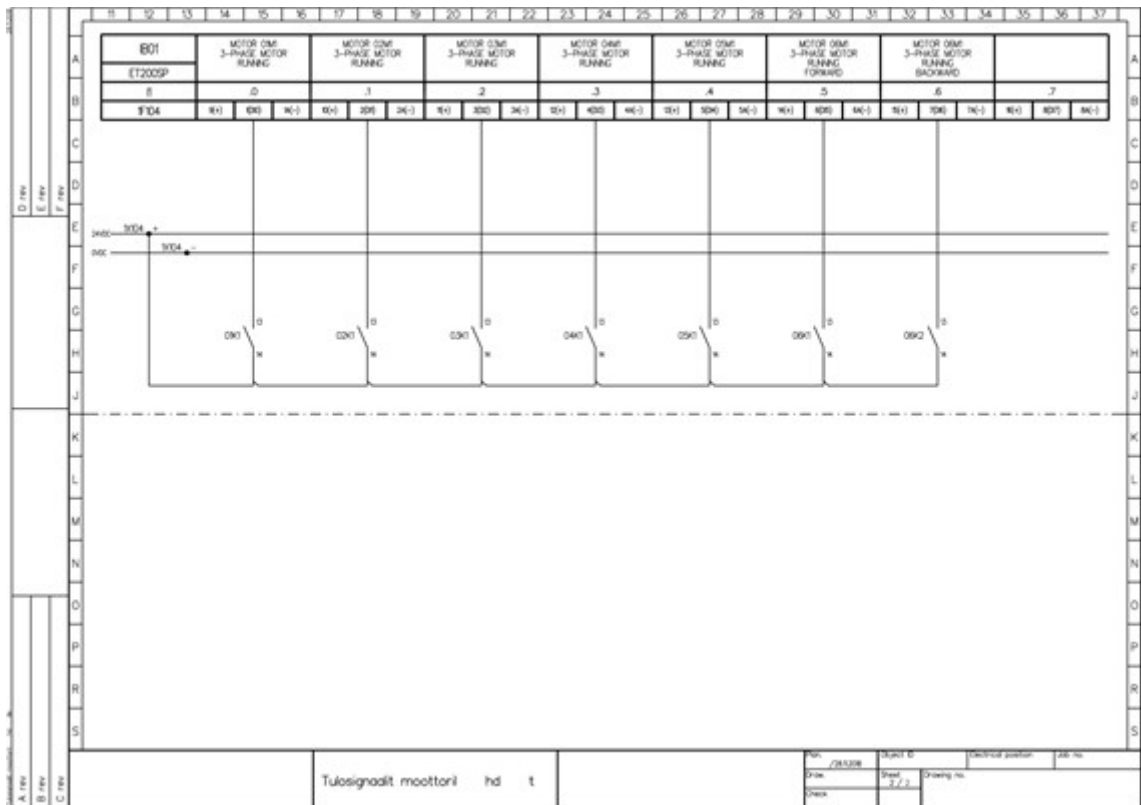
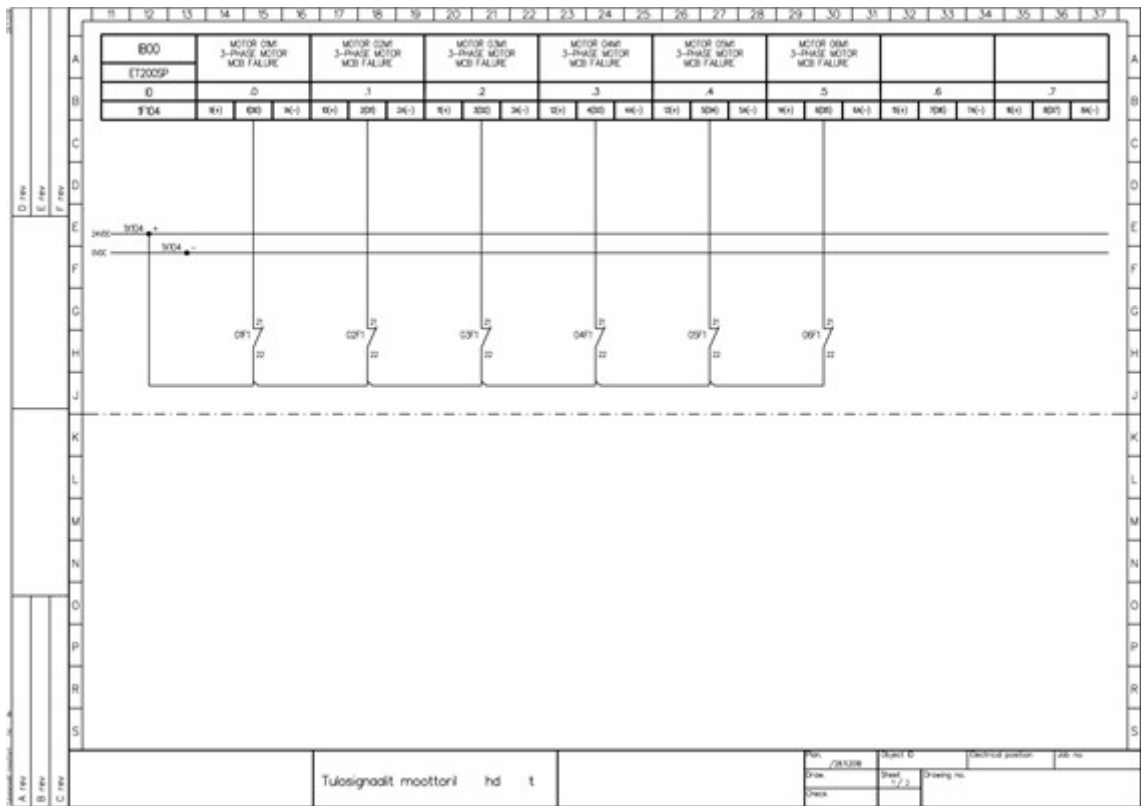
4.1 Korttien järjestys



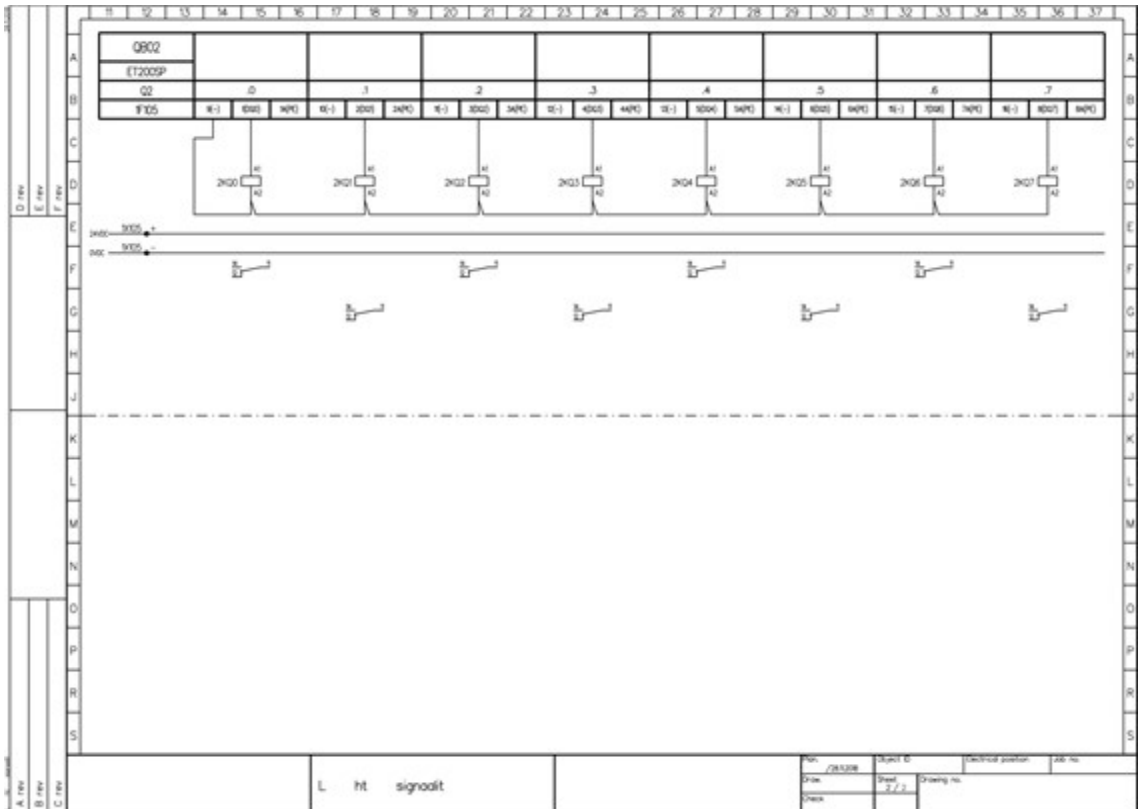
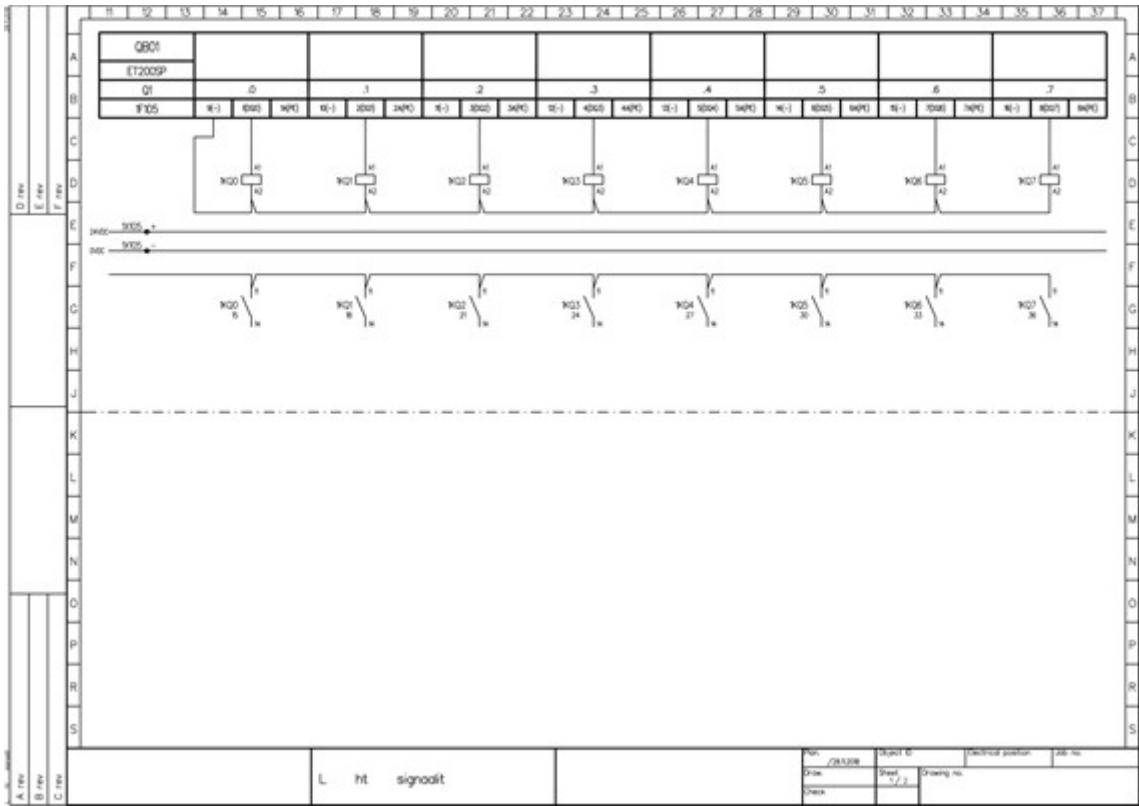




4.2 Tulosignaalit moottorilähdöstä

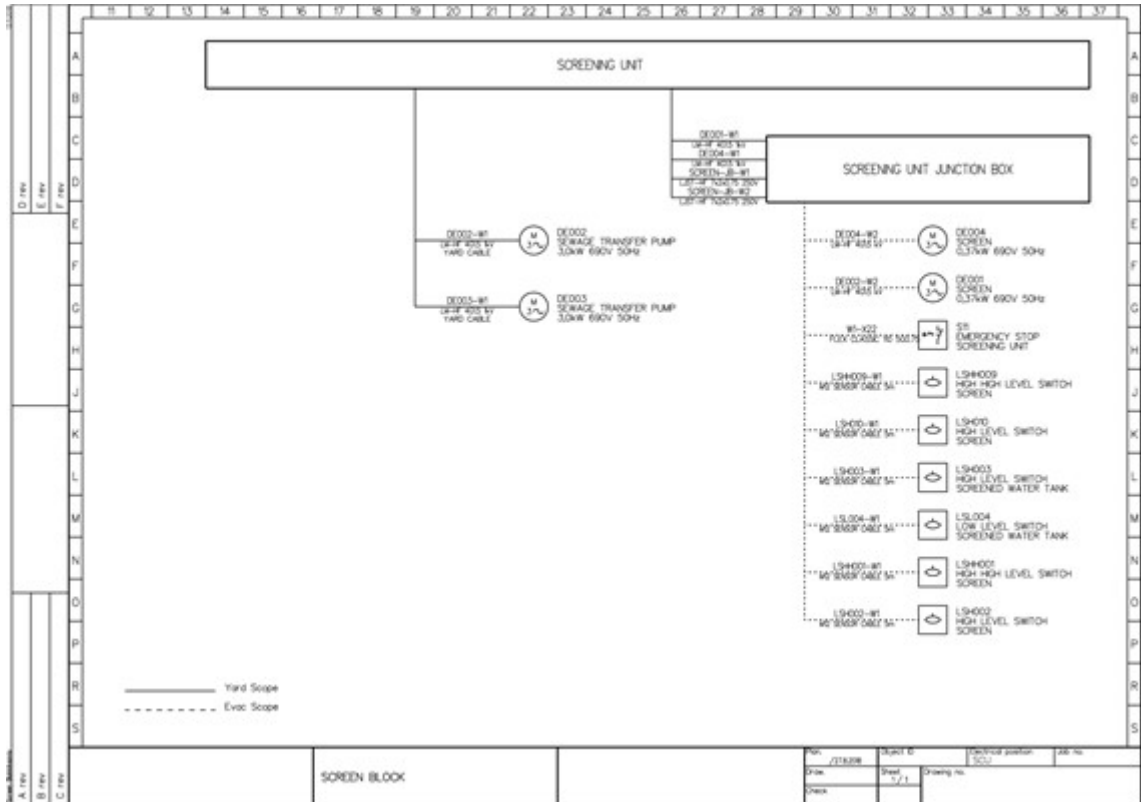


4.3 Lähtökortti releillä



5 Kaaviot

5.1 Blokkikaavio



5.2 Systemikaavio

