

Moottoritestikärryn päivittäminen

Tuomas Lindberg

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2025

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

LINDBERG, TUOMAS
Moottoritestikärryn päivittäminen

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Kesäkuu 2025

Opinnäytetyön lähtökohtana oli yhteistyössä Valmet Automation Oy:n kanssa uudistaa Valmetin FAT-ympäristössä käytettävää moottoritestikärryä. Opinnäytetyönä suunniteltiin uusi kärry hyödyntämällä Valmetin vanhoista testikärryistä saatavia komponentteja. Aihe valittiin, koska edellisissä kärryissä oli turvallisuuspuutteita. Uudella kärryllä saataisiin moottoritestaukset käyttäjälle turvallisiksi.

Kärryn rakenteesta luotiin selkeä, jotta sen käyttäminen olisi turvallista ja sujuvaa. Kärryn suunnittelua varten perehdyttiin Valmetin Visio suunnitteluohjelmaan, laitteistoon sekä turvallisuusstandardeihin.

Tuloksena luotiin suunnitelma, jonka pohjalta kärry on helppo toteuttaa. Kärryn rakenne suunniteltiin siten, että toisella puolella on taajuusmuuttajat sekä oikosulkumoottori, ja toisella puolella muut komponentit. Kärryyn lisättiin myös IO:ta tulevaisuuden päivitettävyyttä varten. Suunnitelma löytyy työn liitteenä.

ABSTRACT

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

LINDBERG, TUOMAS:
Motor Test Cart Upgrade

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 7 pages
June 2025

The starting point of the thesis in cooperation with Valmet Automation Oy was to renew a motor testing cart used in Valmet's FAT environment. The purpose of the work was to design a new motor testing cart, using hardware from Valmet's old test carts. The topic was chosen, because the old test carts had safety risks. The new cart would ensure user safety during testing.

The structure of the cart was made clear to ensure its use would be safe and smooth. The design phase included studying Valmet's Visio design tool and gaining insights into general hardware engineering.

As a result, a design was created that makes the cart easy to implement. The structure of the cart was designed so that the frequency converters and the squirrel cage motor are on one side, and the other components are on the opposite side. I/O was also added to the cart to allow for future upgrades. The plan can be found in the appendix of this report.

Key words: motor testing cart, hardware designing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VALMET AUTOMATION OY.....	7
3	VALMET DNA.....	8
3.1	Järjestelmäarkkitehtuuri	9
4	KAAPPISUUNNITTELU	10
4.1	Network Designer.....	10
5	TAAJUUSMUUTTAJAT	12
5.1	Taajuusmuuttajan hyödyt	14
5.2	Taajuusmuuttajan EMC vaatimukset.....	14
5.3	ABB ACS880-01-04A0-3 Safe torque Off.....	15
5.3.1	Toimintaperiaate.....	15
5.3.2	Käyttöönotto ja hyväksyntätestaus	16
5.3.3	Standardit	17
5.4	ABB ACS880-01-04A0-3 Tehokaapeleiden valinta	18
5.4.1	Tehokaapelityypit.....	18
5.5	Ohjauskaapeleiden valinta	20
5.6	Kaapelireitit	20
6	3-VAIHEINEN OIKOSULKUMOOTTORI	21
7	PROFINET.....	22
8	MOOTTORITESTIKÄRRYN SUUNNITTELU.....	24
8.1	Vanhojen kärryjen lähtötilanne	24
8.2	Uuden kärryn laitteisto.....	27
8.3	Uuden kärryn runko.....	28
8.4	Visio -tiedoston suunnittelu	29
8.5	Kytkenäkuvat.....	33
8.6	Turvallisuusvaatimukset	33
8.7	Käyttäjän suojaus oikosulkumoottorin pyörivältä akselilta	34
8.8	Ylläpito	35
8.9	Käyttö	36
9	POHDINTA	37
	LÄHTEET	38
	LIITTEET.....	40

ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

EMC	Electromagnetic Compatibility, sähkömagneettinen yhteensopivuus
Valmet DNA	Valmet Dynamic Network of Applications, Valmetin kehittämä hajautettu automaatiojärjestelmä
DOL	Direct On Line, suoraikäynnistys, jossa kytketään kaikki 3-vaihetta samanaikaisesti syöttävään verkkoon.
PDM	Product Data Management
STO	Safe Torque Off
HW	Hardware, laitteisto
FAT	FactoryAcceptanceTest, Valmetin testaustila
YD-käynnistin	Käynnistystapa, jossa ensin moottori kytketään täh- teen, jonka jälkeen kolmioon.
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor, suurtehosovelluksiin kehitetty bipolaaritransistori.
Vikavirtasuojaja	Komponentti, joka suojaa laitteiden käyttäjää vaaralli- silta sähköiskuilta.
Linjasuodin	Laite, joka vähentää sähkömagneettisia häiriöitä säh- köverkon ja laitteiden välillä.
3-Vaihekuristin	Laite, jolla saadaan parannettua sähköverkon ja säh- kön laatua tasaamalla virta ja jännitepiikkejä, kompen- soimaan tehoja ja suodattamalla häiriöitä.

1 JOHDANTO

Valmet DNA on Valmet Automation Oy:n hajautettu automaatiojärjestelmä, jota käytetään muun muassa sellu-, paperi- ja energiateollisuudessa erilaisissa laitoksissa. DNA-Kaappisuunnittelu pitää sisällään automaatiokaappien, asennuslevyjen ja kenttäkoteloiden suunnittelun sekä mahdollisen testauksen ja asennusvalvonnan.

Kaappien suunnittelu sekä kytkentäkuvien piirtäminen tapahtuu pääasiassa Microsoft Vision päälle rakennetulla Valmetin omalla Network Designer ohjelmalla.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella moottoritestikärry Valmetin omaan käyttöön, FAT-ympäristöön. Valmetin kaksi edellistä demokärryä olivat käyttökiellossa, koska niissä oli turvallisuuspuutteita. Uudelta kärryltä haluttiin turvallisuuspäivitysten lisäksi päivitettävyyttä tulevaisuutta ajatellen.

Suunnittelutyön osalta oli oleellista tutustua käyttökiellossa oleviin kärryihin, Network Designeriin, laitteistovaatimukseen sekä turvallisuusstandardeihin.

Tavoitteena oli luoda mahdollisimman kattava paketti täyttämään tämänhetkiset vaatimukset sekä mahdollisimman helppokäyttöinen ja selkeärakenteinen demokärry.

2 VALMET AUTOMATION OY

Valmet on kansainvälisesti johtava prosessiteknologian, automaattioratkaisujen ja palvelujen toimittaja ja kehittäjä sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle.

Valmetilla työskentelee yli 19 000 ammattilaista ja on yksi Suomen isoimpia yrityksiä. Valmetin liikevaihto vuonna 2023 oli noin 5,5 miljardia euroa. (Valmet 2024a)

Valmet liiketoiminta on jaettu viiteen liiketoimintalinjaan ja viiteen maantieteelliseen alueeseen. Liiketoimintalinjat ovat Palvelut, Virtauksensäättö, Automaatiojärjestelmät, Sellu ja energia sekä Paperit.

Maantieteelliset alueet ovat Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, EMEA (Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka), Kiina ja Aasian ja Tyynenmeren alue. (Valmet 2024a)

Valmetin palvelu- ja tuotetarjonta koostuu tuottavuuden tehostamispalveluista, tehtaiden uudistuksista sekä uusista kustannustehokkaista teknologioista ja ratkaisuista energian ja raaka-ainekäytön optimoimiseksi ja asiakkaiden lopputuotteiden arvon nostamiseksi. (Valmet 2024b)

Valmet Automation on Valmetin tytäryhtiö, joka tuottaa kestäviä automaattioratkaisuja pääasiassa sellu-, pahvi-, paperi-, energia- ja prosessiteollisuuteen. Hyvin toteutettu automaattioratkaisu tehostaa tuotantoa, pienentää päästöjä, parantaa laatua ja pienentää tuotantokustannuksia. (Valmet Automation 2024)

3 VALMET DNA

Valmet DNA on Valmet Automationin hajautettu automaatiojärjestelmä.

Se on suunniteltu käytettäväksi prosessiteollisuudessa, sellutehtaissa, paperiko-neissa, energiatuotannossa ja laivoissa.

Sitä voidaan hyödyntää muun muassa prosessiohjauksiin, moottoriohjauksiin ja laadunvalvontaan. Se on suunniteltu siten, että se on mahdollisimman luotettava, monipuolinen käyttää, hyvä analysointiin ja raportointiin sekä edistynyt ohjaus-prosesseissa ja algoritmeissa. DNA:n hajautettu rakenne mahdollistaa päivitettä-vyyden aiheuttamatta ongelmia vanhaan järjestelmään ja on skaalattavissa pie-nistä järjestelmistä suuriin tehdasjärjestelmiin. (Valmet 2024c)

Valmet DNA käyttöliittymä (UI) mahdollistaa kaikkien ohjaus- ja optimointiohjel-mien käytön saman käyttöliittymän alla.

DNA UI on HTML5 pohjainen käyttöliittymä. (Valmet 2024c)

3.1 Järjestelmäarkkitehtuuri

Valmet DNA koostuu kolmesta päätoiminnasta, jotka ovat:

1. Operaatio-ohjelma: kerää dataa prosessin toiminnasta, jonka avulla käyttäjä voi valvoa ja ohjata prosessia valvomosta.
2. Ohjaimet, I/O:t ja liitännät: kattaa ohjauksen, kenttäliitännät, väylät ja optimoinnit. Se tukee hajautettuja ja keskitettyjä ratkaisuja sekä kolmannen osapuolen järjestelmiä.
3. Suunnittelu ja ylläpito: sisältää työkalut prosessin ylläpitoon.

Valmet DNA:lla on hajautettu rakenne ja se on päivitettävissä ilman, että olemassa oleva järjestelmä häiriintyy. Eri osaprosessit on jaettu erillisiin säätimiin. Jos yksi säädin lakkaa toimimasta, se ei aiheuta ongelmia prosessin muihin osiin. (Valmet 2024c)

DNA:n verkkorakenteessa on suositeltua käyttää rengastopologiaa, mutta tähti-topologia on myös mahdollista toteuttaa. Kaikki yhteydet toteutetaan kahdennettuna, mikä mahdollistaa vakaan ja toimivan verkkorakenteen.

Kahdennus mahdollistaa nopean siirtymisen varmuuskopiointiyhteyksien käyttöön tarvittaessa. Pää- ja varaverkkoyhteydet käyttävät eri Ethernet- kortteja ja kytkimiä. Jos pääverkkoyhteys katkeaa, varaverkkoyhteys korvaa sen automaattisesti ja syntyy hälytys. Hälytykset syntyvät verkko-ongelmien lisäksi myös missä tahansa muussa Valmet DNA -komponenttiviassa.

Verkkorakenne itsessään mahdollistaa helpon laajennettavuuden pienestä järjestelmästä suuriin laitosjärjestelmiin.

Myös aliverkot ovat helposti liitettävissä toisiinsa.

(Valmet 2024c)

Valmet DNA perustuu nimipohjaiseen protokollaan, joka takaa joustavan osoite-riippumattoman rajapinnan sovelluksien välillä. Nimipohjaisen viestinnän etu johdtaa käyttäjäystävälliseen sovellussuunnitteluun. Prosessinohjausympäristö ja tiedonhallintaympäristö perustuvat myös samaan nimipohjaiseen protokollaan mahdollistaen saumattoman yhteyden näiden välillä. (Valmet 2024c)

4 KAAPPISUUNNITTELU

Valmet DNA -kaappisuunnittelijan keskeisimpiä tehtäviä ovat projektien automaatiokaappien suunnittelun lisäksi testauksen ja käyttöönoton tukeminen, asennusvalvonta, sekä asiakkaan tiloissa automaatiokaappeihin liittyvien eri suunnitteluongelmien ratkaisu. Projektin suunnittelutyö tapahtuu yhdessä asiakkaan sekä muiden Valmetin eri osastojen projektisuunnittelijoiden kanssa.

Olennessin tulos kaappisuunnittelijalta on automaatiojärjestelmän kaappikuvat. Kaappikuva sisältää muun muassa laitteistokuvan, kytkentäkuvat, hälytyskaaviot sekä järjestelmäkuvan. Kaapin huolto ja ylläpitotyöt ovat helposti toteutettavissa, koska kuvista selviää kaikki olennaisimmat tiedot kaappiin liittyen.

4.1 Network Designer

Network Designer on Microsoft Vision päälle rakennettu työkalu, jolla hyödynnetään Vision monipuolisia suunnitteluominaisuuksia. (Valmet Automation Oy 2024)

Network Designer toimii dokumentointi- ja suunnittelutyökaluna Valmet DNA:n kokoonpano- ja layout-suunnittelussa. Se sisältää Vision ominaisuuksien lisäksi runsaasti suunnittelua tehostavia ominaisuuksia ja toimintoja sekä Valmet DNA tuotteiden shapet. Shape on kuvake Network Designerissä, joka kuvaa tuotetta. Myöhemmin voidaan lisätä myös muiden tuotteiden shapeja.

Käyttäjä voi luoda shapeja myös itse. (Valmet Automation Oy 2024)

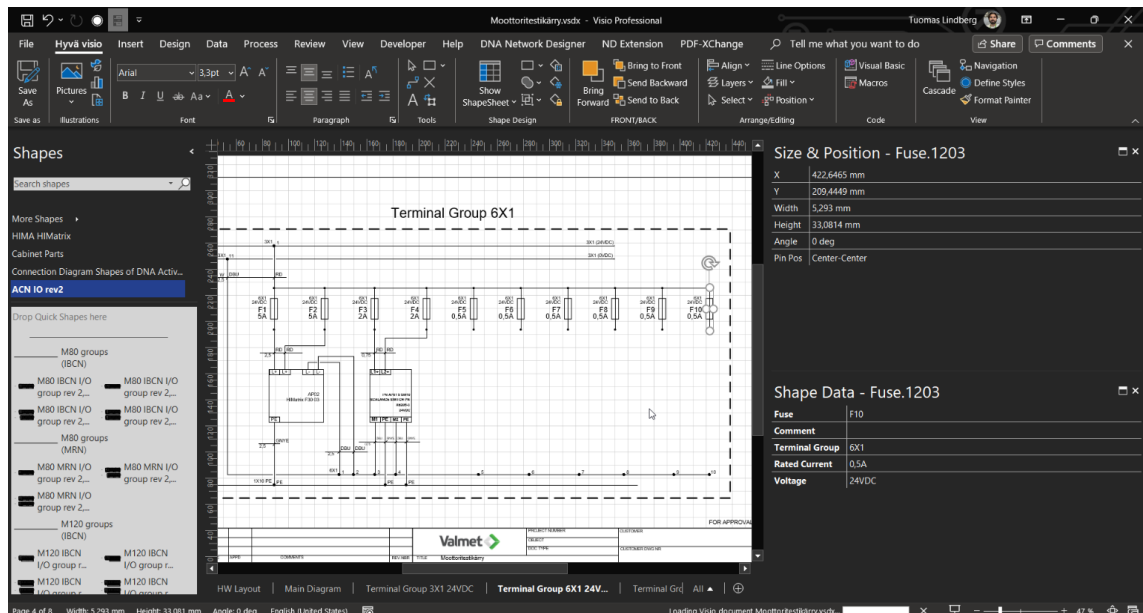
Dokumentit tallennetaan vsd- tai vsdx- tiedostoina levyille tai M-filesiin.

Network Designer -dokumentit voi myös tallentaa Valmet DNA:n suunnittelutietokantaan, mikäli samalle koneelle on asennettu suunnittelupalvelin (EAS) tai suunnittelutyöasema (EAC). (Valmet Automation Oy 2024)

Alla olevassa kuvassa 1 nähdään Microsoft Visio käyttöliittymä.

Keskellä kuvaa on piirustusalue, jossa esimerkkikuvassa näkyy sulakeryhmän 6x1 laitteita ja sulakkeita. Oikeassa reunassa näkyy valitun shapen koko ja sijaintitiedot sekä shape data. Shape data valikosta voidaan myös muokata haluttuja tietoja esimerkiksi valitun sulakkeen sulakekokoa tai tunnusta.

Vasemmassa reunassa nähdään valmiit shapet, jotka saadaan piirustukseen raahaamalla ne piirustusalueelle. Valmiita shapeja on lukuisia ja ne ovat jaoteltu eri alavalikoiden alle. Pääosin kuvat piirretään yleisimpien valmiiden shapejen avulla, mutta tarvittaessa suunnittelija voi itse luoda oman shapen.



KUVA 1. Microsoft Visio- käyttöliittymä

Visiossa useat shapet sisältävät lisätietoja, jotka näkyvät shape data näkymässä.

Shape datalla saadaan yksityiskohtaisempaa tietoa kyseisestä shapestasta.

Esimerkiksi yllä olevassa kuvassa Shape data -näkymästä saadaan selville valitun sulakkeen tunnus, mihin riviliitinryhmään se kuuluu, sekä nimellisvirta ja jännite.

5 TAAJUUSMUUTTAJAT

Projektissa käytetään ABB:n ja Siemensin taajuusmuuttajia oikosulkumoottorin pyörittämiseen.

Kuvassa 2 nähdään projektissa käytettävä ACS800 taajuusmuuttaja.

Taajuusmuuttaja on moottoriohjain, jolla pystytään säätämään moottorin pyörimisnopeutta muuttamalla moottorille syötettävän sähkön taajuutta ja volttimäärää. Yleisimmät käyttökohteet taajuusmuuttajille ovat tuulettimet, pumput, kompressorit ja sähkömoottorit. Maailmanlaajuisesti 75 % edellä mainituista ovat taajuusmuuttajilla ohjattuja. (Danfoss n.d.)



KUVA 2. ABB ACS800 taajuusmuuttaja.

Sähköverkkoyhtiö Elenia on julkaissut pienjänniteliittymien teknisen ohjeen, kuvassa 3. Kuvassa on listattu suurimmat oikosulkumoottorit, jotka voidaan suoraikäynnistää (DOL) pääsulaketta mitoitusperusteena käyttäen. Kaikki yli 4 kw:n moottorit tulee käynnistää YD-käynnistimellä, pehmolla tai taajuusmuuttajalla. (Moodle sähkömoottorikäytöt 2023)

DOL-käynnistys tarkoittaa moottorin suoraa käynnistämistä kytkemällä sen kaikki 3-vaihetta samanaikaisesti syöttävään verkkoon. Epätahtimoottoria käynnistettä-

essä suoraan verkkoon se ottaa suorassa käynnistyksessä erittäin suuren käynnistysvirran. Tämä käynnistysvirta aiheuttaa vaatimuksia syöttöverkolle sekä lämpenemää moottorille. Tämä ongelma voidaan poistaa käynnistämällä moottori esimerkiksi taajuusmuuttajalla. Oikosulkumoottori voidaan kytkeä verkkoon DOL-käynnistyksellä kuvan 3 mukaisesti. (Moodle sähkömoottorikäytöt 2023)

Pääsuojalaite (A)	Moottori (kW)
25-50	3
63	4
80	5,5
100-125	7,5
160	11
200	15
250	18,5
2x160 (315)	22
2x200 (400)	30
2x250 (500)	37
2x315 (630)	45
3x250 (4x200)	55
4x250	75

KUVA 3. Ilman käynnistintä verkkoon kytkettävät oikosulkumoottorit.

5.1 Taajuusmuuttajan hyödyt

Taajuusmuuttajia käytettäessä saavutetaan hyvä energiatehokkuus. Prosesseissa, joissa ei tarvita täyttä moottorin pyörimisnopeutta, voidaan pyörimisnopeutta säätää tarpeen mukaan. Tämä pienentää energiankulutusta ja pidentää moottorin käyttöikää. (Danfoss Oy 2024)

Taajuusmuuttajien hyötyjä ovat muun muassa energiansäästöt, järjestelmän tehokkuus, moottorin pyörimisnopeuden täsmääminen prosessin vaatimukseen sekä moottorin vääntömomentin täsmääminen prosessiin. Samalla saavutetaan pienemmät meluhaitat esimerkiksi tuulettimien ohjauksissa ja pienempi rasitus mekaanisissa osissa. (Danfoss Oy 2024)

5.2 Taajuusmuuttajan EMC vaatimukset

EMC (electromagnetic compatibility) tarkoittaa sähkölaitteiden sähkömagneettista yhteensopivuutta. EMC-direktiivi 2014/30/EU 3 määrittelee sähkölaitteiden olennaiset suojausvaatimukset sekä erityisvaatimukset kiinteille asennuksille. Direktiivin mukaan sähkölaitte ei saa aiheuttaa kohtuutonta häiriötä ympäristölleen, ja sen on kestettävä tietty määrä sähkömagneettisia häiriöitä. Häiriöiden estämiseksi käytetään suodatinta, joka asennetaan syöttävän sähköverkon ja taajuusmuuttajan väliin. Suodattimen tehtävänä on muokata jännite ja virta mahdollisimman sinimuotoisiksi, mikä vähentää häiriöiden siirtymistä verkkoon. (Hieta-lahti 2013)

5.3 ABB ACS880-01-04A0-3 Safe torque Off

Safe torque off -toimintoa voidaan käyttää esimerkiksi luomaan turva- tai valvontapiirit, jotka pysäyttävät taajuusmuuttajan vaaratilanteessa (esimerkiksi hätäpysäytyspiiri). Toinen mahdollinen sovellus on odottamattoman käynnistymisen estokytkin, joka mahdollistaa lyhytkestoiset huoltotoimenpiteet, kuten puhdistuksen tai laitteiston jännitteettömien osien huoltamisen, katkaisematta taajuusmuuttajan tehonsyöttöä. (ABB ACS880-01 Laiteopas)

Kun Safe torque off -toiminto on aktiivinen, se estää taajuusmuuttajan pääteasteen tehopuolijohteita saamasta ohjausjännitettä ja estää siten taajuusmuuttajaa luomasta moottorin pyörittämiseen tarvittavaa vääntömomenttia. Jos moottori on käynnissä, kun Safe torque off -toiminto aktivoituu, se pysähtyy vapaasti pyörien. (ABB ACS880-01 Laiteopas)

5.3.1 Toimintaperiaate

1. Safe torque off -toiminto aktivoituu (aktivointikytkin avataan tai turvareleen koskettimet avautuvat).
2. Taajuusmuuttajan ohjausyksikön STO-tulot päästävät.
3. Taajuusmuuttajan ohjausyksikkö katkaisee taajuusmuuttajan IGBT-syötöyksiköiden ohjausjännitteen.
4. Ohjausohjelma muodostaa parametrin 31.22 määrittämän ilmoituksen (lisätietoja on taajuusmuuttajan ohjelmointioppaassa).
5. Jos moottori on käynnissä, se pysähtyy vapaasti pyörien. Taajuusmuuttaja ei voi käynnistyä uudelleen, jos aktivointikytkimen tai turvareleen koskettimet ovat auki. Kun koskettimet sulkeutuvat, taajuusmuuttaja käynnistyy vasta saatuaan uuden käynnistyskomennon. (ABB ACS880-01 Laiteopas)

Safe torque off -valvonta (parametri 31.22)

Taajuusmuuttaja valvoo Safe torque off -toiminnon tulon tilaa. Tällä parametrilla valitaan, mitkä ilmoitukset järjestelmä antaa, kun signaalit menetetään. Parametri ei vaikuta Safe torque off -toiminnon varsinaiseen toimintaan. Lisätietoja Safe torque off -toiminnosta on taajuusmuuttajan laiteoppaassa.

(ABB ACS880-01 Laiteopas)

5.3.2 Käyttöönotto ja hyväksyntätestaus

Turvatoiminnon turvallinen käyttö varmistetaan validoinnilla. Järjestelmän koonpanija vahvistaa toiminnon suorittamalla hyväksyntätestin.

Hyväksyntätesti täytyy suorittaa

-turvatoiminnon ensimmäisellä käyttökerralla.

-turvatoimintoon liittyvien muutosten (esimerkiksi piirikorttien, kaapeloinnin, komponenttien tai asetusten muuttamisen) jälkeen.

-turvatoimintoon liittyvien huoltotöiden jälkeen.

(ABB ACS880-01 Laiteopas)

Pätevyys

Turvatoiminnon hyväksyntätestin suorittajan täytyy olla osaava asiantuntija, jolla on riittävät tiedot sekä turvatoiminnosta ja toimintaturvallisuudesta standardin IEC 61508-1 kohdan mukaisesti. Testin suorittajan on dokumentoitava ja allekirjoitettava testausmenettelyt ja testausraportti. (ABB ACS880-01 Laiteopas)

Hyväksyntätestiraportit

Allekirjoitetut hyväksyntätestiraportit täytyy tallentaa koneen lokikirjaan. Raportin täytyy sisältää dokumentoidut käyttöönottoiminnot ja testitulokset, viitteet vikaraportteihin ja vikojen ratkaisut. Kaikki muutos tai huoltotöiden vuoksi suoritettavat hyväksyntätestit täytyy kirjata lokikirjaan. (ABB ACS880-01 Laiteopas)

5.3.3 Standardit

Eri standardit määrittelevät toimintatapoja ja vaatimuksia, jotka varmistavat laadun ja yhteensopivuuden. Taulukossa 1 esitetään keskeiset STO-toimintoon liittyvät standardit ja niiden selitykset. Monet standardeista liittyvät turvallisuusvaatimuksiin, jotka ovat erittäin tärkeässä osassa kärryn suunnittelussa.

Standardi	Nimi
SFS-EN 60204-1:2006 + AC:2010	Koneturvallisuus – Koneiden sähkölaitteisto – Osa 1: Yleiset vaatimukset
IEC 61326-3-1:2008	Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements – Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) – General industrial applications
IEC 61508-1:2010	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 1: General requirements
IEC 61508-2:2010	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
IEC 61511-1:2016	Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector
IEC 61800-5-2:2016 EN 61800-5-2:2007	Nopeussäädetyt sähkökäytöt Osa 5-2: Turvallisuusvaatimukset – Toiminnallinen turvallisuus
IEC 62061:2015 SFS-EN 62061:2005 +AC:2010+A1:2013+A2:2015	Koneturvallisuus – Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus
EN ISO 13849-1:2015	Koneturvallisuus – Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat – Osa 1: yleiset suunnitteluperiaatteet
SFS-EN ISO 13849-2:2012	Koneturvallisuus – Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat – Osa 2: Kelpuutus

TAULUKKO 1. Safe torque off -toiminnon täyttävät standardit (ABB ACS880-01 Laiteopas)

5.4 ABB ACS880-01-04A0-3 Tehokaapeleiden valinta

Yleiset ohjeet kaapelin valinnalle:

- Verkko ja moottorikaapelit valitaan paikallisten määräysten mukaisesti.
- Kaapelin on kestävä vähintään 70°C jatkuvassa käytössä.
- PE-johtimen induktanssi ja impedanssi on mitoitettava vikatilanteessa ilmenevän sallitun kosketusjännitteen mukaan.
- 600V AC:n kaapeli hyväksytään enintään 500V AC:n laitteisiin.

Laiteoppaan manuaalista selviää, että taulukon 2 mukaan taajuusmuuttajalle pitää valita syöttökaapeliksi vähintään 1,5mm² paksu kuparikaapeli.

Taajuusmuuttajan tyyppi ACS880-01-	Runko-koko	IEC ¹⁾		US ²⁾	
		Kuparikaapelin tyyppi	Alumiinikaapelin tyyppi	Kuparikaapelin tyyppi	Alumiinikaapelin tyyppi
		mm ²	mm ²	AWG/kcmil	AWG/kcmil
04A0-3	R1	3 × 1,5	-	14	-

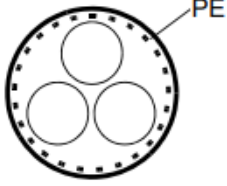
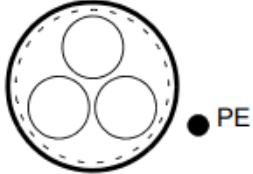
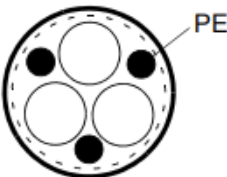
TAULUKKO 2. Taajuusmuuttajan suositeltu kaapelityyppi. (ABB ACS880-01 Laiteopas)

5.4.1 Tehokaapelityypit

Taulukossa 3 on esitelty taajuusmuuttajalle suositellut tehokaapelityypit.




Tehokaapeleissa saa olla rakenteellisia eroja, kunhan suojavaippa täyttää standardin IEC 61800-5-1 vaatimukset.

Suosittelut tehokaapelityypit

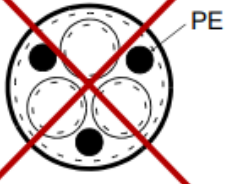
	<p>Symmetrinen, suojattu kaapeli, jossa on kolme vaihejohtinta ja konsentrisen PE-johdin suojavaippana. Suojavaipan tulee täyttää standardin IEC 61800-5-1 vaatimukset, katso sivu 69. Tarkista paikalliset sähköturvallisuusmääräykset poikkeamien varalta.</p>
	<p>Symmetrinen, suojattu kaapeli, jossa on kolme vaihejohtinta ja konsentrisen PE-johdin suojavaippana. Erillinen PE-johdin tarvitaan, jos suojavaippa ei täytä standardin IEC 61800-5-1 vaatimuksia. Lisätietoja on sivulla 69.</p>
	<p>Symmetrinen, suojattu kaapeli, jossa on kolme vaihejohtinta, symmetrinen PE-johdin ja suojavaippa. PE-johtimen tulee täyttää standardin IEC 61800-5-1 vaatimukset.</p>

TAULUKKO 3. Suositellut tehokaapelityypit. (ABB ACS880-01 Laiteopas)

Rajoitetusti sallitut tehokaapelityypit

	<p>Nelijohdinjärjestelmää (kolme vaihejohtinta ja suojojohdin samalla kaapelihyllyllä) ei saa käyttää moottorikaapeloinnissa (sallittu syöttökaapelointiin).</p>
	<p>Nelijohdinjärjestelmä (kolme vaihejohtinta ja PE-johdin PVC-putkessa) on sallittu verkko- ja moottorikaapelointiin, kun vaihejohtimien poikkipinta-ala on alle 10 mm² (8 AWG) tai moottorin teho ≤ 30 kW (40 hv). Ei sallittu Yhdysvalloissa.</p>
	<p>Korrugoitua tai EMT-kaapelia, jossa on kolme vaihejohtinta ja suojaava johdin, saa käyttää moottorikaapelointiin, kun vaihejohtimien poikkipinta-ala on alle 10 mm² (8 AWG) tai moottorin koko on ≤ 30 kW.</p>

Kielletyt tehokaapelityypit

	<p>Symmetrisesti maadoitettua kaapelia, jossa on erilliset suojavaipat jokaiselle vaihejohtimelle, ei saa käyttää minkään kokoisena verkko- tai moottorikaapelina.</p>
---	--

TAULUKKO 4. Rajoitetusti sallitut tehokaapelityypit. (ABB ACS880-01 Laiteopas)

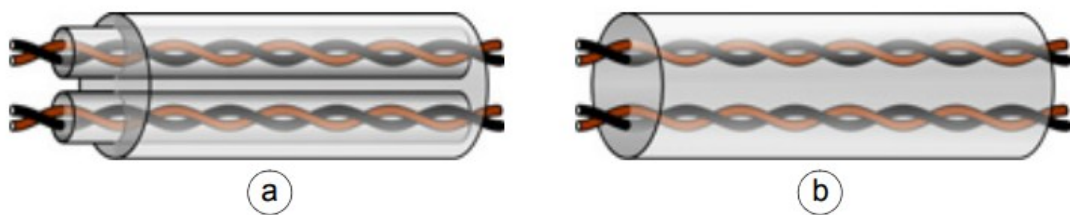
5.5 Ohjauskaapeleiden valinta

Kaikkien ohjauskaapeleiden on oltava suojattuja.

Analogiasignaaleille käytetään kaksoissuojattua, kierrettyä parikaapelia.

Tätä suositellaan myös pulssianturisignaaleille. Jokaiselle signaalille on käytettävä yhtä suojattua paria. Analogiasignaaleille ei saa käyttää yhteistä paluujohdinta.

Kuvassa 4 nähdään kaksoissuojattu kaapeli (a), joka on paras vaihtoehto pienjännitteisille digitaalisignaaleille, mutta myös yksinkertaisesti suojattua (b), kierrettyä parikaapelia voidaan käyttää.



KUVA 4. Kaksoissuojattu ja yksinkertaisesti suojattu kierretty parikaapeli. (ABB ACS880-01 Laiteopas)

5.6 Kaapelireitit

Moottorikaapeli on asennettava mahdollisimman kauas muista kaapeleista.

Eri taajuusmuuttajien moottorikaapelit voidaan asentaa vierekkäin, toisiinsa kiinni. Taajuusmuuttajan lähtöjännitteen nopeista vaihteluista aiheutuvia sähkömagneettisia häiriöitä on pyrittävä ehkäisemään välttämällä pitkiä samansuuntaisia vetoja muiden kaapeleiden kanssa. Jos ohjauskaapelit on vedettävä ristiin tehokaapelien kanssa, kaapeleiden kulman on oltava 90 astetta tai mahdollisimman lähellä sitä. (ABB ACS880-01 Laiteopas)

6 3-VAIHEINEN OIKOSULKUMOOTTORI

3-vaiheinen oikosulkumoottori on perinteisin ja yleisin sähkömoottori teollisuuskäytössä. Sitä edeltävä yleisin moottorityyppi oli DC-moottori, jonka etuna oli helppo säädettävyys, mutta haittoina korkeampi hinta, heikompi energiatehokkuus ja huollon tarve. Oikosulkumoottorin rakenne on havainnollistettu kuvassa 5. (TAMKin Sähkömoottorikäytöt 2023)

Oikosulkumoottorin heikkoutena on ennen tehoelektroniikan kehittymistä ollut vaikeampi säädettävyys. Oikosulkumoottorit ovat hyvin edullisia ja niiden saatavuus markkinoilla on keskimäärin parempi verrattuna muihin moottorityyppeihin. (TAMKin sähkömoottorikäytöt 2023)

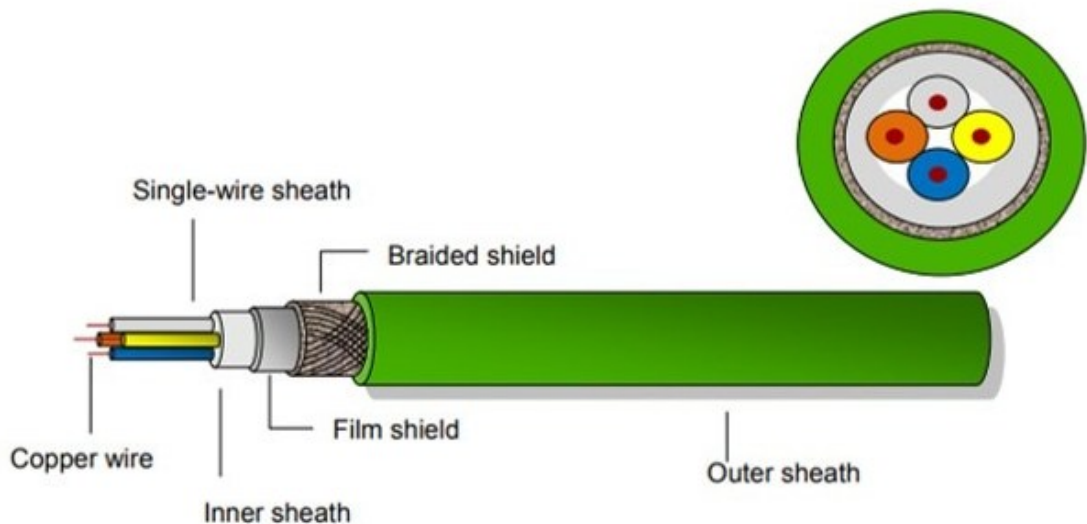


KUVA 5. 3-vaihemoottori (Finnparttia sähkötukku)

7 PROFINET

PROFINET eli Process Field Network on avoin teollisuus-Ethernet-standardiin perustuva kommunikointiprotokolla. Tämä kommunikointiprotokolla on suunniteltu ohjaimien ja laitteiden väliseen tiedonsiirtoon. Avoimuuden takia monet valmistajat ovat kehittäneet PROFINET-tuotteita mm. PLC-ohjaimia, moottorinohjauksia, IO:ta, diagnosointityökaluja. PROFINET esiteltiin 2000-luvun alussa, ja se on nykyään suosituin teollinen Ethernet -ratkaisu. (PROFINET 2025)

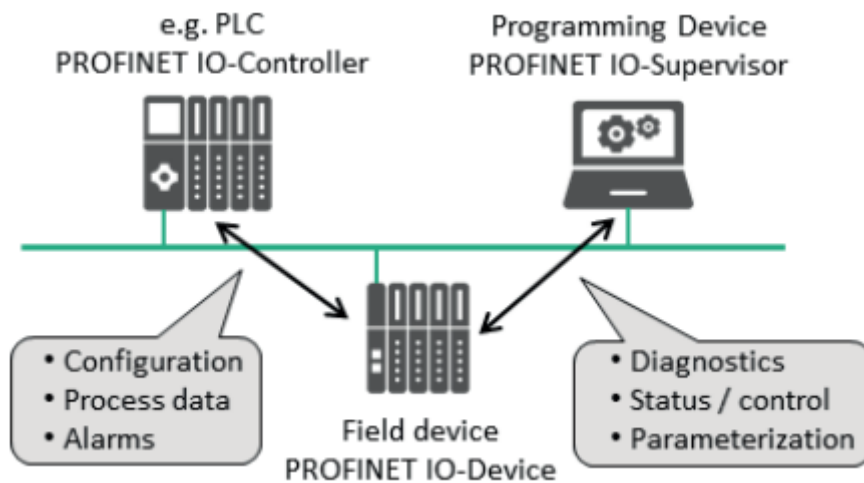
Yleisin PROFINET-kuparikaapeli on kuvassa 6 näkyvä, 4-johtiminen suojattu, vihreä Ethernet kaapeli, joka tukee nopeuksia 100 Mbps asti alle 100 metrin matkalla. Tietoa voidaan siirtää molempiin suuntiin samanaikaisesti yhdellä kaapelilla. Jos halutaan nopeampi tiedonsiirto kuparikaapelilla, on mahdollista käyttää 8-johtimista kuparikaapelia, jolla voidaan saavuttaa 1 Gbps tiedonsiirtonopeus. (Ayllon, N. 2025)



KUVA 6. PROFINET-kaapeli (Ayllon, N. 2020)

PROFINET teollisuus-Ethernet-standardi on luotu tarpeeseen, jossa tiedon halutaan olevan reaaliaikaista samaan aikaan kun se mahdollistaa (TCP/IP) toiminnot. (Siemens Suomi 2018)

PROFINET noudattaa toimittaja/kuluttaja mallia tiedonsiirrossa. Tämä tarkoittaa, että sekä IO-ohjain että IO-laite lähettävät keskenään syklistä dataa (kuva 7). (PROFINET System Description)



KUVA 7. PROFINET Viestintäpolut. (PROFINET)

8 MOOTTORITESTIKÄRRYN SUUNNITTELU

Ensimmäiseksi oli tärkeää perehtyä, mitä turvallisuusvaatimuksia kärryllä pitää olla. Tähän kuuluu vaaraa aiheuttavien mekaanisten osien sekä sähköliittimien suojaaminen käyttäjältä. Toiseksi kartoitin yhdessä testikärryä käyttävien insinöörien kanssa, mitä laitteistoa vanhoista testikärryistä haluttiin hyödyntää uuteen suunnitelmaan. Kolmanneksi piti miettiä, mitä vaatimuksia testikärry asettaa käyttöympäristölle sekä sähköverkolle. Testikärryn ideana oli, että sillä voidaan koe-testata erilaisia laitekoonpanoja HIMA turvalogiikan kanssa sekä varmistaa sen yhteensopivuus Valmet DNA:n kanssa. Nykyään moni projekti tehdään jo testatuilla laitekoonpanoilla, mutta kärrylle on edelleen tarvetta kaikkien monimutkaisempien kokoonpanojen kanssa. Kärryllä saadaan säästettyä aikaa asiakkaan luona, koska testaukset on voitu jo suorittaa Valmetin omissa FAT-tiloissa. Samalla sillä voidaan demonstroida asiakkaalle laitekoonpanojen toimivuus.

Kärryn suunnittelussa huomioonotettavia SFS standardeja ovat:

SFS-EN 50191 Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö.

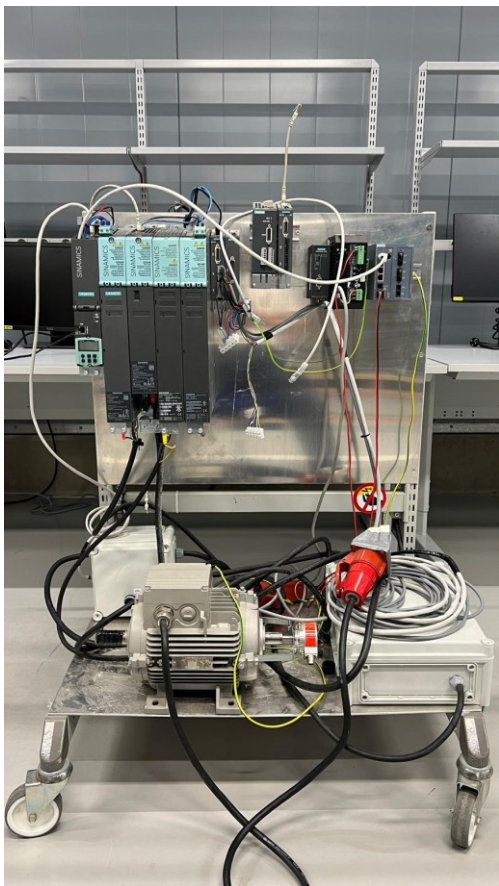
SFS 6000 Pienjännitesähköasennusten standardisarja.

SFS 6000-8-803 Täydentävät vaatimukset. Sähkölaitekorjaamot ja sähkötekniikan opetustilat. SFS-EN ISO 12100 Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen.

8.1 Vanhojen kärryjen lähtötilanne

Lähtötilanne oli, että käyttökieltoon asetettuja moottoritestikärryjä oli Valmetilla kaksi kappaletta. Näissä oli turvallisuuspuutteita muun muassa moottorin pyöri-vän akselin suojauksessa sekä sähkökytkentöjen kosketussuojauksissa.

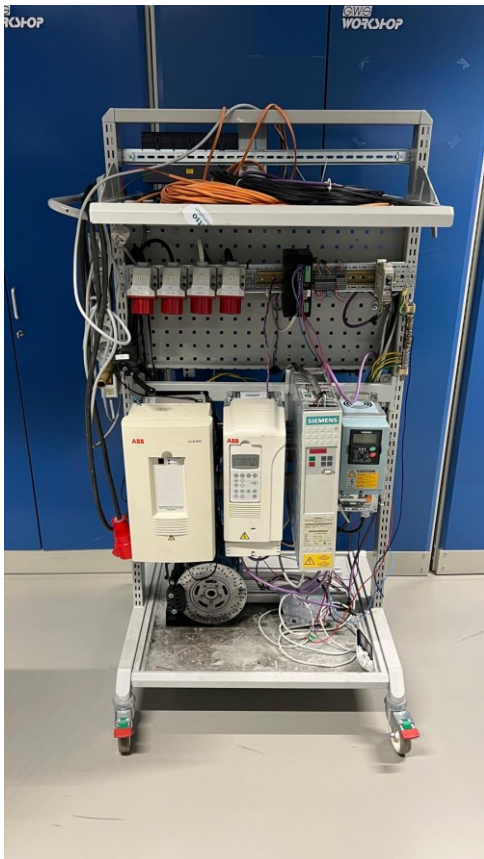
Työn tavoitteena oli suunnitella kärryistä käyttökelpoinen testikärry hyödyntämällä vanhoja laitteistoja. Turvallisuusongelmille piti löytää ratkaisu, sekä suunnitella kärry niin, että sen päivitettävyyden tai muokkaus tulevaisuudessa olisi mahdollisimman vaivatonta. Kuvissa 8 ja 9 nähdään Siemensin moottorinohjauskärryn lähtötilanne. Kuvissa 10 ja 11 nähdään ABB:n taajuusmuuttajilla toteutetun testikärryn lähtötilanne.



KUVA 8. Siemens moottoritestikärry edestä



KUVA 9. Siemens moottoritestikärry takaa.



KUVA 10. ABB moottoritestikärry edestä



KUVA 11. ABB moottoritestikärry takaa.

Kuten kuvista selviää, kaapelireittejä, moottorin akselin suojausta ja kosketus-suojauksia kärryissä ei ole. Molemmista kärryistä puuttui myös dokumentit, joista selviäisi esimerkiksi käyttöohje, kytkennät sekä kärryn rakenne.

8.2 Uuden kärryn laitteisto

Vanhoista testikärryistä haluttiin hyödyntää uuteen suunnitelmaan alla olevat laitteistot ja osat.

ABB ACS880-01-04A0, Taajuusmuuttaja

Siemens Sinamics S120 Booksize moottorihjausmoduulit:

CU320-2 PN, Ohjainyksikkö

Smart Line Module 5kW

Single Motor Module 5A

Control Supply Module

Single Motor Module Output 3AC 400V 9A

Siemens 1LA71064AA60-Z 2,2kW, Oikosulkumoottori

Siemens 1P 6SL 3000-0BE21-6AA0, Linjasuodin

Siemens 1P 6SN1111-0AA00-0BA1 3-Vaihe kuristin

ACN MRN, Prosessinohjain

AI8H, Analogia Input I/O-kortti

AO4H, Analogia Output I/O-kortti

DI8P, Digital Input I/O-kortti

DO8P, Digital Output I/O-kortti

Siemens Scalance XB205-3, PN, Verkkokytkin

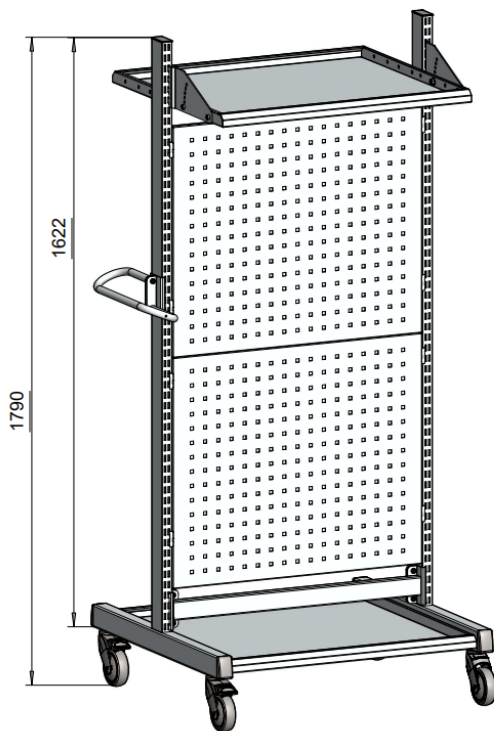
Himatrix F30, Turvalogiikka

Phoenix Contact Quint4-PS, Virtalähdeyksikkö

Hager CDB625E, Vikavirtasuoja

8.3 Uuden kÄrryn runko

Vanhojen kÄrryjen laitteistoa jätettiin pois uudesta suunnitelmasta, koska niille ei nähty enää käyttötarvetta. Näin ollen laitteisto saatiin suunniteltua yhdelle kÄrryrungolle. Kun laitteistovaatimukset olivat selvillä, tuli selvittää, mikä kÄrrypohja olisi paras tähän käyttötarkoitukseen. Valmetin aikaisemmat testikäyttöön tarkoitetut asennusvaunut oli tilattu Treston Oy:ltä. Heidän valikoimastansa löytyi Multivaunu (kuva 12), jonka sai räätälöityä Valmetin tarpeisiin sopivaksi. Tämä runko oli hyvä moottoritestikÄrryn pohjaksi, koska sen kaksipuolisuuden vuoksi rungossa on riittävästi asennustilaa sekä se on liikuteltava.



KUVA 12. KÄrryn runko testikärrylle

KÄrryn runko koostuu alla luetelluista osista:

Multi yleisvaunun runko korkea M750 ESD

Alataso M750x728, multivaunu

Reikätausta M750, 740x612 harmaa

TerÄshylly M750x650 + kannattimet

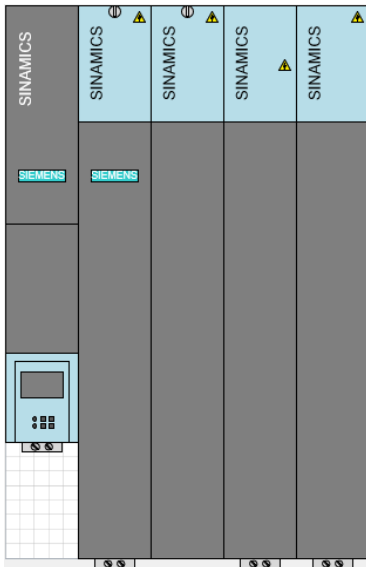
Kärryssä on lisäksi ylätaso sekä pyörät liikuteltavuutta varten.

8.4 Visio -tiedoston suunnittelu

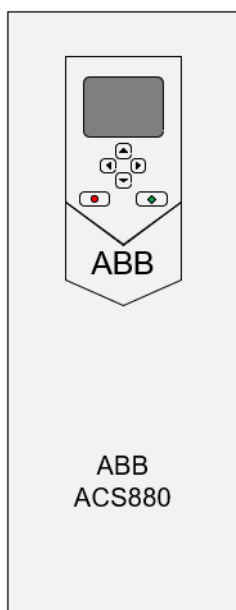
Suunnitelman piirtäminen alkoi luomalla Visio -tiedosto projektille.

Visio-tiedostoon piirrettiin kaikki kärryyn liittyvät laitteisto sekä kytkentäkuvat.

Piirustusta varten luotiin yksilölliset shapet jokaisesta tuotteesta, jota ei Valmetin tuotekirjastosta valmiiksi löytynyt. Tällaisia shapeja olivat Siemens moottoriohjausmoduulit (kuva 13), ABB ACS880 taajuusmuuttaja (kuva 14), turvakytkimet, sekä 3-vaihepistorasiat.

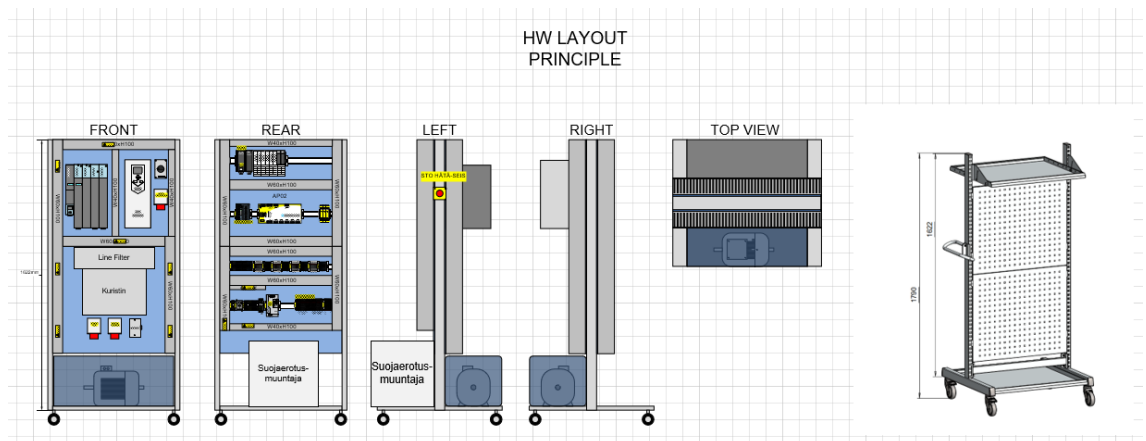


KUVA 13. Siemens Sinamics moottoriohjausmoduulit -Shape.



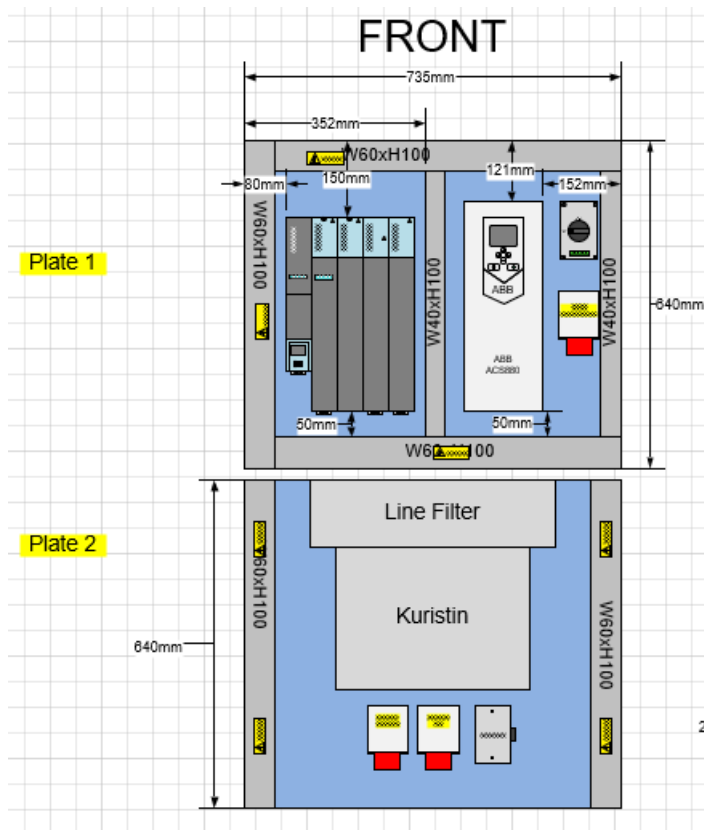
KUVA 14. ABB ACS880 Shape.

Piirustuksen ensimmäisellä HW Layout sivulta (kuva 15) nähdään yleiskuva kärrystä eri kuvakulmista. Tämä auttaa hahmottamaan, minkälainen kärryn rakenne on ja miltä se näyttää. Vanhoista kärryistä haluttiin säilyttää ABB ACS880 taajuusmuuttaja sekä Siemens Sinamics taajuusmuuttajamoduulit. Näille taajuusmuuttajille on eniten käyttöä tulevaisuuden testausprojekteissa. Vanhoista kärryistä jäi tarpeettomaksi ABB ACS600, ABB ACS800, Vacon NXS taajuusmuuttajat. Kärryn rakenne suunniteltiin siten, että etupuolella kärryä on drives puolen testauslaitteisto ja takapuolella laitteisto, joka toimii 24V jännitteellä lukuun ottamatta 230V sähkönsyöttöryhmää laitteistolle. Tämä on käytettävyyden sekä turvallisuuden kannalta selkein ratkaisu, koska drives puolella on suuremmat jännitteet, minkä vuoksi erityistä varovaisuutta on noudatettava. Kaapelointi tapahtuu kaapelikouruissa. Kärryn alaosaan on suunniteltu suojaileksi oikosulkumoottorin ympärille, koska vanhoissa kärryissä oikosulkumoottorin pyörivä akseli on suojaamattomana ollut turvallisuusriski esimerkiksi takertumisen vuoksi.

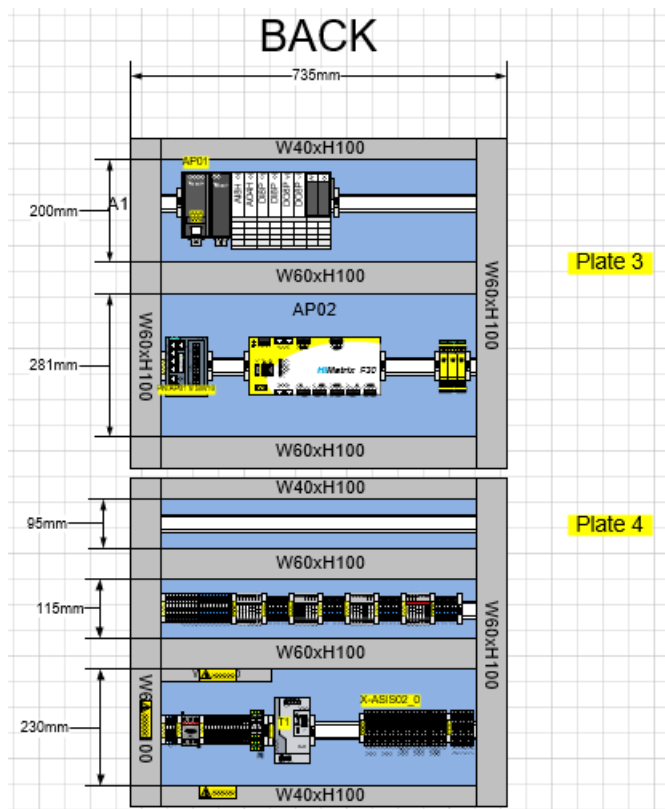


KUVA 15. HW Layout.

Piirustuksen HW Installation -sivuilta nähdään yksityiskohtaisempaa tietoa kärryn laitteiston asettelusta (kuva 16 ja 17). Kuvassa 16 näkyy kärryn laitteiston etupuoli sekä takapuoli (kuva 17) kuvasta selviää tarkempi asettelu sekä mitat.

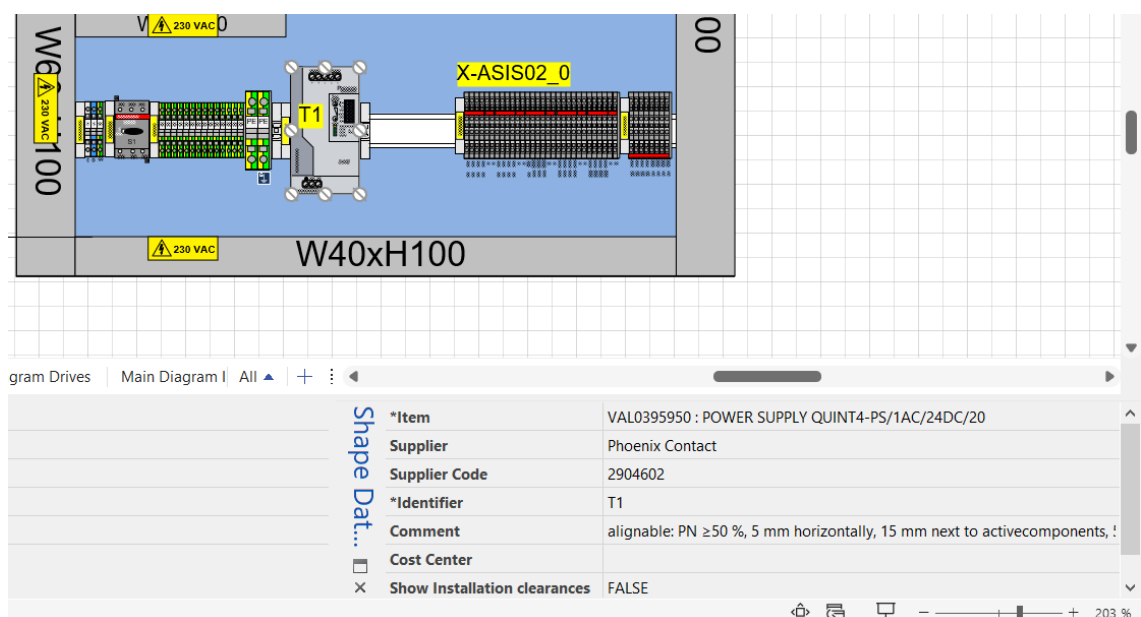


KUVA 16. HW installation etupuoli.



KUVA 17. HW asennuskuva takapuoli.

Näiden sivujen perusteella osataan asentaa laitteisto ja muut osat suunnitellulla tavalla. Jokaisen shapen kohdalta klikatessa aukeaa shape data -ikkuna, josta selviää Valmetin tuotenumero, nimi, identifier, valmistaja, valmistajan tuotekoodi sekä mahdolliset muut kommentit tuotteeseen liittyen. Alla olevasta esimerkkikuvasta (kuva 18) selviää virtalähteen shape data.



KUVA 18. Esimerkkikuva virtalähteen shape datasta.

8.5 Kyt Kentäkuvat

Jokaiselle kytkentäryhmälle luotiin oma sivu, josta selviää laitteiston kytkentä. Kuvista selviää riviliitinryhmät sekä liittimet, joihin kytkentä muodostetaan. Kuviin on myös määritelty käytettävän kaapelin värytys ja paksuus. Näiden kytkentäkuvien perusteella laitteisto osataan kytkä suunntellulla tavalla. Kyt Kentäryhmistä 6X2, 6X3 sekä 6X4 ovat varauksia mahdollisia laitelisäyksiä varten. Kyt Kentäkuvat löytyvät liitteistä 3–13.

8.6 Turvallisuusvaatimukset

Testikärryn suunniteltu käyttöympäristö on Valmetin FAT-testaustila. Käyttölaiteisto on suunniteltu tilapäiseksi testauslaitteistoksi, mikä tarkoittaa lyhyttä käyttöaikaä yksittäisille testauskohdille. Testaustehtäviä esiintyy vain satunnaisesti. Testauksien ajaksi testialue täytyy rajata esimerkiksi köysillä muista työskentelyalueista ja kulkureiteistä siten, että ne estävät muiden kuin testaushenkilöiden pääsyn testausalueelle. Testauksien aikana koko testirakennelma täytyy olla valvonnan alaisena. (SFS-EN-50191 2011, 22)

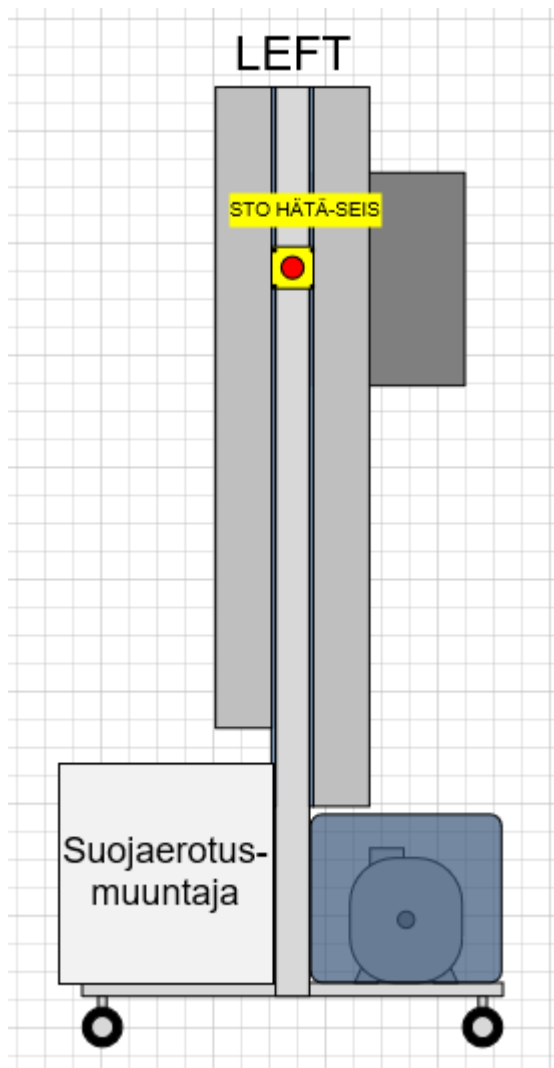
Koska sähkönsyöttö on kytketty tavalliseen jakeluverkkoon, on kärryn 1-vaihesyöttöpuoli varustettava lisäsuojana toimivalla $\leq 30\text{mA}$ vikavirtasuojalla. Valmetin FAT-tiloissa 1-vaihesähkönsyöttö on varustettu tällaisella vikavirtasuojalla, joten erilliselle vikavirtasuojalle ei ole tarvetta. Yksi hätäkytkin on asennettava testausalueen ulkopuolelle, esimerkiksi muutaman metrin päähän testauspaikasta. Tämä testauspaikka täytyy suunnitella siten, että hätäkytkimen sijoitus FAT-hallissa onnistuu. Hätäkytkimen tarkoitus on saada taajuusmuuttajapuolen sähkönsyöttö jännitteettömäksi. (SFS-EN-50191 2011, 20)

Kärryn taajuusmuuttajapuoli varustetaan suojaerotusmuuntajalla käyttäjän suojaamiseksi. Suojaerotusmuuntajalla estetään vaaratilanne, jonka aiheuttaisi koskettaminen viälliseen laitteeseen, maahan johtavassa yhteydessä olevaan

osaan. Suojaerotusmuuntajalla saadaan galvaaninen erotus syöttävän ja syötetävän piirin välille, mikä käytännössä estää sähköiskun maan ja vaiheen välillä. (Suojaerotusmuuntaja. n.d. Intertrafo. Viitattu 14.5.2025)

8.7 Käyttäjän suojaus oikosulkumoottorin pyörivältä akselilta

Kärryn alaosassa sijaitsevan paljaana pyörivän akselin turvallisuusriskinä on esimerkiksi vaatteiden takertuminen akseliin. Tämä on vanhassa kärryssä ollut merkittävä turvallisuuspuute. Uudessa suunnitelmassa Visio -tiedostoon on suunniteltu suojaplexi (kuva 19) pultattavaksi kärryn rungon alaosaan, oikosulkumoottorin ympärille. Tällä saadaan kosketussuojaus pyörivälle akselille. Lisäksi kärryn vasemmalle puolelle on suunniteltu hätä-seis-painike, jota painaessa taajuusmuuttajien STO-toiminto aktivoituu ja pysäyttää oikosulkumoottorin vapaasti pyörien.



KUVA 19. Moottorin akselin suojapleksi.

8.8 Ylläpito

Testikärryn pitkäaikaisen toimivuuden takaamiseksi kärrylle tulee nimetä vastuuhenkilö tai henkilöt, jotka vastaisivat siitä, että testikärry on turvallinen käyttää. Kärrylle pitää tehdä tarkastuspöytäkirja. Pöytäkirjan on sisällettävä seuraavat asiat:

- yksityiskohdat tarkastetuista kärryn osista
- mahdolliset tarkastuksen ja testauksen rajoitukset
- mahdolliset viat, kulumiset, puutteet ja vaaralliset kunnot
- mahdolliset vaaraa aiheuttavat poikkeamat SFS 6000 -sarjan vaatimuksesta
- tarkastuslomakkeet

- lomakkeet asianmukaisista SFS 6000 standardin kohdan 6.4.3 mukaisista testeistä

Pöytäkirjan pitää sisältää suosituksen seuraavan kunnossapitotarkastuksen ajankohdaksi. Pöytäkirja voi sisältää suosituksia laitteiston korjauksista ja parannuksista.

Tarkastuksen tekijä allekirjoittaa tai muuten vahvistaa pöytäkirjan oikeaksi. Testauslaitteiston kunnossapitoon saa käyttää vain ammattitaitoisia henkilöitä. SFS 6000 standardin kohdan 6.4.3 testit ovat:

- suojajohtimien jatkuvuus
- sähköasennuksen eristysresistanssi
- suojaus virtapiirien erottamisella
- suojaus syötön automaattisella poiskytkennällä

8.9 Käyttö

Testauslaitteiston kanssa saavat työskennellä ainoastaan vain ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt. Kärryä käyttävä henkilöstö on koulutettava tuntemaan testauksissa esiintyvät turvallisuusriskit. Tällainen koulutus on toistettava tarvittaessa ja koulutuksesta on pidettävä kirjallista rekisteriä. Lisäksi on perehdyttävä Valmetin omiin ohjeisiin sekä käyttöohjeisiin ennen käyttöä.

9 POHDINTA

Valmetin alkuperäiset testikärryt olivat asetettu käyttökieltoon turvallisuuspuutteiden vuoksi. Työn tarkoituksena oli suunnitella uusi, turvallisuusvaatimukset täyttävät testikärry. Työn tärkeimpinä tavoitteina oli löytää turvallisuuspuutteille ratkaisut, jotta kärry saataisiin takaisin käyttöön. Kärry turvallistettiin lisäämällä suojaus oikosulkumoottorin ympärille, lisäämällä hätä-seis-painike moottorin pysäyttämiseksi, turvakytkin moottorin sähkönsyötölle, vikavirtasuojaus sekä suojaerotusmuuntajan lisääminen. Lisäksi kärryn turvallista käyttöä tukevat tarkastuspöytäkirja.

Opinnäytetyö aloitettiin kaappi- ja laitteistosuunnitteluun tutustumalla, mikä antoi hyvän pohjan suunnittelutyön tekemiselle. Tarpeellista oli opetella Microsoft Visio suunnitteluohjelman käyttö, jolla Valmetilla kaappisuunnittelu sekä muut laitteistokuvat suunnitellaan. Eniten aikaa työssä kului itse piirustuksen tekemiseen Visio suunnitteluohjelmalla.

Testikärryn suunnittelussa konsultoitiin Valmetin moottorinohjaus ja drives puolen insinöörejä sekä sähköturvallisuudesta vastaavia henkilöitä. Opinnäytetyön ja sitä edeltävä vuoden pituinen työkokemus Valmet DNA -kaappisuunnittelijana auttoi työssä. Työn tuloksena saatiin luotua testikärrylle uusi suunnitelma, jossa on päivitettävyys ja turvallisuusvaatimukset huomioitu. Uusi kärry on käyttäjälle selkeämpi ja turvallisempi käyttää verrattuna vanhoihin kärryihin. Suunnitelma löytyy liitteenä.

LÄHTEET

Valmet 2024a. Valmet lyhyesti. Verkkosivu. Viitattu 26.3.2024.
<https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

Valmet 2024b. Valmet yrityksenä - Strategia. Verkkosivu. Viitattu 26.3.2024.
<https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/strategia/>

Valmet 2024c. Valmet System architecture. Verkkosivu. Viitattu 17.4.2024.
<https://www.valmet.com/automation/control-systems/dna/architecture/>

Valmet Automation. Automation. Verkkosivu. Viitattu 27.3.2024.
<https://www.valmet.com/automation/>

Elenia. Pienjänniteliittymien tekninen ohje. Verkkosivu. Viitattu 22.4.2024. <https://www.elenia.fi/fi-les/e217220a6e4f7c65decbe233d167650f0befea52/pienjanniteliittymien-tekninen-ohje-elenia.pdf>

Danfoss. n.d. Verkkosivu. Viitattu 22.4.2024.
<https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>

Moodle. 2022. Oikosulkumoottori. Tampereen ammattikorkeakoulun intranet.. Viitattu 20.1.2025. Vaatii käyttöoikeuden.
https://moodle.tuni.fi/pluginfile.php/3063365/mod_resource/content/1/04%20Moottorin%20rakenne%20-%20SUPPEA.pdf

ABB. ACS880-01-taajuusmuuttajat. Laiteopas. Viitattu 2.2.2025
https://library.e.abb.com/public/8ccc0af274704981ac69f17b23dfe03d/FI_ACS880-01_HW_S.pdf

Us.Profinet. What is profinet? -profinet explained. Verkkosivu. Viitattu 2.2.2025
<https://us.profinet.com/profinet-explained/>

Ayllon, N. 2020. PROFINET cables: requirements, specifications, and types.
<https://us.profinet.com/profinet-cables-requirements-specifications-and-types/>

PROFINET System Description.n.d. Technology and Application. Manuaali. Viitattu 2.2.2025
<https://www.profinet.com/profinet-explained/technology-description>

Intertrafo. n.d. Suojaerotusmuuntaja. Verkkosivu. Viitattu 8.3.2025
<https://intertrafo.fi/tietoa-muuntajista/kaksikaamirakenne/suojaerotusmuuntaja/>

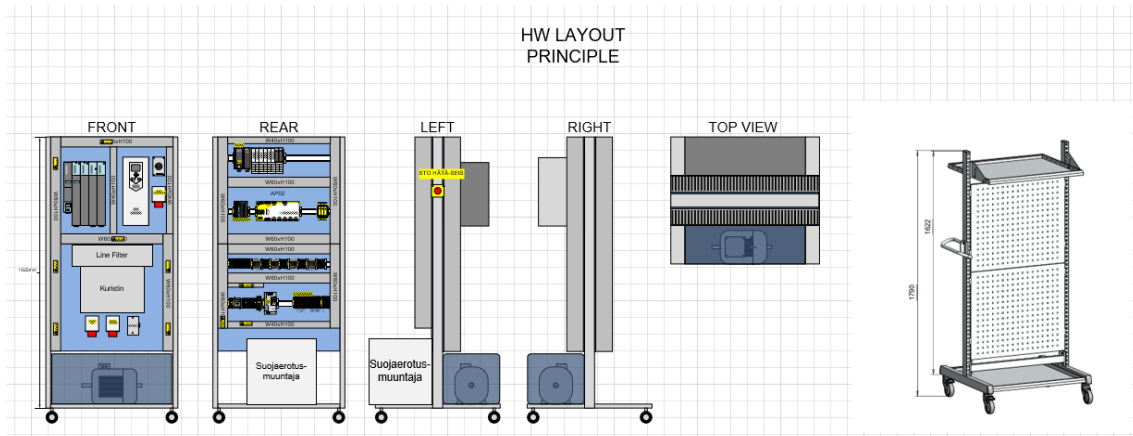
Lauri Hietalahti. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. Tammer-tekniikka. Tampere.

Finnparttia Sähkötukku. SM 15 sähkömoottori. Verkkosivu. Viitattu 8.5.2025

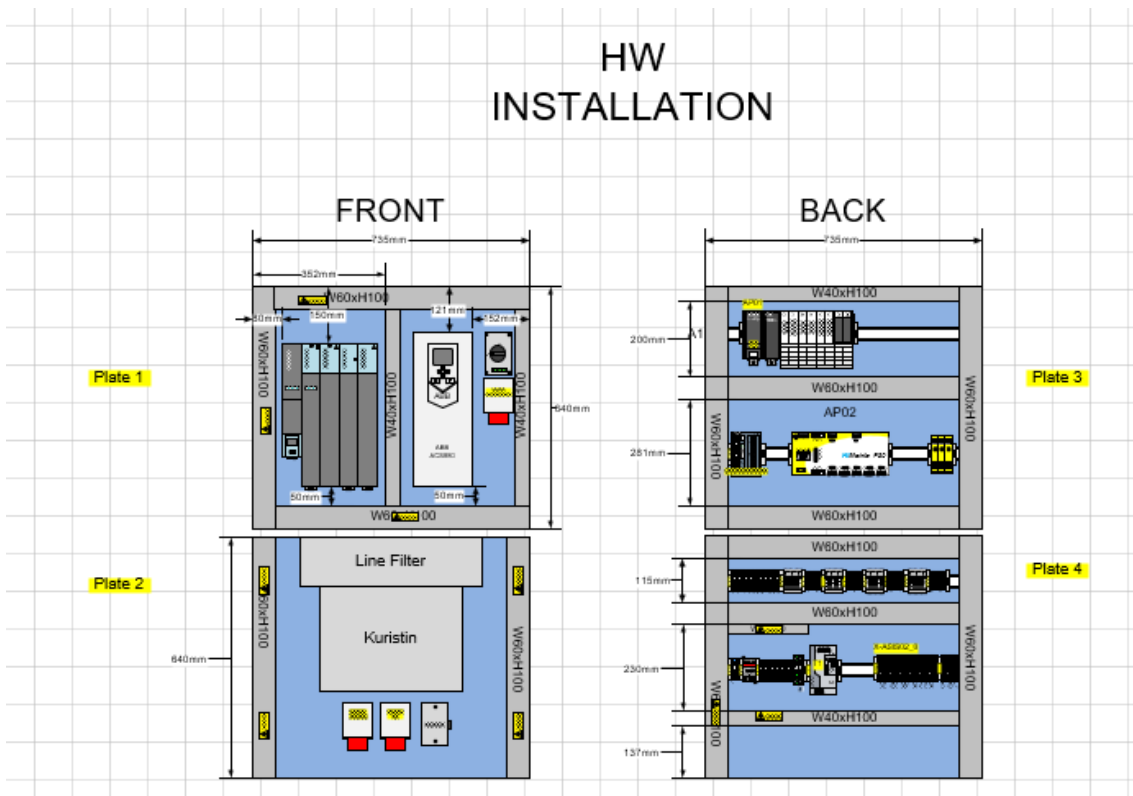
<https://www.finnparttia.fi/SM-15-1>

LIITTEET

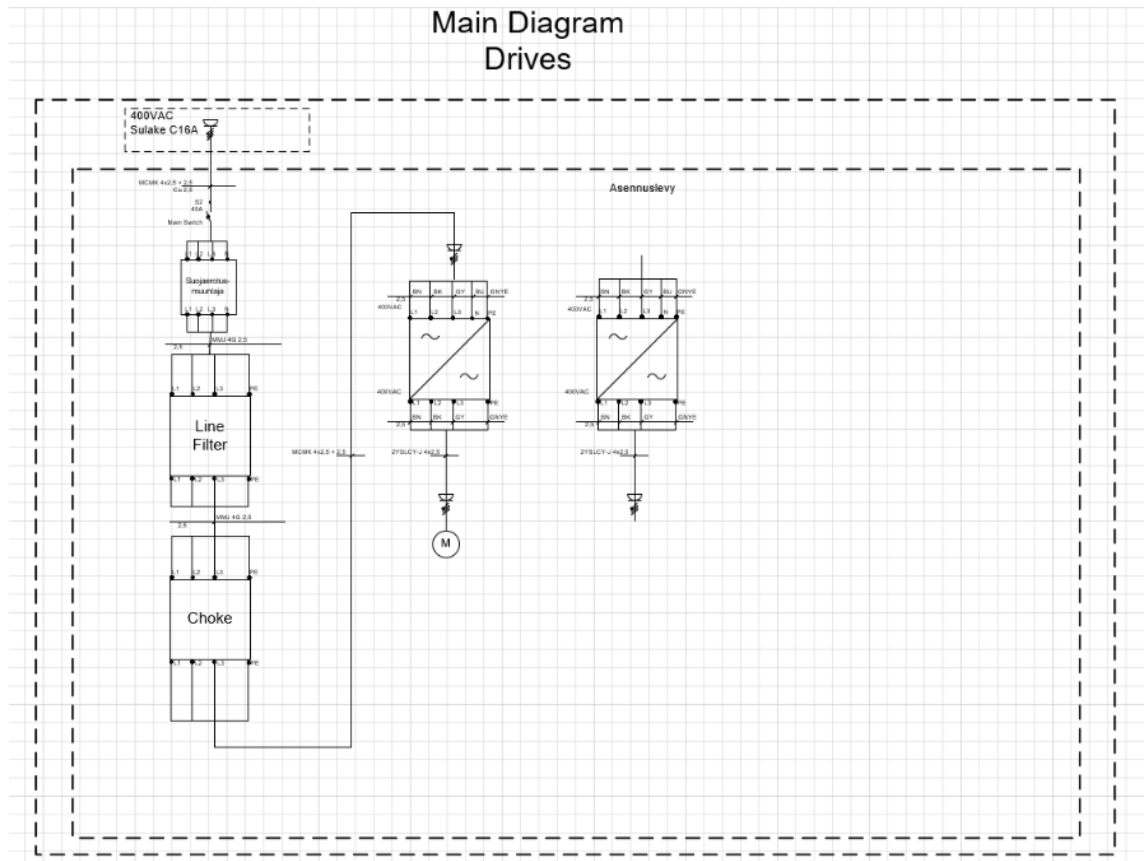
Liite 1. Laitteiston asettelu.



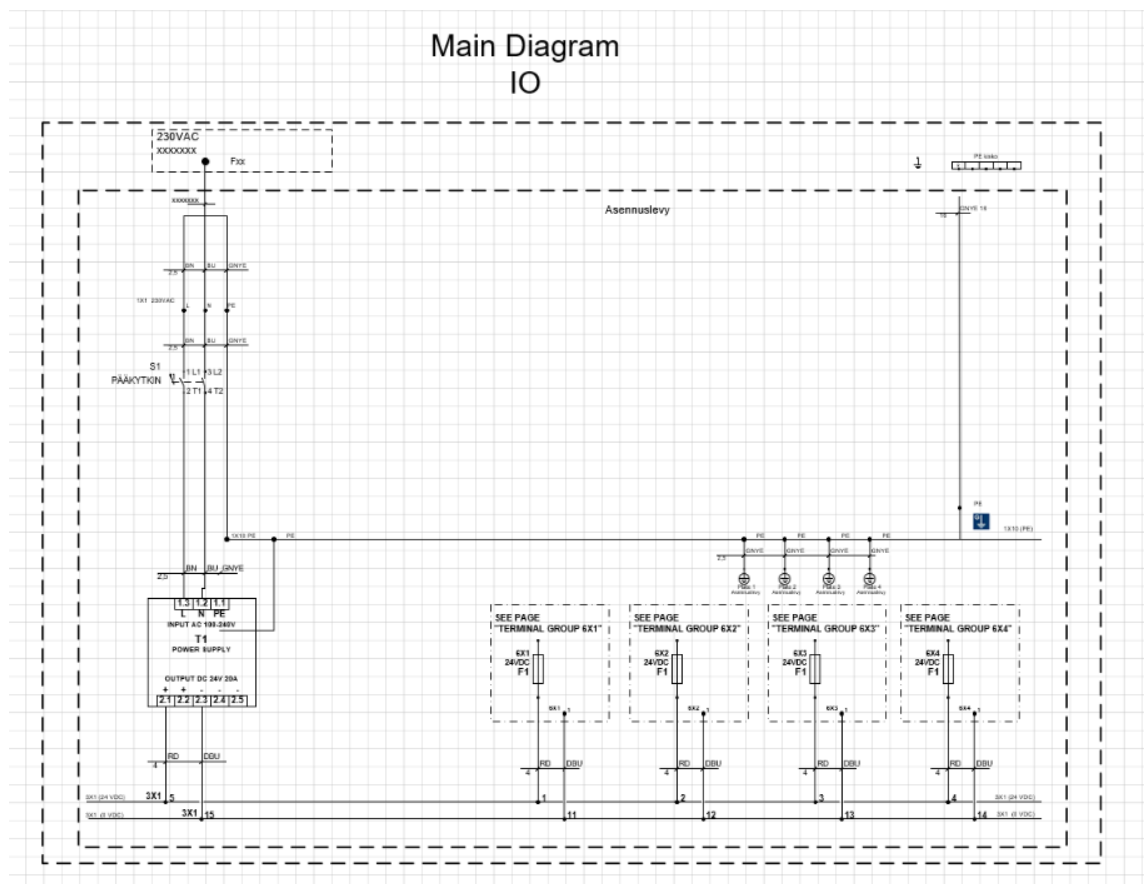
Liite 2. Laitteiston asennus.



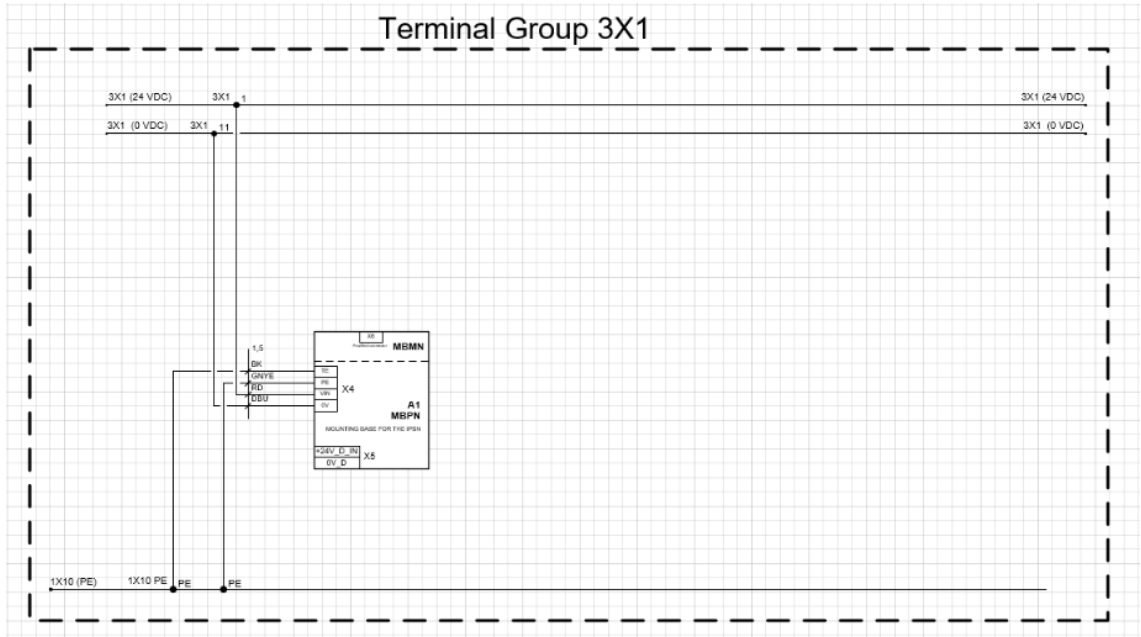
Liite 3. Taajuusmuuttajien sähkönsyöttö.



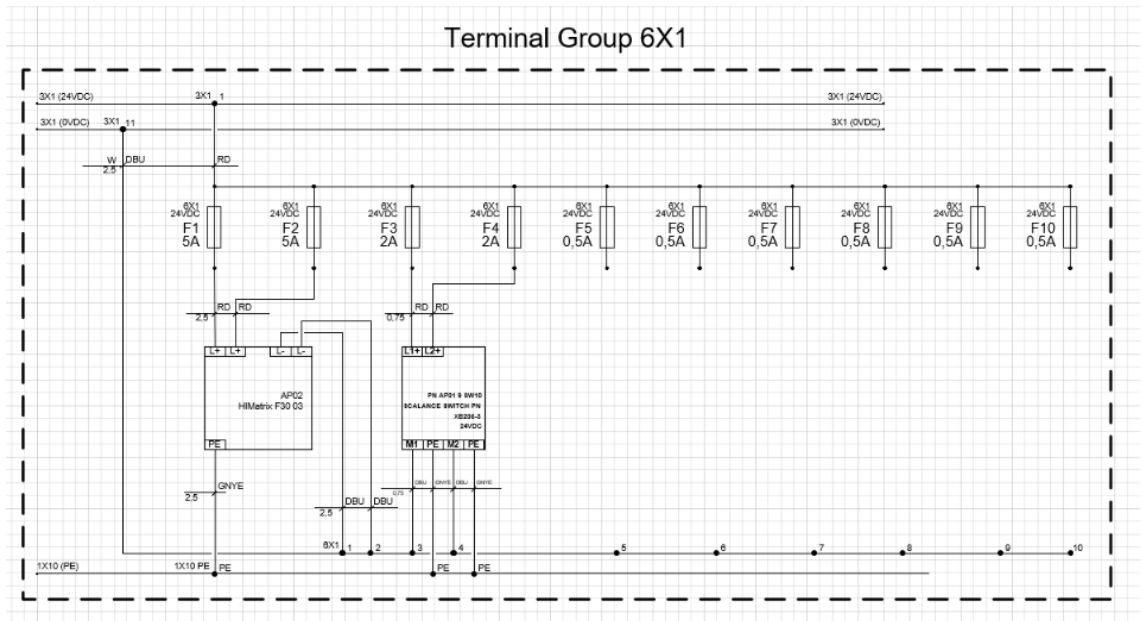
Liite 4. IO-puolen kytkentäsivu.



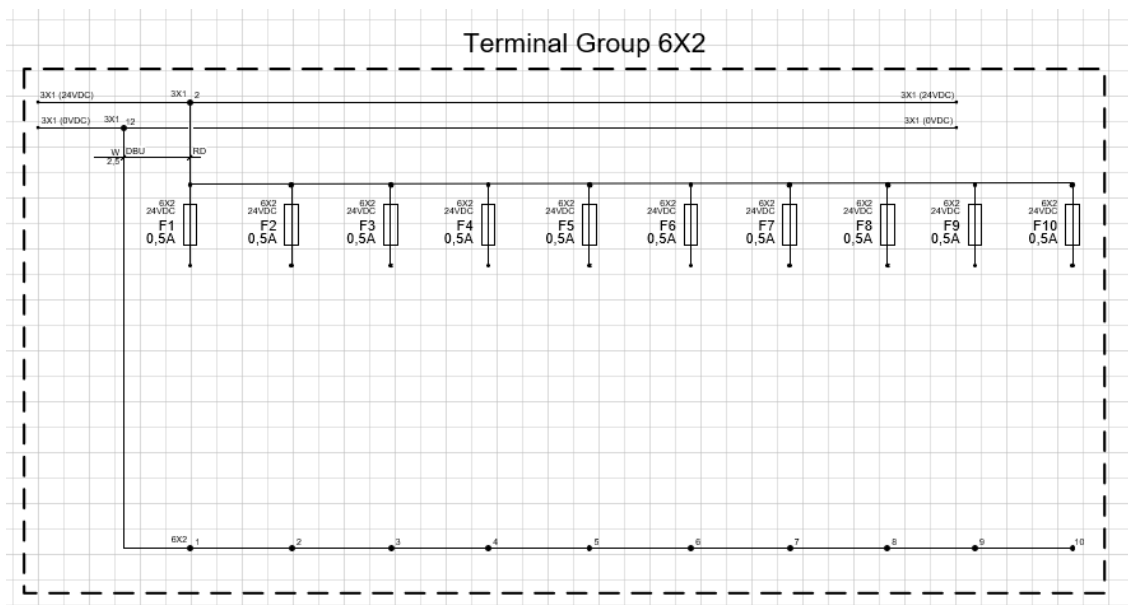
Liite 5. Ryhmän 3X1 kytkentäsivu.



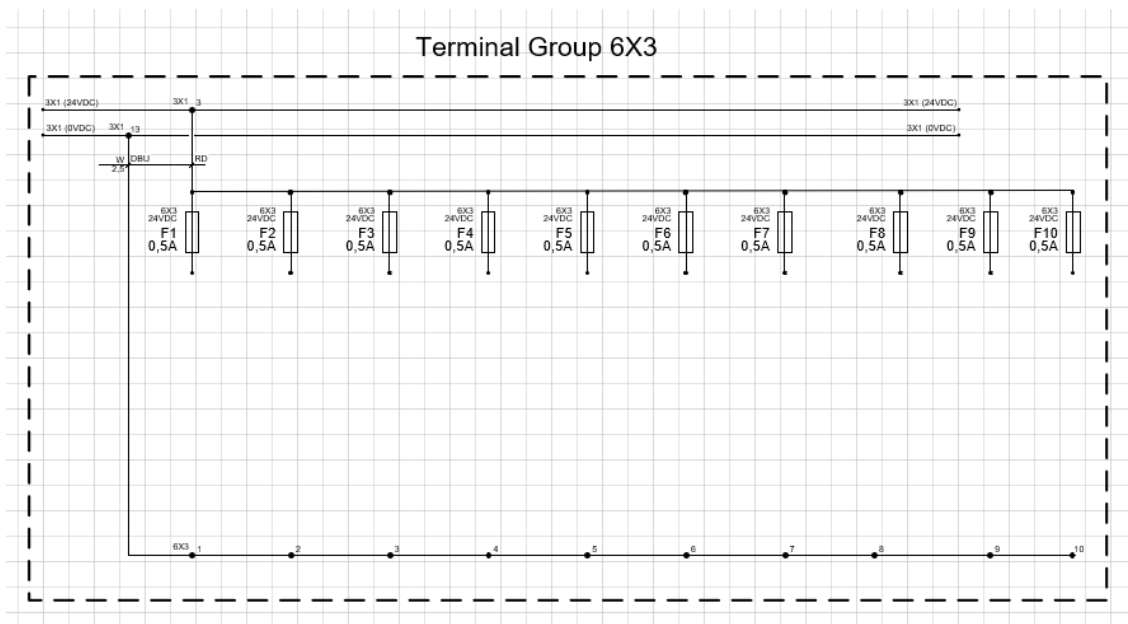
Liite 6. Ryhmän 6X1 kytkentäsivu.



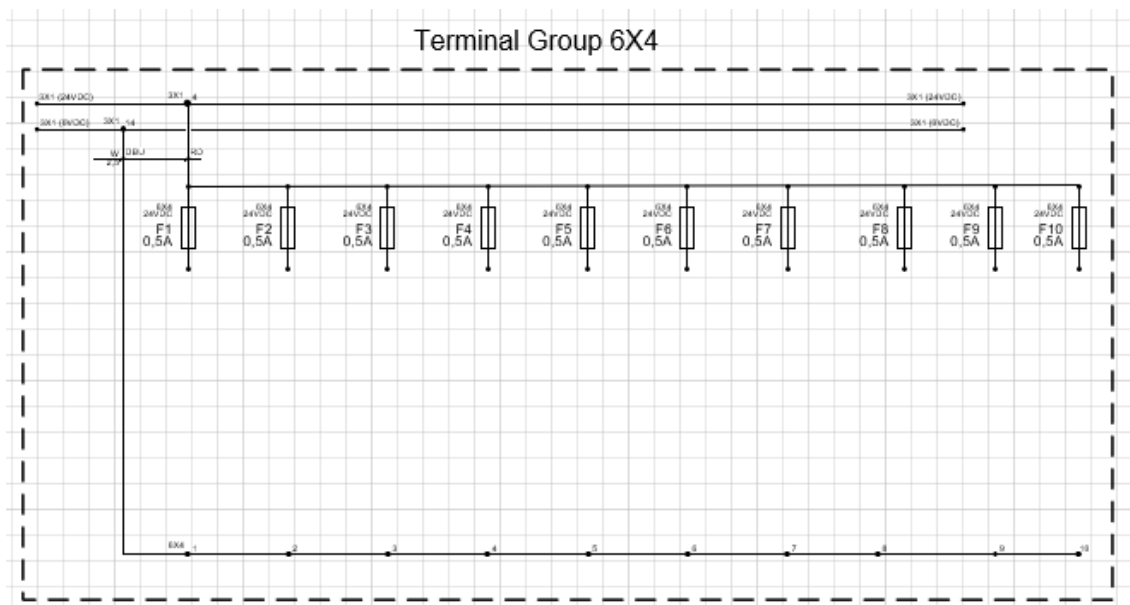
Liite 7. Ryhmän 6X2 kytkentäsivu.



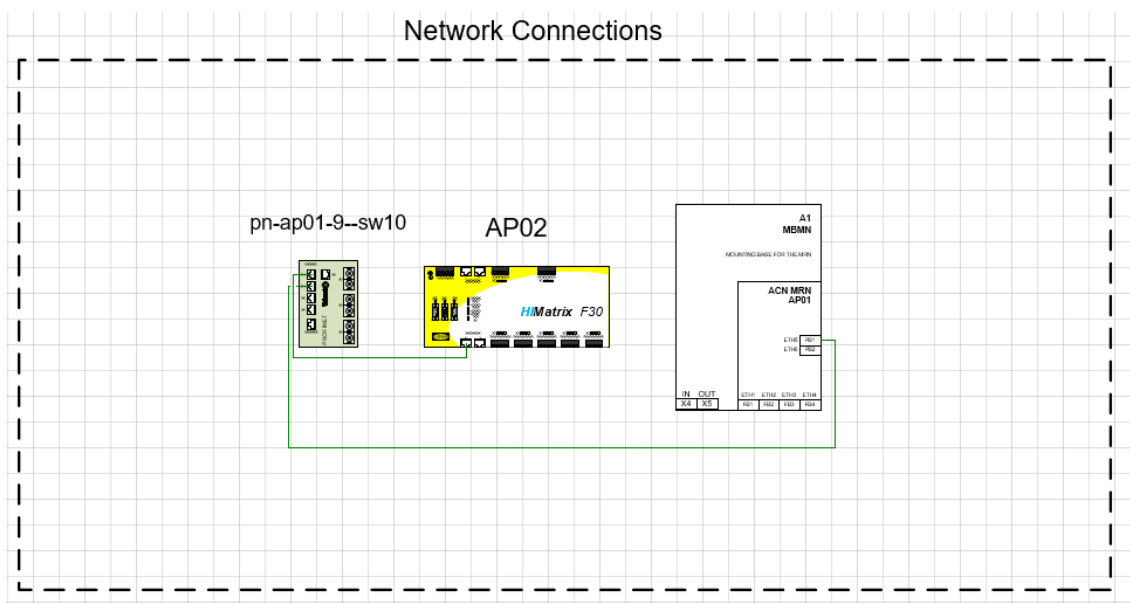
Liite 8. Ryhmän 6X3 kytkentäsivu.



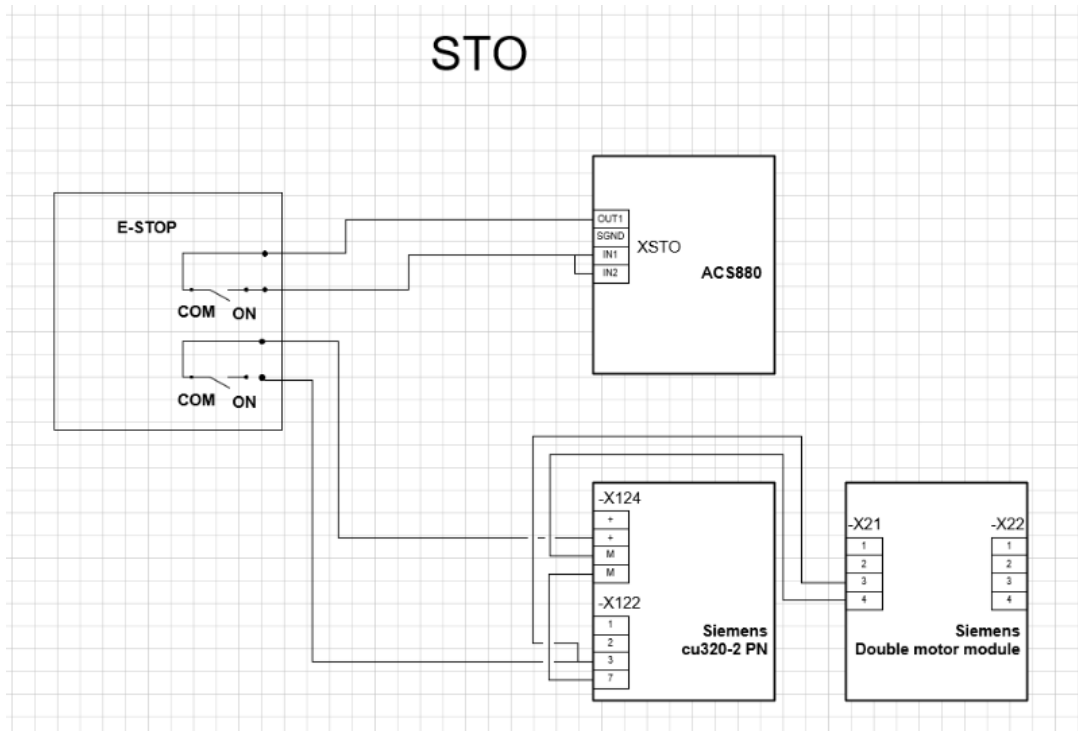
Liite 9. Ryhmän 6X4 kytkentäsivu.



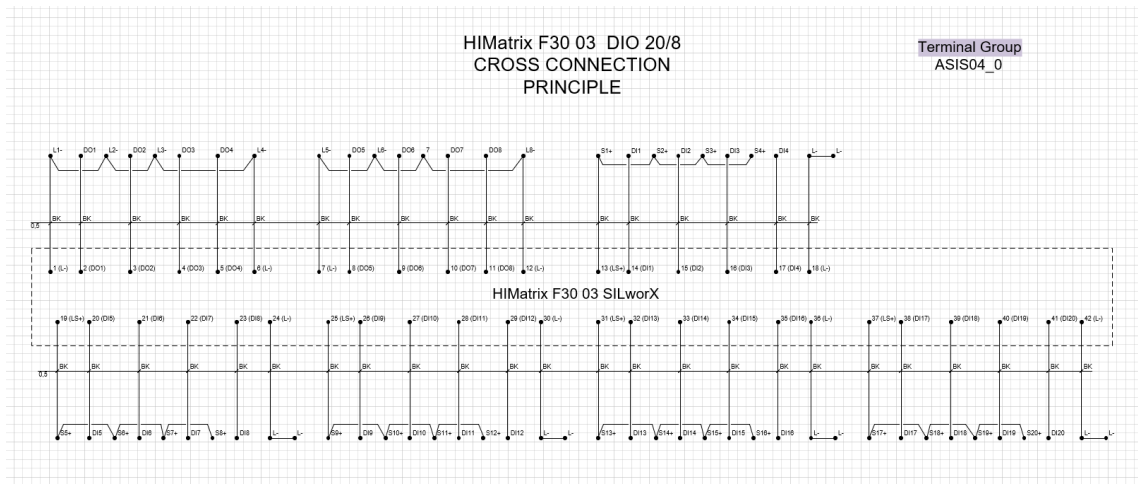
Liite 10. Verkkoysteudet.



Liite 11. Safe Torque Off kytkentä.



Liite 12. Himatrix kytkennät.



Liite 13. Käynnistyksenesto esimerkkikytkennät.

Käynnistyksenesto
Esimerkkikytkennä

