

PAKKAAMOKULJETTIMIEN SÄHKÖJEN SUUNNITTELU



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Valkeakosken kampus, sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

kevätlukukausi, 2021

Aki Haapaniemi

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsitteli elintarviketeollisuuden tulevien kolmen pakkaamokuljettimen sähköjen suunnittelua, lisäksi vanhojen olemassa olevien neljän kuljettimen ohjauksen modernisointi. Työn toimeksiantaja toimi Custom Automation Oy. Työn ohjaajana toimi Timo Väisänen. Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli opettaa tekijäänsä paremmaksi suunnittelijaksi ja tehdä menetelmiä, joista olisi hyötyä tulevaisuudessakin.

Työssä perehdyttiin teoriaan siltä kannalta, mitä tämän kokonaisuuden sähköjen suunnittelussa täytyi tietää ja ottaa selvää. Asioita käsiteltiin hygienian vaatimusten mukaisesti, sähköturvallisuuden ja koneturvallisuuden näkökulmista. Lisäksi hyvin vahvasti mukana oli yrityksen vanhat työtavat.

Koteloinnissa on tärkeää niin hygieniamääräykset, kuin sähköturvallisuus määräyksetkin. Sähköjohtimien ja johdon suojakatkaisijoiden mitoitus tehtiin käyttäen apuna taulukoita ja Excel taulukkolaskentaohjelmaa. Ohjauspuolella oli monta asiaa, mitä piti ottaa huomioon mm. logiikka, ohjauspainikkeet ja niiden vaatimukset. Logiikoista löytyi havainnollistavia kuvia ja tärkeitä teknisiä arvoja.

Mitoitukset tehtiin onnistuneesti, ainoastaan jännitehäviön laskenta johtimessa oli epävarma, mutta suuntaa antava. Sähkökuvat tuli piirrettyä ajallaan ja sähkösuunnittelusta opittiin paljon.

Avainsanat kuljetin, logiikka, moottorikäyttö

Sivut 46 sivua ja liitteitä 22 sivua

Author Aki Haapaniemi

Year 2021

Subject Electrical planning of packing conveyors

Supervisors Timo Väisänen

ABSTRACT

This thesis deals with the electrical design of three packing conveyors designed to the food industry. An additional goal in the thesis project was to modernize the control of the existing four conveyors. The work was commissioned by Custom Automation Oy. The supervisor of the work was Timo Väisänen. The purpose of this thesis project was for the author to learn how to be a better designer and to examine design methods, which could be useful in the future as well.

The work introduces the theory in terms of what you need to know and find out in the electrical design of this design project. All the issues here are examined in accordance with hygiene requirements as well as from the perspective of electrical safety and machine safety. In addition, the company's old working methods very strongly influenced this thesis project.

In casing, both hygiene regulations and electrical safety regulations are important. In this design project the dimensioning of electrical conductors and circuit breakers was done with the help of spreadsheets and an Excel spreadsheet program. There were many issues on the control side that needed to be taken into account, e.g. the logic, the control buttons and their requirements. There are illustrative images and important technical values of the logics enclosed to this thesis. The measurements were made successfully, the electrical images were drawn in time and the author learned a lot about electrical design.

Keywords conveyor, logic, motor drive

Pages 46 pages and appendices 22 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Turvallisuus.....	2
2.1	Standardit.....	2
2.2	Direktiivit ja säädökset.....	3
3	Koneiden sähkötekniikka.....	4
3.1	Kotelointi.....	4
3.2	Erottimet	7
3.3	Moottori ja taajuusmuuttaja	8
3.3.1	Moottori	8
3.3.2	Taajuusmuuttajakäyttö	10
3.4	Kaapelien valinta ja mitoitus.....	13
3.5	Suojaus	16
3.6	Maadoitus, potentiaalintasaus ja EMC-suojaus.....	20
3.7	Tehonlähde	21
3.8	Kenttäväylä.....	22
3.9	Ohjelmoitavat logiikat.....	24
3.10	Ohjaimet.....	33
3.11	Kentälaitteet	34
4	Pakkaamokuljettimien sähköjen suunnittelu.....	35
4.1	Suunnittelun ennakoaineistoon tutustuminen.....	35
4.2	Suunnittelu ja piirtäminen	36
5	Pohdinta	42
	Lähteet.....	44

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1.	Ulkoisten rakenteiden saumaesimerkki.	5
Kuva 2.	Rittal HD 1316.600 (Rittal, n.d.-a).....	6
Kuva 3.	Tuuletin Rittal (Rittal, n.d.-b)	6
Kuva 4.	Pääkytkin (Sähkönumerot.fi, n.d.)	7
Kuva 5.	Turvakytkimen käyttö (ABB, n.d., s.4).	8

Kuva 6. Kolmivaihemoottorin kytkentävaihtoehdot. (Hietalahti, 2013, s.20)	9
Kuva 7. Taajuusmuuttajan käyttö moottorilähdössä (Hietalahti, 2013, s.212)	11
Kuva 8. Taajuusmuuttaja (Siemens, 2020-h).....	12
Kuva 9. Taajuusmuuttajaan kytketyn kaapelin EMC-suojaus (Siemens, 2014, s.21)	21
Kuva 10. Tehon lähde (Siemens, 2020-g).	22
Kuva 11. Kenttäväylän käyttö (Inst Tools, 2020)	22
Kuva 12. RJ45 liitin (Farnell, n.d.)	23
Kuva 13. CAT6-kaapeli (Yleiselektroniikka, 2020)	24
Kuva 14. PLC: n toimintaperiaate (Engineerknowledge, 2019).....	25
Kuva 15. Simatic DP, CPU 1510SP F-1 PN (Siemens, 2020-a).....	26
Kuva 16. BusAdapter (Siemens, 2020-b).	26
Kuva 17. BaseUnits new load group & bridged to the left (Siemens,2020-c; Siemens, 2020-d).	27
Kuva 18. Korttipohjan liitin terminaalit (Siemens, 2019-a, s.30)	27
Kuva 19. Digitaalisen tulokortin yksijohdin kytkentä esimerkki DI 16x24VDC (Siemens, 2019- b, s.14)	28
Kuva 20. Esimerkkikuva DQ16x 24VDC yksijohdin kytkennästä (Siemens, 2019-c, s. 13).....	29
Kuva 21. Digitaalinen turvalähtökortti F-DQ 4x24VDC/2A PM HF (Siemens, 2013-a)....	30
Kuva 22. Turvalähtökortin esimerkkikytkentä (Siemens, 2013-a, s.31).....	30
Kuva 23. Turvatulokortin esimerkkikytkentä (Siemens, 2013, s.38).....	31
Kuva 24. Esimerkkikuva mittausviestin kulusta AI-kortille (PLC Academy, 2018).....	31
Kuva 25. Esimerkkikuva AO-kortin kanavan käytöstä (PLC Academy, 2018)	32
Kuva 26. Liitäntämoduuli (Siemens, 2020-f, s.9).....	32
Kuva 27. Palvelin moduuli (Siemens, 2019, s.79)	33
Kuva 28. Ohjauspainike merkkilampulla (Schneider, n.d.-b)	34
Kuva 29. Käyttöliittymä (Siemens, 2020-i).	34
Kuva 30. Valokenno (imf, 2020).	35
Taulukko 1. IP-luokitukset (Stek, n.d.).....	5
Taulukko 2. Sinamics G120C tuotetaulukko (Siemens, 2012, s.4)	12
Taulukko 3. PVC- eristeisten johtimien/kaapeleiden kuormitettavuus eri asennustavoilla (SFS-EN 60204-1, s.71).....	14

Taulukko 4. Korjauskertoimet (SFS-EN 60204-1/2018).....	15
Taulukko 5. Ryhmittelystä johtuvat korjauskertoimet (SFS-EN 60204-1/2018, s.108)...	15
Taulukko 6. Kuparijohtimien minimi poikkipinta-ala (SFS-EN 60204-1).	16
Taulukko 7. Johdonsuojakatkaisijan C-käyrä (ABB, n.d., s.11).	19
Taulukko 8. Laskentataulukko pätöteholle ja virralle.	37
Taulukko 9. Jännitteen aleneman mukainen johtimen minimi poikkipinta-ala.....	38
Taulukko 10. Kaapelin kuormitettavuuden laskenta kaavasta 7.....	39
Kaava 1. Pätötehon laskenta 3-vaihe moottorille (Hietalahti, 2013, s.54)	9
Kaava 2. Pätötehon kaava hyötysuhdetta käyttäen (Hietalahti, 2013, s.46)	10
Kaava 3. Näennäistehon kaava (Hietalahti, 2013, s.56)	10
Kaava 4. Loistehon kaava (Hietalahti, 2013, s.56).....	10
Kaava 5. Ohmin laki (J. Ahoranta, 1997, s.46)	13
Kaava 6. Jännitteenalenema (Harsia, 2013)	13
Kaava 7. Kaapelin kuormitettavuuteen verrattava virta I' (Hietalahti, 2013, s. 184)	16
Kaava 8. Epäyhtälöt suojauksen mitoituksessa (SFS-EN 60204-1, 2018, s. 110)	17
Kaava 9. Ajan t arvo (SFS-EN 60204-1, 2018, s.111).....	17

Liitteet

Liite 1	67OK001 jännitteenjako
Liite 2	67OK001 moottorikäytöt 1–3
Liite 3	67OK001 riviliittimet
Liite 4	67OK001 PLC1
Liite 5	67OK001 HMI näyttö
Liite 6	67OK001 digitaalilähtökortti 1.0
Liite 7	67OK001 digitaalitulokortti 1.1
Liite 8	67OK001 turvalähtökortti 1.2
Liite 9	67OK001 turvatulokortti 1.3
Liite 10	67OK001 järjestelmäkaavio PROFINET väylästä
Liite 11	OK20 jännitteenjako
Liite 12	OK20 moottorikäytöt 1–2

Liite 13	OK20 moottorikäytöt 3–4
Liite 14	OK20 turvareleet
Liite 15	OK20 riviliittimet
Liite 16	OK20 ohjausrasiat
Liite 17	OK20 interface module/MCB1
Liite 18	OK20 digitaalilähtökortti 2.0
Liite 19	OK20 digitaalitulokortti 2.1
Liite 20	OK20 turvalähtökortti 2.2
Liite 21	OK20 turvatulokortti 2.3
Liite 22	Osaluettelo

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön on tilannut Custom Automation Oy. Työ kertoo elintarviketeollisuuteen menevän kolmen pakkaamokuljettimen sähköjen suunnittelusta ja lisäksi yhden vanhan linjaston ohjauksen muutossuunnitelmat. Työn ohjaajana on Timo Väisänen Hämeen Ammattikorkeakoulusta.

Tässä opinnäytetyössä kerrotaan yleisesti elintarviketeollisuudesta ja mitä asioita pitää ottaa huomioon erityisesti elintarviketeollisuuden koneiden sähköistyksessä. Teoriaosuus kattaa kaikki tarvittavat tiedot tai ainakin ne tiedot, mistä tiedot löytyvät suunnittelutyötä tehdessä. Teoriaosuuteen kuuluu mm. kotelointi, johtimien mitoitus, suojaus, logiikka ja moottorikäytöt. Tämän opinnäytetyön toiminnallinen osio on suunnitella pakkaamon kuljettimille sähköt yhteen ohjauskeskukseen, lisäksi modernisoidaan yksi ohjauskeskus. Uusi ja modernisoitava ohjauskeskus yhdistetään kenttäväylällä ja uuden ohjauskeskuksen sisällä on CPU, joka toimii järkenä kokonaisuudelle.

Custom Automation Oy:n suunnittelussa ei ole käytetty mitoitus-/laskentaohjelmia tai taulukoita, vaan ne ovat perustuneet vuosien kokemukseen. Yrityksen laajentuessa tekijöitä voi olla useampikin ja näin kaikilla ei ole vankkaa kokemusta mitoituksista. Tämän työn tarkoitus on myös tehdä Microsoft Excelillä tarvittavat laskentaohjelmat, mitä tämän kaltaisessa suunnittelutyössä tarvitaan.

Custom Automation Oy on perustettu vuonna 1996. Perustajana oli Tommi Piittala, joka on edelleen osakeyhtiön toimitusjohtaja. Yritys tekee tuotantoautomaatiojärjestelmiä sekä laitteita, kuitenkin pääosin elintarviketeollisuuteen. Kaikki tuotteet räätälöidään asiakkaan ja kohteen tarpeen mukaisiksi. Yritys on tehnyt esimerkiksi mausteannostelijoita, sämpyläsahoja, kuljettimia, pyöröpöytiä, korkittajia, annostelijoita sekä paljon muita laitteita. Piittala toimi pitkään yksin tehden kaiken laitteiden kehittämisestä, myynnistä, suunnittelusta aivan asennukseen asti. Nykyään yrityksessä on kolme vakituista työntekijää Piittalan lisäksi. (Custom Automation Oy, 2020)

Elintarviketeollisuudessa tärkeintä on hygienia. Kaikkien työntekijöiden, jotka työskentelevät elintarviketeollisuuden tuotantotiloissa pitää tulla työhön käsiin pesemällä. Ihmisten täytyy suojautua suoja-asusteella, kun menee tuotantotiloihin. Laitteiden pitää olla mahdollisimman helposti puhdistettavissa olevia. Tuotantolaitteet pestään voimakkailla pesuaineilla ja suihkutellaan vedellä. Laitteet ja koneet täytyy suunnitella niin, että vesi ja lika ei jäisi mihinkään väleihin tai minkään päälle, vaan valuisi pois heti pesun yhteydessä. Kaikki tuotantotiloissa sijaitsevat koneet ja laitteet tulee olla pesunkestäviä, joten niissä pyritään käyttämään ruostumatonta terästä, sekä nylonmuovia.

Olosuhteet ovat tapauskohtaisia, yksi laite voi toimia $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa ja toinen voi toimia paistopisteen lämpötiloissa eli laitteet täytyy suunnitella kestämään ne olosuhteet mihin ne on tarkoitus asentaa. Jos laite toimii äärimmäisissä olosuhteissa, niin silloin ohjauskeskuksen paikka sijoitetaan sille suotuisempiin olosuhteisiin ja sitten vain kaapeloidaan pidempi matka ohjauskaapilta laitteelle. Tämä kyseinen järjestelmä tulee toimimaan alle $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa. (Custom Automation Oy, 2020)

2 Turvallisuus

2.1 Standardit

Standardit on tehty sen kyseisen standardin asiantuntijoiden yhteistyöllä. Niiden tarkoitus on auttaa tuotteiden valmistajia tekemään turvallisempia ja yhtenäisempiä tuotteita muiden samankaltaisten tuotteiden kanssa. Sähkösuunnittelun osalta, jokaiseen kohtaan löytyy jokin standardi. (SFS, n.d) Seuraavaksi kerrotaan hieman standardeista, joita työssä on käytetty.

Standardi SFS-EN 60204-1:2018 on koneiden ja laitteiden sähköturvallisuus standardi, joka koskee kaikkia koneita paitsi kädessä kannettavia laitteita. Standardissa on hyvät ohjeistukset turvallisempaan sähköistykseen, sekä turvalliseen laitteen toimintaan. (SFS-EN 60204-1/2018) Standardissa SFS-EN ISO 13850:2015 on koneiden hätäpysäytystä koskevat ohjeistukset. Standardissa ohjeistetaan hätäpysäytyksen turvallinen toteutus, ettei kukaan vahingoittuisi. Myös standardissa SFS-EN 60204-1 on ohjeita samaan aiheeseen. (SFS-EN ISO 13850/2015) Standardi SFS-EN 1672-2+A1 määrittää yleiset hygieniavaatimukset koneille, joita käytetään elintarviketeollisuudessa. Standardin tarkoitus on poistaa tai pienentää

elintarvikkeista johtuvat sairastumisriskit esimerkiksi ohjeistamalla koneiden valmistajia tekemään koneista sellaisia, että ne ovat helposti pestävissä, ohjeistaa käyttämään rakenteissa oikeita materiaaleja yms. (SFS-EN 1672-2+A1/2009)

2.2 Direktiivit ja säädökset

Direktiivi on EU-maille tehty lainsäädäntöohje, jolla annetaan jäsenvaltioiden lainsäätäjille toimintaohjeet lakien säätämiseen. Kukin maa panee käytäntöön omilla lakipykälillään Eu:n säätämät direktiivit. (Motiva, n.d) Lainsäädännöllä tarkoitetaan voimassa olevia lakeja ja muita säädöksiä ja laajassa mielessä koko voimassa olevaa oikeutta. (Eduskunta, n.d)

Koneturvallisuuden parantamiseksi on säädetty asetus 400/2008, jolla asetetaan käytäntöön konedirektiividirektiivi 2006/42/EY. Siinä säädetään turvallisuusvaatimukset koneiden suunnittelusta käyttöönottoon asti. (Valtioneuvoston asetus koneturvallisuudesta 400/2008 1§) Pienjännitedirektiivi LVD eli Low Voltage Directive on Euroopan parlamentin ja neuvoston asettama direktiivi 2014/35/EU. Se käsittää kaikki sähkölaitteet, joiden jännite alue on 50–1000 VAC ja 75–1500 VDC. Direktiivin avulla varmistetaan, että markkinoiden sähkölaitteet ovat turvallisia ihmisille ja eläimille, sekä ei aiheuta vahinkoa omaisuudelle. (Pienjännitedirektiivi 2014/35/EU, 1 artikla) Direktiivi 2014/30/EU on sähkölaitteiden vaatimus sähkölaitteiden sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta, jotta se on riittävällä tasolla. Siitä puhutaan lyhenteellä EMC. (EMC-direktiivi 2014/30/EU, 1 artikla) Sähköturvallisuuslaki on suomen valtion asettama laki, jolla pannaan täytäntöön Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivit 2014/35/EU ja 2014/30/EU. (Sähköturvallisuuslaki 2016/1135, 1§)

Koneita ja laitteita suunnitellessa ja valmistaessa on otettava huomioon, kaikki mahdolliset riskit, mitä konetta käytettäessä tai vaikkapa huolettaessa voi ilmetä. Jokaisesta koneesta täytyy tehdä riskien arvioinnit. Kaikki vaarat sekä riskit minimoidaan. Jäljelle jääneistä riskeistä ja vaaroista ilmoitetaan dokumenteissa ja koneessa. Laitteen ohjaus ja hätäpysäytys on suunniteltava turvallisesti, ettei kone tekisi ennalta arvaamattomia liikkeitä.

(Konedirektiivi 2006/42/EY, Liite I)

Laitteen asiakirjat on toimitettava paperisena, sekä sähköisenä. Niin pienjännitedirektiivissä, kuin konedirektiivissä on ohjeet, mitä dokumentteja laitteen mukana pitää toimittaa ja valmistajan on säilytettävä dokumentit 10 vuotta. Ohjeet dokumentin sisällön minimi vaatimuksista kerrotaan konedirektiivin 2006/42/EY liitteessä I, sekä pienjännitedirektiivissä 2014/35/EU liitteessä III (Pienjännitedirektiivi 2014/35/EU, 6 artikla; Konedirektiivi 2006/42/EY, Liite I) Koneessa on oltava merkintänä koneen tyyppi, sarjanumero, valmistajan tiedot, jos koneessa ei ole sellaiselle laitekilvälle tilaa, niin tiedot on liimattava pakettiin ja tietojen pitää lukea toimitetuissa asiakirjoissa. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016,16 §)

CE-vaatimustenmukaisuusmerkinnällä laitevalmistaja vakuuttaa, että laite on tehty laitetta koskevien EU:n direktiivien ja asetusten mukaisesti. CE-merkintä kiinnitetään laitteeseen ja sen tekee laitevalmistaja tai sen valtuuttama henkilö. Laitteesta tehdään EY-vaatimustenmukaisuusvakuutusdokumentti, joka pitää sisällään mm. valmistajan tiedot, valtuutetun tiedot, koneen tyyppi ym. tiedot. Se on vakuutus siitä, että laite vastaa direktiivin vaatimukset. Lisätään myös viittaukset standardeihin, aika, paikka ja allekirjoitus. Jos laitteen valmistuksessa sovelletaan useampia direktiivejä, tehdään silti vain yksi EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus, jossa mainitaan kaikki direktiivit ja standardit. (Konedirektiivi 2006/42/EY, Liite II)

3 Koneiden sähkötekniikka

3.1 Kotelointi

IP-luokitus on lyhenne englannin kielestä ja tarkoittaa ”International Protection” eli kyseessä on kansainvälinen kotelointiluokitus. Luokitus merkitään laitteeseen esimerkiksi IP 44. Numeroinnille löytyy selitykset (Taulukko 1). Ensimmäisellä numerolla ilmaistaan, miten hyvin laite on suojattu vierailta esineiltä ja toinen numero ilmaisee, miten laite on suojattu vedeltä. (STEK, n.d.)

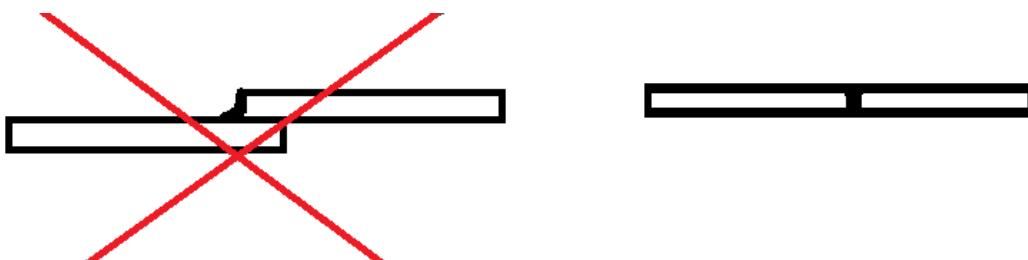
Taulukko 1. IP-luokitukset (Stek, n.d.)

IP-Luokituksen selitteet	
<p>Ensimmäinen numero</p> <p>Suojaus vieraiden esineiden ja pölyn sisäänkäyntä</p> <p>0 Suojaamaton</p> <p>1 Esineltä joiden halkaisija > 50mm</p> <p>2 Esineltä joiden halkaisija > 12,5mm</p> <p>3 Esineltä joiden halkaisija > 2,5mm</p> <p>4 Esineltä joiden halkaisija > 1mm</p> <p>5 Pölysuojattu</p> <p>6 Pölytiivis</p>	<p>Toinen numero</p> <p>Suojaus veden sisäänkäsyn haitallisilta vaikutuksilta</p> <p>0 Suojaamaton</p> <p>1 Pystysuoraan tippuvalta vedeltä</p> <p>2 Tippuvalta vedeltä(+/-15°C)</p> <p>3 Satavalta vedeltä(+/-60°C)</p> <p>4 Roiskuvalta vedeltä</p> <p>5 Vesisuihkulta (joka suunnasta)</p> <p>6 Voimakkaalta vesisuihkulta</p> <p>7 Lyhytaikaisesti upotettuna</p> <p>8 Jatkuvasti upotettuna</p>

Ohjauskeskus eli kotelo ja muut kotelot on oltava käyttökohteen mukaisesti suojattu ja IP-luokiteltu. Koteloihin tehdään reikiä mm. ohjauspainikkeita, kaapeliläpivientejä ja näyttöjä varten, silloin niiden tiiveys on tarkistettava. (SFS-EN 60204-1/2018, s.69)

Koteloinnin, sähköliityntä ja kotelointiin asennettavien operaattorin käytössä olevien ohjauslaitteiden tulee soveltua elintarviketeollisuuden vaatimukseen ja olla standardin SFS-EN 1672-2 mukaisia. Pintojen pitää olla korroosion kestävä ja helposti puhdistettavissa olevat. Rakenteiden on oltava sellaisia, mihin ei voi jäädä epäpuhtaudet oleskelemaan. Koteloiden ulkokuoressa ei saa olla limittäisyyksiä, vaan kaikki hitsaukset tehdään puskusaumoilla (Kuva 1). (SFS-EN 1672-2/2009, s.24)

Kuva 1. Ulkoisten rakenteiden saumaesimerkki.



Kotelon katon pinta-alan jäädessä alle 200 cm^2 , asennetaan kotelo vinoon, jotta nesteet valuvat pois. Sitä isommissa täytyy kotelon katon olla vähintään 30° :n kaltevuudella.

Kaapelien läpivientien pitää olla aina kotelon alapuolella. Suojausluokitus on oltava vähintään IP67. (Custom Automation Oy, 2020)

Ohjauskeskuksena on käytettävä HD-mallistoa. Rittalilta löytyy HD-keskuksia (

Kuva 2). Lyhenne HD tarkoittaa Hygienic Design eli hygienia mallisto.

Kuva 2. Rittal HD 1316.600 (Rittal, n.d.-a)



Ohjauskeskuksissa käytetään usein tuulettimia viilennykseen (

Kuva 3) ja toiselle puolelle korvausilma-aukko suodattimella. Tämä siksi, ettei keskuksen lämpötila nouse ylitse komponenttien sallimaa ylärajaa.

Kuva 3. Tuuletin Rittal (Rittal, n.d.-b)



Tuulettimen vuoksi IP-luokitus kärsii, jollei niitä suojata. Rittalilla on myös suojat tuulettimille, jotka asennetaan tuulettimen ja korvausilma-aukon päälle. IP-luokituksen ja

hygieenisyyden vuoksi säilymisen vuoksi suojat on asennettava. Tuulettimen nimellisjännite on 230VAC, IP56, teho on 19 W ja maksimi etuvarokkeen koko on oltava 2 A. (Rittal, n.d.-b)

3.2 Erottimet

Sähkölaitteessa täytyy olla syötön erotuslaite, jolla saadaan helposti koneen sähkölaitteet sähköttömäksi. Erotuslaite pitää saada lukittua auki asentoon. Syötön voi asentaa suoraan erotuslaitteeseen. Se on mitoitettava laskemalla yhteen suurimman moottorin jumiutumisen aiheuttama virta, muiden moottoreiden normaalikuorma, sekä kaikki muut virrat. Laskettua arvoa voidaan madaltaa kertomalla tasauskertoimella. Standardissa SFS-EN 60204-1 kohdassa 5.3.5 on kerrottu poikkeukset, mitä piirejä erotuslaitteen ei tarvitse katkaista, mutta niille suositellaan siinä tapauksessa omaa syötön erotuslaitetta. Lisäksi jos syötön erotuskytkin ei tee koko laitetta sähköttömäksi näissä edellisessä virkkeessä mainitun standardin poikkeuspiireissä, niin niistä on varoitettava tarroilla ja selvät varoittavat maininnat ohjekirjaan. Erotuslaitetta kutsutaan myös pääkytkimeksi (

Kuva 4) ja sen on sijaittava keskuksen ulkopuolella 0,6–1,9 m:n korkeudella. Pääkytkin luo turvallisuutta niin laitteen käyttäjälle, kuin huoltohenkilöllekin. (SFS-EN 60204-1/2018, s.27–29)

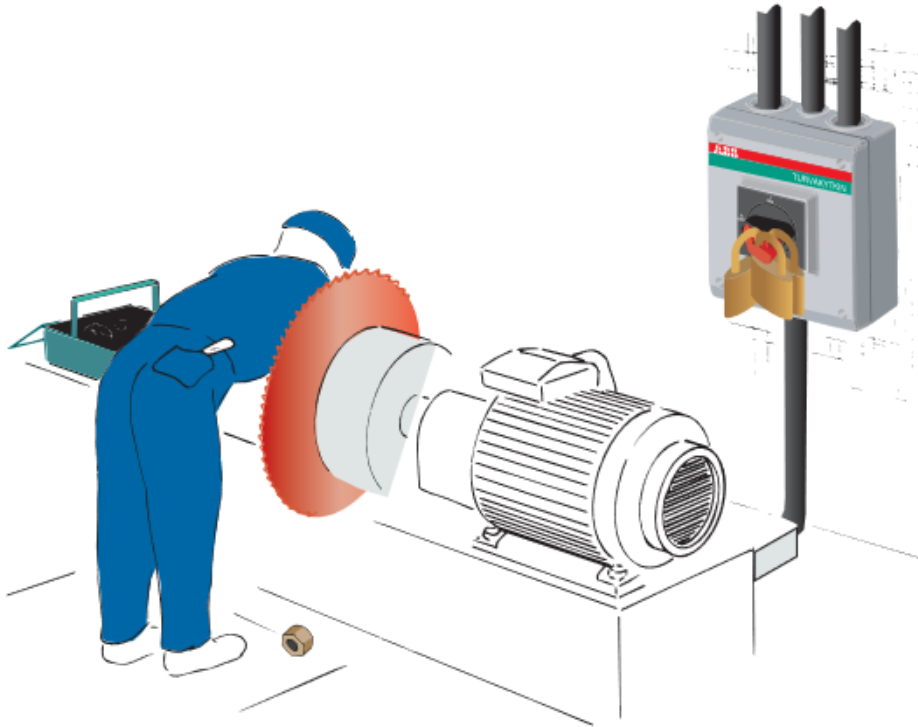
Kuva 4. Pääkytkin (Sähkönumerot.fi, n.d.)



Turvakytkin on kytkin, jolla estetään moottorin käynnistyminen huoltotöiden aikana (Kuva 5). Sillä katkaistaan moottorilta syöttö. Huoltotöissä olevien ja muiden henkilöiden

tapaturman estämisen ja aineellisten vahinkojen takia käytettävä kytkin. Sen pitää olla moottorin välittömässä läheisyydessä ja saatava lukittua auki-asentoon. Kytkin käännetään asentoon 0 ennen, kuin aloitetaan mitään huoltotöitä linjastolla. (ABB, n.d., s.4).

Kuva 5. Turvakytkimen käyttö (ABB, n.d., s.4).

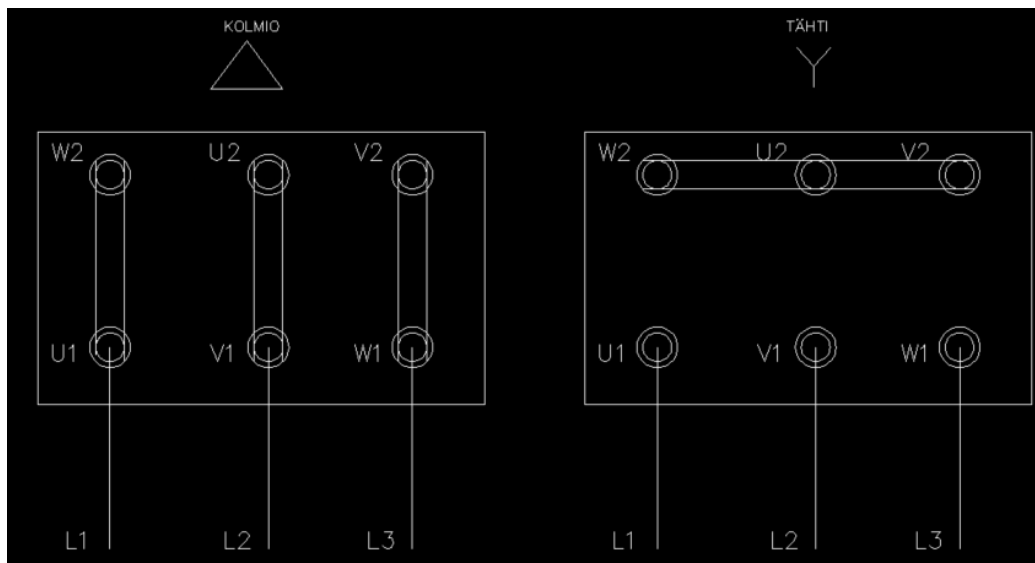


3.3 Moottori ja taajuusmuuttaja

3.3.1 Moottori

Moottorin merkin ja mallinumeron perusteella saadaan tarvittavat tiedot moottorista internetin kautta, mutta myös moottorin tyyppikilvestä löytyy tiedot. Yleisin käytössä oleva moottori on epätahtimoottori eli oikosulkumoottori, joita käytetään myös kuljettimissa. Ennen tietojen käyttöä on tiedettävä, kytketäänkö moottori kolmioon vai tähteen (Kuva 6).

Kuva 6. 3-vaihemoottorin kytkentävaihtoehdot. (Hietalahti, 2013, s.20)



Moottorin nimellisarvot on ilmoitettu kahdelle käyttöjännitteelle. Kolmiokytketty moottori toimii pienemmällä jännitteellä, joka on tyypillisesti 230VAC. Tähtikytkennällä moottori toimii isommalla jännitteellä, joka on tyypillisesti 400VAC. Moottorista ilmoitettu teho on moottorin akselin mekaaninen nimellisteho P_N . Moottorin pätötehon P_S laskennassa hyödynnetään ilmoitettu jännite-, virta- ja nimellistehokerroin arvoa. Moottorin sähköinen pätöteho lasketaan seuraavasti (

Kaava 1):

Kaava 1. Pätötehon laskenta 3-vaihe moottorille (Hietalahti, 2013, s.54)

$$P_S = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi,$$

jolloin P on pätöteho, U on moottorin käyttöjännite, I on moottorin ottama virta ja $\cos\varphi$ on moottorin tehokerroin. Pätötehon yksikkö on watti [W]. (Hietalahti, 2013, s.54) Pätötehon saa laskettua myös käyttämällä moottorille ilmoitettua hyötysuhdetta η ja moottorin ilmoitettua nimellistehoa P_N (Kaava 2):

Kaava 2. Pätötehon kaava hyötysuhdetta käyttäen (Hietalahti, 2013, s.46)

$$P_s = \frac{P_N}{\eta}$$

Pätötehon P_s ja tehokertoimen $\cos\varphi$ avulla saadaan laskettua näennäisteho S (Kaava 3):

Kaava 3. Näennäistehon kaava (Hietalahti, 2013, s.56)

$$S = \frac{P_s}{\cos\varphi}$$

Näennäistehon yksikkö on voltiampeeri [VA]. Näennäisteho on luku kaikesta sähköisestä tehosta.

Loistehon Q laskeminen tapahtuu käyttäen pätötehoa P_s ja näennäistehoa S (Kaava 4):

Kaava 4. Loistehon kaava (Hietalahti, 2013, s.56)

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Loistehon yksikkö on vari [var]. Moottori päästää tehoa myös sähköverkkoonpäin ja se on loistehoa. Moottorin tapauksessa se on induktiivista loistehoa, koska moottorissa on keloja. Loisteho kuormittaa sähköverkkoa, siksi teollisuuslaitoksissa niitä kompensoidaan päinvastaisilla tehoilla. (Peltonen ym., 2018, s. 290–291)

Rumpumoottori on kuljettimissa yleisesti käytössä oleva moottori, sen hyvät puolet on sen koko, asennettavuus ja ei tarvitse huoltaa. Niissä on yleensä staattori moottorin sisällä ja roottori pyörii sen ympärillä. Rumpumoottori on nimensä mukaan rummun muotoinen. (Hietalahti, 2013, s.64)

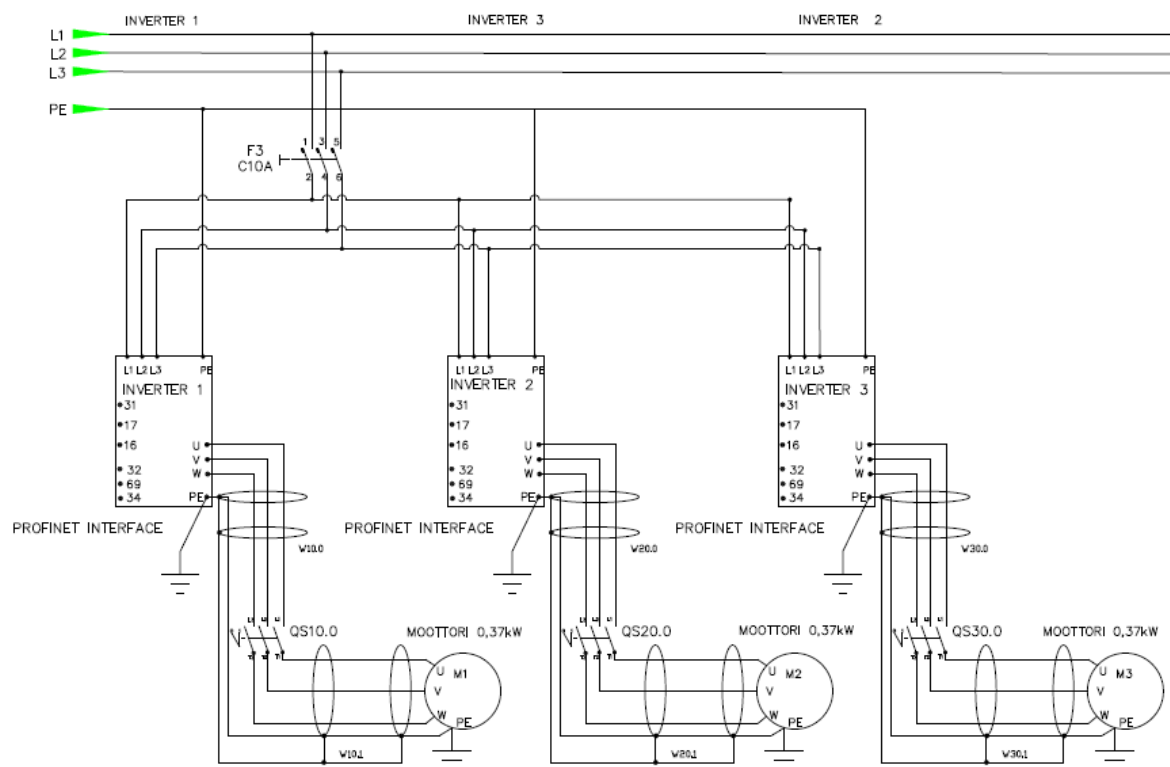
3.3.2 Taajuusmuuttajakäyttö

Taajuusmuuttajalla käytetään oikosulkumoottoria nykyään kaikissa käytöissä, missä tarvitaan nopeuden säätöjä, sekä helpottaakseen ohjausta. Taajuusmuuttaja kannattaa mitoittaa sen verran isoksi, että moottorin vaihtaminen seuraavaan kokoluokkaa olisi mahdollista ilman taajuusmuuttajan vaihtoa. Taajuusmuuttaja ei kestä kovinkaan kauan

ylikuormittamistilanteita, joten on syytä valita tehoarvoltaan isompi taajuusmuuttaja. Oikosulkumoottori sen sijaan kestää melko hyvin lyhyitä ylikuormitustilanteita, niihin on syytä paneutua moottoria mitoittaessa. Taajuusmuuttajan tehoksi ilmoitetulla teholla tarkoitetaan moottorin akselitehoa eli samaa tehoa, joka ilmoitetaan moottorin kilvessä. Taajuusmuuttajan mitoituksessa on huomioitava moottorin suurin käyttämä virta. Laitteen tiedoista löytyy tarkat tiedot mm. termisestä sietokyvystä ja kuinka pitkiä aikoja voidaan ylikuormittaa. Mitoituksessa kannattaa seurata taajuusmuuttajan valmistajien ohjeita. (Hietalahti, 2013, s. 137–139)

Taajuusmuuttaja käytössä ei tarvita, kuin sulakkeet suojaamaan oikosululta ja niiden tarvitsee olla vain tarpeeksi nopeat suojaamaan taajuusmuuttajan ensiöpuolta (Kuva 7). (Hietalahti, 2013, s. 212)

Kuva 7. Taajuusmuuttajan käyttö moottorilähdössä (Hietalahti, 2013, s.212)



Taajuusmuuttajissa on parametreillä ohjelmoitavia digitaalituloja, digitaalilähtöjä, analogituloja sekä analogilähtöjä. Niillä on omat jännitelähteensä, jotka ovat yleensä +24VDC. Niille voi tuoda myös erillisen jännitelähteen kautta signaaleja. Taajuusmuuttajalle voidaan tuoda esimerkiksi käynnistyssignaali releen koskettimilta tai vaikka

käynnistyspainikkeelta. Taajuusmuuttajan lähtö- ja tulokanavia ei tarvitse käyttää, vaan niissä on yleensä väyläkaapelille liityntäportti. Yleisin nykyaikainen liityntä portti on RJ45 eli Profinet-väylälle tarkoitettu portti. Profinet-väylää käytettäessä kaikki tieto kulkee väylää pitkin. (ABB, 2010, s. 14)


Taajuusmuuttaja Sinamics G120C (Kuva 8) on 3-vaihettaajuusmuuttaja, jonka antama teho on maksimissaan 0.55 kW, antojännite on 400 VAC ja maksimi ulostulovirta on 2.60 A. Maksimi moottorikaapelin pituus on suojatulla kaapelilla 50 m. Maksimi sulakkeeksi on annettu suositus 10 A gG, joka on kahvasulake. (Siemens, 2020-h)

Kuva 8. Taajuusmuuttaja (Siemens, 2020-h)



Taajuusmuuttajan valintaa tehdessä on valittava taajuusmuuttaja nimellistehon mukaan, käyttäen valmistajan ohjetta (Taulukko 2).

Taulukko 2. Sinamics G120C tuotetaulukko (Siemens, 2012, s.4)

 Frame Size A	0.55 kW	1.7 A
	0.75 kW	2.2 A
	1.1 kW	3.1 A
	1.5 kW	4.1 A
	2.2 kW	5.6 A
	3.0 kW	7.3 A
	4.0 kW	8.8 A

3.4 Kaapelien valinta ja mitoitus

Kaapelien ja johtimien oikea mitoitus on tärkeää, koska niiden lämpötilan kestoisuusarvoja ei saa ylittää. Lämpötilan ylitys voi tulla ympäristön olosuhteiden ja kuormituksen yhteistuloksena. PVC-eristeisellä johtimella käytön ylälämpöraja on 70°C ja oikosulkutilanteessa 160 °C. Niiden eriste menettää alkuperäisen ominaisuutensa ja menee rikki, jolloin ne ovat paloturvallisuusriski, sekä hengenvaarallisia. Mitoittaessa johtimia, kaapeleita ja suojalaitteita tarvitsee aluksi tietää, mikä virta johtimissa tulee liikkumaan. Kaapeleiden jännitteen siirtomatkan pituus on olennaista, jotta ei syntyisi jännitehäviöitä (jännitteen alenema). (Hietalahti, 2013, s. 183–185) Jännitteensyöttöpiirissä jännitteenalenema saa olla maksimissaan 5 % nimellisjännitteestä. Sen vuoksi johtimet ja kaapelit on oltava poikkipinta-alaltaan tarpeeksi suuria. Ohjausvirtapiireissä jännitteenaleneman rajoja seurataan komponenttivalmistajien manuaaleista. (SFS-EN 60204-1/2018, s.71)

Johtimessa on resistanssi R , joka kasvaa johtimen pituuden kasvaessa. Resistanssi myös laskee johtimen poikkipinta-alan kasvaessa. Mitä suurempi resistanssi, sitä pienemmäksi virta I putoaa, silloin jännite U pienenee, koska ohmin laki on (Kaava 5):

Kaava 5. Ohmin laki (J. Ahoranta, 1997, s.46)

$$I = U/R.$$

Jännitteenalenema lasketaan seuraavasti (Kaava 6):

Kaava 6. Jännitteenalenema (Harsia, 2013)

$$u = b \left(\rho \frac{L}{A} \cos\varphi + \lambda L \sin\varphi \right) I_B,$$

jossa u on jännitteenalenema [V], b on 1 (3-vaihe) tai b on 2 (1-vaihe), ρ on johdin aineen resistiivisyys [$m\Omega * mm^2/m$], L on johtimen pituus [m], A on johdin poikkipinta-ala [mm^2], $\cos\varphi$ on tehokerroin, λ on johtimen reaktanssi/pituusyksikkö [$m\Omega/m$]. Johdin aineen resistiivisyys kuparilla on 80°C:n lämpötilassa 0,0225 $m\Omega * mm^2/m$ ja reaktanssin oletuksena 0,8 $m\Omega/m$. (Harsia, 2013)

Kaapelien/johtimien eristemateriaali, poikkipinta-ala, ympäristön lämpötila, muiden virtapiirien läheisyys ja asennustapa vaikuttavat niiden kuormitettavuuteen. Johtimien kuormitettavuudet eriasennustavoille löytyy ohjeistus (Taulukko 3) taulukosta. Asennustavat ovat (B1) johtimia/yksijohdinkaapeli asennusputkessa tai johtokanavassa, (B2) monijohdinkaapeli asennusputkessa tai johtokanavassa, (C) vapaasti ilmassa asennettuna seinälle monijohdinkaapelit ilman välejä kaapeleihin ja (E) monijohdinkaapeli asennettuna avoimelle kaapelihyllylle. (SFS-EN 60204-1/2018, s.106)

Taulukko 3. PVC- eristeisten johtimien/kaapeleiden kuormitettavuus eri asennustavoilla (SFS-EN 60204-1, s.71)

Poikkipinta mm ²	Asennustapa (ks. D.2.2)			
	B1	B2	C	E
	Kuormitettavuus I_z kolmivaihepiireillä			
	A			
0,75	8,6	8,5	9,8	10,4
1,0	10,3	10,1	11,7	12,4
1,5	13,5	13,1	15,2	16,1
2,5	18,3	17,4	21	22
4	24	23	28	30
6	31	30	36	37
10	44	40	50	52
16	59	54	66	70
25	77	70	84	88
35	96	86	104	110
50	117	103	125	133
70	149	130	160	171
95	180	156	194	207
120	208	179	225	240
	Ohjauspiirien parit			
0,20	4,5	4,3	4,4	4,4
0,5	7,9	7,5	7,5	7,8
0,75	9,5	9,0	9,5	10
<p>HUOM. 1 Taulukon 6 kuormitettavuusarvot perustuvat:</p> <ul style="list-style-type: none"> — yhteen symmetriseen kolmivaiheiseen virtapiiriin poikkipinnaltaan 0,75 mm² ja suuremmille johtimille — yhteen ohjauspiirin johdinparin poikkipinnaltaan 0,2...0,75 mm² johtimille. <p>Asennettaessa useita kuormitettuja kaapeleita/pareja, taulukon 6 arvoja alennetaan taulukon D.2 tai D.3 mukaisesti.</p> <p>HUOM. 2 Kun ympäristön lämpötila poikkeaa +40 °C:sta kuormitettavuutta korjataan taulukon D.1 arvoilla.</p> <p>HUOM. 3 Nämä arvot eivät päde rummulle kelatuille taipuisille kaapeleille (ks. 12.6.3).</p> <p>HUOM. 4 Muiden kaapelien kuormitettavuus, katso IEC 60364-5-52.</p>				

Ympäristön lämpötilojen ollessa normaalista poikkeava tulee johtimien poikkipinta-alaa mitoittaessa käyttää korjauskertoimia k_1 (Taulukko 4).

Taulukko 4. Korjauskertoimet (SFS-EN 60204-1/2018)

Ympäristön ilman lämpötila °C	Korjauskerroin
40	1,00
45	0,91
50	0,82
55	0,71
60	0,58

HUOM. Korjauskertoimet on johdettu standardista IEC 60364-5-52.
Maksimilämpötila normaaliolosuhteissa on PVC:llä 70 °C.

Kaapeleiden kuormitettavuuteen vaikuttaa myös, kuinka ne asennetaan. Mitä tiiviimmin kaapelit ovat toisiinsa nähden, ja mitä vähempi niillä on vapaata ilmaa ympärillä, korjauskerroin k_2 (Taulukko 5) pienenee ja niin pienenee myös kuormitusraja.

Taulukko 5. Ryhmittelystä johtuvat korjauskertoimet (SFS-EN 60204-1/2018, s.108)

Asennustapa (ks. kuva D.1) (ks. Huom. 3)		Kuormitettujen piirien/kaapeleiden lukumäärä			
		2	4	6	9
B1	(johtimet tai yksijohdinkaapelit) ja B2 (monijohdinkaapelit)	0,80	0,65	0,57	0,50
C	yksi kerros, ei ilmväliä kaapelien välissä	0,85	0,75	0,72	0,70
E	yksi kerros rei'itetyllä hyllyllä, ei ilmväliä kaapelien välissä	0,88	0,77	0,73	0,72
E	kuten edellä, mutta 2...3 hyllyä, hyllyjen välinen pystysuora etäisyys 300 mm (ks. Huom. 4)	0,86	0,76	0,71	0,66
Ohjauspiirien parit $\leq 0,5\text{mm}^2$ riippumatta asennustavasta		0,76	0,57	0,48	0,40

HUOM. 1 Näitä kertoimia käytetään
— kaapeleille, kaikki samalla tavalla kuormitettuja, piiri kuormitettu symmetrisesti
— eristettyjen johtimien tai kaapelien virtapiirien ryhmille, joilla on sama sallittu suurin käyttölämpötila.

HUOM. 2 Samoja kertoimia käytetään
— kahden tai kolmen yksijohdinkaapelin ryhmille
— monijohdinkaapeleille.

HUOM. 3 Kertoimet on johdettu standardista IEC 60364-5-52:2009.

HUOM. 4 Rei'itetyssä kaapelihyllyssä reikien ala on vähintään 30 % hyllyn pohjan pinta-alasta (Johdettu standardista IEC 60364-5-52:2009).

Kaapelin ja johtimen poikkipinta-ala saadaan laskettua suunnitellun virran I_N ja korjauskertoimien k_1 ja k_2 avulla, jolloin saadaan kaapelin kuormitettavuusvirtaan verrattava virta I' (Kaava 7), jonka on oltava pienempi, kuin kaapelin kuormitettavuusvirta.

Kaava 7. Kaapelin kuormitettavuuteen verrattava virta I' (Hietalahti, 2013, s. 184)

$$I' = \frac{I_N}{k_1 * k_2}$$

Virtaa I' verrataan kuormitettavuusvirtoihin Taulukko 3. (Hietalahti, 2013, s. 184)

Kuparijohtimille ja kaapeleille on asetettu minimivaatimukset poikkipinta-alaa koskien (Taulukko 6). Tämä siksi, jotta kaapelit kestäisivät mekaaniset rasitukset. (SFS-EN 60204-1/2018, s.70)

Taulukko 6. Kuparijohtimien minimi poikkipinta-ala (SFS-EN 60204-1).

		Johtimen tyyppi, kaapeli				
Sijainti	Käyttö	Yksijohtiminen		Monijohtiminen		
		Taipuisa luokka 5 tai 6	Yksilankainen (luokka 1) tai kerrattu (luokka 2)	Kaksijohtiminen vaipallinen	Kaksijohtiminen ilman vaippaa	Kolmi- tai useampijohtiminen vaipalla tai ilman vaippaa
Johdotus (suojaavan) koteloinnin ulkopuolella	Tehopiirit, kiinteät	1,0	1,5	0,75	0,75	0,75
	Tehopiirit, joihin kohdistuu liikettä	1,0	-	0,75	0,75	0,75
	Ohjauspiirit	1,0	1,0	0,2	0,5	0,2
	Tietoliikenne	-	-	-	-	0,08
Johdotus kotelon sisäpuolella ^a	Tehopiirit (liitäntöjä ei liikutella)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Ohjauspiirit	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Tietoliikenne	-	-	-	-	0,08

HUOM. Kaikki poikkipinnat mm².

3.5 Suojaus

Virtapiireillä täytyy olla ylikuormitussuoja. Ylikuormitussuojan tehtävä on katkaista virtapiiri ennen, kuin ylikuormavirta vahingoittaa johtimien eristeitä, jatkosta, johtimia, liitosta tai laitteita. Suojaus tapahtuu käyttämällä tulppasulakkeita, kahvasulakkeita, johdonsuojakatkaisijoita, sekä lasiputkisulakkeilla. Standardin SFS-EN 60204:n mukaan johtimen suojalaitteen täytyy täyttää nämä ehdot:

Kaava 8. Epäyhtälöt suojausten mitoituksessa (SFS-EN 60204-1/2018, s. 110)

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 \leq I_Z$$

kaavoissa I_B on piirin suunniteltu virta, I_N on suojalaitteen mitoitusvirta, I_Z on johtimen ilmoitettu jatkuva kuormitettavuus, I_2 on suojalaitteen määritetty toimintavirta sille määrättyssä ajassa. (SFS-EN 60204-1/2018, s. 110)

Ylivirtasuojauksen vaatimuksen täyttymisen voi laskea Kaava 9, sillä katkaisuaika t pitää olla pienempi, kuin 5 s. Kaavassa S on johtimen poikkipinta-ala (mm^2), I on tehollinen oikosulkuvirta (A), k on kuparijohtimen kerroin seuraavilla eristemateriaaleilla ja kertoimilla. Kertoimet eristeillä ovat PVC=115, Kumi = 142 PEX = 143. (SFS-EN 60204-1/2018, s.111)

Kaava 9. Ajan t arvo (SFS-EN 60204-1/2018, s.111)

$$t = \left(k * \frac{S}{I}\right)^2$$

Suojauksessa on muistettava selektiivisyys. Selektiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että mahdolliset vikatilanteet saadaan rajattua mahdollisimman pienelle alueelle. Johdonsuojien selektiivisyydet voidaan tarkastella niiden laukaisukäyrien mukaan tai valmistajan taulukoista. Aikaselektiivisyyden voi tarkastella laittamalla kahden johdonsuojakatkaisijan laukaisukäyrät vierekkäin ja katsotaan, että leikkaako ne jossain kohdassa toisiaan, jos ei ja kuorman puoleinen johdonsuojakatkaisija toimii nopeammin, niin selektiivisyys on kunnossa. Oikosulkuselektiivisyys katsotaan suojalaitteen läpi kulkevalla energialla. Syötön puoleisen suojalaitteen sulamisaikaa vastaava arvo tulee olla suurempi, kuin kuorman puoleisen suojalaitteen. (Ensto, n.d.)

Ohjauspuolen johtimet suojataan samoilla periaatteilla, kuin muutkin. Suojaavien sulakkeiden koko tulee olla niin alhainen, kuin voi olla. Sulakkeiden koko on oltava sellainen, ettei muuntajan käynnistysvirta laukaise sitä ja tietenkin on otettava huomioon johtimien suojausvaatimukset. Tasajännitepuolen ja muuntajan toisiopuolen johtimetkin täytyy suojata

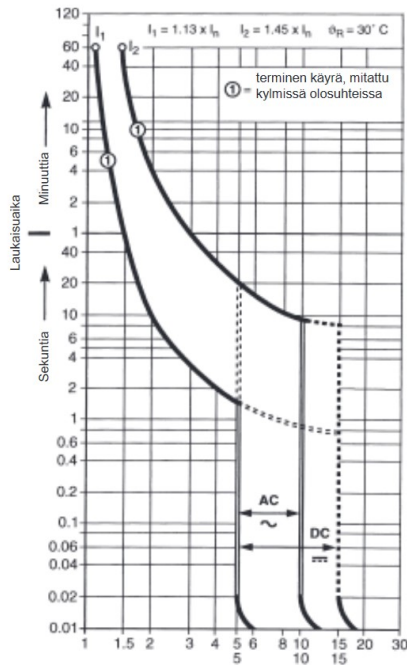
ylivirralla. Suojauksena voidaan myös käyttää teholähdettä, joka syöttää virtaa vain sen raja-arvon verran. (SFS-EN 60204-1/2018, s.37–38)

Johdonsuojakatkaisija on yleinen suojalaite, jonka käyttö on helppoa ja koko on eripaikkoihin sopivampi, kuin tulppa ja kahvasulakkeet. Johdonsuojakatkaisijat on ilmoitettu toimimaan mm. B-, C- tai D-käyrän mukaan. Niillä suojataan johtimet ja laitteet yli- ja oikosulkuvirralla. Niiden eroina on, kuinka ne reagoivat lyhytaikaisiin virtapiikkeihin. B-käyrällä varustettu soveltuu mm. lämmityksen kanssa, C-käyrällä varustettu sietää hieman virtapiikkejä, joita syntyy moottoreista ja lämmityksestä, D-käyrällä varustettu sietää eniten virtapiikkejä ja on sopivin moottoreiden sekä muuntajien kanssa. (Schneider, n.d.-a, s.8)

Johdonsuojakatkaisijan C-käyrää voi tarkastella Taulukko 7. Terminen laukaisukykykäyrä on tummemmalla piirretty ja kerrotaan ensimmäisenä termisestä laukaisukyvyistä. Käyrässä on I_1 , joka on pitovirtaraja. Johdonsuojakatkaisija ei katkaise virtapiiriä kuormitusvirran $1,13 \times$ nimellisvirran takia alle 60 minuutissa. I_2 on laukaisurajavirta, jolloin kuormittavavirta on $1,45 \times$ nimellisvirta, silloin virtapiiri katkaistaan alle 60 minuutissa.

Magneettinen laukaisukäyrä lähtee alhaalta ja yhdistyy termiseen laukaisukäyrään. I_1 :n pitää kestää $5 \times$ nimellisvirran suuruisen kuorman vähintään $0,1 \text{ s}$:n ajan. Johdonsuojakatkaisijan on katkaistava virtapiiri alle $0,1 \text{ s}$:ssa kuorman ollessa $10 \times$ nimellisvirran suuruinen. (ABB, n.d., s.11)

Taulukko 7. Johdonsuojakatkaisijan C-laukaisukäyrä (ABB, n.d., s.11).



Syötön automaattisen poiskytkennän oikea toimintatehokkuus todennetaan tarkastamalla johdonsuojakatkaisijoiden ilmoitetut nimellisvirta-asettelut ja mitoitusvirrat, sekä mittaamalla sähkökäytön ensiöpuolen vaihejohdin liittimen ja PE-liittimen väliltä vikapiiri impedanssi. Impedanssin mittausta ei tarvitse tehdä, jos vain on laskelmat vikapiirin impedanssista ja maadoituksen jatkuvuus tarkistetaan. (SFS-EN 60204-1/2018, s.94)

Lisälaitteille asennettavien pistorasioiden vaatimukset on kerrottu standardissa SFS-EN 60204-1 kohdassa 15.1. Standardin mukaan pistorasian tulisi olla standardin IEC 60309-1 mukainen tai merkittävä pistorasian virta ja jännitearvot selvästi, suojaavan potentiaalitasauksen jatkuvuus on tarkistettava, ylivirtasuojat on asennettava, alle 20 A:n piireissä käytettävä vikavirtasuojaa ja sen mitoitusvirta maksimissaan 30 mA. (SFS-EN 60204-1/2018, s.84)

Oikosulkusuojauksen tehtävä on tunnistaa piirin oikosulku ja katkaista virtapiiri. Moottoreiden käytön yhteydessä oikosulkusuojaus ei saa katkaista moottorista aiheutuvien oikosulkuvirtojen takia, silti katkaisukyvyyn on oltava vähintään prospektiivisen vikavirran suuruinen. Katkaisukyky voidaan todentaa mittaamalla. Moottorin käynnistysvirta on 4–8 kertainen nimellisvirtaan nähden. (Hietalahti, 2013, s.176 & s.43) Moottoria käytettäessä

taajuusmuuttajalla, ei moottorin aiheuttamia oikosulkuvirtoja tarvitse ottaa huomioon suojalaitteita suunnitellessa. (Hietalahti, 2013, s.89)

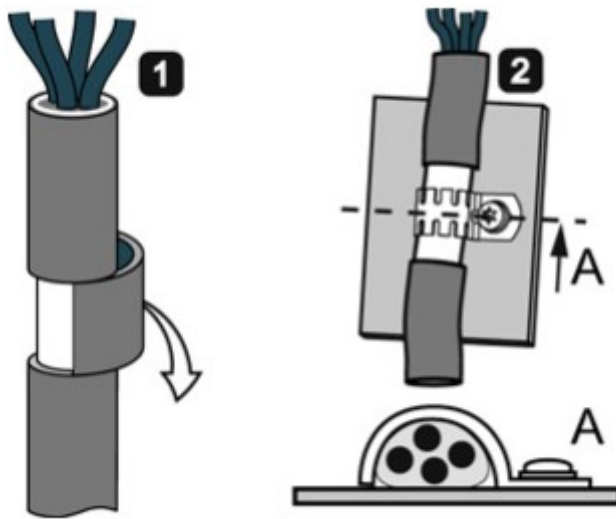
3.6 Maadoitus, potentiaalintasaus ja EMC-suojaus

Laitteen kytkentäkotelossa on oltava ulkoisen suojajohtimen liitin PE syötön vaiheliittimien kanssa. Kuparisen suojajohtimen poikkipinta-ala määräytyy äärijohtimien eli vaihejohtimien poikkipinta-alan mukaan. Vaihejohtimen ollessa pienempiä tai yhtä suuri, kuin 16 mm^2 on suojajohtimen oltava samankokoinen vaihejohtimen kanssa. Vaihejohtimen ollessa isompi, kuin 16 mm^2 , mutta pienempi tai yhtä suuri, kuin 35 mm^2 , on suojajohtimen poikkipinta-ala tuolloin 16 mm^2 . (SFS-EN 60204-1/2018, s.26)

Suojaavalla potentiaalintasauksella tarkoitetaan sitä, että jokainen koneen johtava osa, PE-liitin sekä jännitteelle alttiit johtavat rakenneosat on laitettava saamaan potentiaaliin. Suojaavan potentiaalitasauksen on kestävä oikosulun mahdollisesti tekemät mekaaniset rasitukset. (SFS-EN 60204-1/2018, s.42)

EMC (Electro Magnetic Compatibility) tarkoittaa sitä, että sähköisen järjestelmän tulisi toimia toisen järjestelmän kanssa niin, että se ei tuota häiriöitä muille järjestelmille ja ettei tulisi häirityksi. Sähkömagneettisia häiriöitä voi syntyä sähkökäyttöjen yhteydessä, taajuuden vaihtelut, nopeat virran nousut, tehokaapelit sijoitettuna liian lähelle kulkemaan tiedonsiirto- ja signaalikaapelien kanssa. Taajuusmuuttajien yhteyteen on asennettava suodin, joka parantaa sinikäyrän muodot eli poistaa poikkeamia, mitä taajuusmuuttaja aiheuttaa sähköverkolle. Moottoreita kaapeloidessa on käytettävä EMC-yhteensopivaa kaapelia, sekä turvakytkintä. (Hietanen, 2013, s.82) Kaapeleiden metallivaipat on kytkettävä potentiaalitasauksen liittimiin. Kuva 9 on esitetty, kuinka EMC-suojattukaapelit kuuluvat asentaa taajuusmuuttajalle. (Siemens, 2014, s.21)

Kuva 9. Taajuusmuuttajaan kytketyn kaapelin EMC-suojaus (Siemens, 2014, s.21)



Laitevalmistajan käyttämät komponentit on oltava EMC-yhteensopivia. Jokaisen komponentin metallisen kuoren ja kaapelihyllyjen riittävä potentiaalitasaus on tärkeää. Impedanssi potentiaalitasausliittimillä tulisi olla mahdollisimman pieni. Näin poistetaan häiriöitä. (SFS-EN 60204-1/2018, s.118)

3.7 Tehonlähde

Koneen ohjauspiirissä käytetään yleisesti käyttöjännitteenä tasasähköä 24VDC. Tehonlähde (power) SITOP PSU100L (Kuva 10) muuntaa vaihtosähkön 230VAC tasasähköksi 24VDC. Tehon lähteessä on määritetty maksimitehon antokyky eli virtaraja, sekä oikosulkuvirran raja-arvo. Sulakkeeksi tälle on määritetty C6A. Sisältää jännitteen syöttöpuolella olevan T3,15 A/250V lasiputkisulakkeen. (Siemens, 2020-g, s.1–3)

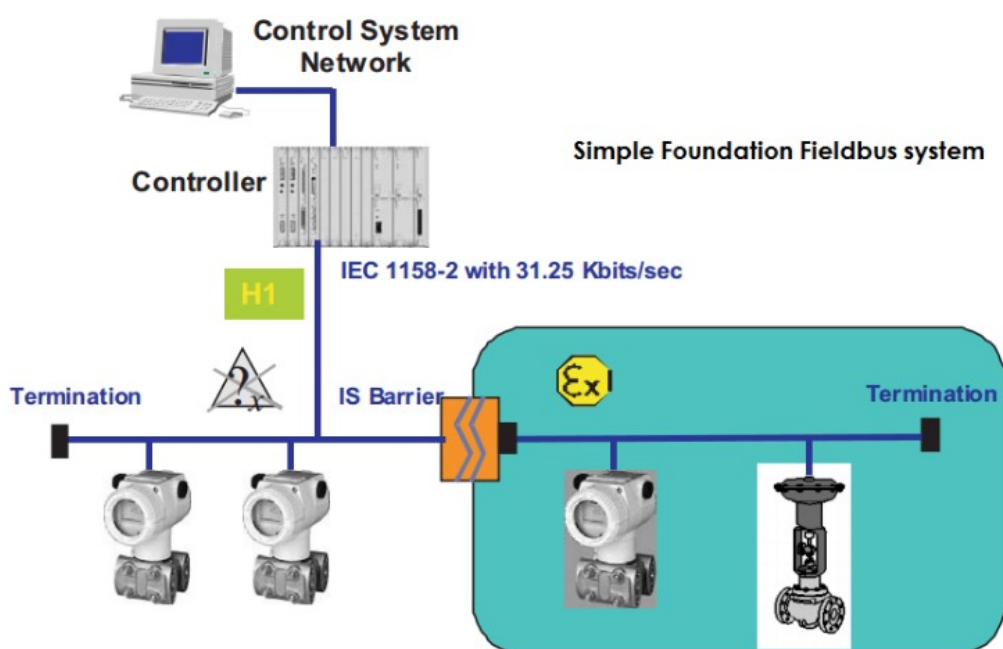
Kuva 10. Tehon lähde (Siemens, 2020-g).



3.8 Kenttäväylä

Kenttäväylä automaatioon erikoistunut digitaalinen kaksi suuntainen tiedonsiirtoyhteys (lähiverkko) älykkäiden kenttälaitteiden välillä. Kenttäväylän avulla anturit, toimilaitteet ja ohjaimet ovat yhteydessä toisiinsa (Kuva 11). Väyläteknologia on korvannut hyvin normaalikaapelointia. Väyläteknologialla parannetaan tiedonsiirtoa nopeammaksi, säästytään paksulta kaapeliniipulta, tiedonsiirto matkat pitenevät, sekä helpottaa vianetsintää. (Inst Tools, 2020)

Kuva 11. Kenttäväylän käyttö (Inst Tools, 2020)



Profinet-tiedonsiirto perustuu Ethernet standardiin IEEE 802.3. Se mahdollistaa langattomia ohjauksia lähiverkon avulla, mahdollistaa etäkäytön, tuo enemmän integraatio mahdollisuuksia ja tekee tiedonsiirrosta nopeampaa ja turvallisempaa. Tukee TCP- ja IP-protokollaa. (Siemens, n.d.)

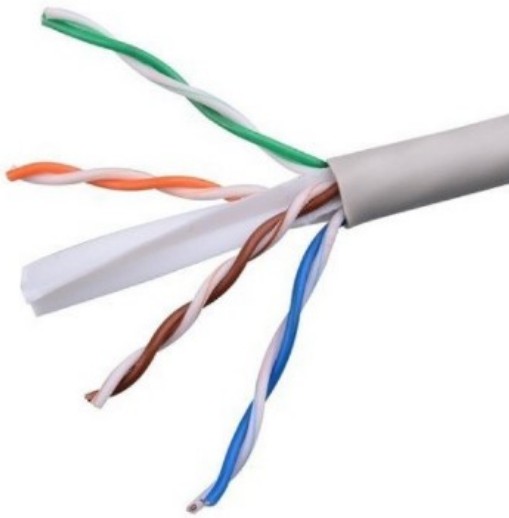
Profinet-tiedonsiirto tapahtuu niin kuparisella kaapelilla, kuin valokuidulla. Kuva 12 on RJ45, jota käytetään liitettäessä Profinet kuparisella kaapelilla.

Kuva 12. RJ45 liitin (Farnell, n.d.)



Profinet-tiedonsiirrossa käytettävä kuparikaapeli on yleisimmin CAT6. Kaapeli on Ethernet tiedonsiirtokaapeli. Merkinnän numeron perusteella voidaan valita, kuinka nopeata tiedonsiirtoa halutaan, kun valikoimassa on CAT5...CAT7:n asti. Lisäksi merkinnässä on kirjain koodaus, jossa U = suojaamaton, F = kuorisuojaus, S = punottu suojaus, TP = kierretty pari, TQ = kierretty pari, yksilölliset suojaukset 4: lle parille ja PIMF = jokaisella parilla oma suojakuori. (Yleiselektroniikka, 2020)

Kuva 13. CAT6-kaapeli (Yleiselektroniikka, 2020)

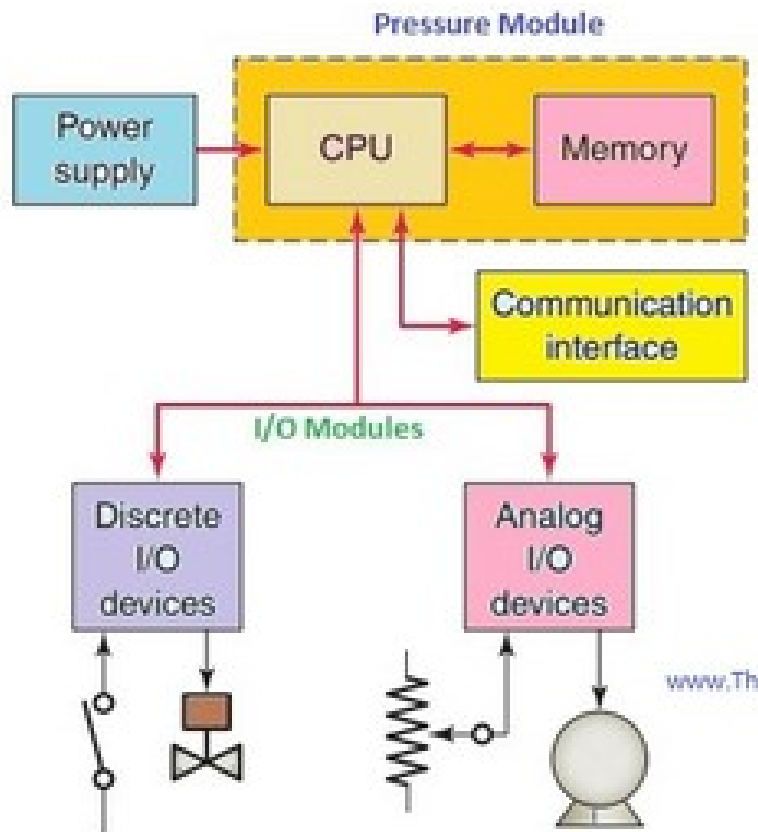


3.9 Ohjelmoitavat logiikat

Ohjelmoitavat logiikat eli PLC (Programmable Logic Controller) on ohjausjärjestelmä, millä voidaan ohjata niin laivojen toimintaa, kuin pienten kuljettimienkin. Niihin on saatavilla turvajärjestelmiin luokiteltuja komponentteja, jolloin turvallisuusdirektiivitkin täyttyvät. PLC:n valintaan voi vaikuttaa mm. hinta, ohjelmointikieli, helppokäyttöisyys, turvallisuus, laajennettavuus, tilan käyttö, integrointi mahdollisuudet, sekä kohteen aikaisemmat PLC:t.

PLC:stä on suunnittelun kannalta tiedettävä käyttöjännite, kuinka paljon voidaan kuormittaa, tilan tarve, I/O-kytkentä mahdollisuudet ja millaisen etuvarokkeen se vaatii. tärkeätä on tietää millaiset liityntämahdollisuudet ja millaiset integrointi mahdollisuudet niissä on. PLC tarvitsee toimiakseen jännitelähteen, CPU:n ja tarvittavat I/O-kortit. Lisäksi niiden yhteyteen liitetään usein käyttöliittymä (Kuva 14). (RealPars, 2018; Theengineeringknowledge, 2019)

Kuva 14. PLC: n toimintaperiaate (Theengineeringknowledge, 2019)



PLC: n aivot ovat CPU (Central Processing Unit), joka on suorittaa ohjelmoituja käskyjä. CPU tarvitsee toimiakseen sähköä, joka on yleensä 24VDC jännitettä. Siinä on liityntäportti, jotta ohjelma saadaan ladattua tietokoneelta. CPU: n toiminta voidaan jakaa kahteen osaan, jotka ovat keskusyksikkö ja tallennusyksikkö. Keskusyksikkö kommunikoi muiden laitteiden kanssa ja suorittaa ohjelmaa. Tallennusyksikkö tallentaa ohjelman, sekä ohjelman vaatimat historiatiedot. (Theengineeringknowledge, 2019)

Kuva 15 on CPU 1510SP F-1P, jonka käyttöjännite on 24 VDC, virran kulutuksen 0,6 A ja käynnistysvirran maksimi on 4,7 A. Logiikka on DIN-kiskoon kiinnitettävä. Yhteen riviin voi laittaa CPU: n ja 64 moduulia.

Kuva 15. Simatic DP, CPU 1510SP F-1 PN (Siemens, 2020-a).



Profinet-tiedonsiirtoa varten tarvitaan BusAdapter (Kuva 16), joka liitetään CPU: ssa olevaan liitospaikkaan. Siinä on paikka kahdelle RJ45 liittimelle.

Kuva 16. BusAdapter (Siemens, 2020-b).



Siemensin I/O-kortteja varten tarvitaan korttipohjat (Kuva 17). Korttipohjat asennetaan DIN-kiskoon ja työnnetään oikealta vasemmalle niin, että se yhdistyy edelliseen laitteeseen (CPU/korttipohja). Uusi ryhmän alku täytyy alkaa aina korttipohjalla, joka on värikoodattu valkoiseksi Kuva 17 vasemmalla. Uuden ryhmän aloituskorttipohjan tunnistaa nimellä "new

load group” ja seuraavat vasemmalta oikealle on nimellä ”bridged to the left”.

(Siemens,2020-a; Siemens, 2020-b)

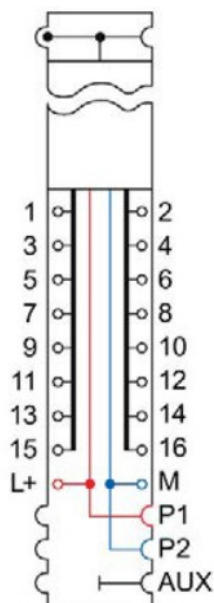
Kuva 17. BaseUnits new load group & bridged to the left (Siemens,2020-c; Siemens, 2020-d).



Pohjien syötön pinnit ovat L+ ja M, käyttöjännite 24VDC, syötön maksimi kuorma 10A ja kanavaportin maksimi kuormitettavuus on 2A. Kanavaportteja näissä pohjissa on 16 kpl.

(Kuva 18). Ryhmän aloituspohjaan (new load group) kytketään syöttö 24VDC. Ryhmän koko määräytyy kaikkien ryhmässä olevien I/O-korttien kuorman ja kyseisen ryhmän kuormituksen mukaan eli maksimi kuormitus kokonaisuudessaan saa olla 10A. (Siemens, 2019-a, s.30)

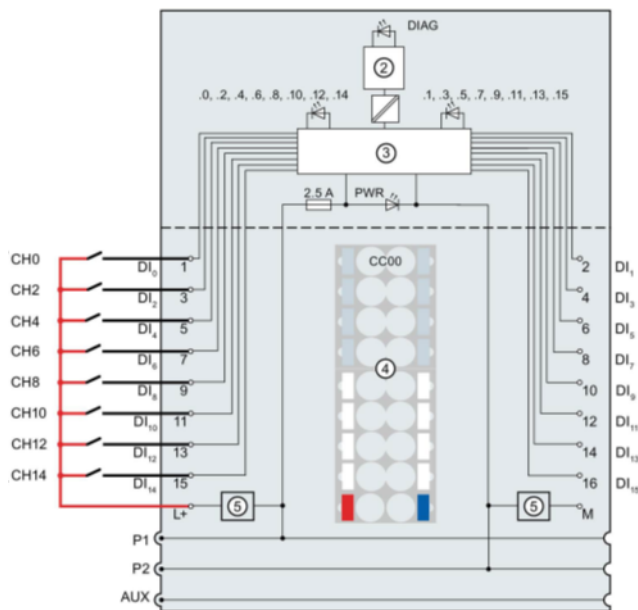
Kuva 18. Korttipohjan liitin terminaalit (Siemens, 2019-a, s.30)



Digitaalitulokortti eli DI-kortti ottaa vastaan tulevia digitaalisia signaaleja eli kytkin tietoja. Signaalien jännitetaso ilmoitetaan DI-kortin manuaalissa. Korteilla voi olla oma jännitteen syöttö, jokaiselle kanavalle tai sitten korteissa on vain tulosignaaliin liitin. Käyttäessä kortin omaa sähkönsyöttöä tulee signaali kierrättää potentiaalivapaan koskettimen kautta. (Fidelix, n.d.)

Digitaalinen tulokortti voi olla esimerkiksi DI 16x 24VDC. Siinä on 16 kanavaa (Kuva 19), joihin tuodaan positiivinen +24VDC jännite kosketin tietona. Kanavia on 16kpl. Nollasignaali on jännitteellä -30:stä +5 V:n ja signaali yksi tulee yli +11 V:n jännitteestä. Suojaamaton signaali kaapelin pituus maksimissaan 600 m ja suojattu kaapelin pituus on 1 km. (Siemens, 2019-b, s.24–26)

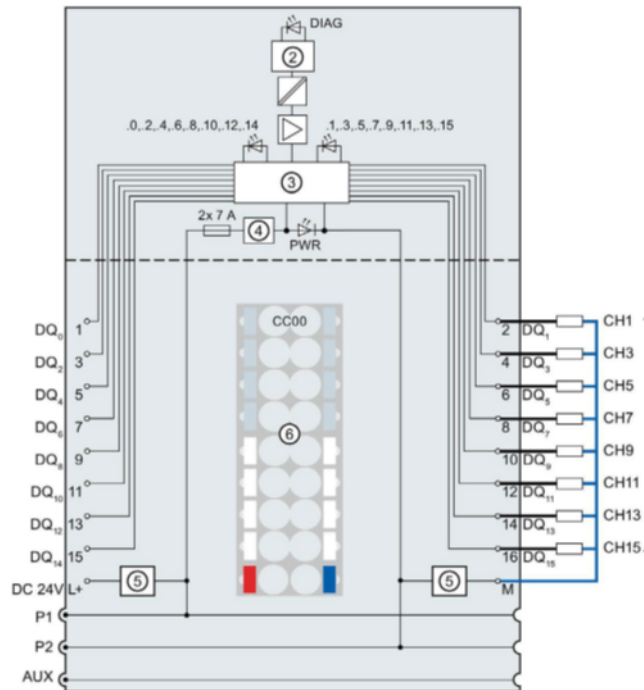
Kuva 19. Digitaalisen tulokortin yksijohdin kytkentä esimerkki DI 16x24VDC (Siemens, 2019-b, s.14)



Digitaalinen lähtökortti eli DO/DQ-kortti lähettää signaalia ulospäin kortilta. On tärkeää ottaa selvää, kuinka paljon korttia ja sen kanavia voi kuormittaa. Digitaalisessa lähtökortissa DQ 16x24VDC/0.5A ST on 16 lähtökanavaa. Signaalin jännite on +24VDC ja jokaisen kanavan maksimi kuormitus saa olla 0,5 A, kaikkia kanavia yhteensä saa maksimissaan kuormittaa 8 A. Kyseisiä kortteja käytetään mm. magneettiventtiileiden, releiden ja merkkivalojen

aktivoimiseen. Kuva 20 on näytetty esimerkkinä kanavien CH1, CH3, CH5...CH15 kuormaan kytkentä.

Kuva 20. Esimerkkikuva DQ16x 24VDC yksijohdin kytkennästä (Siemens, 2019-c, s. 13)



Vikaturvalliset automaatiojärjestelmät (F-järjestelmä) on tehty korkeamman turvallisuustason saavuttamiseksi. F-järjestelmää käyttäen pystytään pysäyttämään kone vaarantamatta ihmisiä ja ympäristöä. Normaalin moduulin ja vikaturvallisen F-moduulin välinen keskeinen ero on vikaturvallisen moduulin kaksikanavainen rakenne. Joiden tilaa tarkkaillaan ja vian sattuessa muutetaan järjestelmän toiminta turvalliseen tilaan. (Siemens, 2019-d)

Kuva 21 on digitaalinen turvalähtökortti F-DQ 4x24VDC/2A PM HF, jossa on neljä turvalähtöä. Käyttöjännite on 24 VDC, kanava kohtainen maksimikuormitettavuus on 2 A, lampun kanssa maksimi teho 10 W ja koko kortin yhteiskuormitettavuus maksimissaan 10 A. Kuorman vastusarvon minimi on 12 Ω ja maksimi on 2000 Ω . (Siemens, 2013-a, s.43–46)

Turvakortit muodostavat oman ryhmänsä, joten ensimmäiselle turvakortille voi asentaa vaalean korttipohja. Turvakortin tunnistaa vallitsevasta keltaisesta väristään. Se antaa diagnostiikkaviestejä, kertoo tilasta ja virheistä. Lisäksi antaa jokaisen tulon ja lähdön arvon

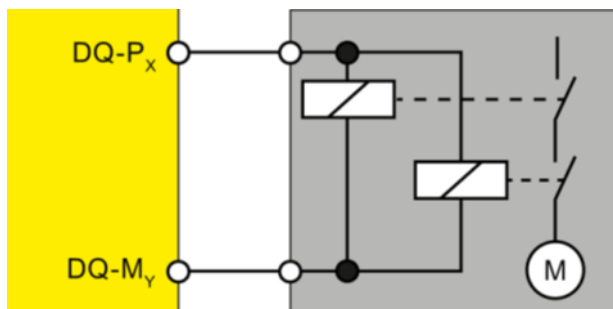
tilan tiedot. Tilaan vaikuttavat asiat ovat johtimen katkeamisen tarkistus, oikosulku, chatter-valvonta, pulssin jatkaminen ja luotettavuuden tarkistus. (Siemens, 2013-a)

Kuva 21. Digitaalinen turvalähtökortti F-DQ 4x24VDC/2A PM HF (Siemens, 2013-a).



Kuva 22 esimerkkikytkennässä on tarkoituksena turvallisuuspuutteen havaittua lopettaa kontaktorien aktivointi ja näin avata koskettimet, jotta moottori pysähtyy. Tämä kyseinen kuvan mukainen kytkentä on turvallisuustasoltansa SIL3/Cat.4/PLe.

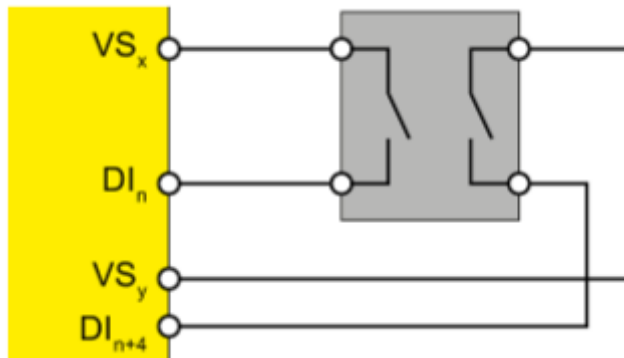
Kuva 22. Turvalähtökortin esimerkkikytkentä (Siemens, 2013-a, s.31)



Kuva 22 esimerkkikytkennästä voidaan poiketa esimerkiksi tekemällä sama asia vain yhdellä kontaktorilla, mutta silloin on asennettava standardin IEC 60947 mukainen toimilaite. (Siemens, 2013-a, s.29–30)

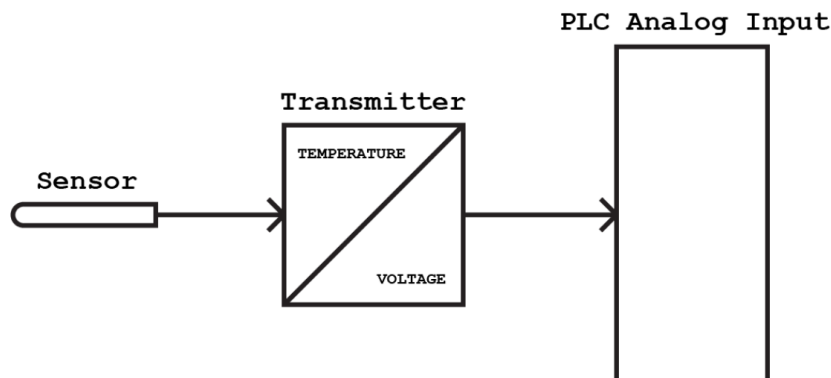
Digitaalinen turvatulokortti F-DI 8x24VDC HF on kahdeksan kanavainen käyttöjännitteenä 24VDC ja tehohäviö 4W. Kortilla voidaan kaksi kanavaa yhdistää yhdeksi osoitteeksi (Kuva 23). Silloin kanavat DI_0 ja DI_4 , DI_1 ja DI_5 , DI_2 ja DI_6 , DI_3 ja DI_7 muodostavat parit.

Kuva 23. Turvatulokortin esimerkkikytkentä (Siemens, 2013, s.38)



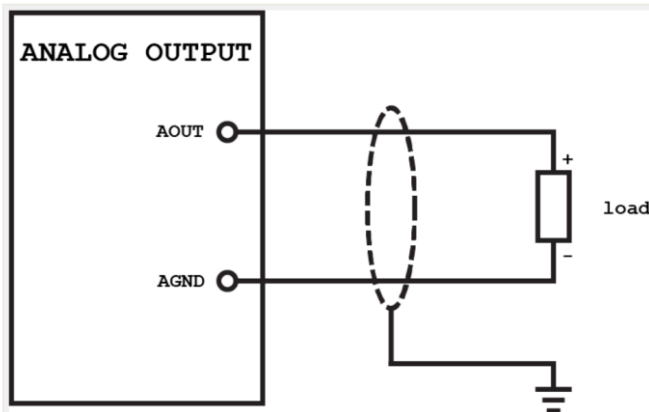
Analoginen tulokortti eli AI-kortti ottaa vastaan virtaviestejä tai jänniteviestejä. Sitä käytetään yleensä mittausviestien vastaanottamisessa. Mittausviesti voisi olla asennontunnistus, lämpötilan (Kuva 24) tai nopeuden mittaus tieto. Analogiasignaalien yleisimmät mittausalueet ovat 4–20mA, 0–20mA ja 0–10V.

Kuva 24. Esimerkkikuva mittausviestin kulusta AI-kortille (PLC Academy, 2018)



Analoginen lähtökortti eli AO-kortti lähettää signaalia laitteelle, jota tarvitsee säätää tai tarvitsee muuten analogista tietoa. Tämän signaali toimii samoilla alueilla, kuin AI-kortin kanavat. Signaali voi siis olla jännite- tai virtaviestiä. On vain huomioitava kuormitus, ettei kortteja kuormita liikaa. Signaaleja voidaan lähettää mm. taajuusmuuttajalle (nopeuden säätö), säädettävälle venttiilille tai toisen PLC:n AI-kortille. Kuva 25 AO-kortin kanava on liitetty kuormaan, joka voi olla vaikka säädettävä venttiili jolle AO-kortti lähettää asentosignaalin. (PLC Academy, 2018)

Kuva 25. Esimerkkikuva AO-kortin kanavan käytöstä (PLC Academy, 2018)



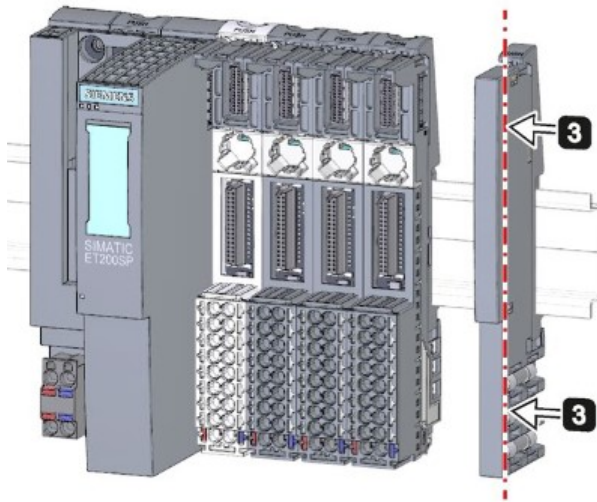
Hajautettujärjestelmä on sellainen, että CPU toimii fyysisesti eripaikassa, kuin jokin osa I/O-moduuleista. Ne yhdistävät siinä tapauksessa toisiinsa kenttäväylä. Hajautetussa moduulissa on CPU: n tilalla liitännämoduuli IM 155-6 PN ST (Kuva 26), jonka kylkeen aletaan liittämään I/O-kortteja. Toimii 24VDC jännitteellä ja virrankulutus maksimissaan 550mA. Hajautetussa järjestelmässä voidaan kytkeä master (CPU) ja slave (IM) yhteen PROFINET: lla, käyttäen kuparikaapelia, valokuitukaapelia tai WLAN-verkkoa. (Siemens, 2020-f)

Kuva 26. Liitännämoduuli (Siemens, 2020-f, s.9).



Palvelin moduuli (Kuva 27) asennetaan viimeisen korttipohjan kylkeen kiinni. Siinä on kolmelle varasulakkeelle pidikkeet. Palvelin moduuli (the server module) tulee, jokaisen korttirivin päähän.

Kuva 27. Palvelin moduuli (Siemens, 2019, s.79)



3.10 Ohjaimet

Standardissa SFS-EN 60204-1 on ohjeistus ohjaimien väreille. Punaisen ja keltaisen yhdistelmää ei saa käyttää, kuin hätätoimintolaitteissa. Tärkein on, että muiden ohjain painikkeiden värit eivät ole punainen ja ympärykseltä keltainen. Väreillä pyritään siihen, että ohjaimet ovat toisistaan erottuvia, tunnistettavia ja näin vähennetään tapaturmariskiä. Painikkeet on myös merkittävä selkeästi, mitä painikkeita ovat. (SFS-EN 60204-1/2018, s.62)

Merkkivalot olisi oltava myös standardin SFS-EN 60204-1 mukaisia, niin käyttäjät tietävät laitteen tilan helpommin. Esimerkkinä mm. vihreä väri kertoo laitteen normaalista tilasta. Vilkkuvaloilla saadaan huomiota laitteessa tapahtuvan muutoksen aikana. (SFS-EN 60204-1/2018, s.65)

Ohjuspainikkeiden ja merkkilamppujen on kestävä kosteat ja märät olosuhteet. Schneider tekee Harmony XB5 sarjaa, jonka IP-luokitus on IP 69 (Kuva 28). Toimintajännite on 24V AC/DC ja virrankulutus merkkilampulla on 18 mA. (Schneider, n.d.-b)

Kuva 28. Ohjauspainike merkkilampulla (Schneider, n.d.-b)



Ohjauksissa käytetään myös kosketusnäyttötekniikkaa, mikä onkin selkeämpi käyttäjille. Selkeyden lisäksi siihen saa tehtyä, vaikka laitteen asetussivut, mistä pääsee muuttamaan asetuksia. Siemensin Simatic HMI TP700 Comfort toimii 24VDC käyttöjännitteellä ja virrankulutus on 0,5 A. Sisältää muistikortti paikan ja saa liitettyä PROFINET väylään. (Siemens, 2020-i)

Kuva 29. Käyttöliittymä (Siemens, 2020-i).



3.11 Kenttälaitteet

Valokenno O6P303 (Kuva 30) on imf:n valmistama, joka on tarkoitettu ruoka ja juoma teollisuuteen. Valokenno kestää voimakkaan pesun ja kantama on pitkä. Siinä on lähetin ja vastaanotin samassa. Käytetään heijastimen kanssa, joka peilaa takaisin. Valokennoon

kytketään sille tarkoitettu US-100 liittimellä varustettu kaapeli. Kaapelin johtimet ovat L+/ruskea, L-/sininen ja Output/musta. (imf, n.d.)

Kuva 30. Valokenno (imf, 2020).



4 Pakkaamokuljettimien sähköjen suunnittelu

4.1 Suunnittelun ennakkoaineistoon tutustuminen

Suunnitelmat tehdään tilausvahvistuksen, vanhojen olemassa olevien ohjauskeskusten, ennakkoaineiston, laitevalmistajien suositusten, laskelmien, sekä haastattelujen perusteella. Lisäksi soveltaen standardeja, sekä direktiivejä. Kaikkia asioita ei pysty etukäteen suunnittelemaan, vaan lopulliset tarpeet saadaan tietoon käyttöönotossa, jossa saatetaan lähinnä lisätä antureita tai painikkeita.

Ennakkoaineiston mukaan suunnittelun kohteena on kolmen uuden kuljettimen sähköistys, sekä neljän kuljettimen ohjauksen modernisointi. Uusien kuljettimien ohjaus ja käyttö sijoittuvat kaikki yhteen uuteen ohjauskeskukseen. Lisäksi vanhojen kuljettimien ohjaus siirretään uuden keskuksen hajautetuksi järjestelmäksi.

Uudet kuljettimet varustetaan valokennoilla, jotta niitä voidaan käyttää bufferointiin myöhemmin. Bufferointi tarkoittaa tässä yhteydessä sitä, että jos monipäävaaka ei pyydä tavaraa ja kuljettimet 1–3 alkavat toimimaan hitaammin. Tuotteiden katkaistaessa

valokennon säteen pysähtyy kyseinen kuljetin. Esimerkkinä voidaan käyttää lihapullalinjastoa, jossa valokenno on asennettu liukuhihnan laitojen yläreunaan kuljettimen loppupäähän. Valokennon antaman signaalin perusteella laite tietää, että onko lihapullia liikaa/tarpeeksi linjastossa. Silloin kyseinen linjasto pysäytetään.

Ennakkoinnostossa on määritetty valmiiksi tietyt komponentit, koska näin on päätetty asiakkaan kanssa. Komponenttien valintaan vaikuttaa asiakkaan puolelta huollettavuus, turvallisuus ja elinkaarikustannukset. Niinpä on järkevämpi käyttää vain tiettyjä merkkejä ja malleja. Tähän työhön on sovittu etukäteen tulevaisuuteen kuljettimien ohjauksiin Siemens 1510F -logiikka sisältäen turvalogiikkaa, taajuusmuuttajiksi Siemens G120C. Käyttöliittymäksi Siemens TP700 Comfort-paneeli. Moottoreiksi Interroll DM113 kumitetut rumpumoottorit. Kolmen pakkaamokuljettimen sähköt ovat samassa ohjauskeskuksessa positiotunnuksella 67OK001, minne on jätettävä laajennusvaraa viidelle samanlaiselle taajuusmuuttajalle ym. tarvikkeille. Ohjauspainikkeiksi 67OK001 ohjauskeskukseen tulee start, stop, hätäseisäily, pesuajo ja hätäseis-painike. Lisäksi laajemmat ohjaustoiminnot tulevat TP700 -paneelille.

Projektissa on osana vanha ohjauskeskus tunnuksella OK20, joka modernisoidaan samassa yhteydessä. OK20 -kaapissa ei ole logiikkaa, vaan sen logiikka on tehty neljän Yaskawa V1000 taajuusmuuttajan tuloilla, lähdöillä sekä apureleillä. Kolmen uuden kuljettimen ohjauskeskuksessa 67OK001 sijaitsee logiikan CPU ja modernisoitavan ohjauskaapin OK20 logiikka tulee hajautettuna eli sinne tulee etä-I/O.

4.2 Suunnittelu ja piirtäminen

Ensimmäisenä valittiin ohjauskeskuksen komponentit, jotta komponentit saatiin tilattua ja keskusvalmistuksen aloitus ei viivästyisi. Osa komponenteista valittiin tilausvahvistuksen mukaan ja loput valittiin teknisten vaatimusten mukaan. Komponenttivalinnoissa käytettiin kohdassa 3 olevia tietoja hyväksi.

Ohjauskeskuksen 67OK001 suunnittelun varsinaisen piirtämistyö alkoi etsimällä ensimmäiseksi vanha, lähes saman kaltainen kohde, jonka kuvia muokkaamalla saatiin nopeammin valmiit piirikaaviot. Koneiden sähkökuviissa halutaan mahduttaa yhteen kuvaan

mahdollisimman paljon. Sähkökuvien on palveltava niin kokoonpanoa, kuin kunnossapitopuolta.

Ensimmäisenä piirrettiin jännitteen jako (Liite 1). Pääkytkin tuli yrityksen vanhojen toimintatapojen mukaisesti F1 johdonsuojakatkaisijan jälkeen. Standardin tulkinnan mukaan, jos pääkytkin ei katkaise jännitettä kaikkialta, on siitä ainakin varoitettava selkeästi. Tämän päätöksen vuoksi riittää, kun pääkytkin on mitoitettu johdonsuojakatkaisijan nimellisvirran mukaan. Lisäksi pääkytkimen sijainnista varoitetaan käyttäjiä ohjekirjassa, sekä laitetaan varoitustarrat paikkoihin, joista jännite ei katkea.

Tässä vaiheessa laskettiin moottorin pätötehot ja virta. Laskelmille tehtiin pohja Excel - taulukkolaskemaohjelmalla (Taulukko 8). Apuna käytettiin ensiksi Kaava 2, jonka jälkeen laskettiin virta Kaava 1 käyttäen.

Taulukko 8. Laskentataulukko pätöteholle ja virralle.

Moottorien pätötehon laskenta							
$P_s = \frac{P_N}{\eta}$							
Nimellisteho P _N /W	Hyötysuhde η	Pätöteho P _s /W					
370	0,68	544,117647					
Täytä käsin moottorien pätötehot							
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
P _s /W	P _s /W	P _s /W	P _s /W	P _s /W	P _s /W	P _s /W	P _s /W
544,1176	544,1176	544,11765					
Pätöteho yhteensä							
P _s (kaikki)							
1632,3529							
Lasketaan moottorien ottama kokonaisvirta							
$P_s = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi$							
$I = \frac{P_s}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$							
Pätöteho P _s /W	Jännite U/V	Tehokerroin cosφ	Virta I/A				
1632,352941	400	0,71	3,318449				

Moottoriksi on valittu mekaniikkasuunnittelun yhteydessä Interroll DM 0113 rumpumoottori. Moottorin arvot löydettiin kierroslukujen ja tyyppin perusteella. Moottorin nimellisteho on 370W ja käyttöjännitteen ollessa 400V moottori kytketään tähtikytkennällä. Nimellisjännitteen mukaan valittiin taajuusmuuttaja, jonka malli on ennalta sovittu. Sinamics G 120 C mallia käyttäen katsottiin oikea taajuusmuuttaja Taulukko 2 mukaan. Taulukosta

valittiin 0.55 kW:n taajuusmuuttaja, koska se oli lähinnä moottorin nimellisteho 0.37 kW ja isomman moottorin vaihtaminen on mahdollista myöhemmin.

Kohdan 3.3.2 mukaan taajuusmuuttajan etuvarokkeen maksimi olisi 10 A. Laittamalla kaikille kolmelle moottorikäytölle sama johdonsuojakatkaisija, säästyy tilaa ja rahaa. Tässä tapauksessa ei haittaa, vaikka kaikki moottorit pysähtyvät samaan aikaan, jos vikatilanne syntyisi. Taulukko 8 laskettiin kolmelle moottorille virraksi noin 3,3 A, mutta taajuusmuuttajalla on vielä varaa isompaan moottoriin. Taajuusmuuttajien maksimi virraksi saatiin lähes viisi Ampeeria. Virtapiikit huomioon ottaen johdonsuojakatkaisijan koko olisi hyvä olla C10A. Jokaisen moottorin ja taajuusmuuttajan välille piirrettiin turvakytin.

Moottorin kaapelia mitoittaessa tehtiin laskentaohjelma johtimen minimi poikkipinta-alasta jännitteen aleneman kannalta Excelillä, jossa on käytetty apuna Kaava 6.

Taulukko 9. Jännitteen aleneman mukainen johtimen minimi poikkipinta-ala.

Jännitteen alenema johtimessa									
$u = b \left(\rho \frac{L}{A} \cos\varphi + \lambda L \sin\varphi \right) I_B$				poikkipinta-ala	Reaktanssi	CU resistiivisyys +80 °C			
				1,5	0,08	0,0225			
$A = \frac{b * I_B * L * \rho * \cos\varphi}{u - b * I_B * L * \sin\varphi * \lambda}$									
Johtimen λ [mΩ/m]	Kuorma I/A	Jännitteenalenema u/V	3~ arvo 1/1~ arvo 2 b= 1 tai 2	resistiivisyys ρ [(mΩ*mm ² /m)]	Pituus L/m	Tehokerroin $\cos\varphi$	Tehokerroin $\sin\varphi$	Poikkipinta-ala mm ²	
0,08	1,106149542	11,5	1	0,0225	15	0,71	0,704202	0,025087993	
Jännitteen alenema poikki pinta-ala 1,5mm ²		1,111450653 VAC							

Minimi poikkipinta-alaksi saatiin 15 m:n matkalla 0,025mm², mutta tuossa ei ole otettu huomioon johtimen oikosulkuvirran kestoja, eikä minimipoikkipinta-alan vaatimusta (Taulukko 6). Seuraavaksi katsottiin (Taulukko 6) taipuisan kaapelin minimi poikkipinta-ala kiinteälle asennukselle. Siinä taulukossa oli moottorikaapelin minimiksi asetettu 1,0 mm².

Moottorikaapelia mitoittaessa on otettava huomioon kohdan 3.4 tiedot. Matkaa moottorikaapeleilla on maksimissaan 15 m. Moottorin kaapelit joudutaan usein asentamaan seinälle tai kaapelihyllyyn toisien kaapeleiden vierelle tai väliin. Ympäristön lämpötila tulee olemaan jääkaapin lämpötiloissa. Seuraavaksi laskettiin Kaava 7 kaapelin kuormitettavuus ja siinä käytettiin virta-arvona taajuusmuuttajan mahdollista maksimia. Taulukko 10 ohjelmalla

saatiin laskettua kuormitettavuus 6,6 A. Ohjeen mukaan kaapelin kuormitettavuuden tulee olla tuota arvoa isompi.

Taulukko 10. Kaapelin kuormitettavuuden laskenta kaavasta 7.

$I' = \frac{I_N}{k_1 * k_2}$			
I_N	k_1	k_2	I'
4,932829	1	0,75	6,57711

Suunniteltu kuorma kolmelle taajuusmuuttajalle yhteensä oli 4,9 A ja Taulukko 3 katsottuna poikkipinta-alaltaan 1,5 mm² kaapelin kuormitettavuus on 15,2 A, niin johdonsuojakatkaisijaksi tuli C10A. Jolloin ensimmäinen yhtälö täyttyy Kaava 8. Toinen yhtälö samasta kaavasta täyttyy myös, koska johdonsuoja laukeaa virta-arvolla I_2 , joka on $1,45 * I_N = 14,45$ A. Liitteestä 2 näkyy, kuinka piirikaavio on piirretty moottorien osalta. Moottorit piirretään alas ja ylöspäin mentäessä lähestytään virranjakoa. Ylhäältä alaspäin ensimmäisenä on johdonsuojakatkaisija F3, josta johtimet jaetaan jokaisen moottorin taajuusmuuttajalle, sieltä kaapelilla turvakytkimelle ja turvakytkimeltä moottorille. EMC-suojauksen vuoksi kaapelin tarvitsee olla häiriösuojattua, joten FLEX-JZ-CY4x1,5 ROHS kaapeli on hyvä valinta.

Ohjauspuolen suunnittelu aloitettiin katsomalla logiikan sähköiset vaatimukset. Ohjauspuolen laitteiden käyttöjännitteet, sekä virran kulutus/maksimikuormitus. Kaikki ohjauspuolen komponentit toimivat 24VDC jännitteellä. 24 VDC: n jännitteenjako piirretään jokaiselle laitteelle, johon tarvitaan se käyttöjännitteeksi. I/O-korttien ryhmien aloituspohjaan kytketään käyttöjännite L+ ja M (Liitteessä 6 & 8). Logiikan virrankulutus selviää kappaleesta 3.9. Koska ihan kaikkia komponentteja ei pysty vielä suunnitteluvaiheessa tietämään, suunniteltiin ohjauspuolelle tehonlähteeksi SITOP PSU100L 24 V/5 A. Tehonlähteessä on itsessään oikosulku- ja ylivirtasuoja, joka estää oikosulkuutilanteessa tehonsyötön. Laitteet, joille se syöttää jännitettä on logiikalle, digitaalisen lähtökortin kautta merkkilampuille (3kpl.), turvareleelle K100 ja HMI käyttöliittymälle. Virta-arvo jää karkeasti laskettuna näillä laitteilla alle 4 A:n. Johdinpoikkipinta-alaksi ohjauspuolelle saatiin Taulukko 3 avulla 0.75 mm², Kaava 8 yhtälön ja tehonlähteen tarpeen mukaan C6A johdonsuojakatkaisija on oikea valinta F2:si.

Tehonlähteen käynnistysvirran vuoksi valittiin C-laukaisukäyrällä oleva johdonsuojakatkaisija. F2:n jälkeen lähtee myös haara PR1:lle, joka on pistorasia. Pistorasia on tarkoitettu lähinnä ohjelmointia varten tietokoneelle. PR1:llä on vikavirtasuojaja 1F2, joka on ennen pistorasiaa. Saman johdonsuojakatkaisijan jälkeen on myös haara puhaltimen lasiputkisulakkeelle F2.1, joka on T1A.

Tässä vaiheessa on mitoitettava päävaroke F1, johon liitettiin suoraan syöttö riviliittimien kautta. Mitoittamiseen vaikuttaa F1:n jälkeiset F2 ja F3 johdonsuojakatkaisijoiden koko, selektiivisyys ja lisäksi viiden taajuusmuuttajan mahdollinen lisäys tulevaisuudessa, jonka takia ohjauskeskukseen jätettiin laajennusvara. Laajennuksen tuomasta tehon lisäyksestä ei ollut tietoa. Joten olemassa olevien suojien perusteella päätettiin laittaa 3P C25A:n johdonsuojakatkaisija.

Ohjauksen piirtämisosioon selvitettiin, mitä kaikkia ohjaukseen liittyviä painikkeita ohjauskeskukseen tulee, mitä merkkilamppuja, mitä kosketintietoja tarvitaan sekä mitä kosketintietoja täytyy lähettää muille laitteille. Keskukseen tuli ohjauspainikkeeksi start, stop, hätäpysäytys, hätäpysäytyksen kuittaus ja pesuajo. Painikkeina ja merkkilamppuina käytettiin Schneiderin XB5 sarjaa. Merkkilamput tulivat painikkeisiin start, hätäpysäytyksen kuittaus ja pesuajo (Liite 6). Kaikki painikkeiden kosketintiedot piirrettiin digitaalitulokortille (Liite 7), paitsi hätäpysäytys, joka piirrettiin turvatulokortille (Liite 9). Stop -painikkeen kosketin piirrettiin NC-koskettimella eli avautuvalla koskettimella. Kaikkien muiden koskettimet ovat NO-koskettimia eli sulkeutuvia koskettimia. Hätäpysäytyksen painikkeessa on kaksi kytkintä vierekkäin, jotka ovat NC-koskettimia ja niiden kytkentä piirrettiin turvatulokortille kohdan 3.9 Kuva 23 mukaisesti. Piirrettäessä I/O-korteille kytkettäviä johtimia, piirrettiin kullekin kortille kytkentä pisteen numero, kanavan nimi ja ohjelmassa olevan muuttujan osoite. CPU:lle piirrettiin 24VDC syöttö ja kuva CPU:sta on ladattu Siemensin nettisivujen kautta (Liite 4). HMI-käyttöliittymästä piirrettiin kuva, jossa on jännitteen syöttö (Liite 5). Tiedot näytölle kulkevat PROFINETIN välityksellä ja sen näkee järjestelmäkaaviosta (Liite 10). Lopuksi piirrettiin kuva riviliittimistä (Liite 3) ja kirjoitettiin jokaisen riviliittimen kohdalle mistä johdin tulee tai minne se menee. Siitä kuvasta on helppo katsoa, jos haluaa tehdä jotain lisäyksiä.

Ohjauskeskuksen OK20 syöttö lähtee 67OK001 kautta (Liite 1), joten sen keskuksen syöttö tarvitsi oman johdonsuojakatkaisijan. OK20:n syötölle suunniteltiin selektiivisesti C16A:n johdonsuojakatkaisija, sekä OK20:n F1 vaihdettiin C16A:n tilalle johdonsuoja B10A:n johdonsuojakatkaisijaksi (Liite 11). Normaalisti moottorikäytöissä ei käytetä B-käyrän johdonsuojakatkaisijoita, mutta nyt oli laitettava, jotta kuorman puoleinen sulake olisi nopeampi katkaisemaan vian tapahtuessa. Tiedossa oli moottorien nimellistehot, taajuusmuuttajille mene yksi vaihe- ja nollajohdin. Moottorit on kytketty kolmioon (Liite 12 & 13). Laskettiin Taulukko 8 näkyvää laskentaohjelmaa käyttäen moottorien kuormitus jokaiselle vaiheelle. Laskennassa käytettiin jännitettä 230 V ja tehokerroin pidettiin samassa 0,71 arvossa (oletus). Vaiheelle L1 saatiin virraksi noin 4,8 A, vaiheelle L2 & L3 saatiin sama noin 1,9 A. Joten B10A johdonsuojakatkaisija on parempi, kuin vanha C16A johdonsuojakatkaisija.

OK20:n tulee toimimaan hajautettuna järjestelmän orjana (slave), jonka isäntälaitte (master) on 67OK001:n CPU. Tämän takia tehtiin muutoksia OK20:n sähkökuviin. Muutoksessa pyyhittiin ensimmäisenä pois kaikki taajuusmuuttajien sisään- ja ulostulevat ohjaustiedot. Keskuksen laitettiin liityntämoduuli, joka hoitaa tiedon lähetyksen ja vastaanoton keskuksien välillä. Liityntämoduulista on piirretty kuva ja jännitteensyöttö 24 VDC (Liite 17). Sillä ennen logiikan tehtävän hoiti taajuusmuuttajat ja releet. Jäljelle päätettiin jättää turvapiirin kytkennät, joita pitkin turvareleet antavat taajuusmuuttajalle hätäpysäytyskäskyn. Lisäksi taajuusmuuttajien kytkentäpisteeseen S1 piirrettiin DQ8 kortilta jokaiselle oma kanava käyttöön, koska nämä taajuusmuuttajat eivät ole Profinet yhteydessä ja niiden täytyy saada jostakin käynnistys- ja pysäytystieto. Painikkeiden kosketintiedot piirrettiin digitaalitulokortille (Liite 19). Merkkilamput piirrettiin digitaalilähtökortin kanaviin (Liite 18), joko suoraan tai riviliittimelle. Jos saman lähdön piti ohjata jotain muutakin niin liitokset tehtiin riviliittimillä ja siitä piirrettiin yhdellä johtimella digitaalilähtökortille.

Turvareleen ohjaus (Liite 14) muutettiin kulkemaan logiikan F-DQ4 kortin kanavalta nolla (Liite 20). Ennen turvareleitä ohjasi hätäpysäytyspainikkeet. Aikaisemmin OK20 hätäpysäytyspiirissä hätäpysäytys painikkeiden koskettimet olivat kytketty sarjaan. Uusissa sähkökuviissa piirrettiin jokaiselta koskettimelta oma lenkki F-DI8 kortille (Liite 21). Hätäpysäytyksen johdotusmuutoksen vuoksi jouduttiin muuttamaan myös kahden kentällä sijaitsevan ohjauskotelon johdotus ja kaapelin kuvat (Liite 16). Turvareleillä ohjataan myös

painekatkaisua Y15, jonka kytkentä pysyy samanlaisena. Lopuksi päivitettiin riviliitinkuvat kuntoon (Liite 15). Riviliitinkuvissa muuttui olennaisesti keskuksen puoleiset kytkennät, koska kaikki siirtyivät kytkettäväksi I/O-korteille.

Aivan lopuksi tehtiin osaluettelo kaikista osista (Liite 22). Osaluettelon tarkoitus on palvella kunnossapitoa, jotta osaavat tilata samanlaiset osat tilalle vanhan rikkouduttua.

Osaluetteloon kirjoitetaan kaikki tarpeellinen, nykypäivänä voidaan helposti etsiä internetistä osan merkin ja tyyppin perusteella tietoja. Tämän kaltainen työ on niin pieni komponenttimääriltään, ettei kannata tehdä montaa erillistä luetteloa. Kaapeliluettelon tekeminen ei ole ollut yrityksellä tapana tehdä, joten sitä ei tehty.

5 Pohdinta

Opinnäytetyöhön kuului suunnitella sähköt pakkaamokuljettimille, sekä modernisoida vanhojen kuljettimien ohjausjärjestelmä. Työssä perehdyttiin teoriaan sähkösuunnittelun kannalta ja hankittiin tietoa jokaisesta työvaiheesta. Työssä piti ottaa huomioon hygienia-, sähköturvallisuus- ja koneturvallisuusvaatimukset. Apuna käytettiin standardeja ja direktiivejä, sekä laitevalmistajien ohjeistuksia.

Suunnittelutyö valmistui ajallaan. Suunnittelun lomassa valmistui laskukaavoista laskentaohjelmat ja niistä on hyötyä, jotta ei tule virheellisiä ja erityisesti liian isoja johdonsuojia. Mitoituksessa voisi laittaa vielä pienemmät varokkeet, koska moottoreita ei ohjata suoraan kontaktoreilla, jolloin jää pois käynnistysvirrat, jotka voivat olla 7*nimellisvirta. Johdonsuojakatkaisijan tehtävä tässä on myös suojata taajuusmuuttajan ensiöpuolen tehopuolijohteita. Standardien tulkinta oli joissain kohdin vaikeaa, koska viitattiin joihinkin toisiin standardeihin ja niitä toisia standardeja ei löytynyt SFS-onlinesta.

Opin paljon koneiden sähköjen suunnittelusta, dokumentoinnista, mikä merkitys on direktiiveillä ja standardeilla. Työssä joutui tukeutumaan paljon standardeihin ja niistä poimittiinkin joitakin uusia asioita, joita yrityksen on sovellettava jatkossa. Keskuslayout kuvaa ei ole ollut tässä yrityksessä tapana piirtää, mutta jatkossa se on harkitsemisen arvoinen asia. Yrityksen suunnittelutavat perustuvat vahvasti kokemuksiin ja vanhoihin opittuihin malleihin. Jatkossa suunnittelulle pitäisi antaa aikaa uudistua ja päivittää

tietotaidot. Johtimen jännitteenaleneman laskentaohjelmasta on epäily, että se ei anna täysin oikeaa arvoa, mutta muihin laskentaohjelmiin verrattuna arvo on ainakin suuntaa antava. Tämän kokoisissa projekteissa ei ole vaaraa jännitteen alenemista, kunhan syötössä ei synny alenemaa, mutta ne eivät kuulu koneen valmistajan töihin.

Lähteet

ABB. (2010). *ABB:n pienjännitteiset taajuusmuuttajat*. Tuoteluettelo ja hinnasto.

ABB. (n.d.-a). Turvakytkimet 16...1250 A. Pienjännitekojeet. Tuoteluettelo.

<https://library.e.abb.com/public/8cbec4ff3bfcf1f1c125760a0023ef46/1SCC340008C1801.pdf>

ABB. (n.d.-b). *Johdonsuojakatkaisijat S200*. Pienjännitekojeet. Tuoteluettelo. Katsottu 27.12.2020 osoitteesta

<https://library.e.abb.com/public/6b2e3b61cdc65b49c2256e7e0026aeb4/1SCC400004C1801.pdf>

Ahlsell. (2020). Johdinsiteet elintarviketeollisuus Elematic. Katsottu 10.11.2020 osoitteesta

<https://www.ahlsell.fi/34/sahko/asennustuotteet-11-28/13-kiinnitystarvikkeet/nippusiteet-lisavarusteiden-kanssa/nippusiteet/1309411/#>

Ahoranta, J. (1997). *Sähkötekniikka*. Werner Söderström Osakeyhtiö.

Custom Automation. (2020). Nokialla. Katsottu 31.10.2020 osoitteesta

<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/custom+automation+oy/10860821>

Eduskunta. (n.d.). Näin eduskunta toimii. Lainsäädäntö. Katsottu 14.11.2020 osoitteesta

https://www.eduskunta.fi/FI/naineduskuntatoimii/kirjasto/aineistot/kotimainen_oikeus/kotimaiset-oikeuslahteet/Sivut/Lainsaadanto.aspx

Farnell. (n.d.). *HARTING RJ Industrial 10G*. Datasheet.

<http://www.farnell.com/datasheets/1727273.pdf>

Harsia, P. (2013). *Jännitteenaleneman laskenta*. Talotekniikka. Avoimet materiaalit.

Tampereen ammattikorkeakoulu. <https://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/johdon-mitoitus/jannitteenalenema/jannitteenaleneman-laskenta/>

Harsia, P. (n.d.). *Suojien selektiivisyys*. Tampereen ammattikorkeakoulu.

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594830404.html>

Hietalahti, L. (2013). *Teollisuuden sähkökäytöt*. 1.painos. AMK-kustannus Oy Tammertekniikka.

ifm. (2020). *Retro-reflective sensor O6P303*. Katsottu 28.12.2020 osoitteesta

<https://www.ifm.com/us/en/product/O6P303?tab=documents>

ifm. (n.d.). *Photoelectric sensors*. Info card. Katsottu 28.12.2020 osoitteesta

<https://www.ifm.com/mounting/706458UK.pdf>

Inst Tools. (2020). Katsottu 9.11.2020 osoitteesta

<https://instrumentationtools.com/fieldbus-function-blocks/>

Katrodiya, J. (2020). *Wiring Diagrams of PLC and DCS Systems – DI, DO, AI, AO*. Inst Tools.

<https://instrumentationtools.com/wiring-diagrams-of-plc-and-dcs-systems/>

Kauppalehti. *Yritykset*. Katsottu 31.10.2020 osoitteesta

<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/custom+automation+oy/10860821>

Konedirektiivi. (2006). 2006/42/EY. [https://eur-lex.europa.eu/legal-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A32006L0042)

[content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A32006L0042](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A32006L0042)

Motiva. (n.d). Direktiivit. Katsottu 14.11.2020 osoitteesta

<https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit>

Pinejännitedirektiivi. (2014). 2014/35/EU. [https://eur-lex.europa.eu/legal-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0035&from=EN)

[content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0035&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0035&from=EN)

Peltonen, H., Perkkiö, J., Vierinen, K. (2018). *Insinöörin (AMK) FYSIIKKA OSA II*. Lahden Teho-Opetus Oy.

PLC Academy. (2018). *All About PLC Analog Input and Output Signals and Programming*.
<https://www.plcacademy.com/plc-analog-input-output/#analog-input-wiring>

RealPars. (6.8.2018). *PLC Basics Programmable Logic Controllers* [video]. Youtube.
https://www.youtube.com/watch?v=PbAGl_mv5XI

Rittal. (n.d.-a). *Hygienic Design Compact enclosure HD, single - door*. Katsottu 10.11.2020 osoitteesta <https://www.rittal.com/com-en/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0125SCHRANK1/PRO0131SCHRANK&productID=1315600>

Rittal. (n.d.-b). *Top Therm fan-and-filter units*. Katsottu 5.12.2020 osoitteesta <https://www.rittal.com/com-en/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0168KLIMA1/PGR1932KLIMA1/PG0201KLIMA1/PRO0299KLIMA&productID=3238100>

Schneider. (n.d.-a). *Moduulikojeet ja -kotelot*. Katsottu 27.12.2020 osoitteesta <https://library.e.abb.com/public/6b2e3b61cdc65b49c2256e7e0026aeb4/1SCC400004C1801.pdf>

Schneider. (n.d.-b). *XB5AW35B5*. Product data sheet. Katsottu 28.12.2020 osoitteesta <https://www.se.com/ww/en/product/XB5AW35B5/illuminated-push-button%2C-plastic%2C-flush%2C-orange%2C-%C3%B822%2C-spring-return%2C-24-v-ac-dc%2C-1-no-%2B-1-nc/>

SFS. (n.d). *Mitä standardi tarkoittaa?* Katsottu 14.11.2020 osoitteesta <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>

SFS-EN 60204-1. (2018). *Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto*. Osa 1: Yleiset vaatimukset. SFS Online.

SFS-EN ISO 13850. (2015). *Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet*. SFS Online.

SFS-EN 1672-2+A1. (2009). *Elintarvikekoneet. Perusteet. Osa2: Hygienivaatimukset*. SFS Online.

Siemens. (2012). *Sinamics G120C frequency converter*. A5E03831830B AA.

<https://inverterdrive.com/file/Siemens-Sinamics-G120C-Getting-Started>

Siemens. (2013-a). *Digital output module F-DQ 4x24VDC/2A PM HF*. Manual, 6ES7136-6DB00-0CA0. <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/catalog/product/6es7136-6db00-0ca0>

Siemens. (2013-b). *Digital input module F-DI 8x24VDC HF*. Manual, 6ES7136-6BA00-0CA0. <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/catalog/product/6es7136-6ba00-0ca0>

Siemens. (2019-a). *BaseUnits for I/O modules*. Manual, A5E03727049-AJ.

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/59753521/simatic-et-200sp-baseunits?dti=0&lc=en-KW>

Siemens. (2019-b). *Digital input module DI 16x24VDC ST*. Manual, A5E03573442-AG.

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/59753540/simatic-et-200sp-digital-input-module-di-16x24vdc-st?dti=0&lc=en-KW>

Siemens. (2019-c). *Digital output module DQ 16x24VDC/0.5A ST*. Manual, A5E03574420-AF.

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/59753564/simatic-et-200sp-digital-output-module-dq-16x24vdc-0-5a-st?dti=0&lc=en-US>

Siemens. (2019-d). *Simatic, ET 200 SP*. System manual.

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/58649293/simatic-et-200sp-distributed-i-o-system?dti=0&lc=en-US>

Siemens. (2020-a). *CPU 1510SP F-1 PN for ET 200SP*. 6ES7510-1SJ01-0AB0. Datasheet.

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7510-1SJ01-0AB0>

Siemens. (2020-b). *BusAdapter BA 2xRJ45*. 6ES7193-6AR00-0AA0. Datasheet.

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6ES7193-6AR00-0AA0>

Siemens. (2020-c). *BaseUnit BU15-P16+A0+2D*. 6ES7193-6BP00-0DA0. Datasheet.

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6ES7193-6BP00-0DA0>

Siemens. (2020-d). *BaseUnit BU15-P16+A0+2B*. 6ES7193-6BP00-0BA0. Datasheet.

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6ES7193-6BP00-0BA0>

Siemens. (2020-e). *Digital input module, DI 16x 24V DC*. 6ES7131-6BH01-0BA0. Datasheet.

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7131-6BH01-0BA0>

Siemens. (2020-f). *IM 155-6 PN ST interface module*. 6ES7155-6AU01-0BNO. Equipment

Manual. <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7155-6AU01-0BNO>

Siemens. (2020-g). *6EP1333-1LB00*. Data sheet.

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6EP1333-1LB00>

Siemens. (2020-h). *Data sheet for SINAMICS G120C*.

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/359/109477359/att_857882/v1/G120C_KBA2_0715_eng_en-US.pdf

Siemens. (2020-i). *SIMATIC HMI TP700 Comfort*. Datasheet.

<https://support.industry.siemens.com/cs/products/6av2124-0gc01-0ax0/simatic-hmi-tp700-comfort?pid=127118&mlfb=6AV2124-0GC01-0AX0&mfn=ps&lc=en-DK>

Siemens. (n.d.). *PROFINET in the manufacturing industry*.

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/profinet/manufacturing-industry.html>

STEK. (n.d.). *IP - luokitus*. Perustietoa sähköstä. Sähköjärjestelmät.

<https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkojarjestelmat/ip-luokitus/>

Sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön

yhdenmukaistamisesta 2014/30/EU. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL_2014_096_R_0079_01&from=EN

Sähköinfo Severi. (2019). ST-käsikirja 30 Sähkötekniisiä taulukoita. Katsottu 16.11.2020 osoitteesta <https://severi.sahkoinfo.fi/item/2337?search=johdonsuoja>

Sähkönumerot.fi. (n.d.). Pääkytkin -T5B-3-8342/EA/SVB-Eaton. Haettu 16.11.2020 osoitteesta <https://www.sahkonumerot.fi/3632041>

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016.

<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20161135?toc=1>

Theengineeringknowledge. (2019). *Introduction to the Central Processing Unit (CPU) of PLC*. Katsottu 2.12.2020 osoitteesta <https://www.theengineeringknowledge.com/introduction-to-the-central-processing-unit-cpu-of-plc/>

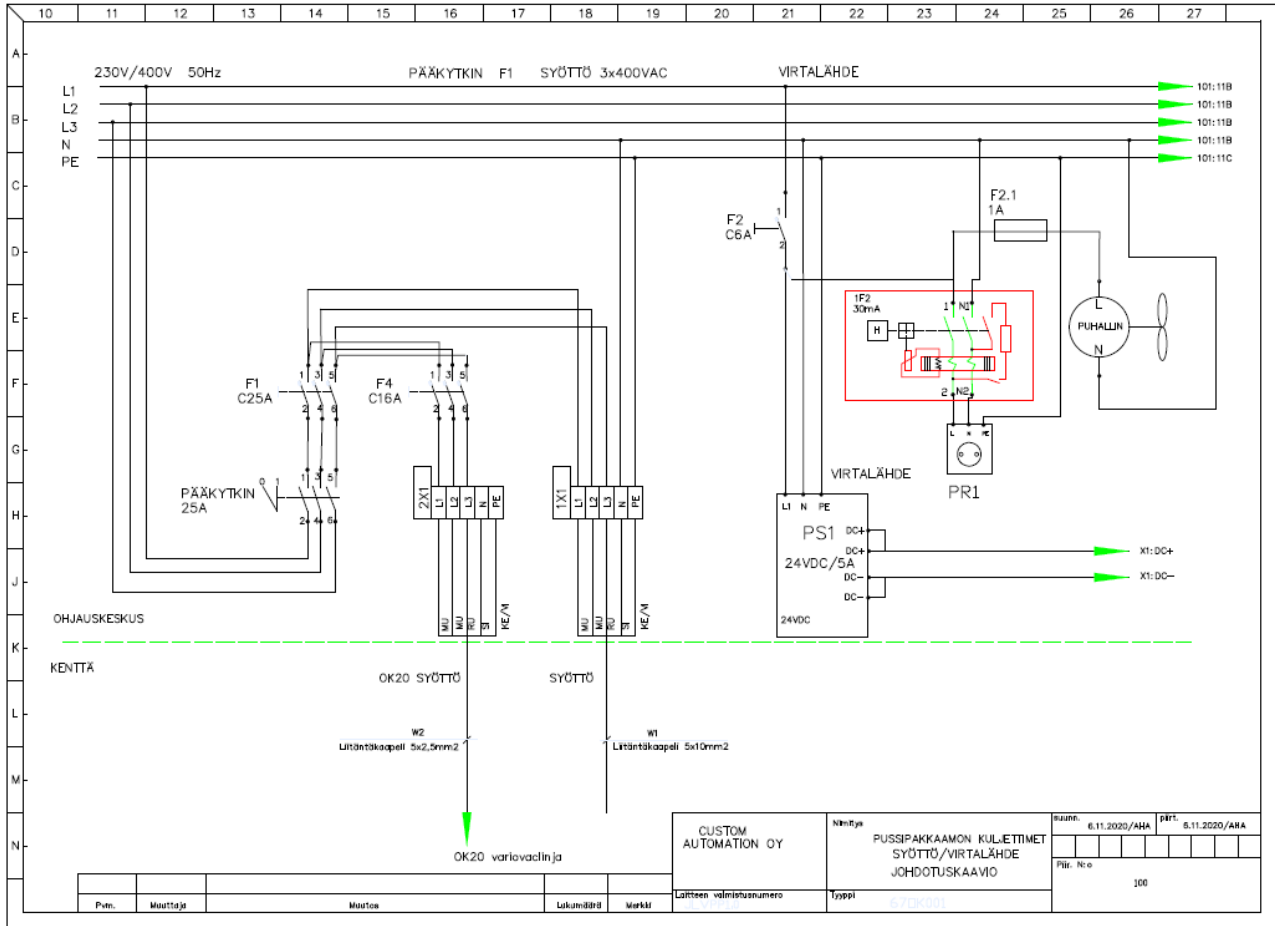
Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400#Lidp455303488>

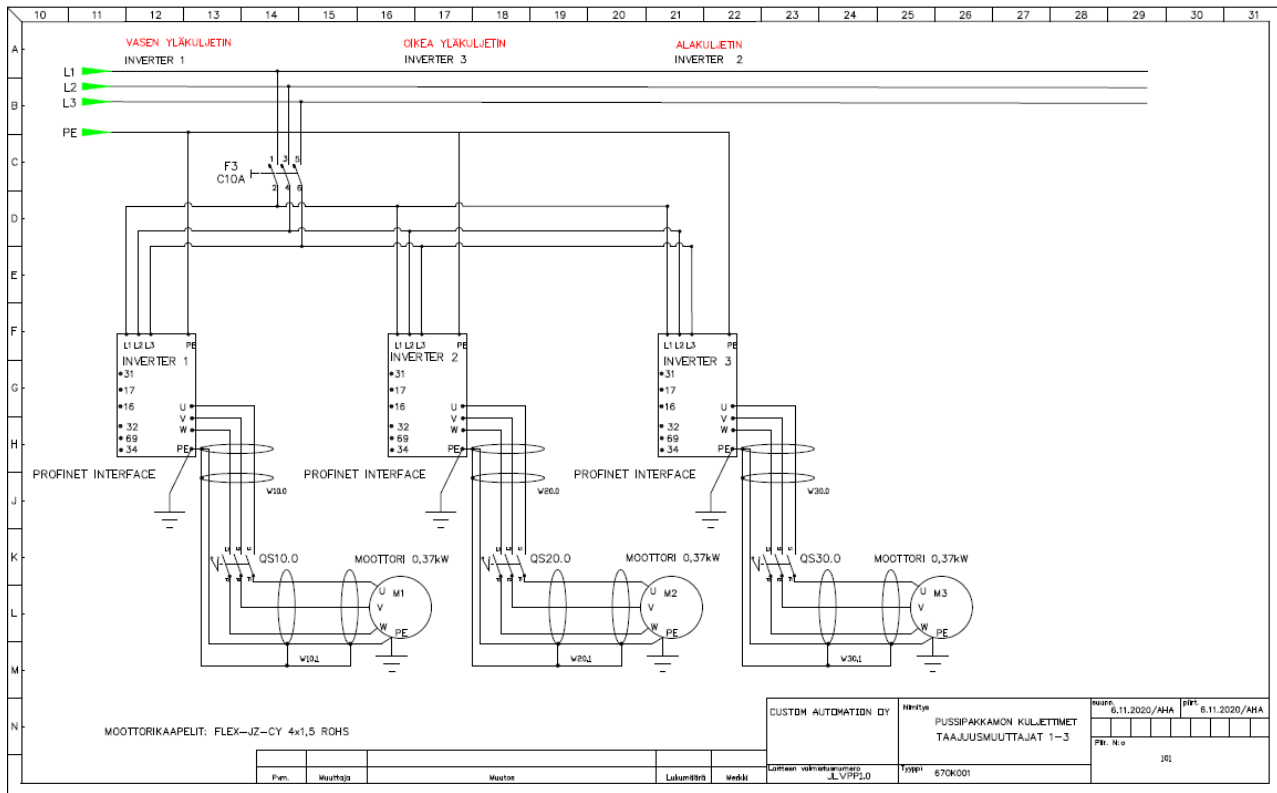
Yleiselektroniikka. (2020). *Cat5 vs Cat6 vs cat7 - RJ45 kaapelit vertailussa*.

<https://www.yeint.fi/cat-kaapelit-vertailussa>

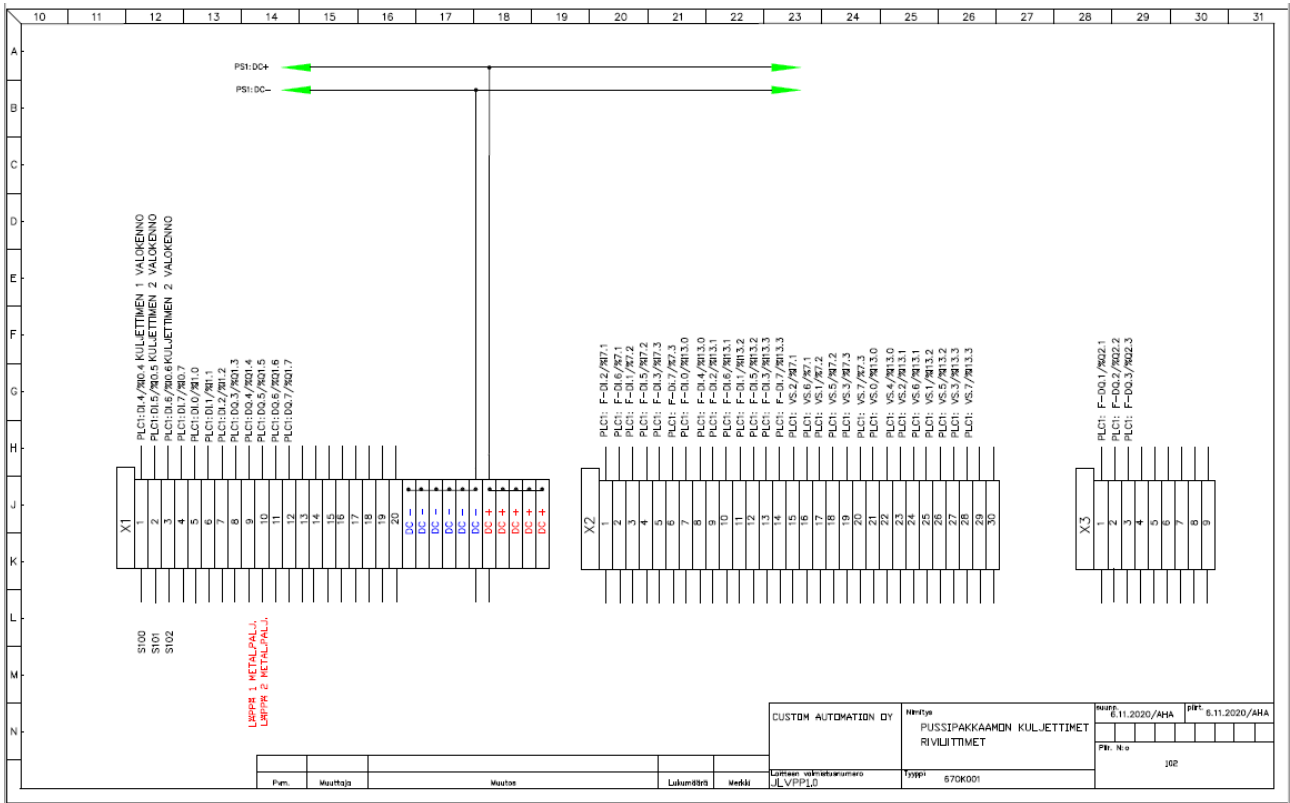
Liite 1: 67OK001 jännitteenjako



Liite 2: 67OK001 moottorikäytöt 1-3



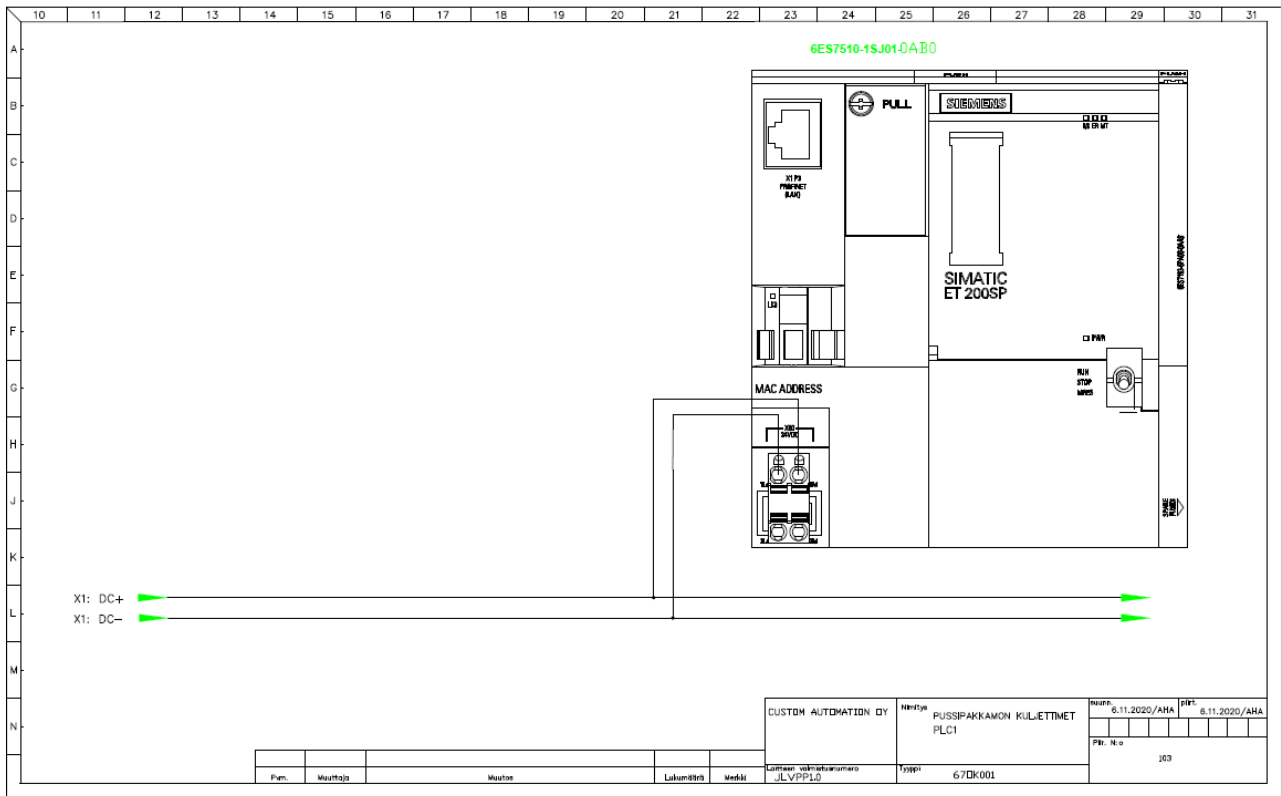
Liite 3: 67OK001 riviliittimet



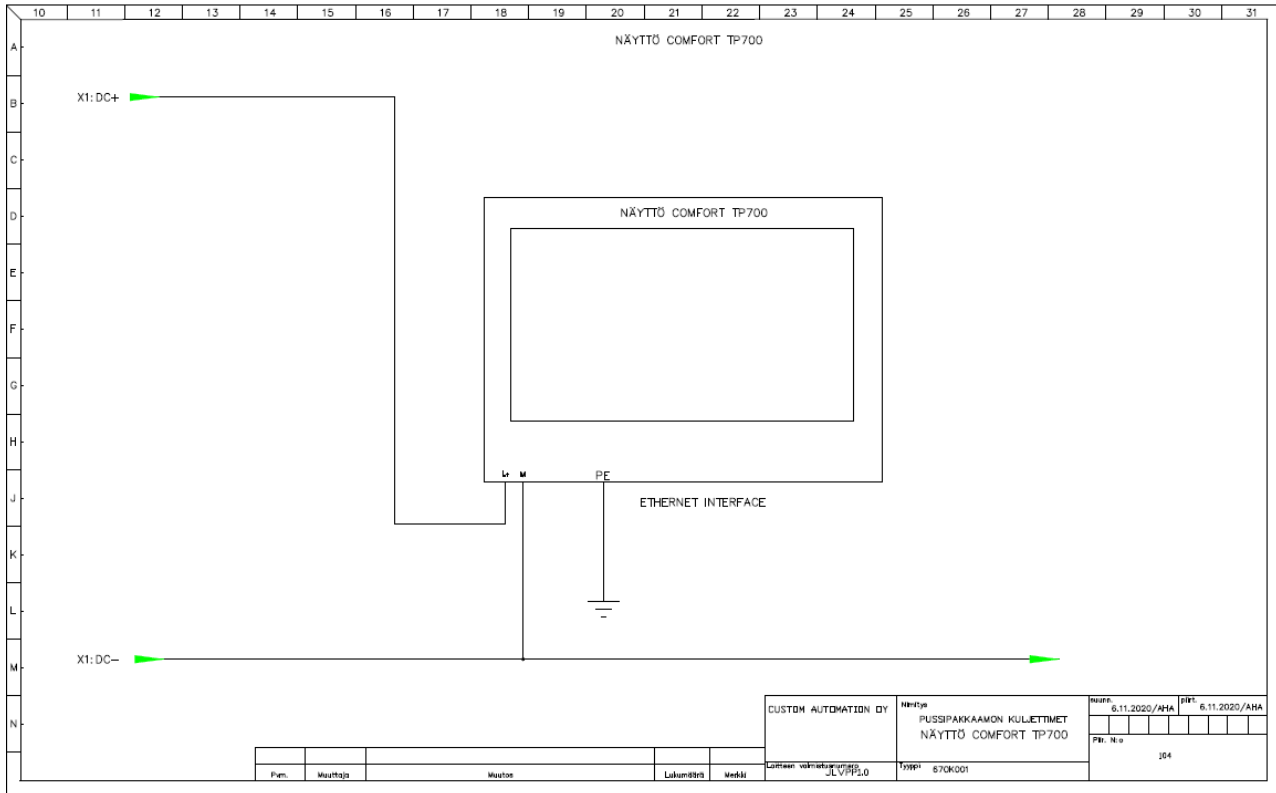
CUSTOM AUTOMATION OY		Nimi: PUSSIPAKKAAMIN KULJETTIMET RIVILIITTIMET		Päivä: 6.11.2020/AHA		Pilt: 6.11.2020/AHA	
Laitteen valmistusnumero: JLVP110		Tyyppi: 67OK001		Piv. N:o: 102			

Pm.	Maattaja	Muutos	Lukumäärä	Modi
-----	----------	--------	-----------	------

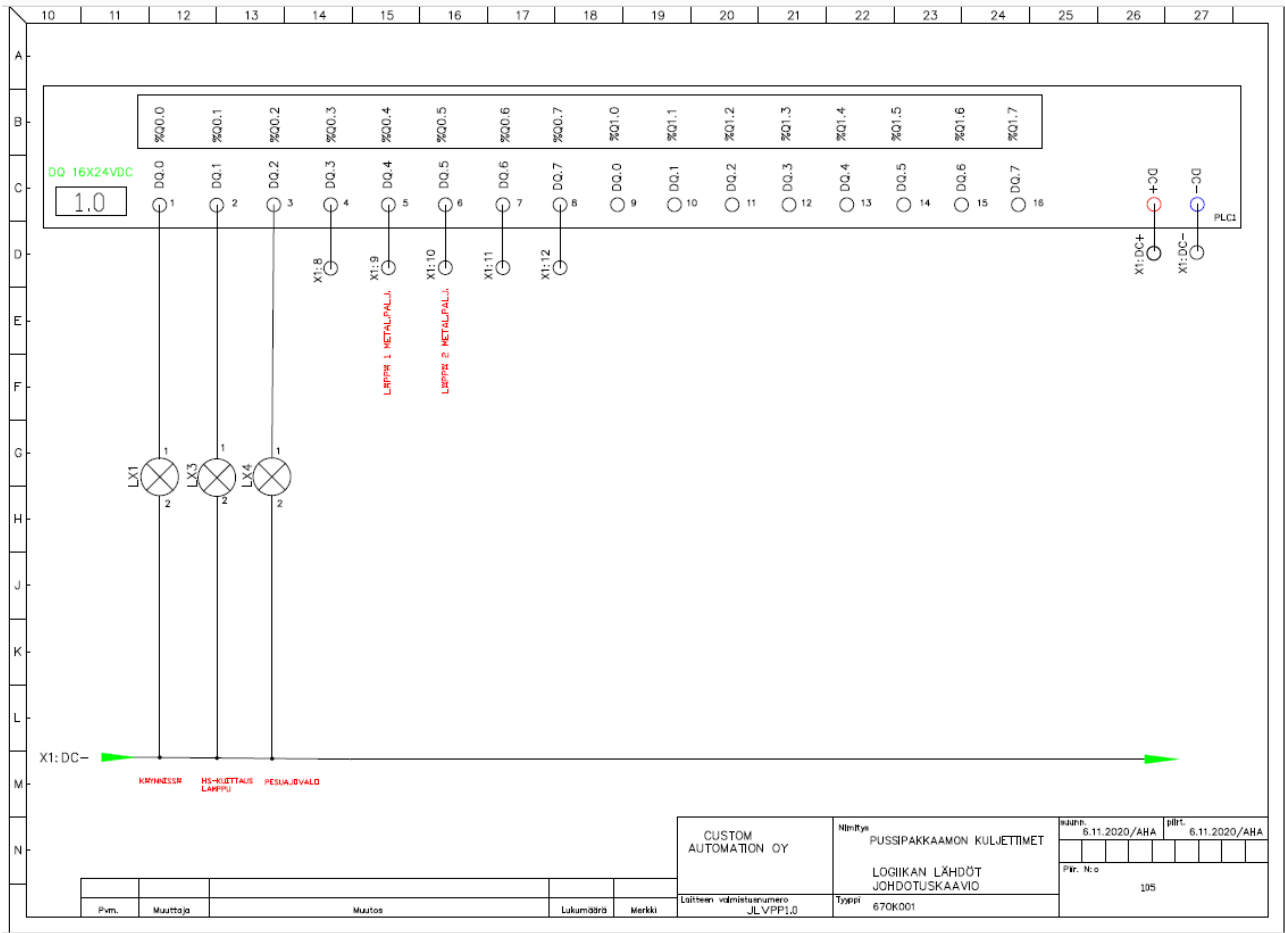
Liite 4: 67OK001 PLC1



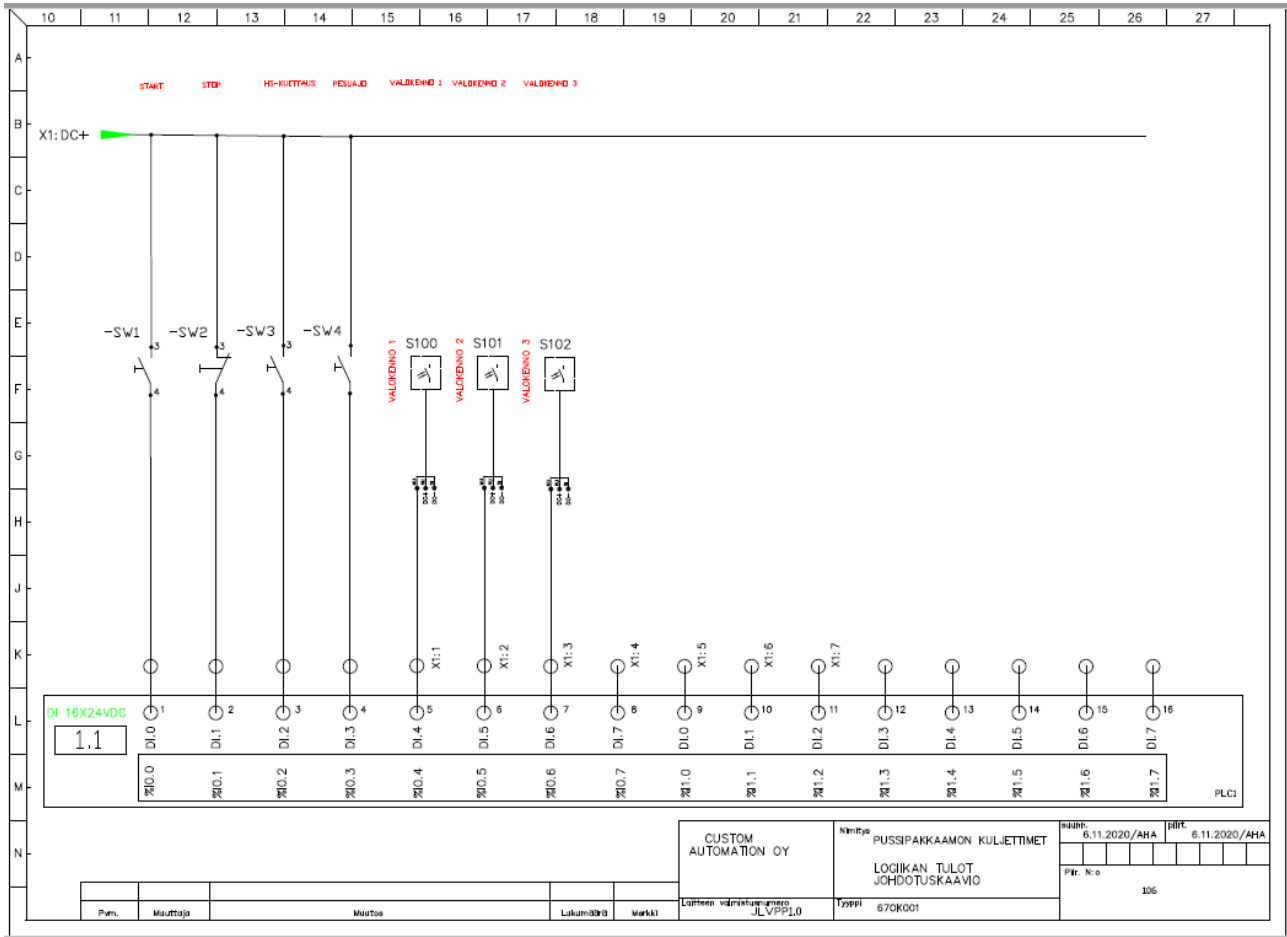
Liite 5: 67OK001 HMI näyttö



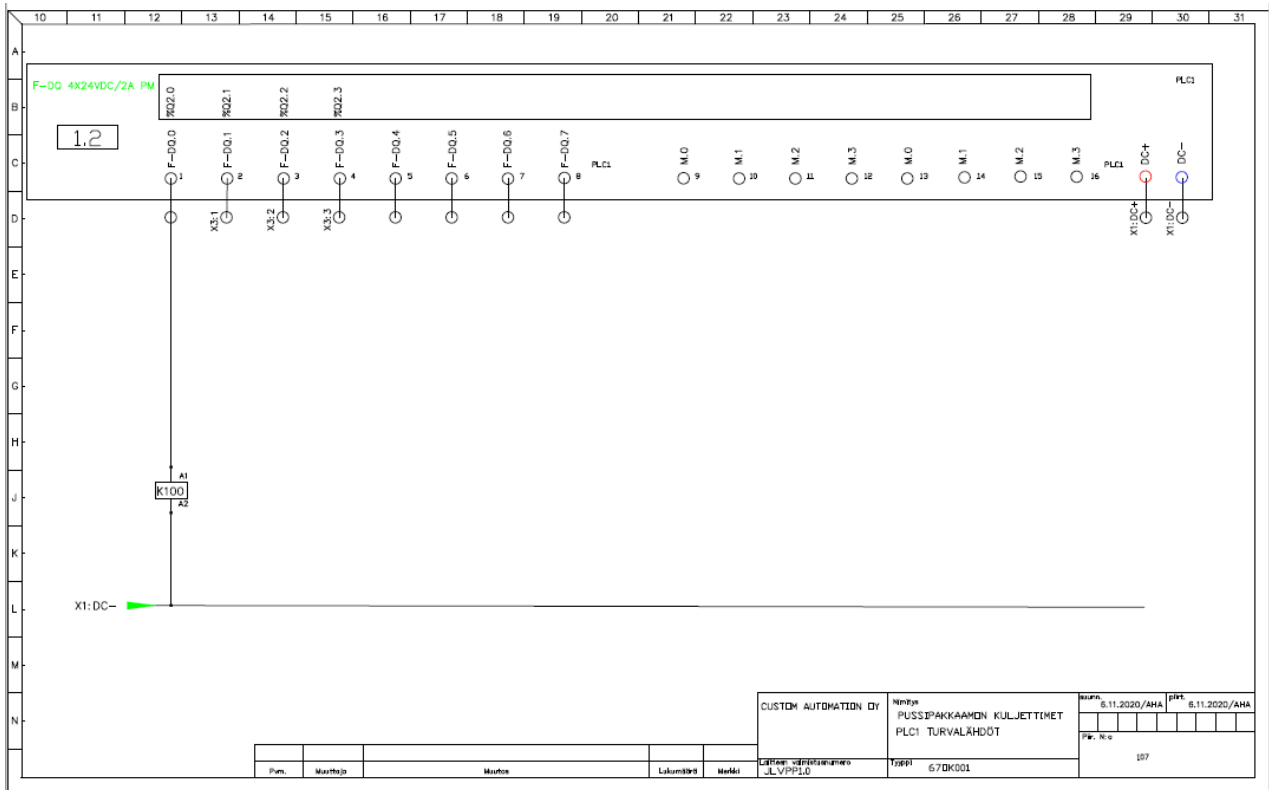
Liite 6: 67OK001 digitaalilähtökortti 1.0



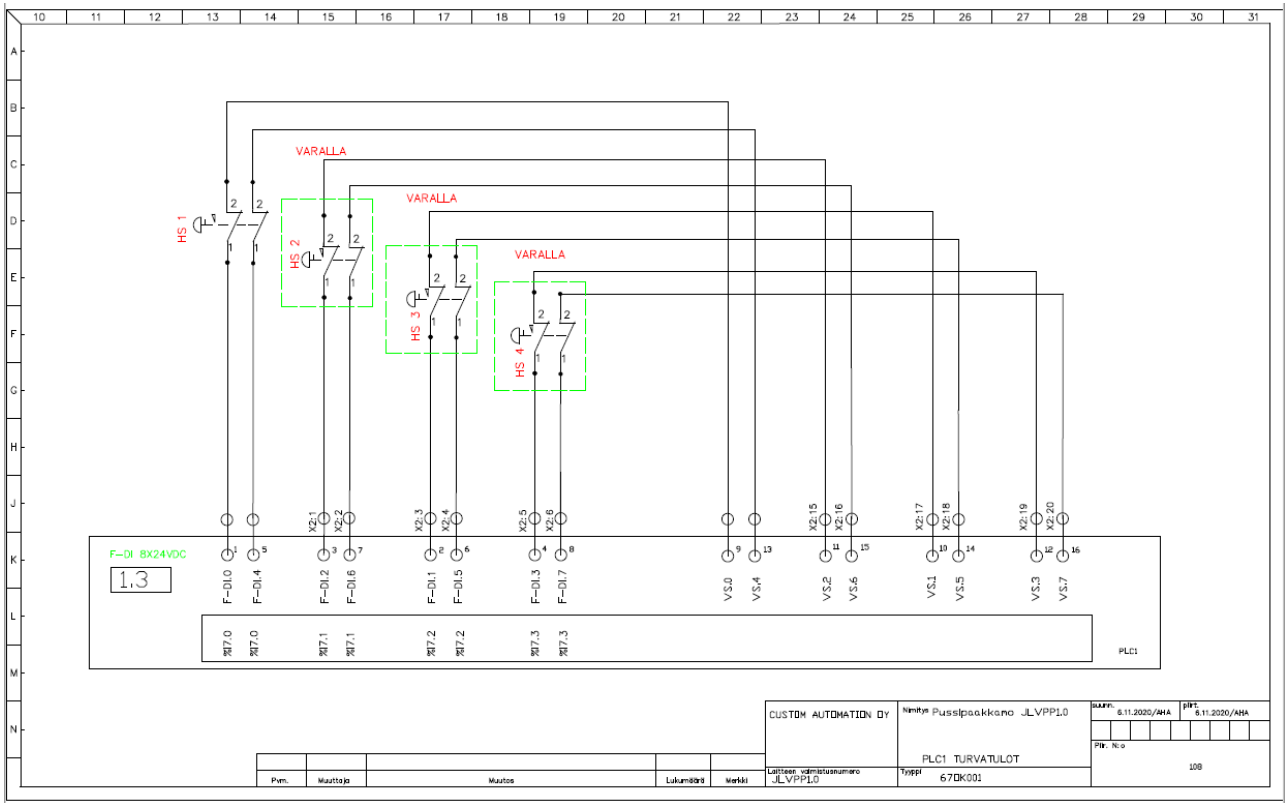
Liite 7: 67OK001 digitaalitulokortti 1.1



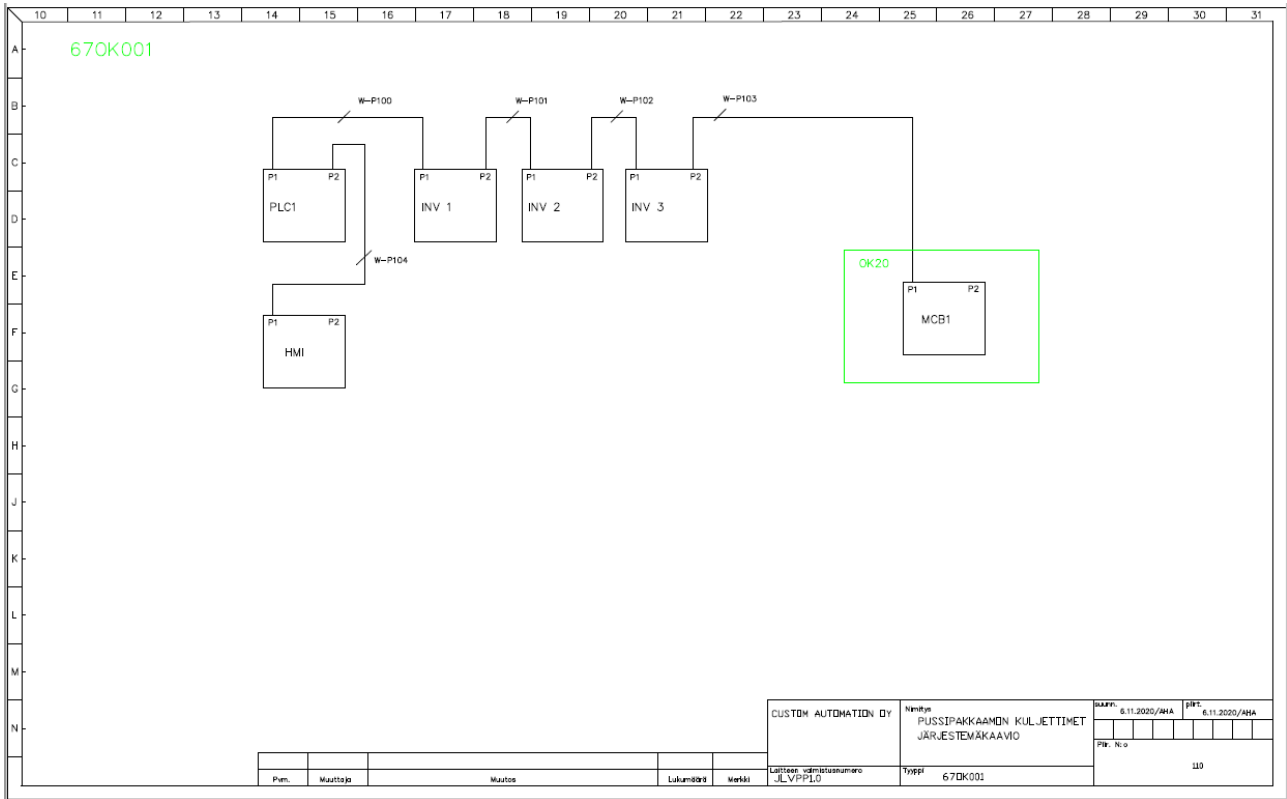
Liite 8: 67OK001 turvalähtökortti 1.2



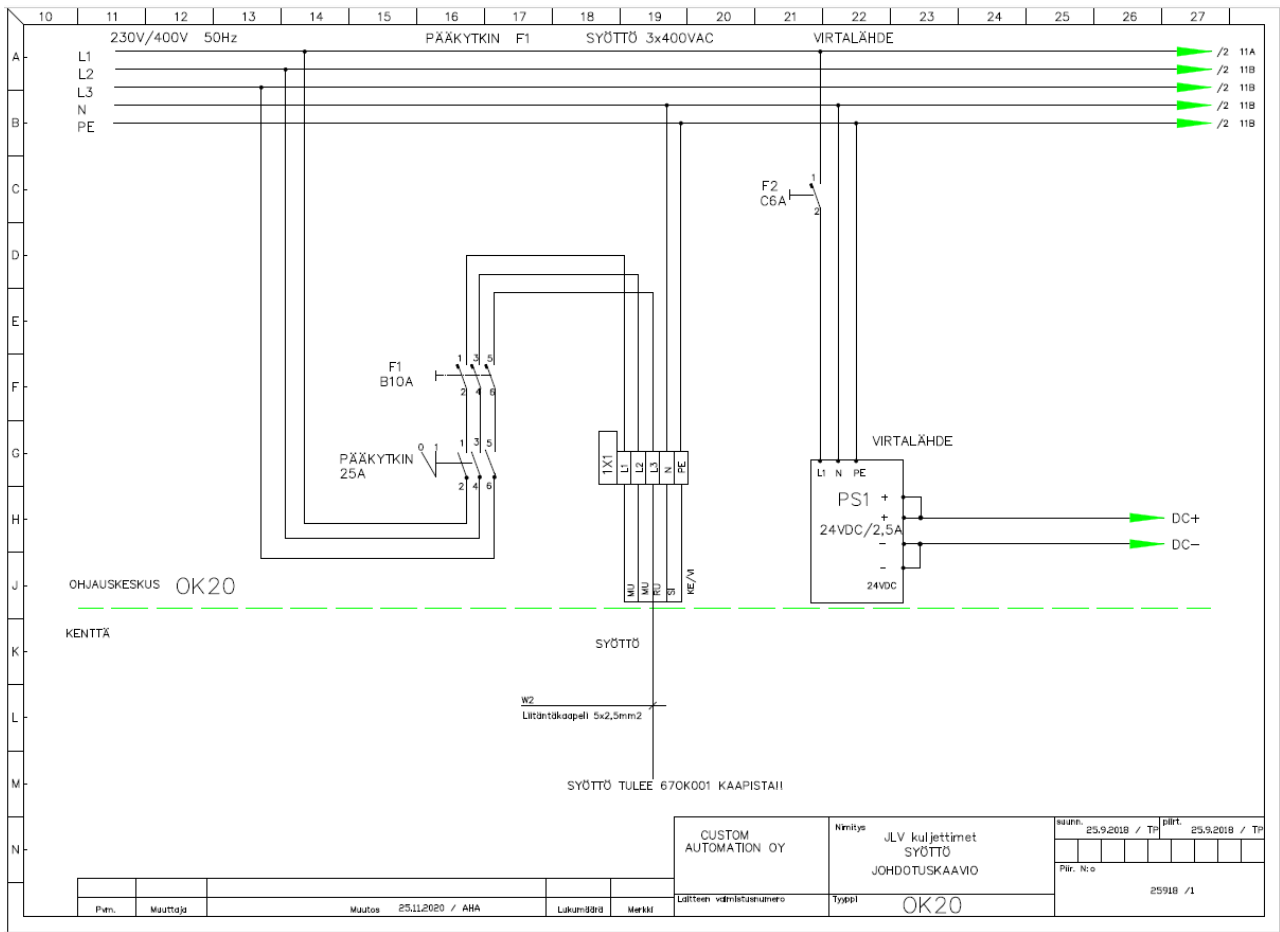
Liite 9: 67OK001 turvatulokortti 1.3



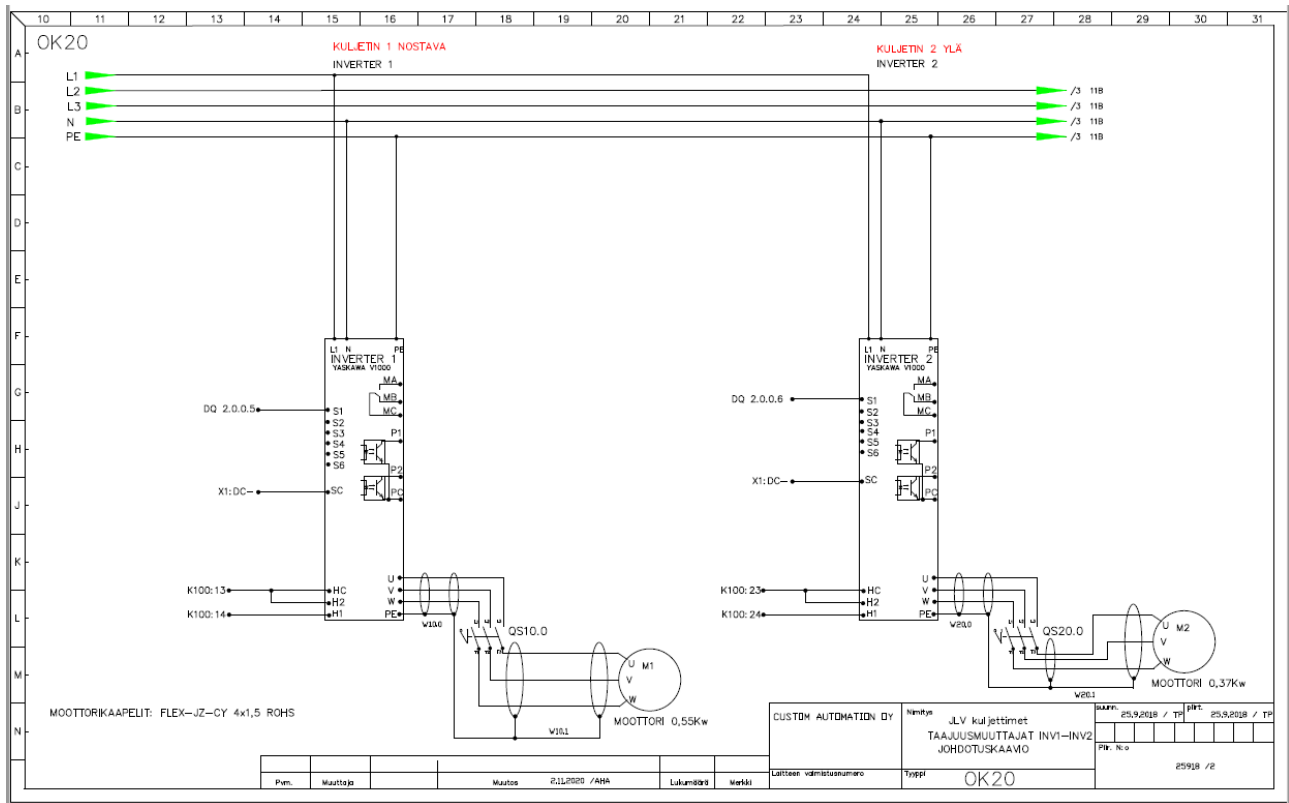
Liite 10: Järjestelmäkaavio PROFINET väylästä



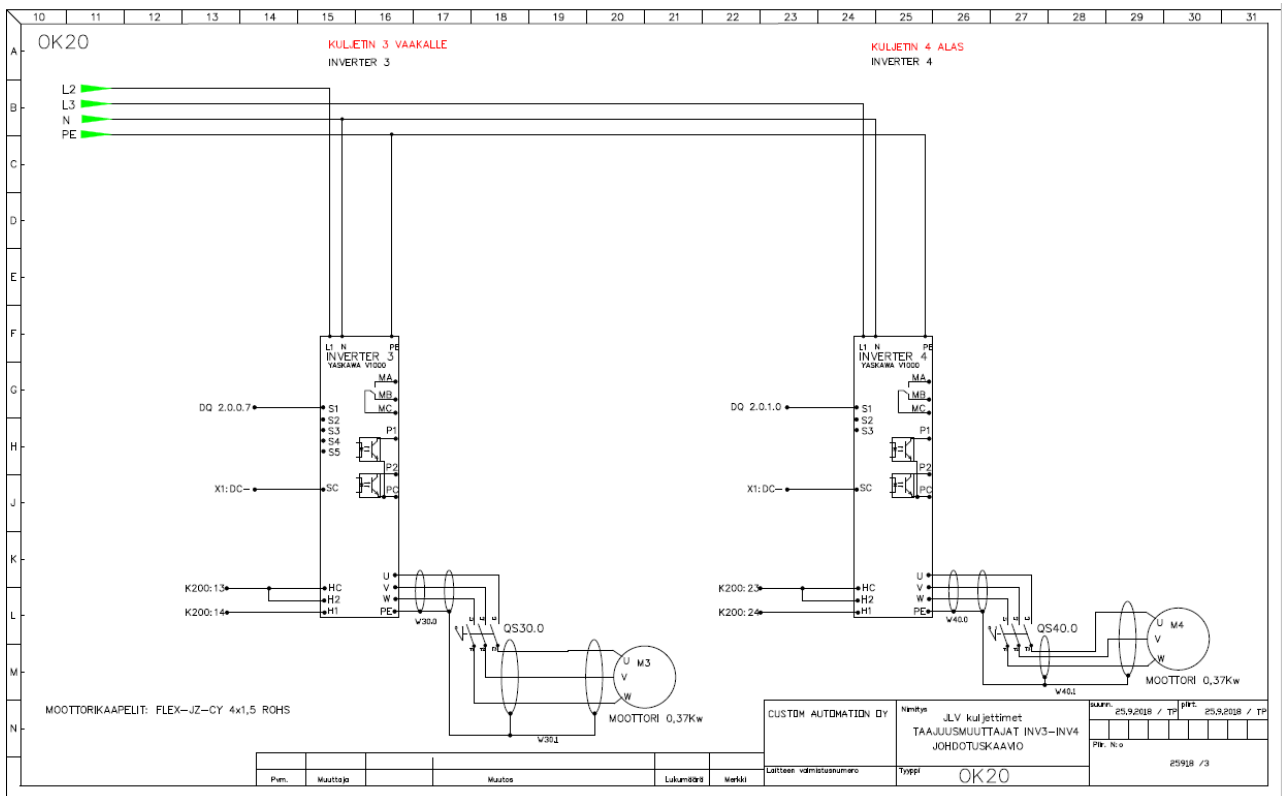
Liite 11: OK20 jännitteenjako



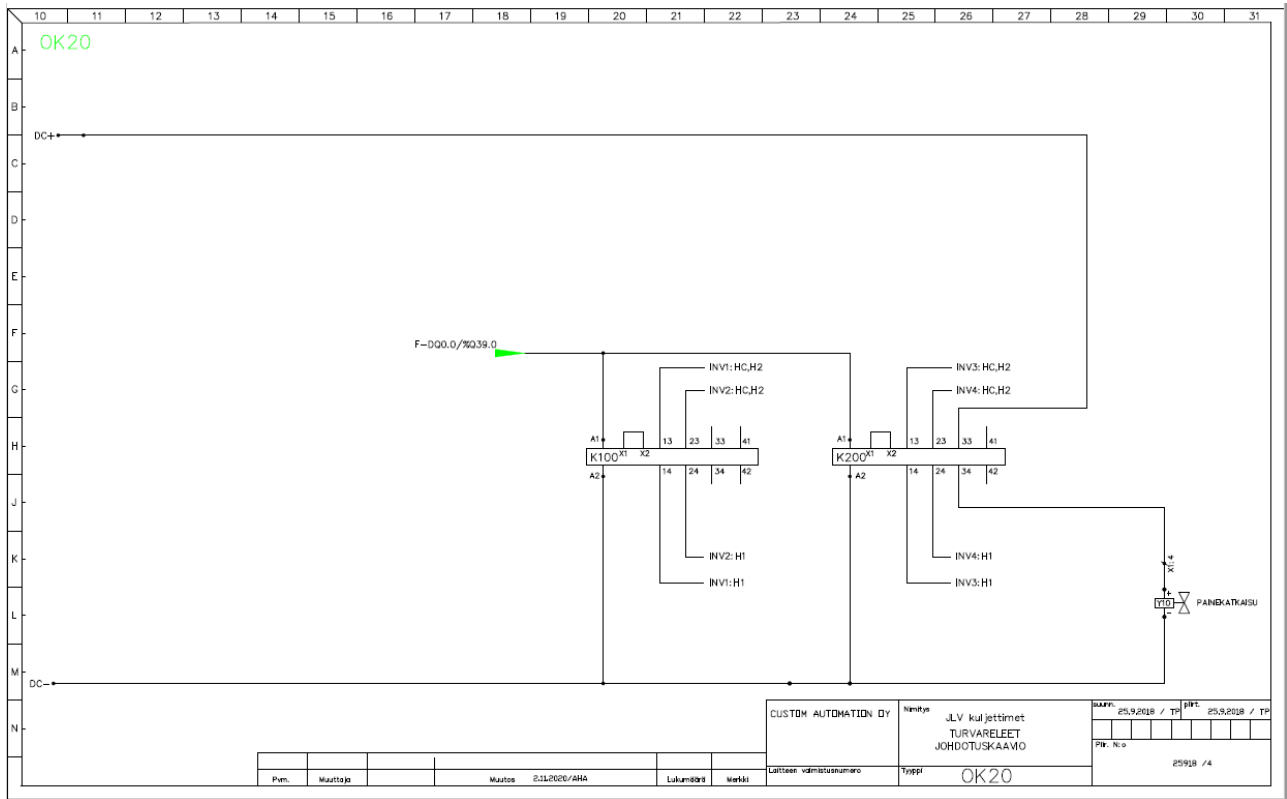
Liite 12: OK20 moottorikäytöt 1-2



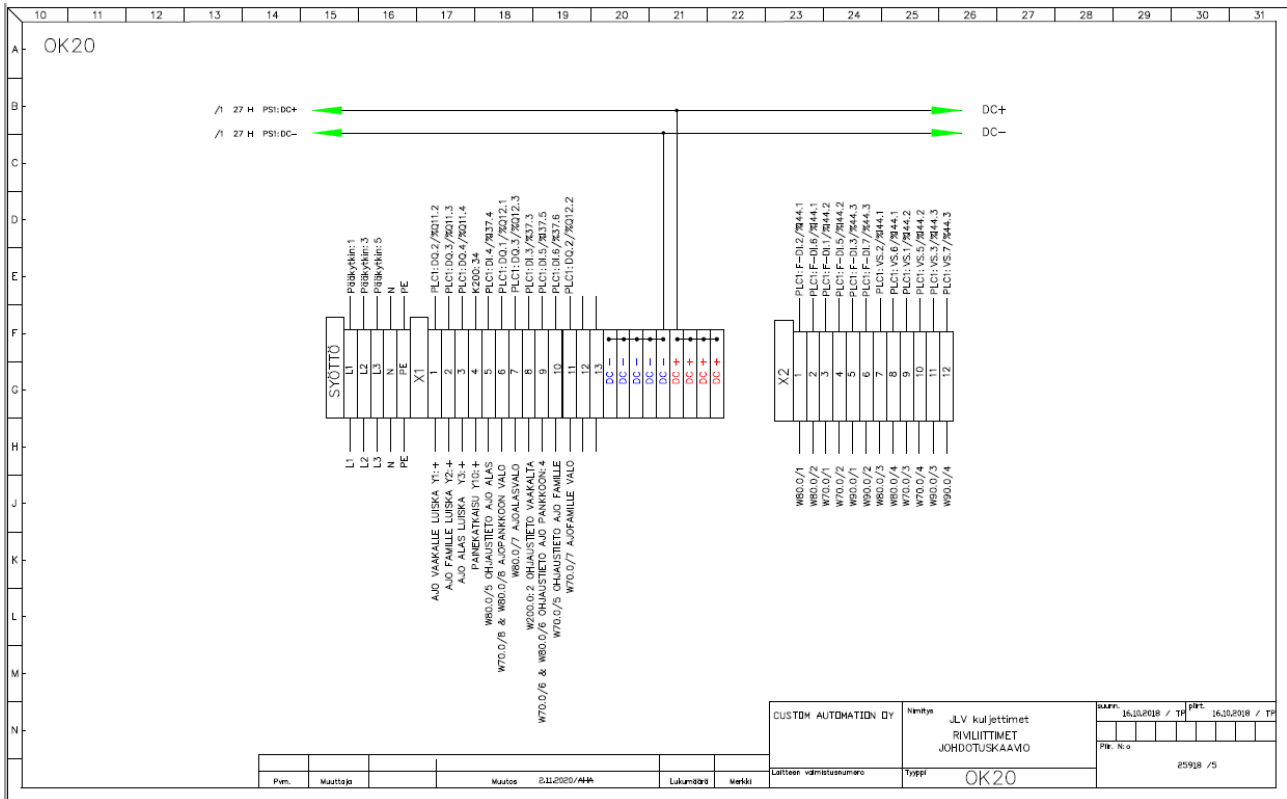
Liite 13: OK20 moottorikäytöt 3-4



Liite 14: OK20 turvareleet



Liite 15: OK20 riviliittimet

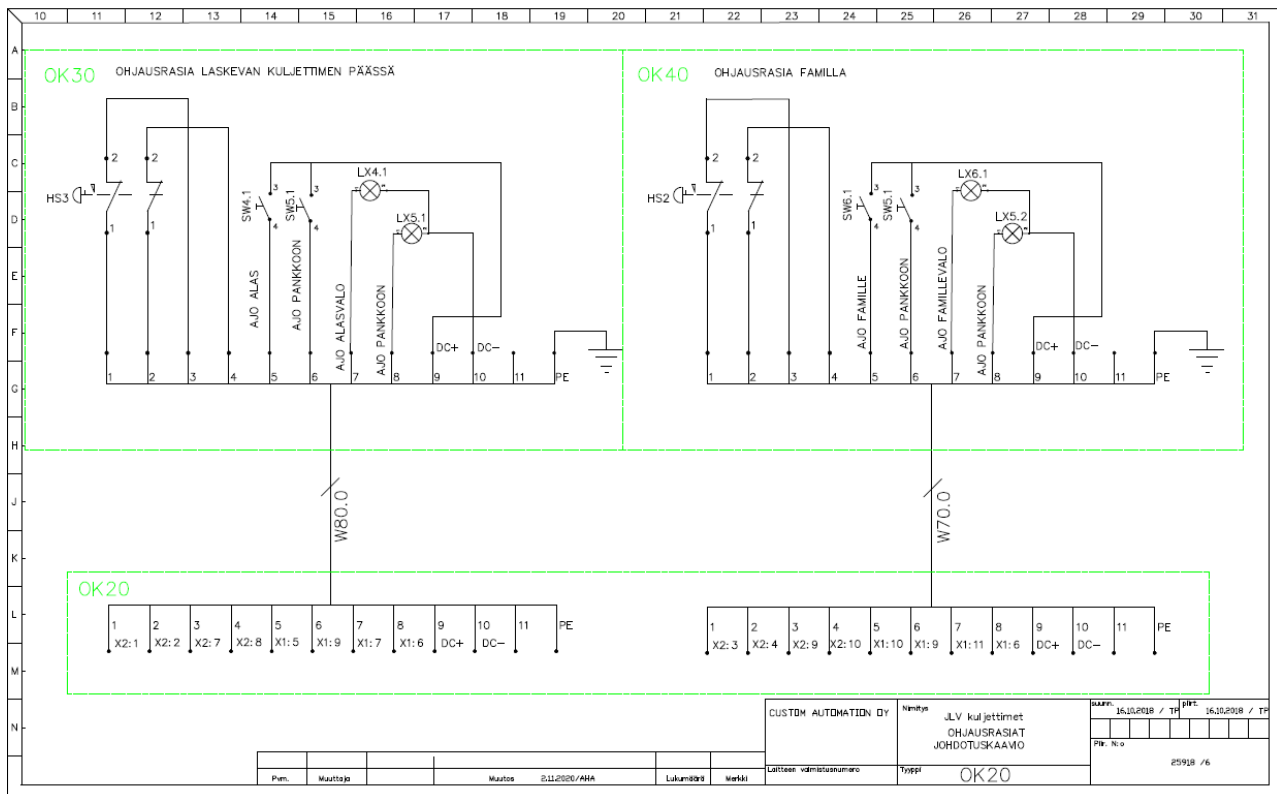


Pvm.	Muuttaja	Muutos	2.11.2020/AM	Lukumaara	Kierrokki
------	----------	--------	--------------	-----------	-----------

CUSTOM AUTOMATION OY	Nimi	JLV kuljettimet
	RIVILIITTIMET	
	JOHDOTUSKAAVIO	
Laiteen valmistusnumero	Tyyppi	OK20

osasto	16.10.2018	TH	16.10.2018	TH
Pw. No	25998 / 5			

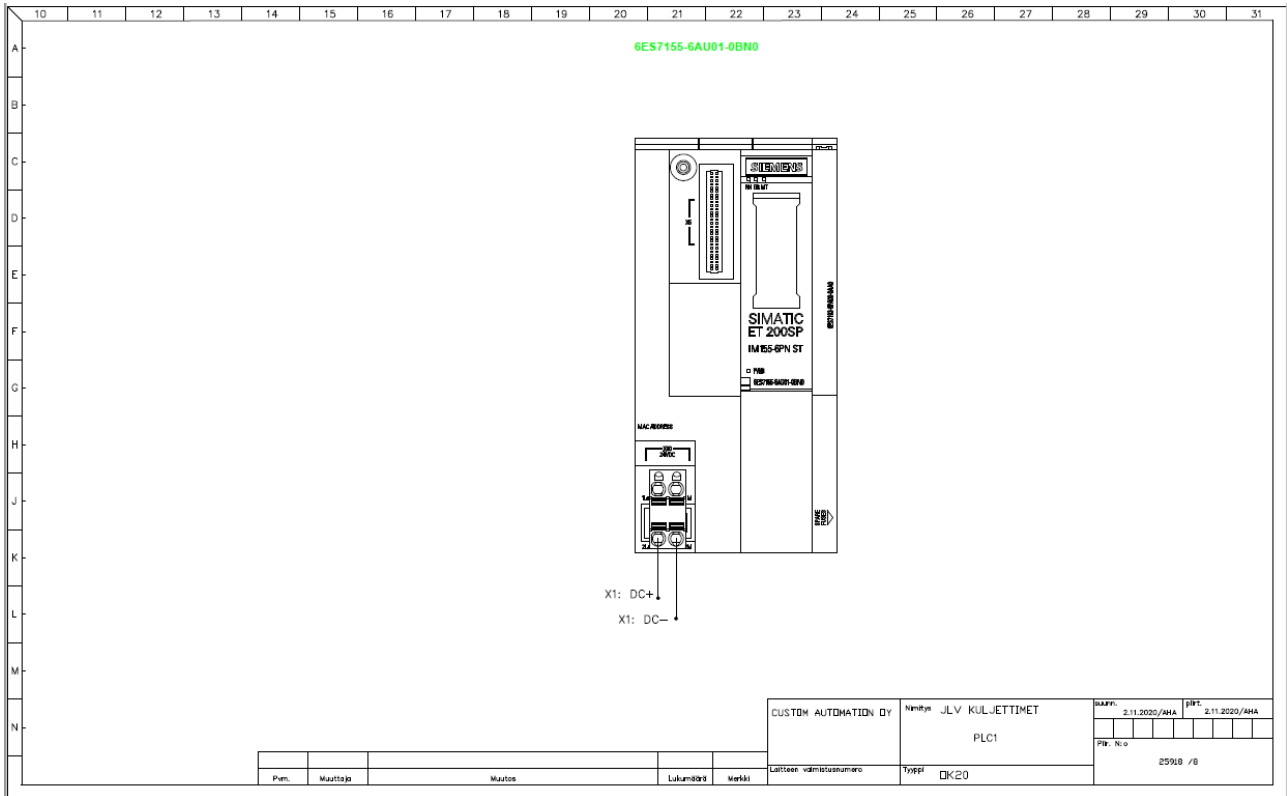
Liite 16: OK20 ohjausrasiat



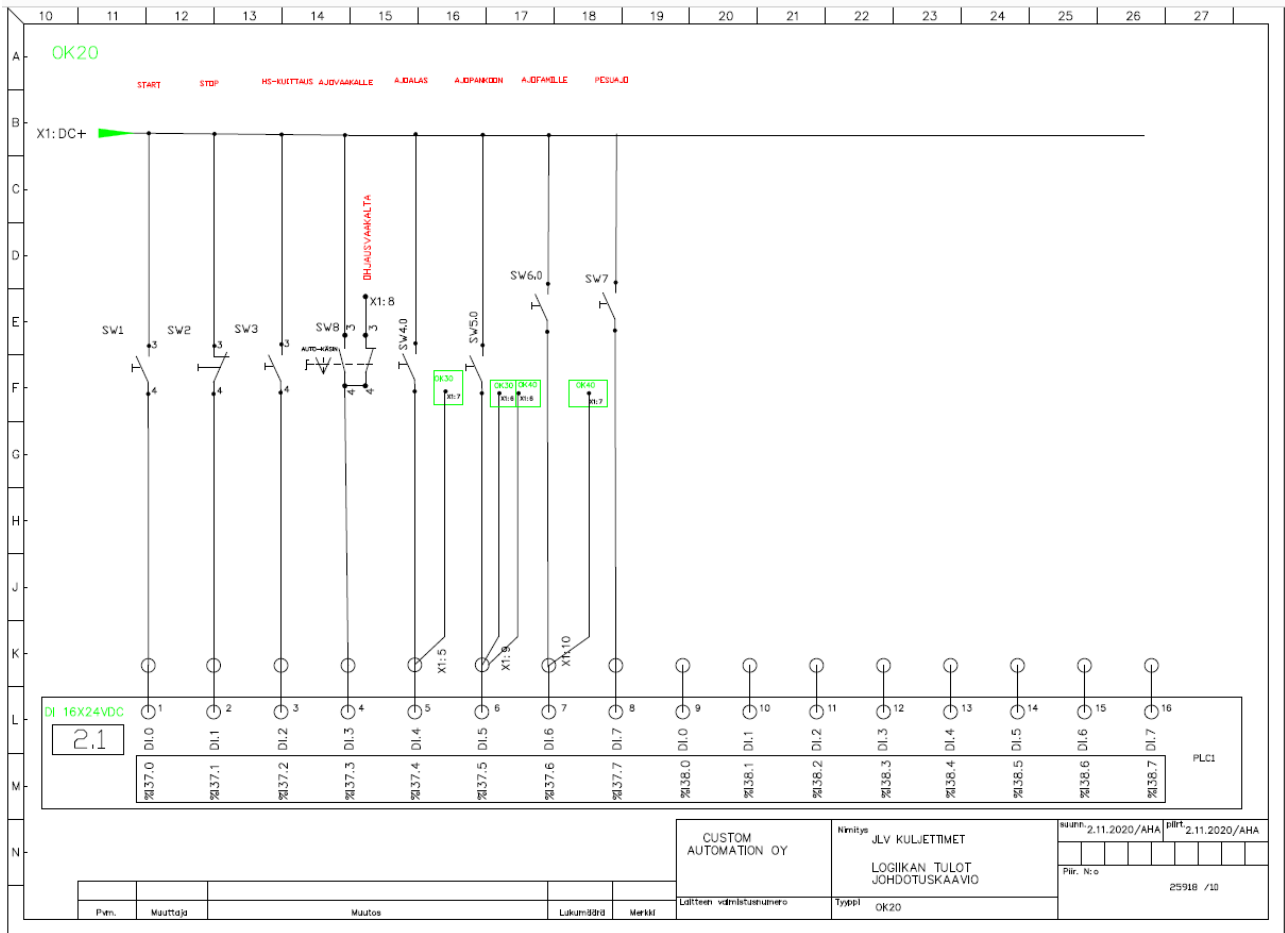
CUSTOM AUTOMATION OY	Nimi	JLV kuljettimet OHJAUSSASIA JOHDOTUSKAAVIO	kuusi	16.10.2018 / TH	16.10.2018 / TH
	Laitteen valmistusnumero	Tyyppi	OK20	Proj. No	25918 / 6

Pvm.	Muuttaja	Muutos	0.11.2020/ANA	Lukumaar	merkki
------	----------	--------	---------------	----------	--------

Liite 17: OK20 interface module/ MCB1

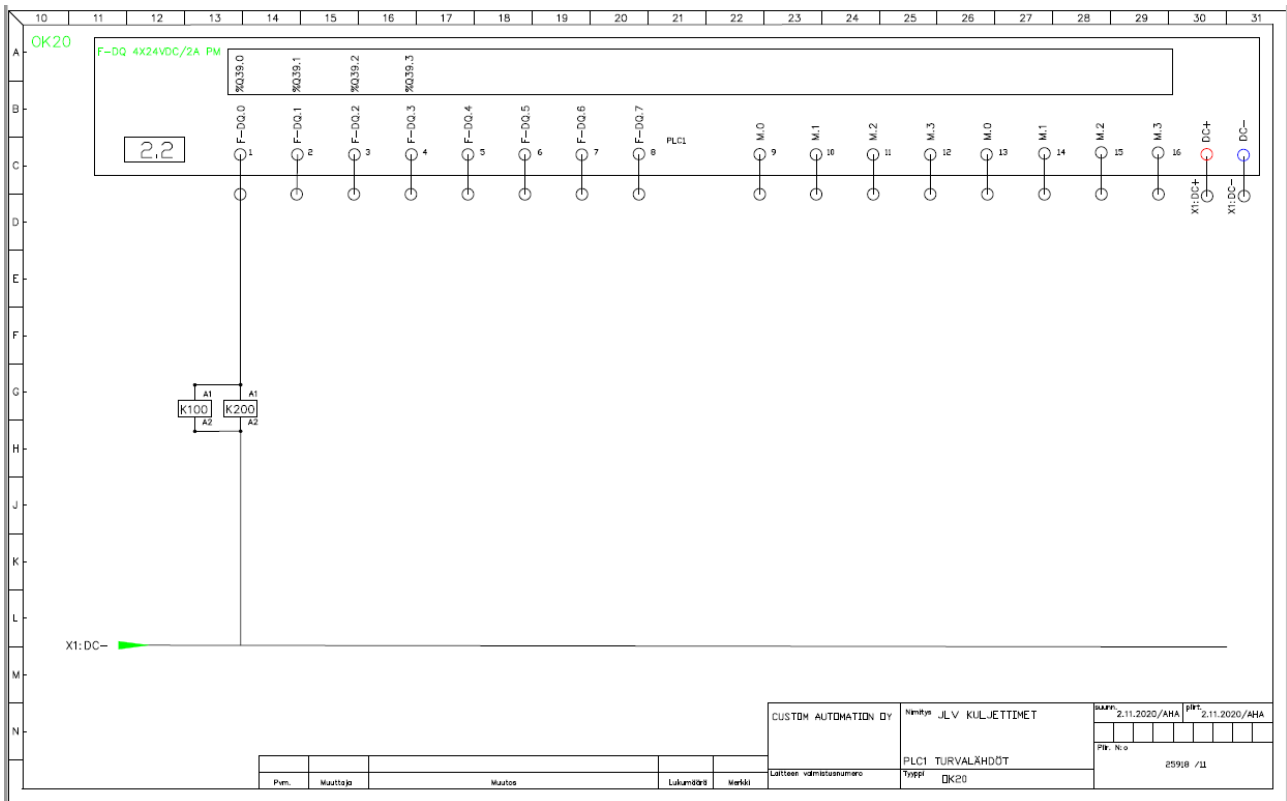


Liite 19: OK20 digitaalitulokortti 2.1



CUSTOM AUTOMATION OY		Nimitys JLV KULJETTIMET	muut. 2.11.2020/AHA	PIRT 2.11.2020/AHA
LOGIKAN TULOT JOHDOTUSKAAVIO		Plir. No	25918 /10	
Pvm.	Muuttaja	Muutos	Lukumäärä	Merkit
Laitteen valmistusnumero		Tyyppi	OK20	

Liite 20: OK20 turvalähtökortti 2.2



Liite 21: OK20 turvatulokortti 2.3

