

Bulkkikuljettimen automatisointi

Tuomo Siltanen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2011

Automaatiotekniikka
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) SILTANEN, Tuomo	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 21.11.2011
	Sivumäärä 80	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi BULKKIKULJETTIMEN AUTOMATISOINTI		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikka		
Työn ohjaaja(t) HÄKKINEN, Veli-Matti		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän ammattikorkeakoulu, logistiikkayksikkö		
Tiivistelmä <p>Työn tarkoituksena oli automatisoida vanha kontaktoriohjattu kuljetinjärjestelmä. Kuljetinjärjestelmää käytettiin opetustarkoitukseen. Järjestelmän oli tarkoitus säilyä ulkoisesti samanlaisena kuin ennen automatisointia. Lisäksi työn tarkoituksena oli luoda pohja tulevaisuudessa toteutettavalle etäkäyttömahdollisuudelle.</p> <p>Työ alkoi sähkösuunnittelulla. Tämän jälkeen vanhat kytkennät purettiin ja uudet kytkennät tehtiin. Laitteistoon lisättiin virtamittamuuntajat ja kosketusnäyttö. Lisäksi järjestelmässä ollut vaaka kalibroitiin.</p> <p>Järjestelmän aiemmin kontaktoreilla toteutettu toiminnallisuus tehtiin logiikkaa ohjelmoimalla. Uutena toiminnallisuutena järjestelmään toteutettiin kuljetinten automaattiajo turvallista ja helppoa operointia varten.</p> <p>Automatisoinnin jälkeen järjestelmä tarjoaa logistiikkayksikölle modernimman opetusympäristön. Lisäksi automaation koulutusohjelma pääsee hyödyntämään järjestelmää omassa opetuksessaan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Bulkkikuljetinjärjestelmä, automaatio, logistiikka,		
Muut tiedot		



Author(s) SILTANEN, Tuomo	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 21112011
	Pages 80	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title AUTOMATIZATION OF THE BULK CONVEYOR SYSTEM		
Degree Programme DEGREE PROGRAMME IN AUTOMATION ENGINEERING		
Tutor(s) HÄKKINEN, Veli-Matti		
Assigned by JAMK University of Applied Sciences, Department of Logistics		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to automate the old conveyor system which was controlled by contactors. The conveyor system was used for teaching purposes. The system was supposed to remain outwardly the same as before the automation. In addition, the work was intended to create the basis for remote access.</p> <p>The work began by doing an electrical design. After this, the old wiring was removed and a new wiring was made. The current transducers and a touch screen were added to the system. In addition, there was a scale in the system which was calibrated.</p> <p>The system previously implemented functionality The previously implemented functionality of the system was made by programming the logic. As a new functionality of the system an automatic drive was added to achieve the safe and easy operating.</p> <p>After the automation, the system offers a more modern teaching environment for the department of logistics. In addition, the degree program in automation engineering can take advantage of the system in their own teaching.</p>		
Keywords conveyor system, automation, logistics		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 LÄHTÖTILANNE	4
1.1 Jyväskylän ammattikorkeakoulu	4
1.2 Opinnäytetyön tarkoitus.....	5
1.3 Kuljetinjärjestelmän yleiskuvaus	5
1.4 Kytkenät ja laitteet ennen automatisointia	9
1.4.1 Ohjausjärjestelmä	10
1.4.2 Taajuusmuuttajat	11
2 SUUNNITTELU	15
2.1 Valitut uudet komponentit.....	15
2.1.1 Logiikan komponentit	16
2.1.2 Virtamittamuuntajat	19
2.1.3 Ohjausnäyttö	19
2.2 Vanhan laitteiston puutteet ja automatisoinnin hyödyt.....	20
2.3 Logiikan osien valinta	20
2.4 Logiikan sijoittaminen	21
2.5 Purkutyöt	22
2.6 Automatisoinnissa tehdyt kytkennät ja asennukset.....	23
2.6.1 Johdinreitit.....	23
2.6.2 Jakokeskuksen kytkennät	24
2.6.3 Kuljetinten yhteislukitukset	25
2.6.4 Kuljettimien kytkennät	25
2.6.5 Taajuusmuuttajan kytkennät ja ohjelmointi	27
2.6.6 Virtamittamuuntajan kytkennät	28
2.7 Vaa'an kalibrointi ja määrytykset	28

3 OHJELMOINTI.....	30
3.1 Simatic Manager	30
3.1.1 HW Configin määrittelyt	30
3.1.2 Perusrakenne.....	30
3.1.3 Suorakäynnistys.....	32
3.1.3.1 Käsikäyttö suorakäynnistyksellä	32
3.1.3.2 Taajuusmuuttajakäyttö suorakäynnistyksellä.....	34
3.1.4 Yhteiskäynnistys	37
3.1.4.1 Käsikäyttö	38
3.1.4.2 Taajuusmuuttajakäyttö.....	40
3.1.5 Organisaatiolohko	42
3.1.5.1 Kuljetinten ohjaukset.....	42
3.1.5.2 Automaattiohjaus	44
3.1.5.3 Vaaka ja virtamittausmuunnokset	46
3.1.6 Yksittäisten kuljetinten ohjaukset	47
3.1.7 Automaattisekvenssit	49
3.2 Simatic WinnCC Basic V11	54
4 TAVOITTEEN ARVIOINTIA JA IDEOITA JATKOA VARTEN.....	59
4.1 Tavoitteen arvionti	59
4.2 Jatkokehitysideat.....	60
4.2.1 Yleiset toimenpiteet.....	60
4.2.2 Etäkäytön toteuttaminen	62
4.3 Laitteiston hyödyntäminen automaatio-opetuksessa	63
LÄHTEET.....	66
LIITTEET.....	67
Liite 1. IO-luettelo.....	68

	3
Liite 2. Jakokeskus 4.1	69
Liite 3. Jakokeskus 4.1	70
Liite 4. Ohjauskeskus OK-1.....	71
Liite 5. Yhteislukitukset	72
Liite 6. Hihnaeleavaattori.....	73
Liite 7. Ruuvikuljetin	74
Liite 8. Hihnakuuljetin	75
Liite 9. Ketjukuljetin	76
Liite 10. Lokerosyötin	77
Liite 11. Tärysiirrin	78
Liite 12. Merkkilamput	79
Liite 13. Logiikan layout	80

KUVIOT

KUVIO 1. Bulkkikuljetinjärjestelmä	6
KUVIO 2. Taajuusmuuttajan kytkennät	13
KUVIO 3. Taajuusmuuttajan NPN- ja PNP.kytkenät virtaviestillä	14
KUVIO 4. Binääritulokortti.....	17
KUVIO 5. Binäärilähtökortti.....	17
KUVIO 6. Analogiatulo – kytkentä virtamittauksella.....	18
KUVIO 7. Analogialähtö – kytkentä virtaviestillä.....	18
KUVIO 8. Virtamittamuuntajan kytkentä	19
KUVIO 9. Lohko merkkivalon vilkuttamiseksi	30
KUVIO 10. Tietokanta DB1.....	31
KUVIO 11. Käsikäynnistys suorakäynnistyksessä.....	33
KUVIO 12. Taajuusmuuttajakäynnistys suorakäynnistyksessä	36
KUVIO 13. Luvat taajuuden alas ja ylös laskemiseksi	37
KUVIO 14. Käsikäyttö yhteiskäynnistyksessä	39
KUVIO 15. Taajuusmuuttajakäyttö yhteiskäynnistyksessä.....	41
KUVIO 16. Hihnaeleavaattorin ohjauslohko	43
KUVIO 17. Tärysiirtimen ohjauslohko.....	44

	4
KUVIO 18. Automaattiajon käynnistyssekvenssi OB1:ssä	45
KUVIO 19. Automaattiajon sammutussekvenssi OB1:ssä	46
KUVIO 20. Vaa'an ja virtamittauksen lohkot.....	47
KUVIO 21. Osa automaattikäynnistyssekvenssiä.....	50
KUVIO 22. OB100 Alustukset.....	51
KUVIO 23. OB100 – Automaattisekvenssin alustavan bitin asetaminen	52
KUVIO 24. Osa automaattisammutussekvenssiä	53
KUVIO 25. Kuljettimen alasajo	54
KUVIO 26. Liitetyt laitteet - ProfiNet-liitäntä.....	55
KUVIO 27. Yhteyden muodostus.....	55
KUVIO 28. Kosketusnäytön näkymä käyttäjälle	56
KUVIO 29. Tagitaulukko	57
KUVIO 30. I/O-kentän liittäminen tagiin	58
KUVIO 30. I/O-kentän näkyvyyismäärittely	58

1 LÄHTÖTILANNE

1.1 Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Jyväskylän ammattikorkeakoulu on Keski-Suomessa toimiva ammattikorkeakoulu. Sen toimipisteet sijaitsevat Jyväskylässä ja Saarijärvellä. Opiskelijoita ammattikorkeakoulussa on yli 8000. Pääkampus sijaitsee Jyväskylässä.

Ammattikorkeakoulu on rakentanut koulutusohjelmansa vastaamaan alueen yritysten tarpeita. Tämän vuoksi myös käytettävät laitteet ja järjestelmät opetuksessa on pidettävä ajan tasalla. Lisäksi ammattikorkeakoulu järjestää myös kansainvälisiä koulutusohjelmia. (JAMK, 2011)

Pääkampuksella pyörii logistiikan koulutusohjelma. Koulutusohjelman tavoite on antaa opiskelijalle valmiudet hyödyntää, kehittää ja johtaa logistisia järjestelmiä. Opiskelijalla on valittavanaan kolme suuntautumisvaihtoehtoa kuljetusjärjestelmät, materiaalinkäsittely ja Integrated Logistics Support.

Opiskelu sisältää laboratoriotöitä, joissa tutustutaan käytännössä alan työtehtäviin ja järjestelmiin. Laboratoriotöissä opiskelija pääsee aktiivisesti kehittämään omaa osaamistaan ja tekniikan tuntemustaan. (JAMK, 2011)

Yksi logistiikkayksikön laboratoriotöistä keskittyy kuljetinjärjestelmän havainnointiin, sen ajamiseen ja siihen tutustumiseen. Tämän järjestelmän avulla opiskelija tutustuu useampiin eri kuljetintyyppeihin ja niiden käyttötarkoituksiin. Lisäksi opiskelija pystyy arvioimaan laitteiston tehokkuutta. Järjestelmän tarkoituksena on myös saada opiskelija havaitsemaan tavaravirran ongelmakohdat. Tällaisia ovat esimerkiksi tavaravirran kasautuminen yhdelle kuljettimelle. Tällöin siihen kohti muodostuu pullonkaula ja pahimmassa tapauksessa järjestelmä jumiutuu. Opiskelijalla on mahdollisuus optimoida kuljettimien nopeudet suhteessa toisiinsa ja haluttuun järjestelmän siirtotehoon.

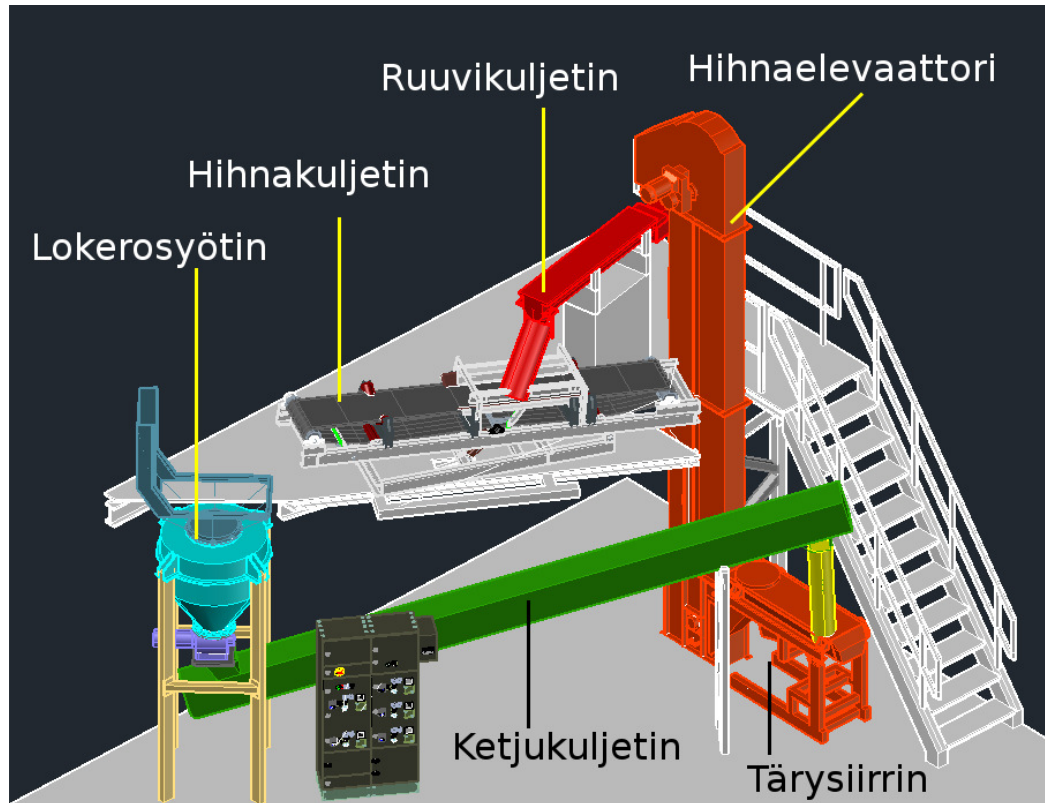
1.2 Opinnäytetyön tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli modernisoida vanhaa kuljetinjärjestelmää. Järjestelmää ohjaamaan haluttiin logiikka, ja operointia varten systeemiin haluttiin liittää kosketusnäyttö. Työn oli tarkoitus myös luoda pohja järjestelmän etäkäyttömahdollisuudelle. Lisäksi tarkoituksena oli luoda uusi laboratorioharjoittelumahdollisuus automaation koulutusohjelmalle.

Jyväskylän ammattikorkeakoulun logistiikkayksikön antaman ohjeen mukaan laitteiston toiminnan piti pysyä mahdollisimman samanlaisena kuin ennen automatisointia. Järjestelmän automatisointi tulikin keskittyä ainoastaan sähkökaapin sisälle tehtäviin muutoksiin, ja kuljettimien kytkennät ja toiminta sen ulkopuolella tuli pysyä koskemattomina.

1.3 Kuljetinjärjestelmän yleiskuvaus

Kuljetinjärjestelmän tehtävänä oli siirtää kuljettimilla puuhaketta suljetussa kierrossa. Järjestelmä koostui kuudesta kuljettimesta ja niiden ohjausjärjestelmästä (kuvio 1). Kuljettimet olivat hihnaelevaattori, ruuvikuljetin, hihnakuljetin, ketjukuljetin, lokerosyötin ja tärysiirrin. Viittä ensimmäistä näistä kuljettimista voitiin ohjata taajuusmuuttajalla. Näitä pyörittivät vaihdemoottorit. Tärysiirtimellä oli oma ohjauskorttinsa, joka ohjasi värähtelymagneettia. Haketta säilytettiin 500 litran siilossa.



Kuvio 1: Bulkikuljetinjärjestelmä (Häkkinen, 2011)

Kaikkia kuljettimia täräsiirintä lukuun ottamatta voitiin ajaa käsi- tai taajuusmuuttajakäytöllä. Käsikäyttötilassa kuljetinta ajettiin koko ajan maksimitaajuudella 50 Hz. Taajuusmuuttajakäytöllä kuljettimen moottorille syötettävää taajuutta voitiin muuttaa taajuusmuuttajan käsipaneelista. Suositukseksi kuljettimien käyttötaajuudeksi vanhassa laboratoriotyöohjeessa mainittiin 20 - 30 Hz. (Vainio/Vanhala, 2009) Kuitenkin kuljettimia voitiin ajaa jopa 50 Hz taajuudella. Oli kuljettimien ajotaajuus mikä tahansa, oli pidettävä huolta siitä, että kierron alkupään kuljettimien tulee liikkua hitaammin kuin loppupään kuljettimet. Täräsiirtimen värähtelyn amplitudia voitiin säätää potentiometrilla.

Hihnaelevaattoria pyöritti SEW 2,2 kW vaihdemoottori. Hihnaelevaattorin tehtävänä kuljetinjärjestelmässä oli nostaa täräsiirtimen sille tuomaa hakea ylös kuuden metrin korkeuteen kierrossa seuraavana olevalle kuljettimelle eli ruuvikuljettimelle. Kuljettimessa oli hihna, jossa oli kiinni kolia, joihin hake

siirtyi hihnaeleavaattorin pyöriessä. Se purki hakkeen ruuvikuljettimelle joko keskipakovoimaisesti tai pelkästään painovoimaisesti. Purkaminen oli keskipakovoimaista, kun pyörimistaajuus oli riittävän suuri. Yhtenä tehtävänä logistiikkaopiskelijoille oli määrittää milloin siirtäminen muuttuu painovoimaisesta keskipakovoimaiseksi.

Hihnaeleavaattori oli varustettu Schneider Electricin pyörimisnopeudenvälvojjalla XSA-V. Sen tehtävänä oli toimia alipyörintävahtina. Sen anturi oli sijoitettu ala-akselin toiseen päähän.

XSA-V pyörimisnopeudenvälvojjassa oli yhdistetty induktiivinen tunnistin sekä impulssikomparaattori. XSA-V oli yksinkertainen suojalaite, joka toimi esimerkiksi hihnan luistaessa, hihnan katketessa, kytkimen pettäessä ja ylikuormituksen tapahtuessa.

Alipyörintävahdin toimintaperiaate oli seuraavanlainen. Valvottavaan akseliin kiinnitettiin haittapyörä, jonka siivet kulkevat pyöriessään tunnistusalueen kautta. Haittapyörän kulkiessa sen siivet kulkivat XSA-V:n tunnistinalueen kautta taajuudella f_c . Tässä taajuutta verrattiin välvojjassa asetettuun minimitaajuuteen f_r , joka oli säädettävissä. Kun pyörimistaajuus f_c oli suurempi kuin minimitaajuus f_r , XSA-V johti. Kun pyörimistaajuus f_c oli pienempi minimitaajuus f_r , XSA-V ei johtanut. XSA-V pyörimisnopeudenvälvojjassa oli noin 9 s aloitusviive jännitteen kytkemisen jälkeen. XSA-V johti viiveen ajan. (Schneider Electric, 1998)

Ruuvikuljetinta pyöritti SEW 1,1kW vaihdemoottori. Kuljetin siirsi ruuvin avulla hakkeen, jonka hihnaeleavaattori sille tuo, hihnakuljettimelle.

Hihnakuljetinta pyöritti 0,75 kW rumpumoottori. Hihnakuljetin koostuu kahdesta rullasta, jotka pyörittivät hihnaa ympärillään. Hihnakuljettimessa oli ainoana kuljettimena tässä systeemissä takaisinpyörinnän estin. Se esti kuljettimen moottoria lähtemästä pyörimään takaperin. Muut laitteet lähtivät takaperin käyntiin pyynnöstä. Hihnakuljettimelle kulkevaa hakemassaa

mittaamaan oli kuljettimen alle asennettu venymäliuska-anturit. Tämä kuljetin siirsi hakkeen siiloon, josta lokerosyötin siirsi sitä eteenpäin.

Ketjukuljetinta pyöritti SEW 1,1 kW vaihdemoottori. Se siirsi haketta kolilla, jotka olivat kiinni ketjussa, joka pyöri rullien ympärillä. Lokerosyötin siirsi hakkeen ketjukuljettimelle, ja ketjukuljetin siirsi hakkeen tärysiirtimelle.

Ketjukuljetin oli kuljettimista helppoiten jumiutuva. Jos lokerosyötin siirsi liian nopeasti haketta suhteessa ketjukuljettimen siirtonopeuteen, ketjukuljettimen lokerosyöttimen puoleiseen päähän kertyi haketta. Koska hakkeen partikkelikoko oli vaihteleva, suurimmat hakkeen palaset jäivät toisinaan ketjun väliin ja jumiuttivat kuljettimen. Tällöin moottori kuumeni ja lämpörele laukesi. Toinen tilanne, jossa ketjukuljetin jumiutui helposti, oli kun ketjukuljetin oli sammutettuna ja lokerosyötin syötti haketta ketjukuljettimeen.

Lokerosyötintä pyöritti SEW 1,37 kW vaihdemoottori. Lokerosyötin oli hakkeen kierron kannalta erityinen. Sen taajuus määrittä hakkeen siirron maksimivirran. Kuitenkaan lokerosyötintä ei voitu käyttää maksimitaajuudella 50 HZ, koska tällöin ketjukuljettimen tukkeutuminen olisi ollut todennäköistä.

Tärysiirrin oli Tärylaite Oy:n vuonna 1998 valmistama kokonaisuus, joka sisälsi sekä kuljettimen että sen ohjaukseen. Kuljetin toimii magneettitäryttimellä. Tärymagneetin induktiivista kuormaa sääti TC-5c tyristori. Täryttimelle ohjaus tuotiin ohjaukseen kautta.

Ohjaukseen oli saman valmistajan valmistama piiri. Piirille tuotiin 230V jännite sekä nolla- ja suojamaajohtimet. Säättämistä varten piirilevyyn oli kytketty 100k Ω :n potentiometri, jolla rajoitettiin 5V:n ohjausjännitettä. Mitä lähempänä nollaa ohjausjännite oli, sitä suurempi oli värähtelyn amplitudi.

Hihnakuljettimella olevaa hakemassaa punnittiin. Ennen työn aloitusta vaaka ei näyttänyt oikein. Viaksi epäiltiin kalibroinnin virheellisyyttä. Työssä oli tarkoitus saada vaa'an arvo ohjaukseen näytön lisäksi myös ohjauspaneeliin.

Vaa'an ohjauskorttina ja näyttönä toimivat Red Lionin Analog Input paneeli PAXS0000 ja siihen liitetty analogialähtökortti PAXCDC20. Vaa'an kytkentäkotelossa oli lisäksi riviliitinryhmät. Ensimmäiseen ryhmään tuli ohjainkortin analogialähtö. Toiseen oli liitetty 230V jännitesyöttö, joka vietiin ohjainkortille. Lisäksi tähän ryhmään oli tuotu punnitusantureiden signaalit, jotka vietiin ohjainkortin sillattuihin sisääntuloihin. Kolmanteen ryhmään oli liitetty suojamaa. Ennen automatisointia tässä riviliitinryhmässä olivat myös etäkäytön valintakytkimet. Massa tunnistettiin Gozint GZ-10 venymäliuska-antureiden avulla. Red Lionin kortti sai massan arvon antureilta millivolttiviestinä.

Red Lionin kortti käsitteli antureilta tulevan jänniteviestin. Vaaka voitiin kalibroida asettamalla sille kahdesta kuuteentoista pistettä, joilla määritettiin vaa'an näyttämän muutos suhteessa mitatun jännitteen muutokseen. Määritetyille pisteille voitiin määrittää massaa vastaavat arvot asetetuissa pisteissä. Kalibroitaessa tuli määrittää myös mitattava jännitealue ja tuloksen pyöristys. (RED LION, 2011)

Ongelmana punnituslaitteistossa oli sen epätarkkuus. Kun hihnaelevaattorin hihna pyöri, heittelehti vaa'an näyttämä arvo huomattavasti. Lisäksi punnitustulos oli riippuvainen siitä missä kohti hihnaa punnittava massa sijaitsi. Toisin sanoen kauempana antureista sijainnut massa aiheutti suuremman mittaustuloksen kuin antureiden päällä sijainnut massa. Kauempana ollut massa aiheuttaa siis suuremman momentin anturia kohti.

1.4 Kytkennät ja laitteet ennen automatisointia

1.4.1 Ohjausjärjestelmä

Kuljettimien ohjaus ennen automatisointia oli toteutettu kontaktoreilla. Kytkimillä valittiin kuljettimelle haluttu ajoasento. Vaihtoehtoisia asentoja olivat käsikäyttö, taajuusmuuttajakäyttö ja automaattikäyttö.

Käsi käyttö ajoasennossa kuljetinta ajettiin ilman taajuusmuuttajaa täydellä nopeudella. Taajuusmuuttajakäytössä käyttäjä sai säätää taajuusmuuttajan ohjauspaneelista halutun taajuuden, jonka taajuusmuuttaja syötti moottorille. Automaattiasento oli tässä vaiheessa toimimaton. Vanhoissa kytkentäkuvissa automaattiasennolle oli suunniteltu toiminallisuutta, mutta todellisuudessa näitä kytkentöjä ei kytkentäkaapissa ollut, vaan kytkennät päättyivät riviliittimelle.

Kullakin kuljettimella tärysiirrintä lukuun ottamatta oli kaksi ohjauskytkintä. Toisella kytkimellä oli kytkentäkuvan mukaan tarkoitus vaihtaa paikallisajon ja etäkäytön välillä. Koska etäkäyttöä ei kytkennöillä ollut kuitenkaan toteutettu, kytkin toimi vain virran kytkemisessä toiselle kytkimelle. Toisella kytkimellä kytkettiin päälle käsi-, taajuusmuuttaja- tai automaattiajo. Koska automaattiasennon takana ei ollut kytkentöjä riviliittimeltä eteenpäin, sen toiminta oli sama kuin nolla-asennon eli kuljetin oli pysähdyksissä.

Kytkimen kaksi ollessa käsiajotilassa veti kontaktori, joka kytki vaiheet syöttämään suoraan moottoria, jolloin moottori kävi maksimitaajuudella. Taajuusmuuttaja siis ohitettiin. Kun kytkin oli taajuusmuuttaja-asennossa, veti kontaktori, joka päästi virran taajuusmuuttajalle. Taajuusmuuttajalta vietiin virta kontaktorin kautta moottorille.

Jokaisen kuljettimen ohjauspiiri oli johdonsuojakatkaisijoiden takana. Lisäksi ohjauspiiriin kuului turvakatkaisija ennen moottoria. Järjestelmässä oli myös kaksi hätäseiskytkintä, joilla saatiin katkaistua koko järjestelmältä virta.

Kolmea kuljetinta: hihnaelevaattoria, ketjukuljetinta, ja lokerosyötintä ohjasi yhteispainonappiohjaus. Kun kuittaus oli tehty kuittausnapilla ja yhteiskäynnistyksen start-nappia painettu, kuljettimet oli mahdollista käynnistää. Käynnistyksen toimiminen edellytti, että turvarajakytkin ja ylitäytönestin sallivat sen. Lisäksi hihnaelevaattorin alipyörintävahti pysäytti laitteen, jos elevaattorin pyörintätaajuus ei ollut riittävän suuri.

Hihnaelevaattorissa oli toteutettu jarru kontaktorien avulla. Jarru oli pois päältä, jos kaksi ohjauskytkimien takana olevaa kontaktoria vetivät ja päällä jos ne eivät vetäneet. Eli kun nämä kaksi kontaktoria vetivät, veti myös jarrun kontaktori. Kun jompikumpi tai molemmat ensimmäisistä kontaktoreista ei vetänyt, jarrun kontaktori ei vetänyt, ja jarru oli päällä.

1.4.2 Taajuusmuuttajat

Hihnaelevaattorin, ruuvikuljettimen, hihnakuljettimen, ketjukuljettimen ja lokerosyöttimen moottoreita ohjasi kutakin ABB:n ACS143 -taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttajalle tuotiin kolmevaiheinen jännite sen tehonsyöttöliitäntöihin. Sen tehon lähtöliitäntöihin oli liitetty tehonvienti moottorille. Taajuusmuuttajaan oli liitetty ohjauspaneeli, jolla voitiin konfiguroida taajuusmuuttaja asennusvaiheessa. Käyttäjälle oleellisin toiminta oli mahdollisuus muuttaa ajotaajuutta ohjauspaneelin kautta. Lisäksi paneelilla oli mahdollista vaihtaa moottorin pyörimissuuntaa.

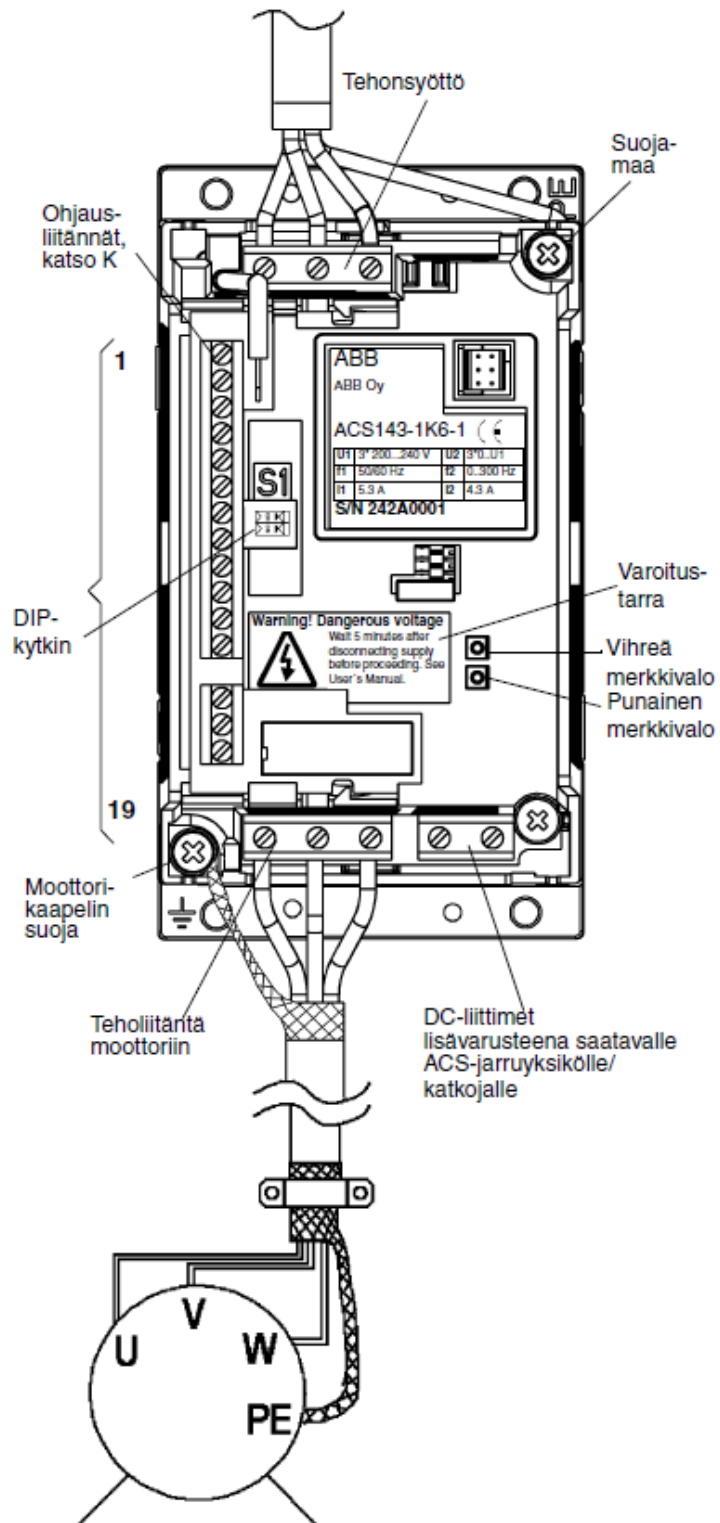
Taajuusmuuttajalla oli mahdollisuus ohjata moottoria myös taajuusmuuttajan ohjausliitäntöjen kautta. Lähtötilanteessa näitä liitäntöjä ei ollut käytetty, vaan ohjaus tehtiin käsin asettamalla haluttu taajuus ohjauspaneelista.

Ohjausliitäntöillä oli mahdollista ohjata moottoria joko binäärisignaaleilla tai analogiatuloa käyttäen. Binäärisignaaleilla oli mahdollisuus käynnistää moottori, pysäyttää se sekä vaihtaa moottorin pyörimissuunta. Lisäksi oli mahdollisuus valita nopeus ennalta määriteltyjen vaihtoehtojen väliltä. Myös moottorin ryömittäminen onnistui binäärisignaaleilla.

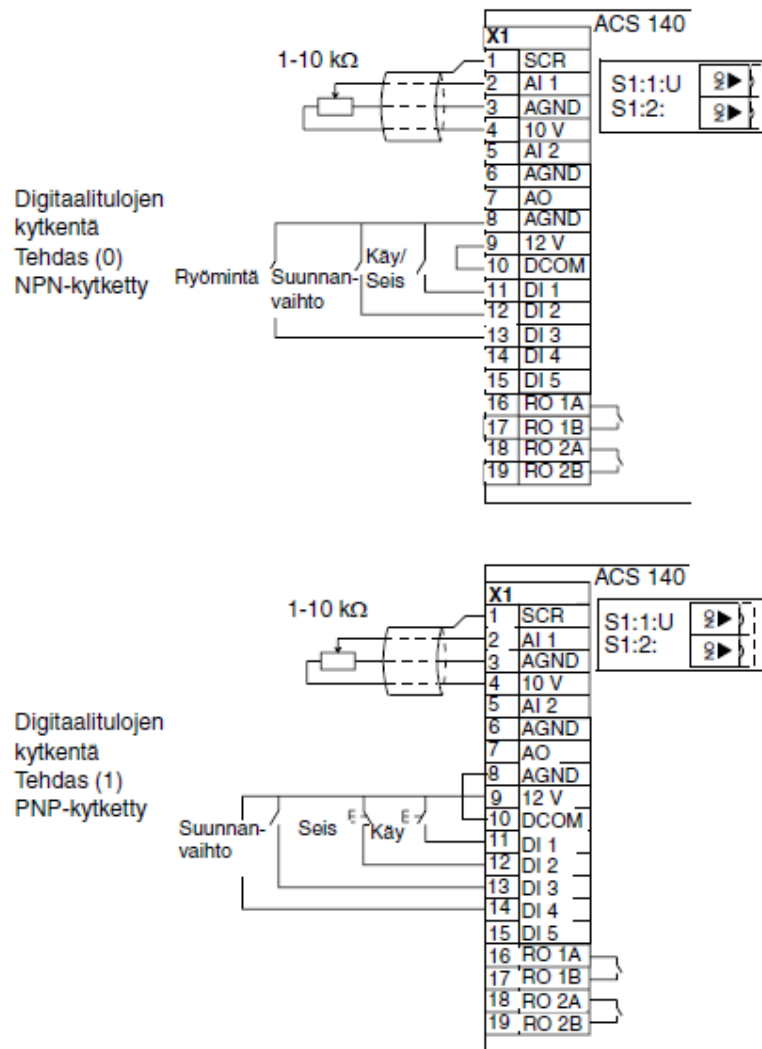
Taajuusmuuttajassa oli kaksi analogiatuloa. Analogiatuloa käytettäessä oli määriteltävä taajuusmuuttajan DIP -kytkimillä onko ohjaussignaali jännite- vai virtaviesti. Näillä tuloilla oli mahdollista määrittää tarkasti haluttu asetustaajuus. Taajuusmuuttajan tulot on kuvattu kuviossa 2.

Ohjausliitännät oli mahdollista tehdä NPN- tai PNP-kytkentänä (kuvio 3). NPN-kytkennässä päätetään maata digitaalitulojen paluusignaaleille (liitin 8). PNP-kytkennässä katkotaan taas jännitelähdön jännitettä. Kytkennässä digitaalitulon kytkemiseksi kyseisen digitaalitulon ja DCOM:in (liitin 10) välille on kytkettävä 12 V jännite. Voidaan käyttää joko taajuusmuuttajan omaa 12 V jännitettä (liitin 9), kuten kuvassa 1 tai ulkoista 12-24 V jännitettä.

G Liitännät



Kuvio 2 Taajuusmuuttajan kytkennät



Kuvio 3 Taajuusmuuttajan NPN- ja PNP-kytkennät virtaviestillä

Taajuusmuuttajan toimintaan voitiin vaikuttaa muuttamalla sen parametreja. Näiden avulla voitiin määrittää esimerkiksi moottorin nimellisjännite, nimellisvirta, nimellistaajuus ja nimellisyörimisnopeus. Lisäksi järjestelmän automatisoinnissa hyödyllisiä parametreja olivat pyörimissuunta, käynnistys-, hidastus-, kiihdytys- ja hidastusaika. Oleellinen parametri oli myös sovellusmakro.

Sovellusmakrot olivat aseteltuja parametriryhmiä. Niiden avulla minimoitiin käyttönoton aikana muutettujen parametrien määrä. Toisten makrojen avulla voitiin ajaa moottoria ilman taajuusmuuttajan ohjauspaneelia. Toisilla makroilla

taas oleellinen osa oli käyttäjän mahdollisuus päästä muuttamaan taajuusmuuttajan arvoja. Automatisoinnin kannalta oleellisin makro oli sovellusmakro Käsi – Auto, jolla oli mahdollista muuttaa lennosta ohjaustaaajuutta käyttämällä taajuusmuuttajalle tulevaa analogiaviestiä. Oli mahdollista valita käytettiinkö virta- vai jänniteviestiä.

Taajuusmuuttajassa oli joitakin puutteita käyttövarmuutta ja automatisoinnin helppoutta ajatellen. Kyseistä taajuusmuuttajaa ei ollut mahdollista liittää esimerkiksi Profibus DP-väylään. Tämä olisi mahdollistanut taajuusmuuttajan helpomman ohjelmoinnin ja mikä vielä merkityksellisempää, se olisi mahdollistanut tietojen vastaanottamisen taajuusmuuttajalta. Nyt taajuusmuuttajalta ei ollut mahdollista saada paluusignaalia logiikkaan. Siksi tämän taajuusmuuttajan kanssa oli mahdollista tilanne, jossa logiikka luuli taajuusmuuttajan olevan päällä, kun se ei esimerkiksi johdinrikon tai virhetilan takia ollut käynnissä.

Taajuusmuuttajan ohjauspaneelin avulla taajuusmuuttajan parametreja voitiin muuttaa. Paneelilla voitiin määrittää taajuusmuuttaja tottelemaan pelkästään paikallisohjausta paneelista tai ulkoista ohjausta analogia- ja digitaalisignaaleilla. Paikallisohjauksessa oleellisimmat säädettävät toiminnot olivat käyntiin ja seis ohjaus sekä syöttötaajuuden muuttaminen. Paneelilla voitiin myös vaihtaa kuljettimen pyörimissuuntaa ja kuitata virhetila käy/seis-painikkeella. (ABB, 2011)

2 SUUNNITTELU

2.1 Valitut uudet komponentit

Automatisointia varten kuljetinjärjestelmää ohjaamaan hankittiin logiikka ja ohjauspaneeli. Lisäksi tarvittiin apureleitä sekä virtamittausta varten virtamittamuuntajat.

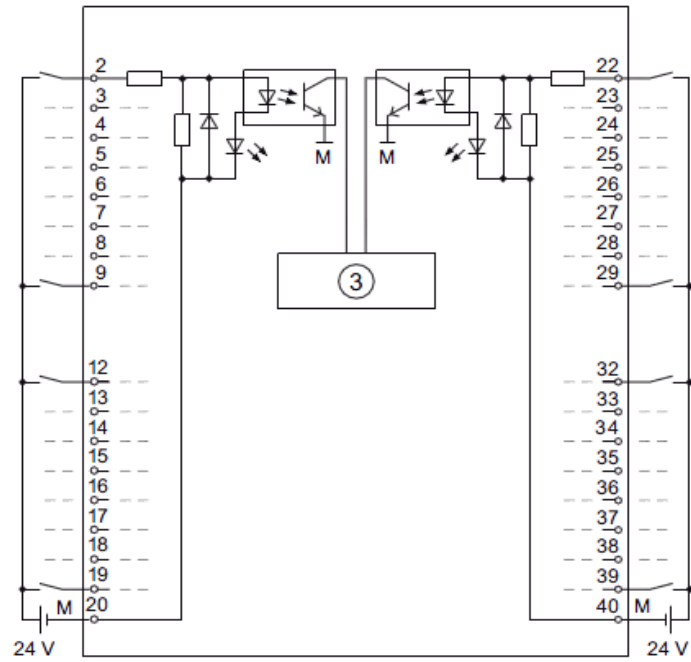
2.1.1 Logiikan komponentit

Logiikka koostui jännitelähteestä, prosessorista, hajautusasemasta sekä tarvittavista binääri- ja analogiakorteista. Kaikki logiikan komponentit oli liitetty kiskoon. Kiskossa binääri- ja analogia kortit oli vielä kytketty takaa pinneillä toisiinsa ja hajautusasemaan. Kaikki kortit olivat Siemensin S7-300 sarjaa.

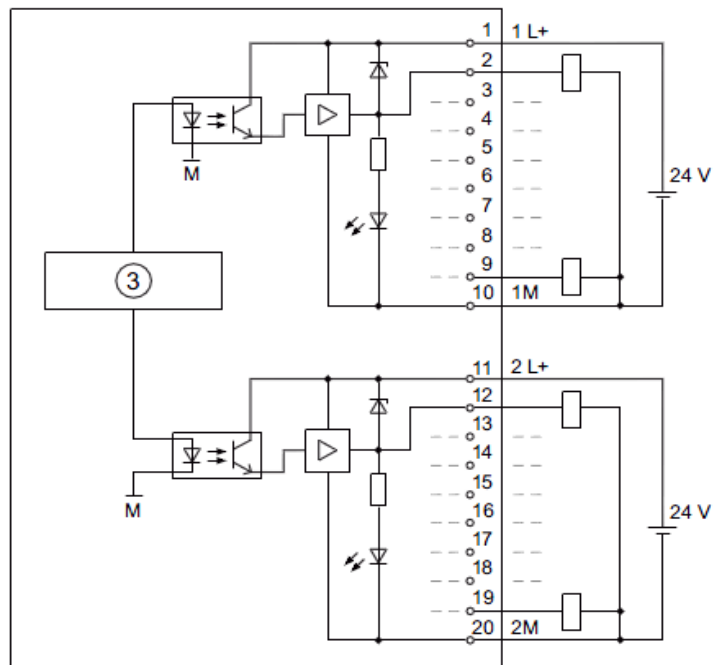
Hajautettuna IO:na toimi Siemensin ET200M hajautusasema. Siihen oli mahdollista liittää ohjauskortit. Hajautusasema liitettiin prosessoriin Profibus DP-kaapelilla. Tällä ratkaisulla mahdollistettiin toisen prosessorin vaihtaminen ohjaamaan järjestelmää liittämällä ET200:lle menevä kaapeli tuohon uuteen prosessoriin.

Binääritulokortteja laitteistossa oli yksi ja binäärilähtökortteja kaksi. Tulokortissa oli 32 paikkaa ja lähtökortissa 16 paikkaa. Korteille oli tuotu jännite liittämällä tulokortissa jännitelähteen plussaan (24V) ja miinukseen kytkentäkuvion mukaiset liittimet (kuvio 4). Samoin lähtökortille tuotiin jännite kytkentäkuvion mukaisiin liittimiin (kuvio 5).

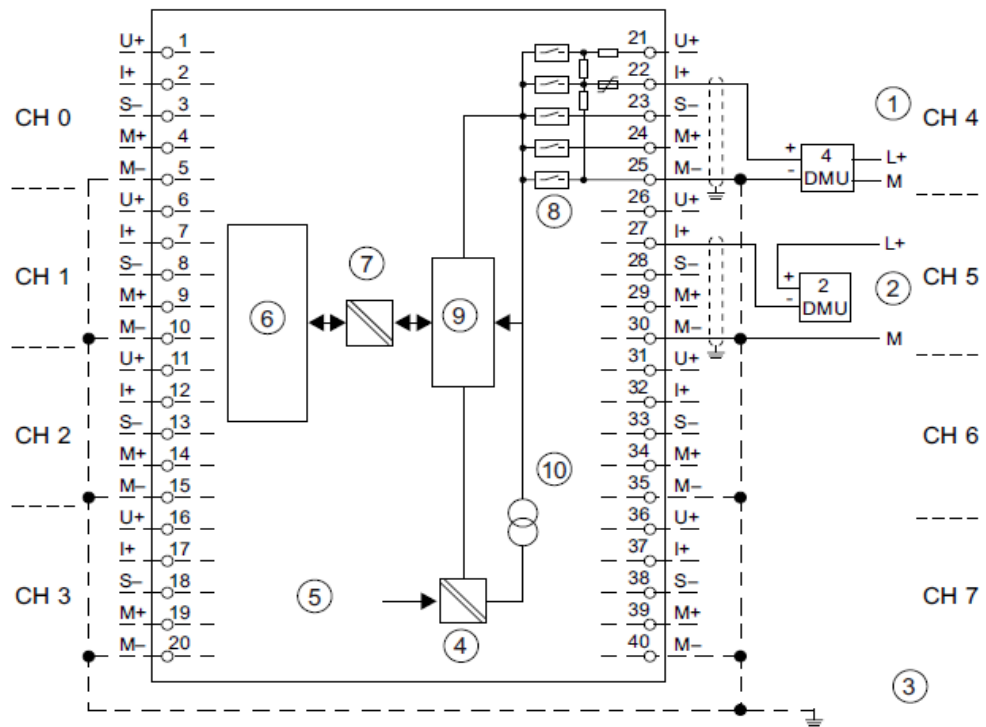
Analogiatulokortin kytkentöjä on kuvattu kuviossa 6 ja analogialähtökortin kytkentöjä kuviossa 7. Tulokortilla voitiin mitata virtaa, jännitettä ja resistanssia. Näillä kaikilla oli erilaiset kytkennät. Lähtökortilla voitiin lähettää sekä virta- että jänniteviestiä. Tulokortin mittauksissa kytkentä riippui myös siitä käytetäänkö kaksi- vai nelijohdinkytkentää sekä mitta-alueesta. (Siemens, 2011)



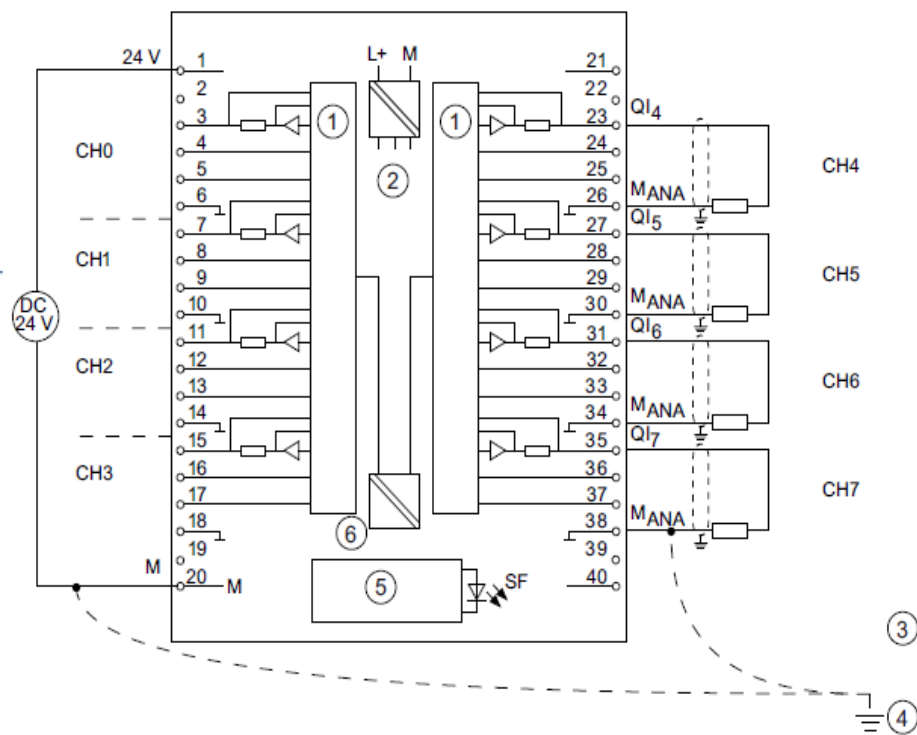
Kuvio 4: Binääritulokortti



Kuvio 5: Binäärilähtökortti



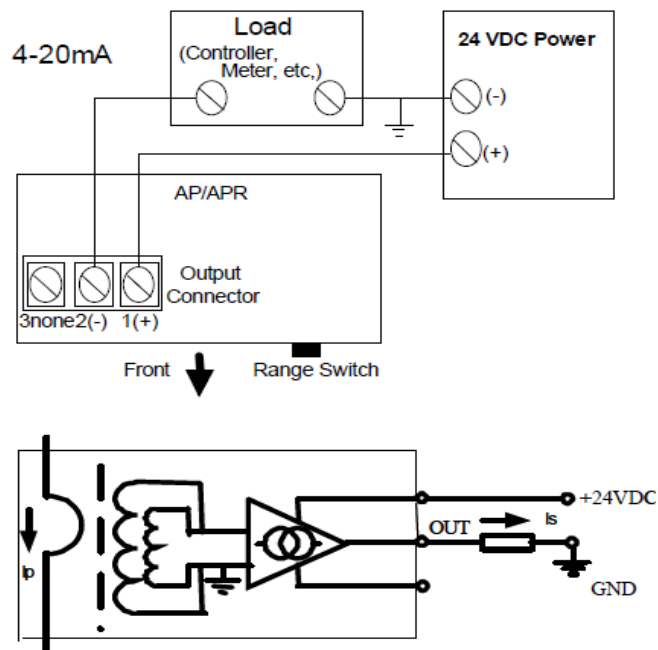
Kuvio 6: Analogiatulo – kytkentä virtamittauksella



Kuvio 7: Analogialähtö - kytkentä virtaviestillä

2.1.2 Virtamittamuuntajat

Virtamittamuuntajaksi valittiin LEM:in AC Current transducer AP 50 B420L. Se toimi +12...24 V syöttöjännitteellä ja antoi ulos mittauksen virtaviestinä. Se oli tehty sinimuotoisen vaihtovirran mittaamiseen. Sen mittausalueeksi voitiin määrittää joko 10, 25 tai 50 A. Kuviossa 7 on havainnollistettu mittamuuntajan kytkentöjä. Mittamuuntajalle tuotiin 24 V jännite liittimeen 1. Liitimestä 2 vietiin virtaviesti kuorman kautta maahan. Kuormana oli tässä tapauksessa logiikka. (LEM, 2011)



Kuvio 8: Virtamittamuuntajan kytkentä

2.1.3 Ohjausnäyttö

Järjestelmää ohjaamaan valittiin Siemensin HMI KTP1000 Basic color -näyttö. Näyttö oli asiakkaan toiveen mukaisesti mahdollisimman suuri värinäyttö, 10,4-tuumainen värillinen kosketusnäyttö. Näytön ohjelmointiin tarvittiin Siemensin TIA Portalin osana oleva WinCC Basic v11. Logiikkaan näyttö liitettiin ProfiNet-liitännän kautta.

2.2 Vanhan laitteiston puutteet ja automatisoinnin hyödyt

Bulkkikuljettimen automatisointi toi hyötyjä verrattuna kontaktoriohjaustoteutukseen. Automatisoinnin jälkeen laitteiston ajonaikaisesta toiminnasta saatiin tietoa enemmän. Ennen tietoa välittivät lähinnä kytkinten asento ja merkkivalot. Merkkivalot kertoivat ennen saman tiedon, joka voitiin nähdä kytkimen asennosta, sen oliko käytössä käsi- vai taajuusmuuttaja-ajo. Logiikan ja apureleiden liittäminen toteutukseen mahdollisti merkkivalojen syttymisen, kun taajuusmuuttaja sai oikeasti luvan lähteä käyntiin eli kun apurele veti. Näin voitiin havaita vika paremmin mahdollisessa virhetilanteessa. Kytkeäntöjen tekeminen logiikan kautta mahdollisti myös monien ohjausten tilatietojen tarkkailun.

Lisäksi logiikan liittäminen ja kytkentöjen uusimisen jälkeen systeemin toiminnan muunneltavuus oli mahdollista ilman kytkentämuutoksia. Tämä mahdollisti myös automaatio-opetuksen antamisen laitteistoa ohjelmoimalla. Muunneltavuuden ansiosta myöhemmin voidaan toteuttaa systeemin etäkäyttö. Tässä voidaan käyttää hyväksi jo tehtyjä ohjelmalohkoja.

2.3 Logiikan osien valinta

Ennen logiikan osien tilaamista oli suunniteltava jokaisen kuljettimen piirikaaviot muutosten jälkeen ja laskettava tarvittavat IO-määrät. Logiikan valmistajaksi valittiin Siemens.

Kuljetinsysteemiä oli tarkoitus pystyä tulevaisuudessa ajamaan sekä paikallis- että etäkäytössä. Tämän vuoksi laitteistoon valittiin Simatic ET200 hajautusasema. Siihen oli kiinnitetty 1,5m Profibus DP-kaapelilla CPU, jossa oli sisällä tehty bulkkikuljetinjärjestelmän ohjausohjelma. Kun on tarvetta käyttää järjestelmää etäkäytössä, käytetään CPU:sta löytyvää ProfiNet-liityntää. Toisaalta opiskelijat voivat ohjata järjestelmää itse tekemillään ohjelmilla, vaihtamalla DP-kaapelin CPU:sta, jossa valmis ohjaussovellus on CPU:hun, jossa ajetaan opiskelijan ohjelma.

Kokonaisuuteen tarvittiin lisäksi binääritulokortti, kaksi binäärilähtökorttia, analogialähtökortti ja analogiatulokortti. Binäärituloilla saatiin tieto kuljetinten ohjauskytkimiltä ja kontaktoreilta. Lisäksi ohjelmoitavuuden helpottamiseksi voitaisiin tulevaisuudessa kytkeä binääritulokorttiin myös pääkytkin sekä yhteiskäynnistyksen start-, stop- ja kuittauspainikkeet. Lisäksi mahdolliselta etä-/lähikäyttökytkimeltä voitaisiin saada tieto asennosta binääritulona.

Binäärilähtökortteihin oli kytketty kuljetinten merkkilamput, taajuusmuuttajan ohjaukseen tarvittavat apureleet, taajuusmuuttajalle annettava käyntilupa sekä hälytysvalo etäkäyttöä varten. Myöhemmin mahdollinen etäkäytön varoitusäänitorvi voidaan liittää binäärilähtöön. Analogiatuloihin oli kytketty vaaka ja virtamittamuuntajat. Analogialähdöissä olivat taas kiinni taajuusmuuttajien ohjaukset.

Kaikille logiikan osille virran syötti yksi tehonsyöttöyksikkö, joka oli kytketty 10A johdonsuojakatkaisijan perään.

2.4 Logiikan sijoittaminen

Logiikan sijoittaminen kaappiin vaati tekemään kompromisseja. Kaappi oli ahdas, ja kaapissa oli logiikan 24V jännitteen lisäksi 230V jännitettä. Asiakkaan vaatimusten toteuttamiseksi oli logiikka sijoitettava kaapin sisälle. Harkitsemiani paikkoja olivat kaapin oikea kylki ja vasemman ja oikean yläoven taakse. Mikään näistä paikoista ei ollut paras mahdollinen, joten oli valittava vähiten huono vaihtoehto.

Jos logiikka olisi sijoitettu kaapin oikeaan kylkeen, logiikka olisi ollut pystysuunnassa. Tällöin kuitenkin logiikan oikeaoppista tuulettamista ei voitu taata. Lisäksi johtokourujen sijoittelu olisi ollut monimutkaisempaa kuin logiikan sijoittamisessa yläkaappiin. Lisäksi korttien valojen lukeminen olisi ollut hankalampaa logiikan ollessa väärinpäin.

Oikeaan yläkaappiin sijoittaminen olisi ollut mahdollista samalla tavoin asennuslevyn avulla kuin vasempaankin kaappiin. Kummassakin ratkaisussa riviliittimiä jäisi asennuslevyn ja logiikan taakse. Oikeassa kaapissa oleviin liittimiin oli kuitenkin tarve päästä käsiksi logiikan asentamisen jälkeenkin, joten päädyin sijoittamaan logiikan vasempaan yläkaappiin. Siirsin lisäksi vasemmasta kaapista yhden riviliitinkiskon oikeaan kaappiin, jolloin siihen päästiin tarvittaessa tekemään muutoksia.

Vasempaan yläkaappiin logiikan ja asennuslevyn taakse jääneet kytkennät olivat 230V kytkentöjä kolmivaihevirran jakamista varten. Kun logiikka levyineen peitti nämä kytkennät, oli kaapissa operoiminen turvallisempaa kuin alakaappiin sijoitetun logiikan kanssa toiminen olisi ollut. Nyt ohjelmoitaessa logiikkaa tarvitsee pitää vain yhtä ovea auki, ja vaara koskea vahvavirtakytkentöihin on pieni.

Viimeiseksi asensin käyttäjää suojaamaan logiikan alle taivutetun muovilevyn. Tämä varmistaa sen, että käyttäjä ei pääse vahingossa sorkkimaan johtimia, koska tämä levy peittää ne.

Logiikan sijoittamisella pyrittiin ottamaan huomioon myös virtamittamuuntajien mittaussignaalien häiriöttömyys. Analoginen mittaussignaali olisi saattanut ottaa häiriöitä, jos signaalijohdin olisi kulkenut liian läheltä taajuusmuuttajia. Kuitenkin myös toteutuksessa ennen automatisointia virtamittaus todennäköisesti sisälsi häiriöitä. Lisäksi voitiin olettaa yhden vaiheen yli tapahtuvan virtamittauksen tarkkuuden olevan toissijainen arvo asiakkaan tarpeisiin. Ahtaassa asennuskaapissa mittajohtimien vieminen kauemmaksi taajuusmuuttajista oli tässä tapauksessa vaikeaa ellei mahdotonta. Logiikan sijoittamisella ylös voitiin taata tasapuolinen pääsy kaikille virtamittamuuntajille analogiatulojohtimilta keskeltä kaappia.

2.5 Purkutyöt

Ennen automatisointia kuljetinten ohjaukset ja lukitukset oli toteutettu kontaktorikytkennöillä. Purkutöissä poistettiin kontaktoreita niin, että jäljelle jäi

ainoastaan yksi kontaktori kullekin kuljettimelle katkomaan taajuusmuuttajalle syötettävää jännitettä. Ennalleen jätettiin myös hihnaeleavaattorin pyörintävahdin sekä jarrun kytkennät. Tämän vuoksi yhteiskäynnistysluvan kytkennät ja toiminta olivat täsmälleen samat kuin ennen automatisointiakin.

Kontaktorien ja kontaktorien kytkentöjen lisäksi poistettiin taajuusmuuttajien ohjauspaneelit kytkentäkaapin ovista. Käyttäjän tarvitsema toiminnallisuus, joka oli käyttäjän käytettävissä aiemmin ohjauspaneelissa, korvattiin mahdollisuudella muuttaa ja lukea arvoja kosketusnäytöltä. Lisäksi poistettiin vaa'an kytkentäkotelossa olleet kuljetinten etäkäyttökytkimet, jotka oli kytketty kotelon sisällä riviliittimille. Riviliittimiltä kytkimien kytkentöjä ei oltu jatkettu mihinkään.

2.6 Automatisoinnissa tehdyt kytkennät ja asennukset

Automatisoinnissa korvattiin poistetut kytkennät kytkimien ja kontaktorien välillä, kytkennöillä logiikkaan ja logiikasta komponenteille. Myös tarvittavat kytkennät taajuusmuuttajalle tehtiin sen ohjaamiseksi. Kytketyt IO:t on listattu liitteeseen(liite 1) ja kytkennät on kuvattu CAD-kuvissa(liitteet 2-7). Kytkennät tehtiin lisäksi uusille apureleille ja virtamittamuuntajille.

Täysin uutta toimintoa, automaattiajtoa, varten otettiin käyttöön yksi poistetuista kaksiasentoisista kytkimistä. Tämä kytkin asennettiin yhteiskäynnistykseen merkkilampun paikalle ja johtimet vietiin kumpaakin asentoa varten logiikalle. Kummankin asentotiedon vieminen estää virhetoiminnot tilanteessa, jossa kytkin ei ole kummassakaan asennossa.

2.6.1 Johdinreitit

Johdinreittejä suunniteltaessa pyrittiin ottamaan huomioon johtimen optimaalinen kulkureitti sekä kaapin siisteys. Kulkureitin suunnittelua monimutkaisti vaatimus pitää 24 V ja 230 V jännitteiset johtimet erillään toisistaan. Kussakin logiikalta lähtevässä ja sinne tulevassa johtimessa oli käytettävissä pituutta maksimissaan 3,2 m.

Syvämmät kourut sijoitettiin kaapin keskelle ja kumpaakin kaapin kulmaan pystysuuntaan. Näissä kouruissa kulkivat 230 V jännitteiset johtimet. Samansuuntaisesti kummallekin kaapin sivulle sijoitettiin matalat kourut 24 V logiikan johtimia varten. Kapeaa kourua asennettiin logiikan johtimia varten lisäksi oviin ja oikealle kaapin kylkeen. Oviin menevät 230 V johtimet kulkevat omissa kapeissa kouruissaan. Lisäksi yksi syvä kouru asennettiin oikeaan yläkaappiin 230V johtimia ja suojattuja 24V johtimia varten vaakatasoon. Jotta kourut mahtuivat kaapin kulmiin, kaikkia DIN-kiskoja lyhennettiin ja siirrettiin.

Johtimien viennissä pyrittiin ottamaan niiden siistin viemisen lisäksi huomioon myös mahdolliset häiriöt. Häiriöitä olisi saattanut esiintyä lähinnä analogiasignaaleissa. Näistä viesteistä kuljettimien ohjaussignaalissa pieni häiriö ei olisi ollut merkityksellinen, mutta virtamittauksissa häiriö olisi jo näkynyt. Ahtaassa kaapissa mittauksen saaminen täysin häiriöttömäksi oli tässä tapauksessa mahdotonta. Kuitenkin häiriö pyrittiin minimoimaan analogiatulojohtimien viemisellä logiikalle mahdollisimman häiriöttömästä paikasta kaapin keskeltä.

24 V jakamista varten samaan asennuslevyyn logiikan alle kiinnitettiin DIN-kisko, johon liitettiin riviliittimiä. Toisille riviliittimille tuotiin logiikalta 24 V jännite ja toisiin liittimiin logiikan maa. Näihin liittimiin kytkettiin 24 V jännitteen tarvitsevat komponentit ja laitteet.

2.6.2 Jakokeskuksen kytkennät

Jakokeskuksen kytkennät pysyivät pääosin ennallaan. Muutoksia tehtiin ainoastaan riviliittimien jälkeen oleville kytkennöille. Johdonsuojakatkaisijan 26 riviliitintulon perään kytkettiin logiikan tehonsyöttöyksikkö.

Johdonsuojakatkaisijan virrankesto on 10A.

Jakokeskuksen muut kytkennät riviliittimiltä pysyivät samoina poistettuja kytkentöjä lukuun ottamatta. Lisäksi joitain johtimia uusittiin, koska niiden pituus ei ollut riittävä, jotta ne olisivat voineet kulkea kaapelikourussa.

2.6.3 Kuljetinten yhteislukitukset

Ennen automatisointia lukitukset oli toteutettu kontaktoreilla. Ketjukuljetin ja lokerosyötin oli kytketty yhteislukituksen kontaktorin taakse, jolloin ne eivät lähteneet käyntiin ilman kuittausta ja yhteiskäyntiluvan antamista. Ruuvi- ja hihnakuljettimet eivät tätä vaatineet. Yhteiskäynnistyksen kontaktorin veto päättyi jos hihnaelevaattorin alipyörintävahti laukesi.

Yhteiskäynnistyksen kontaktorikytkennät sekä alipyörintävahdin kytkennät jätettiin ennalleen. Kullekin kuljettimelle jätettiin ainoastaan 230 V jännitettä katkova kontaktori.

2.6.4 Kuljettimien kytkennät

Kaikilla kuljettimilla tärysiirrintä lukuun ottamatta oli kytkin, jolla voitiin valita ajoasennoksi käsi-, taajuusmuuttaja tai automaattikäyttö. Kytkimen asentotieto vietiin logiikalle. Logiikan binäärilähtöihin oli kiinnitetty 24 V LED merkkilamput, joilla ilmaisttiin ajoasento.

Viidellä taajuusmuuttajaohjatulla kuljettimella moottorinohjauskytkentä oli samanlainen hihnaelevaattorin jarru- ja yhteiskäynnistyskytkentää lukuun ottamatta. Kuljetin oli kytketty kiinni kolmeen vaiheeseen, joista kukin oli johdonsuojakatkaisijan takana. Tämän jälkeen jännitettä katkoi kontaktori, jonka tilatieto vietiin logiikan binäärituloon. Kontaktorin jälkeen oli lämpörele, joka katkaisi piirin moottorin ylikuumentuessa. Jännite vietiin tästä taajuusmuuttajan tehonsyöttö liitäntöille. Taajuusmuuttajalta vaihejännitteet vietiin moottorille. Kuljettimen yhteen vaiheeseen oli kytketty virtamittamuuntaja. Sen mittaustulos vietiin logiikan analogiatuloon. Ennen moottoria kytkennässä oli kuljettimen luona turvakytkin.

Ohjauspiirin taajuusmuuttajan jännitettä katkova kontaktoria ohjaamaan oli kytketty apurele. Apurele oli kytketty logiikan lähtöön.

Tärysiirrintimen ohjauskytkin oli kaksiasentoinen. Sen asento yksi oli kytketty logiikan binäärituloon. Tärysiirrintä ohjaava piirikortti sai jännitteensä yhdestä

vaiheesta. Ennen piirikorttia vaiheeseen oli kytketty johdonsuojakatkaisija ja apurele. Apurele oli kytketty logiikan lähtöön, ja sillä katkottiin piirikortille tulevaa jännitettä.

Tavoitteena automatisoinnissa oli pystyä ohjaamaan järjestelmää etänä. Tällä tärysiirtimen ratkaisulla tärysiirrin saadaan päälle etänä, mutta amplitudia ei pystytä säätämään eikä sen suuruudesta saada tietoa. Tähän ratkaisuun päädyttiin kuitenkin kokeilujen ja perusteltujen syiden vuoksi.

Täydelliseen etäohjattavuuteen yritettiin päästä ratkaisulla, jossa ohjauskortin ohjausjännite tulisi logiikalta. Asiakas halusi laitteiston pysyvän ulkoisesti samana. Tämän vuoksi kokeiltiin mitata potentiometrin vastusta logiikan analogiatulon avulla. Tämä tulos muunnettiin ohjelmallisesti vastaamaan sopivaa ohjausjännitettä, joka vietiin analogialähtökortilta tärysiirtimen piirikortille.

Ongelmaksi edellä esitellyssä ohjausratkaisussa tuli tärysiirtimen amplitudin maksimin raju pieneneminen, kun muita kuljettimia ajettiin. Syyksi havaittiin piirikortin saama häiriö kuljettimien jännitekaapeleista. Testeissä yritettiin pienentää häiriötä rakentamalla piirikortin ympärille Faraday häkki ja siirtämällä kortti pois kytkentäkotelosta. Toivottua tulosta ei kuitenkaan saatu. Valmistajan mukaan syynä on piirikortilta puuttuva häiriönsuojaus. Ainoana ratkaisuna nähtiin uuden piirikortin hankkiminen. Tähän ei kuitenkaan lähdetty.

Kun tärysiirrintä ohjattiin logiikan kautta, havaittiin lisäksi huojuntaa ohjausjännitteessä. Jännitteen huojunnan takia tärysiirrintä saatettiin hetkellisesti ohjata negatiivisella ohjausjännitteellä. Tästä seurasi siirtimen raju kolina. Jos siirrintä ohjattaisiin logiikan kautta, olisi riski kuljettimen joutua tähän vikatilaan. Jos olisi ajettu ilman näkö- ja kuuloyhteyttä etänä, laitteiston vaurioituminen olisi ollut todennäköistä. Tämän vuoksi oli järkevää sallia tärysiirtimen ajaminen etänä vain ilman amplitudin säätömahdollisuutta.

2.6.5 Taajuusmuuttajan kytkennät ja ohjelmointi

Bulkki kuljetinjärjestelmässä moottoreita ohjataan taajuusmuuttajilla. Kaikki viisi taajuusmuuttajaa ovat ABB:n ACS 140 -mallisia. Jokaiselle moottorille piti kuitenkin määrittää omat parametrinsa taajuusmuuttajan ohjauspaneelilla moottorin kilpiarvojen perusteella.

Jotta laitteiden rikkoutuminen vältettäisiin, määritettiin taajuusmuuttajien syöttämille taajuuksille kiihdytys- ja hidastusajat. Tässä käytettiin taajuusmuuttajan omia parametreja. Kiihdytysaika kertoo ajan, joka kestää taajuutta nostettaessa nolasta maksimitaajuuteen, ja hidastusaika kertoo ajan, joka kestää taajuutta laskettaessa maksimitaajuudesta nolnaan.

Taajuusmuuttajan ohjauksessa käytettiin sen sovellusmakroa Käsi – Auto, joka mahdollistaisi kahden ulkoisen ohjauspaikan käytön. Näistä paikoista käytettiin kuitenkin vain toista. Tämän makro valittiin, koska sen avulla voidaan taajuusmuuttajaa ohjata virtaviestillä.

Taajuusmuuttajalle voidaan syöttää haluttu taajuus logiikan analogialähtökortilta. Taajuus olisi mahdollista välittää sekä virta- (0...20 mA) että jänniteviestinä (0...10V). Siirtotavaksi valittiin virtaviesti, koska se on jänniteviestiä vähemmän altis häiriöille.

Taajuusmuuttajan käynnistystä ja pysäyttämistä varten kytkin logiikan binäärilähdön taajuusmuuttajan digitaalitulon. Kun tulojännite kytkettiin, käynnistyi taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttaja mahdollistaisi myös moottorin pyörimissuunnan vaihtamisen digitaalitulon avulla.

Kytkeä tehtiin NPN-kytkennällä. Digitaalitulon kytkemiseksi kytkin ACS 140 -laitteen 12 V jännitteen digitaalitulon ja DCOM:in välille. Taajuusmuuttaja syötti taajuutta ainoastaan, jos digitaalitulot 8 ja 11 olivat kytketty yhteen. Toisin sanoen AGND ja DI1 (Käy/Seis-tieto). Jokaiseen taajuusmuuttajaan valittiin DIP-kytkimillä kanavaan yksi virtaviesti signaalin lähdöksi ja kanavaan kaksi jänniteviesti. Kytkennät on tehty käyttämään kanavan yksi virtaviestiä.

Kiihdytysajaksi kaikille taajuusmuuttajille määritettiin taajuusmuuttajan parametreista yksi sekunti.

2.6.6 Virtamittamuuntajan kytkennät

Virtamittamuuntajat kytkettiin kaksijohdinkytkennällä kytkentäkuvion mukaisesti (kuvio 7) logiikkaan. Mittamuuntajat kytkettiin ennen taajuusmuuttajaa mittaamaan yhtä vaihetta. Jos mittaus olisi tehty vanhan analogisen virtamittauksen tavoin taajuusmuuttajan jälkeen, mittaus olisi näyttänyt jatkuvasti maksimijännitettä. Tämä johtui ilmeisesti siitä, että virtamittamuuntaja oli tarkoitettu sinimuotoisen virran mittaamiseen. Mittamuuntaja poimi siis taajuusmuuttajan jälkeen virtapiikeistä huippuarvot ja näytti ne mittaustuloksena.

Virtamittamuuntajat jouduttiin sijoittamaan lähelle taajuusmuuttajia kytkentäkaapin ahtauden vuoksi. Tästä saattoi aiheutua virhettä virtamittauksiin. Toisaalta myös ennen automatisointia virtamittaus sisälsi häiriöitä ja oli lähinnä suuntaa-antava.

2.7 Vaa'an kalibrointi ja määritykset

Vaaka kytkettiin kaksijohdinkytkennällä analogiatulokortin kanavaan 0. Massatiedon siirtämiseen käytettiin virtaviestiä. Vaa'an ulos antama arvo ei kuitenkaan ollut oikea suhteessa massaan. Vaaka piti tämän vuoksi kalibroida.

Kalibrointi aloitettiin mittaamalla vaa'an lähtökortin antama virtaviestin suuruus samalla, kun kortille syötettiin jännitettä. Seuraavaksi vaakaan palautettiin tehdasasetukset. Tämän jälkeen vaaka antoi oikeansuuntaiset virtaviestit ulos kun sille syötettiin erisuuruisia jännitteitä.

Seuraavaksi määritettiin vaa'an näyttämä punnitustulos vastaamaan hihnakuljettimella olevaa massaa. Ongelmaksi tässä tuli anturien antama erisuuruinen virtaviesti samalla massalla, kun massa oli eri kohdissa hihnaa.

Tämän vuoksi massan sijainniksi valittiin ruuvikuljettimen suuttimen keskeltä hinnan päähän olevan etäisyyden keskipiste.

Ensiksi määritettiin vaa'alle kaksi pistettä vastaamaan vaa'an lähdön 0mA ja 20mA. Kun massan muutos vaa'an näytöllä oli saatu oikeaksi useammalla eri massalla punnittuna, siirrettiin suoran pisteitä koordinaatistossa ylöspäin. Näin saatiin vaaka näyttämään nolaa, kun hihnalla ei ole mitään sen lisäksi, että massan muutos on oikea.

Toisena ongelmana oli antureiden antaman lukeman heittelehtiminen, kun hihnakuljetin pyörii. Tämän vuoksi vaa'an tarkkuus asetettiin yhteen kilogrammaan.

Vaikka vaaka toimi kalibroinnin jälkeen niin hyvin kuin tällä laitteistolla on mahdollista, sen antama tulos on vain suuntaa-antava. Parempiin tuloksiin pääsemiseksi olisi anturit tarkastettava ja niiden kytkentää harkittava paremmin. Mittaus ei saisi olla riippuvainen massan sijainnista hihnalla eikä hinnan pyörimisestä.

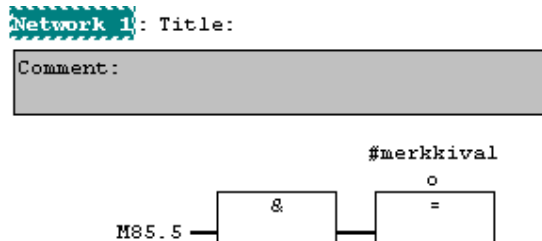
3 OHJELMOINTI

3.1 Simatic Manager

3.1.1 HW Configin määrittelyt

Ensiksi määriteltiin logiikkajärjestelmän kokoonpano Hardware Configissa. Prosessoriksi määriteltiin Siemensin CPU 315-2PN/DP. Prosessorin ajurit päivitettiin versioksi 3.1. Merkkivalon vilkutusta varten prosessorin Clock memoryksi määriteltiin 85 (kuvio 9). ET200M IM 153-1 liitettiin prosessoriin Profibus DP –väylällä. Väylä sai osoitteen 1, CPU 2 ja ET200 3.

ET200 hajautusaseman yhteyteen määriteltiin logiikan ohjainkortit. Itse ET200 on paikassa 2, binääritulo paikassa 4, analogiatulo paikassa 5, binaarilähdöt paikoissa 6 ja 7 ja analogialähtö paikassa 8. Binäärilähdön osoitteet ovat välillä 0...3, analogiatulosta käytettiin periferia-aluetta välillä 256...271, binäärilähdöt ovat välillä 0...1 sekä 2...3 ja analogialähdöillä käytettiin periferia-aluetta välillä 256...271.



Kuvio 9: Lohko merkkivalon vilkuttamiseksi

3.1.2 Perusrakenne

Ohjelmoinnissa käytettiin FBD- ja GRAPH-kieliä. GRAPH:lla tehtiin kaksi lohkoa, joilla ohjattiin kuljetinten automaattista käynnistystä ja sammuttamista. Kaikki muut lohkot toteutettiin FBD:lla.

Ohjauslohkot rakennettiin erikseen kuljettimille, jotka vaativat yhteiskäynnistyksen ja kuljettimille, jotka saavat lähteä suoraan käyntiin. Lisäksi suoran käynnistyksen salliville ja yhteiskäynnistyksen vaativille

kuljettimille oli vielä omat lohkonsa käsi- ja taajuusmuuttajakäytölle. Myös automaattikäynnistystä varten oli oma lohkonsa, jota käytettiin GRAPH-lohkoissa käynnistämään ja sammuttamaan kuljettimet. Lisäksi tärysiirtimelle oli oma lohkonsa sen erilaisuuden vuoksi.

Kaikkien toiminnallisten ohjelmalohkojen käytettäväksi luotiin tietokanta Maarittelyja (DB1). Tähän tietokantaan tuotiin virtamittauksista tulevat virtamittamuunnoslohkon käsittelemät virta-arvot (kuvio 8). Muiden lohkojen tallessa pidettäviä arvoja varten käytettiin lohkoihin liitettyjä instassitietokantoja. Muunnoksissa ja merkkilampun ohjauksessa käytettiin tavallisia funktioita ilman tietokantaa.

Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	Yhteiskäynnistys	INT	0	Yhteiskäynnistykseen käynnistyslupa
+2.0	Hihnaelev_Hz	INT	40	Hihnaelevaattorin tamun taajuus
+4.0	Ruuvikulj_Hz	INT	40	Ruuvikuljettimen tamun taajuus
+6.0	Hihnakulj_Hz	INT	40	Hihnakuljettimen tamun taajuus
+8.0	Ketjukulj_Hz	INT	40	Ketjukuljettimen tamun taajuus
+10.0	Lokerosyotin_Hz	INT	25	Lokerosyöttimen tamun taajuus
+12.0	Hihnaelev_int	INT	0	Hihnaelevaattorin tamun taajuus kokonaislukuna
+14.0	Ruuvikulj_int	INT	0	Ruuvikuljettimen tamun taajuus kokonaislukuna
+16.0	Hihnaelev_virta_A	REAL	0.000000e+000	Hihnaelevaattorin tamun taajuus
+20.0	Ruuvikulj_virta_A	REAL	0.000000e+000	Ruuvikuljettimen tamun taajuus
+24.0	Hihnakulj_virta_A	REAL	0.000000e+000	Hihnakuljettimen tamun taajuus
+28.0	Lokerosyotin_virta_A	REAL	0.000000e+000	Ketjukuljettimen tamun taajuus
+32.0	Ketjukulj_virta_A	REAL	0.000000e+000	Lokerosyöttimen tamun taajuus
+36.0	Massa_hihnalla	INT	0	Hakkeen massa hihnalla
+38.0	tarysyöttimen_pot_int	INT	0	Tärysyöttimen potentiometrin resistanssi
=40.0		RND_STRUCT		

Kuvio 10: Tietokanta DB1

Ohjelmassa oli tarkoitus ohjata viittä eri kuljetinta samoilla ohjelmalohkoilla. Tämän vuoksi oli käytettävä IEC –laskureita ja ajastimia.

3.1.3 Suorakäynnistys

Suoraan kytkintä käännettäessä käynnistyvät kuljettimet käyttivät kahta ohjelmalohkoa. Toista näistä lohkoista käytettiin, kun kytkin oli käsikäyttöasennossa (FB1) ja toista (FB2), kun kytkin oli taajuusmuuttaja-asennossa. Suorakäynnistykseen taajuusmuuttajalohko ajoi kuljettimen alas, kun kytkin ei ollut käsi- eikä taajuusmuuttaja-asennossa.

3.1.3.1 Käsikäyttö suorakäynnistyksellä

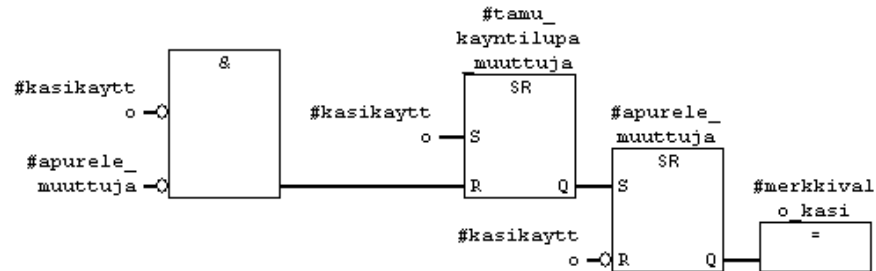
Kuljetinta ajettaessa käsikäytöllä, se pyöri maksimitaajuudella 50 Hz. Taajuusmuuttaja syötti käynnistyksessä välittömästi maksimitaajuuden moottorille. Samoin kun kytkin käännettiin käsiasennosta pois, pysähtyi kuljetin heti.

Ohjauslohkossa "Suora_kaynnistys_kasi" (FB1) (kuvio 9), oli määritelty suorakäynnistyksen toiminnallisuus käsikäyttöasennossa. Toiminta oli seuraavanlainen. Taajuusmuuttaja sai käyntiluvan, kun kytkin käännettiin käsikäyttöasentoon. Käyntilupaa ei ollut, jos kytkin ei ollut käsikäyttöasennossa ja apurele ei vetänyt. Kun taajuusmuuttaja sai käyntiluvan, alkoi apurele vetää ja käsikäytön merkkivalo palaa. Apurele lakkasi vetämästä, kun kytkin ei ollut käsikäyttöasennossa.

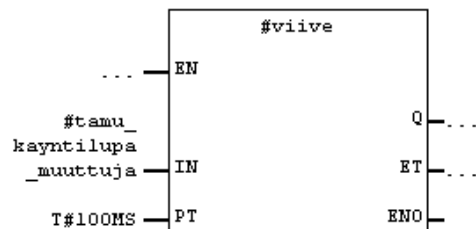
Taajuusmuuttajaa käynnistettäessä oli käyntiluvan tultava sille ennen analogista ohjaussignaalia. Tämän vuoksi taajuusmuuttajan käyntiluvan antamisesta, ja käytännössä apureleen vetämisestä, alkoi viiveajastin laskea 0,1 sekunnin viivettä. Sen jälkeen ohjaustaajuus vietiin taajuusmuuttajalle.

Network 1: Tamun käyntilupa, apurele ja merkkivalo

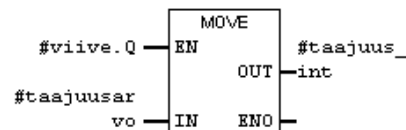
Taajuusmuuttaja saa käyntiluvan, kun kytkin käännetään käsikäyttöasentoon. Käyntilupaa ei ole, jos kytkin ei ole käsikäyttöasennossa ja apurele ei vedä. Kun taajuusmuuttaja saa käyntiluvan, alkaa apurele vetää ja käsikäytön merkkivalo palaa. Apurele lakkaa vetämästä, kun kytkin ei ole käsikäyttöasennossa.

**Network 2:** Viive taajuuden syöttämisessä käynnistyksessä

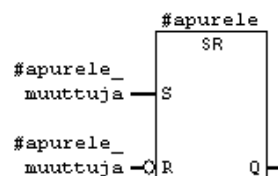
Comment:

**Network 3:** Taajuuden siirto tamulle

Comment:

**Network 4:** apurele_muuttujan arvo siirretään apurele OUT:iin

Comment:

**Network 5:** tamu_kayntilupa_muuttuja siirretään tamu_kayntilupa OUT:iin

Kuvio 11: Käsikäynnistys suorakäynnistyksessä

3.1.3.2 Taajuusmuuttajakäyttö suorakäynnistyksellä

Kuljetinta ajettaessa taajuusmuuttajakäytöllä, käyttäjä pystyi muuttamaan taajuusmuuttajan moottorille syöttämää taajuutta. Tällä käynnistystavalla taajuusmuuttaja nosti ja laski syöttötaajuuden haluttuun taajuuteen portaittain. Tämän käynnistyksen etu käsikäynnistykseen verrattuna oli kuljetinten osien pienempi rasitus käynnistyksessä. Lisäksi asiakkaan oli tarpeen pystyä muuttamaan taajuutta, jotta opetuskäytössä voitiin havainnollistaa miten materiaalivirta liikkuu ja mihin kohti kuljetusketjua voi muodostua pullonkauloja.

Taajuusmuuttajakäynnistyksen toiminnallisuus suorakäynnistyksessä oli määritelty ohjauslohkossa `suora_kaynnistys_tamu` (FB2). Taajuusmuuttaja syötti moottorille nousevaa taajuutta moottorin käynnistyessä ja laskevaa kuljetinta ajettaessa alas. Taajuusmuuttaja sai käyntiluvan, kun kuljettimen ohjauskytkin käännettiin taajuusmuuttaja-asentoon. Käyntilupaa ei kuitenkaan ollut, mikäli kytkin ei ollut tuossa asennossa ja apurele ei vetänyt.

Käyntiluvan saamisen jälkeen apurele alkoi vetää 100 ms viiveen kuluttua. Kuljetinta ajettaessa alas apureleen veto katkaistiin, kun syöttötaajuus oli nolla. Tämän jälkeen myös taajuusmuuttajan käyntilupa otettiin pois.

Taajuuden nostaminen ja laskeminen portaittain oli toteutettu kahdella yhteenkytketyllä ajastimella ja laskurilla (kuvio 10). Ajastimen laskenta-ajaksi oli määritelty 100 ms. Näin saatiin aikaan pulssitus 100 ms välein.

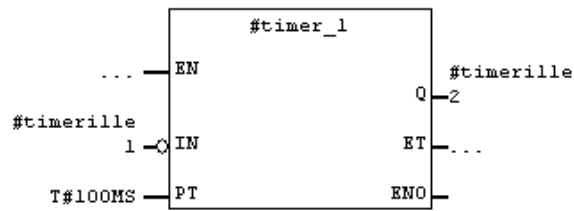
Ajastimen 2 lähtö oli kytketty laskurin ylös laskevaan tuloon (kuvio 11). Arvoja laskettiin ylös vain, jos kuljettimen kontaktori ja apurele veti sekä lupa ylös laskemiseksi oli voimassa. Laskurin alas laskevaan tuloon oli tuotu lähtö ajastimelta 1. Arvoja laskettiin alas, jos lupa alas laskemiseksi oli voimassa.

Lupa laskurille laskea taajuutta alas oli voimassa kahdessa tapauksessa. Ensiksi lupa oli voimassa, jos kytkin ei ollut taajuusmuuttajakäyttöasennossa. Toisessa tapauksessa oli kolme ehtoa. Ensiksi lupa ylös laskemiseksi ei

saanut olla voimassa. Toiseksi vaadittiin, että taajuusmuuttajan syöttämä taajuus oli suurempi kuin käyttäjän määrittämä asetustaajuus. Kolmanneksi käyttäjän asettama taajuus oli oltava suurempi tai yhtä suuri kuin nolla.

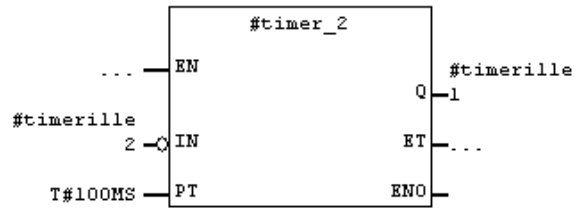
Jotta laskurille annettiin lupa laskea taajuutta ylös, oli kolmen ehdon toteuduttava. Ensiksi lupa taajuuden alas laskemiseksi ei saanut olla voimassa. Toiseksi käyttäjän määrittämän asetustaajuuden oli oltava suurempi kuin taajuusmuuttajan syöttämä taajuus. Kolmanneksi käyttäjän antaman taajuuden oli oltava pienempi tai yhtä suuri kuin 50 Hz.

Ohjauslohkossa `suora_kaynnistys_tamu` oli tehty taajuuden muunnos hertseistä kokonaislukumuotoon vietäväksi taajuusmuuttajalle. Lisäksi lohko antoi ulos tiedon taajuusmuuttajan syöttämästä hetkellisestä taajuudesta hertseinä.



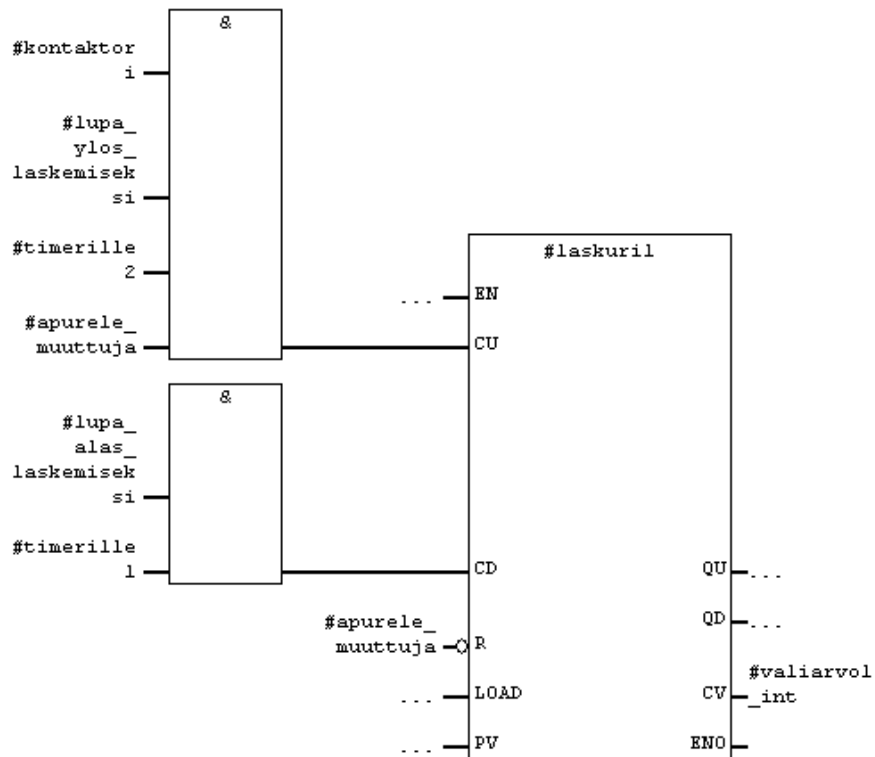
Network 4 : Title:

Comment:

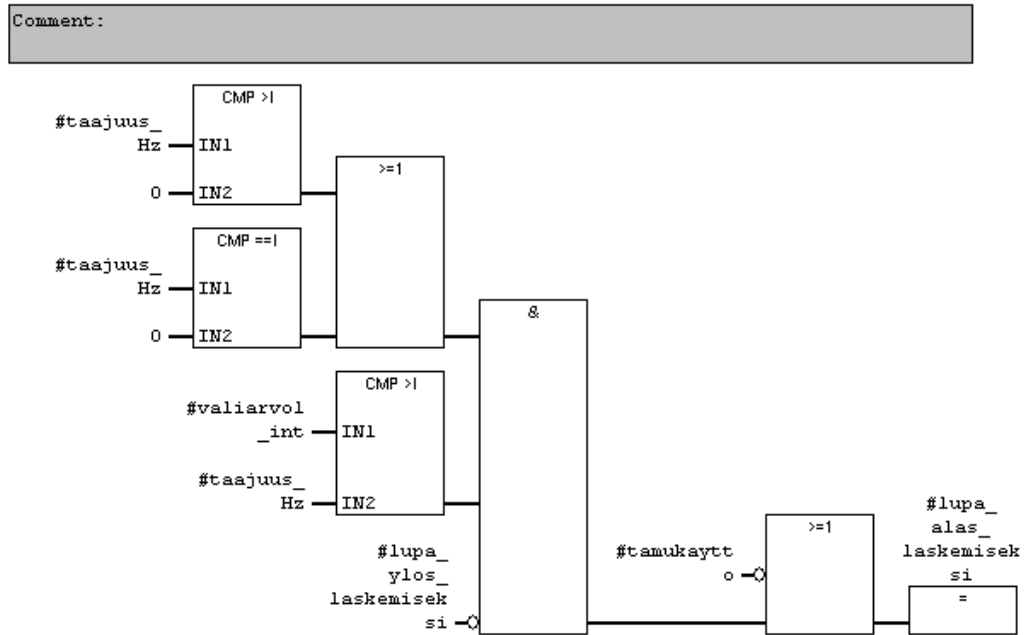


Network 5 : Laskuri taajuuden nostamiseksi ja laskemiseksi

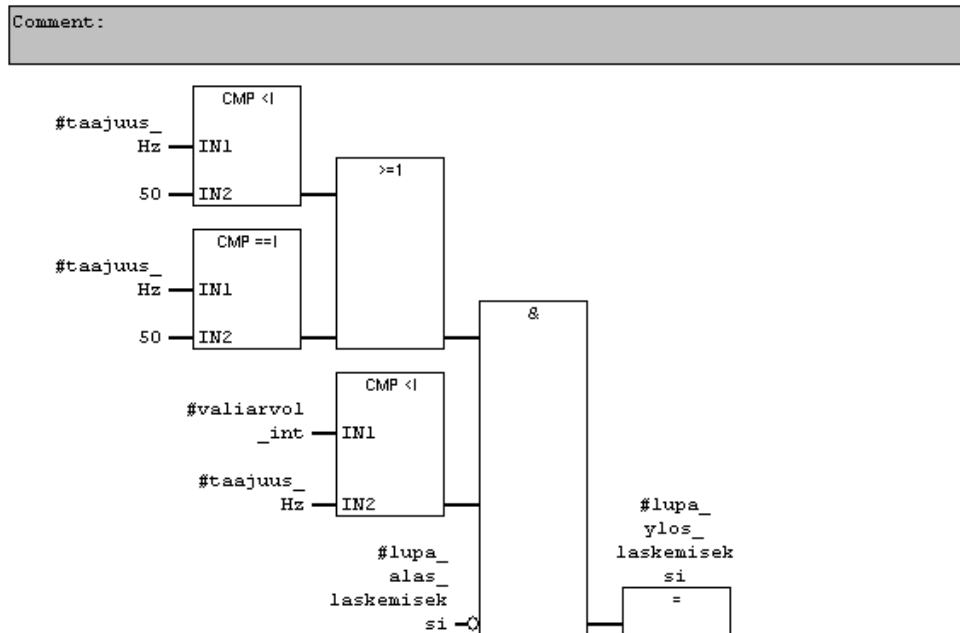
Comment:



Kuvio 12: Taajuusmuuttajakäynnistys suoraikäynnistyksessä



Network 7 : Lupa laskurille laskea taajuutta ylös ja syöttötaajuus



Kuvio 13: Luvat taajuuden alas ja ylös laskemiseksi

3.1.4 Yhteiskäynnistys

Yhteiskäynnistystä käyttäviä kuljettimia varten oli suorakäynnistuksen tapaan kaksi ohjelmalohkoa. Toista näistä lohkoista käytettiin, kun kytkin oli käsikäyttöasennossa (FB3) ja toista (FB4), kun kytkin oli taajuusmuuttaja-

asennossa. Suorakäynnistyksen taajuusmuuttajalohko ajoi kuljettimen alas, kun kytkin ei ollut käsi- eikä taajuusmuuttaja-asennossa. Koska yhteiskäynnistys oli liitetty yhteiskäynnistysluvan antamiseen, sammuiivat näitä lohkoja käyttävät kuljettimet, jos hihnaeleaattorin kontaktori lakkasi vetämästä.

3.1.4.1 Käsikäyttö

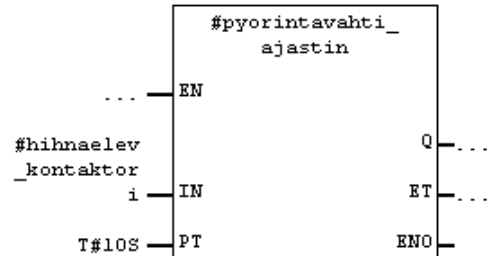
Toiminta käsiajossa yhteiskäynnistettävillä laitteilla oli samankaltainen kuin suoraan käynnistettävillä laitteilla. Sammutus ja käynnistys tapahtuivat välittömästi kytkintiedon saamisen jälkeen toisin kuin taajuusmuuttajakäytössä, jossa taajuudennosto tapahtui portaittain. Erona suorakäynnistettävään kuljettimeen oli yhteiskäynnistettävän kuljettimen oleminen sidoksissa hihnaeleaattorin toimintaan (kuvio 12).

Ennen yhteiskäynnistettävän kuljettimen käynnistymistä, kuljettimen oli odotettava 10 sekunnin ajastimen menemistä läpi. Ajastin käynnistyi hihnaeleaattorin kontaktorin vetäessä. Sen tehtävä oli viivyttää kuljettimen käynnistystä kunnes hihnaeleaattorin pyörintävahti oli vienyt läpi oman laskentansa. Pyörintävahdin ajastimen aika, jolloin tarkistettiin pyörिकö hihnaeleaattori riittävän suurella taajuudella, oli noin yhdeksän sekuntia. 10 sekunnin viiveellä vältettiin siksi tilanne, jossa yhteiskäynnistettävä kuljetin olisi lähtenyt käyntiin hihnaeleaattorin kontaktorin vetäessä, mutta ajettaisiin alas yhdeksän sekunnin kuluttua, koska hihnaeleaattorin pyörintätaajuus ei olisi ollut riittävän suuri.

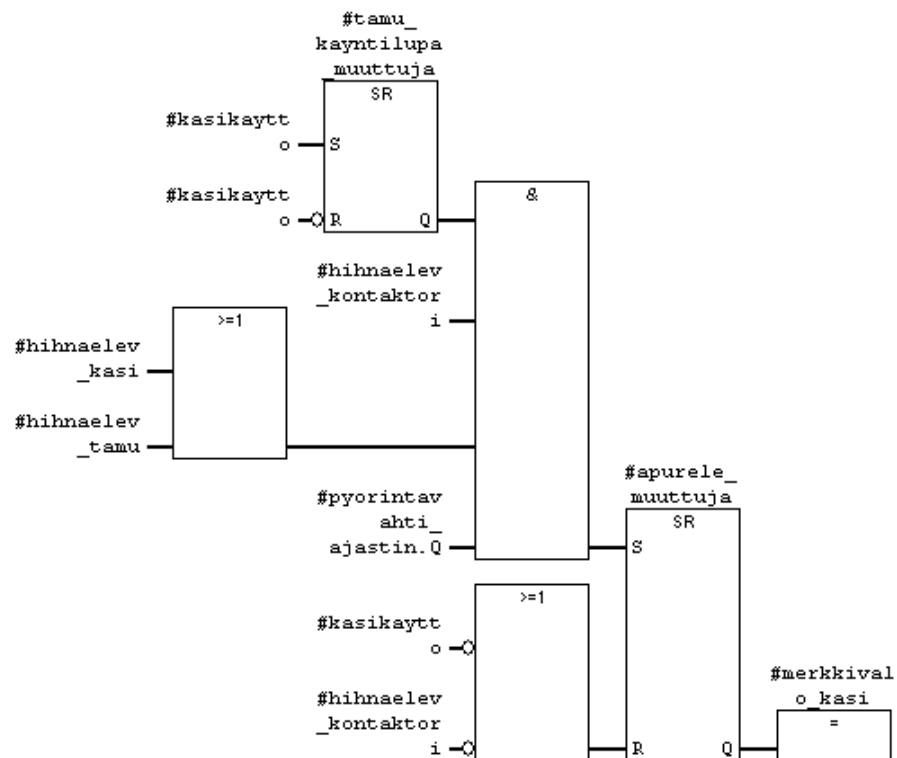
Kuljettimen käynnistyminen edellytti, että viiveen jälkeen hihnaeleaattorin kontaktori yhä veti ja lisäksi hihnaeleaattorin kytkimen oli oltava käsi- tai taajuusmuuttaja-asennossa. Ehtona oli myös, että kuljettimen kytkin oli käsikäyttöasennossa ja tämän jälkeen kuljettimen taajuusmuuttaja oli saanut käyntiluvan. Tässä lohossa vietiin muuttajat ja taajuus kuten edellisissä lohkoissa lohkon ulostuloon.

Network 1: Title:

Ajastin sen selvittämiseen onko hihnaelevaattorin pyörintävahti lauennut.

**Network 2:** Title:

Kuljettimen käynnistäminen edellyttää kytkimen asennnon lisäksi hihnaelevaattorin olemista käynnissä. Hihnaelevaattorin kytkimen tai kontaktorin ilmaistessa hihnaelevaattorin olevan sammuksissa, yhteiskäynnistettävä kuljetin ajetaan alas välittömästi.

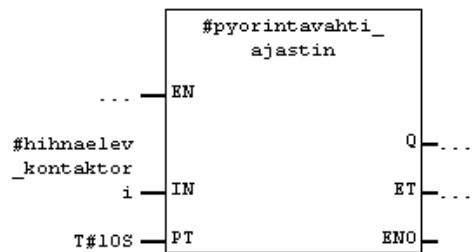


Kuvio 14: Käsikäyttö yhteiskäynnistyksessä

3.1.4.2 Taajuusmuuttajakäyttö

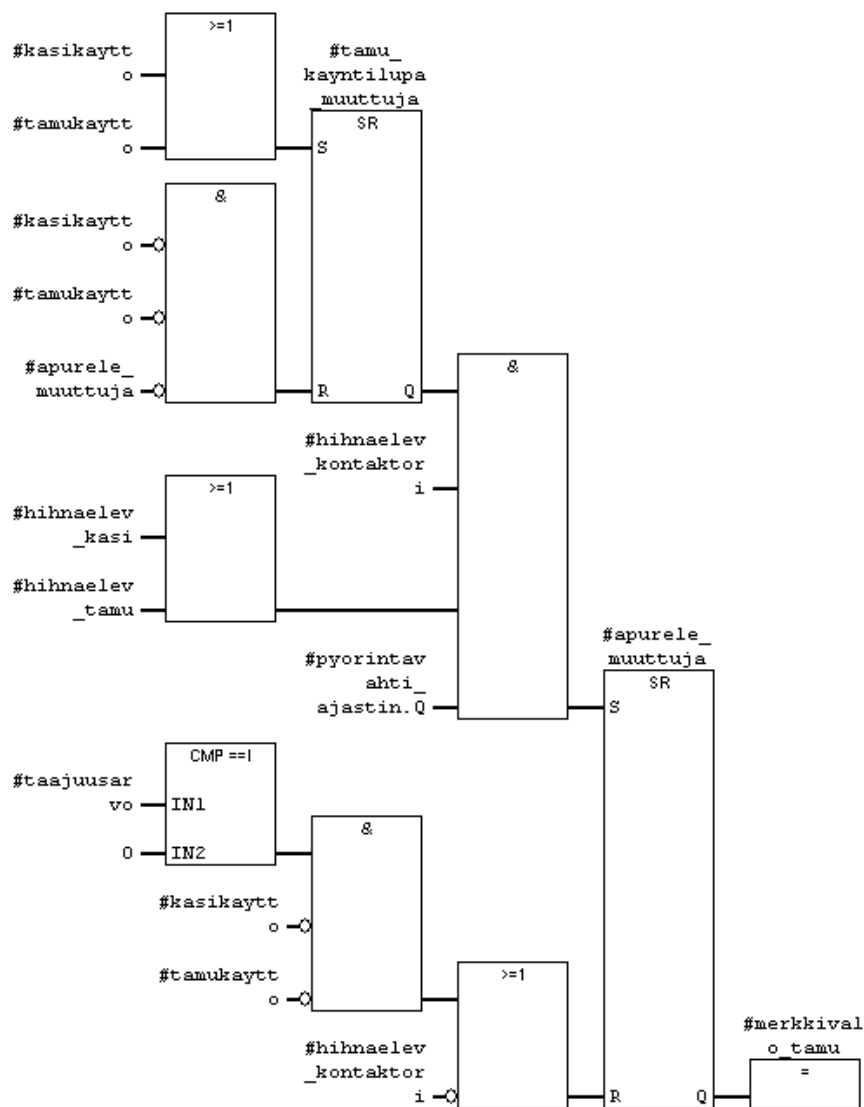
Yhteiskäynnistettävän kuljettimen taajuusmuuttajakäytön ohjauslohkon toiminta oli lähes samanlainen kuin suoraikäytössäkin. Eroina olivat alussa ollut 10 sekunnin viive sekä kuljettimen käynnin kytkeminen hihnaelevaattorin käymiseen samalla tavoin kuin yhteiskäynnistettävän kuljettimen käsikäytössäkin. (kuvio 13)

Comment:



Network 4 : Title:

Taajuusmuuttaja saa käyntiluvan, kun kuljetinta ajetaan ylös ja apurele alkaa vetää. Kuljetinta ajettaessa alas apureleeseen veto katkaistaan, kun syöttötaajuus on nolla. Tämän jälkeen resetoityy myös taajuusmuuttajan käyntilupa.



Kuvio 15: Taajuusmuuttajakäyttö yhteiskäynnistyksessä

3.1.5 Organisaatiolohko

Kaikkia toimintoja kutsutaan organisaatiolohkossa OB1. Siinä oli jaettu ajettavat toiminnot niin, että kutakin kuljetinta ajettiin omassa ohjelmanosassaan. Lisäksi automaattikäynnistykselle ja -sammutukselle oli omat osansa. Sen jälkeen oli kutsuttu vaa'an ohjelmalohkoa ja virtamittauksien muunnoksia.

3.1.5.1 Kuljetinten ohjaukset

Hihnaelevaattorin, ruuvikuljettimen ja hihnakuljettimen ohjelmaosat olivat keskenään samanlaiset (kuvio 14). Ne olivat suoraan käynnistyviä kuljettimia. Kun taas ketjukuljettimen ja lokerosyöttimen lohkot olivat keskenään samanlaisia. Ne olivat yhteiskäynnistuksen vaativia kuljettimia. Voitaisiin sanoa, että hihnaelevaattorikin vaati yhteiskäynnistuksen, koska se ei lähtenyt käyntiin ilman yhteiskäynnistysluvan antamista. Kuitenkin siitä puhutaan suoraan käynnistyvänä kuljettimena, koska sen ohjaamisessa oli käytetty samoja lohkoja kuin ruuvikuljettimelle ja hihnakuljettimelle. Tärysiirtimellä oli erilaisen toimintansa vuoksi oma lohkonsa (kuvio 15).

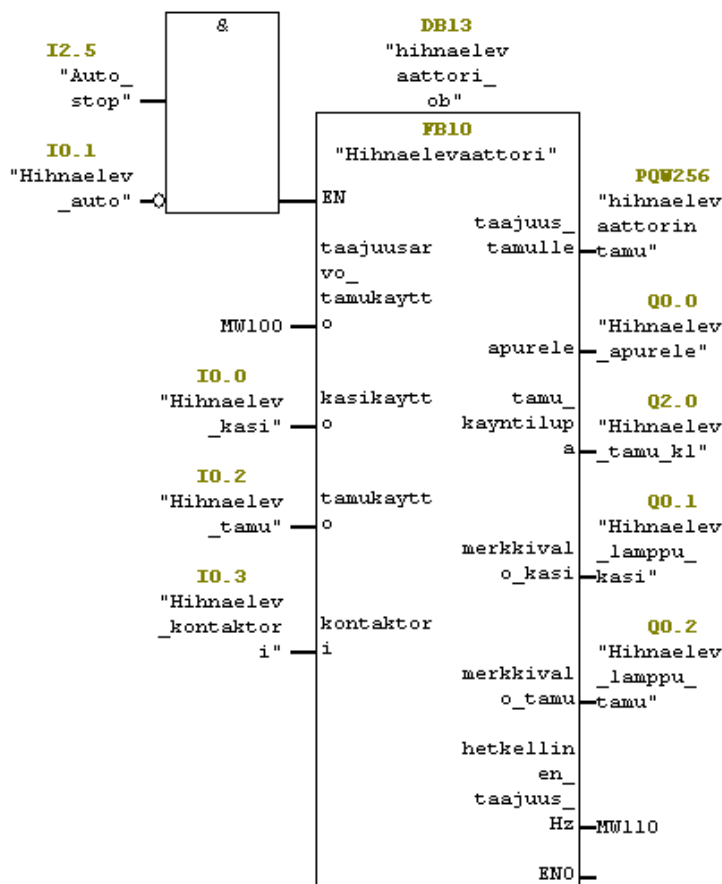
Kaikkien muiden paitsi tärysiirtimen ohjelmaosat organisaatiolohkossa OB1 olivat ulospäin samanlaisia. Ehtona kunkin ohjelmalohkon ajamiseen olivat automaattiajossa käytettävän kytkimen oleminen asennossa "Auto_stop" (I2.5) sekä hihnaelevaattorin kytkimen oleminen muussa asennossa kuin automaattiasennossa. Nämä ehdot estivät käsi- ja taajuusmuuttajalohkojen ajamisen yhtä aikaa automaattiajon kanssa. Jos näitä lohkoja olisi ajettu yhtä aikaa, kuljetin olisi käyttäytynyt arvaamattomasti. Hihnaelevaattorin kytkimen asennon vaatimus esti myös tärysiirtimen lähtemisen käyntiin kytkimiä asetettaessa automaattikäynnistystä varten.

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Comment:

Network 1: Hihnaelevaattorin käsi- ja taajuusmuuttajakäyttö

Lohkon ajamisen ehtoina automaattiajon kanssa päällekkäisyyksien estämiseksi ovat asento Auto_stop automaattiohjauksen kytkisessä sekä hihnaelevaattorin kytkimen oleminen muussa asennossa kuin automaattiasennossa.



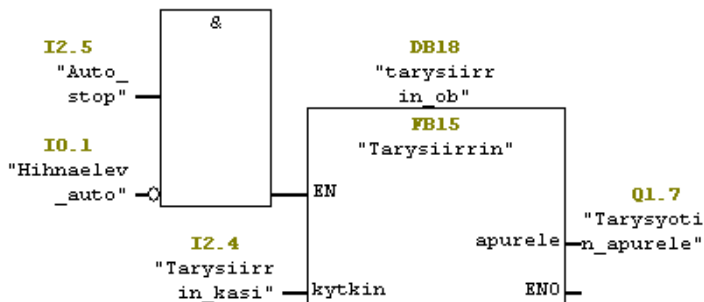
Kuvio 16: Hihnaelevaattorin ohjauslohko

Kullekin näistä viidestä kuljettimesta tuotiin kosketuspaneelin muistipaikkaan kirjoittama taajuusmuuttajakäytön taajuusohjearvo. Taajuuden hetkellisen arvon kuljettimen lohko kirjoittaa toiseen muistipaikkaan, joka vietiin edelleen kosketusnäytön ruudulle. Kuljettimien ajamista varten oli lohkolle määritelty kytkimien asentojen, kontaktorin, apureleen, merkkilamppujen ja käyntiluvan osoitteet. Lisäksi määriteltiin periferia-alueen osoite kuljettimen taajuusmuuttajalle lähetettävää analogiaviestiä varten.

Tärysiirtimen lohkon ajamisen ehtoina olivat samat ehdot kuin muillakin kuljettimilla: automaattiajon kytkin oli asennossa "Auto_stop" ja "Hihnaelev_auto" oli invertoituna. Tärysiirtimen lohkolle oli annettu tärysiirtimen kytkimen asennon yksi osoite sekä tärysiirtimen apureleen osoite.

Network 6 : Tärysiirtimen manuaaliohjaus

Lohkon ajamisen ehtoina automaattiajon kanssa päällekkäisyyksien estämiseksi ovat asento Auto_stop automaattiohjauksen kytkisessä sekä hihnaelevaattorin kytkimen oleminen muussa asennossa kuin automaattiasennossa.



Kuvio 17: Tärysiirtimen ohjauslohko

3.1.5.2 Automaattiohjaus

Automaattiohjausta varten organisaatiolohkossa kutsuttiin automaattikäynnistys (kuvio 16) ja -sammutuslohkoja (kuvio 17).

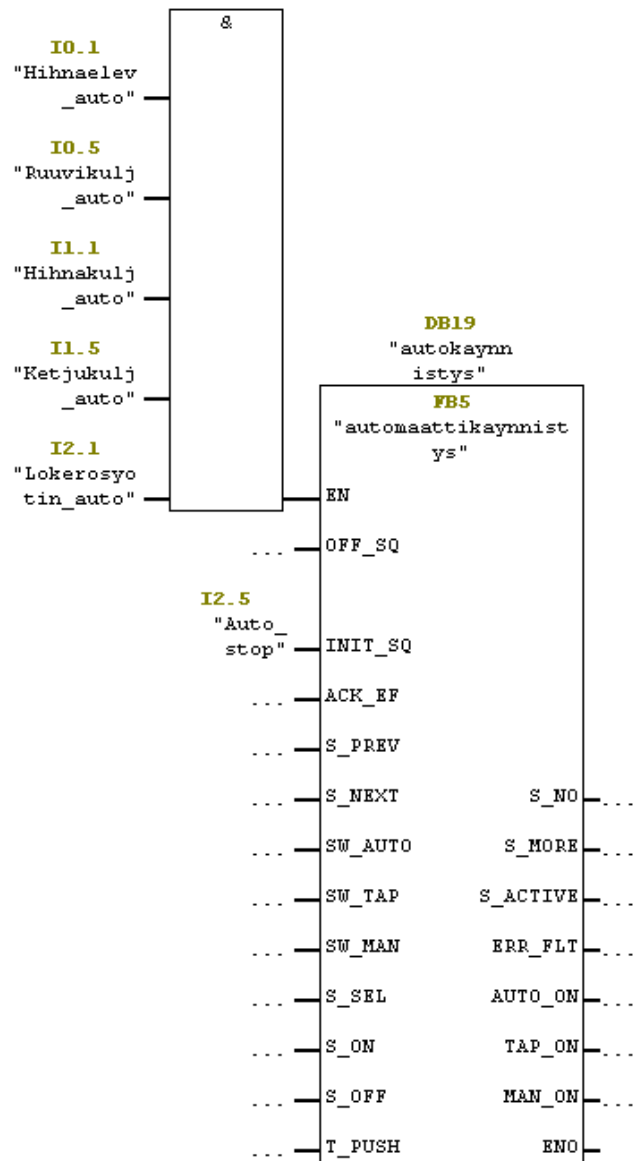
Automaattikäynnistyslohkon ajamiseksi vaadittiin, että kaikkien kuljettimien paitsi tärysiirtimen kytkimet olivat automaattiasennossa.

Automaattisammutuslohkon ajoehtona oli samoin kuljetinten kytkinten automaattiasento. Lisäksi vaadittiin automaattiohjauskytkimen asennoksi stop.

Virhetilojen välttämiseksi käynnistyslohkon alusti automaattiohjauskytkimen asento "Auto_stop" ja sammutuslohkon asento "Auto_start".

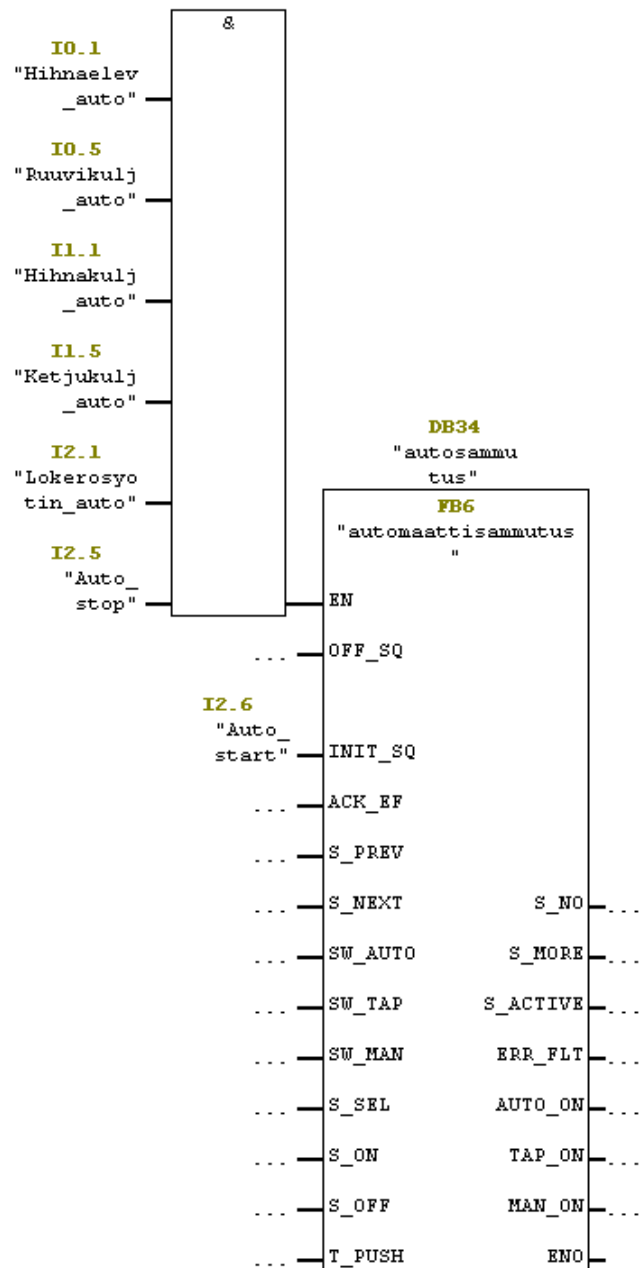
Network 7 : Automaattiohjauksen käynnistyssekvenssi

Comment :



Kuvio 18: Automaattiajon käynnistyssekvenssi OB1:ssä

Network 8 : Automaattiohjauksen sammutussekvenssi

 Comment:
 
Kuvio 19: Automaattiajon sammutussekvenssi OB1:ssä

3.1.5.3 Vaaka ja virtamittausmuunnokset

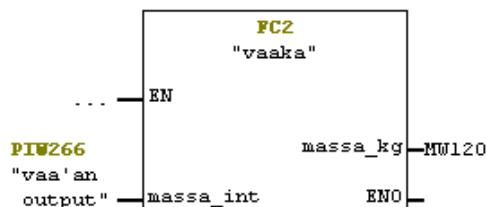
Vaa'an ja virtamittausmuunnoksien lohkot näyttivät ulospäin samankaltaisilta (kuvio 18). Vaakalohko otti sisään tulona periferia-alueelta antureiden antaman

massa-arvon kokonaislukuna. Lohko antoi ulos massan kilogrammoina. Tämä arvo tallennettiin muistipaikkaan.

Virtamittausmuunnoslohkolle tuotiin kuljettimen virtamittauksen arvo periferia-alueelta sekä kerrottiin kuinka monta silmukkaa kulki virtamittamuuntajan läpi. Ulostulona lohko antoi kuljettimen yhdessä vaiheessa ennen taajuusmuuttajaa kulkevan virran arvon ampeereina. Arvo tallennettiin tietokantaan DB1.

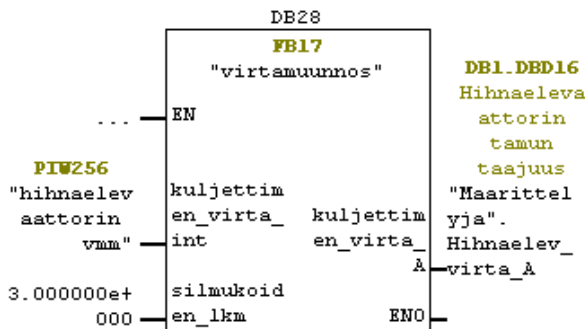
Network 9 : Title:

Vaa'an näyttämä hakemassa.



Network 10 : Title:

Hihnaelevaattorin moottorille menevän virran muunnos milliampeereiksi.



Kuvio 20: Vaa'an ja virtamittauksen lohkot

3.1.6 Yksittäisten kuljetinten ohjaukset

Organisaatiolohkossa kutsuttavien kuljetinten ohjauslohkojen alle oli rakennettu toiminnallisuus kullekin kuljettimelle. Hihnaelevaattorilla, ruuvikuljettimella ja hihnakuuljettimella ohjauslohkon sisällä oli kutsuttu suorakäynnistyksen ohjauslohkoja käsi- ja taajuusmuuttajakäynnistykseksi.

Käsikäynnistyslohkon ajaminen sallittiin, mikäli kuljettimen kytkin ei ollut taajuusmuuttajakäyttöasennossa. Vastaavasti taajuusmuuttajakäyttö sallittiin, mikäli kytkin ei ollut käsikäyttöasennossa. Lohkojen sallittiin olla käytössä yhtä aikaa, kun kumpikaan asento ei ole kytkimellä valittuna.

Näille lohkoille oli annettu parametreina samat muuttujat kuin alimmassa lohkokssakin. Poikkeuksena oli kuitenkin käsikäytön taajuus, joka oli määritelty tällä tasolla arvoon 27600 eli maksimiksi. Tämä määriteltiin tässä kohti, koska käyttäjä ei saanut muuttaa käsiajon taajuuden arvoa.

Yhteiskäytettävillä kuljettimilla ketjukuljettimella ja lokerosyöttimellä, ohjelman rakenne oli samanlainen kuin suorakäynnistettävilläkin. Erona oli se, että näillä kuljettimilla kutsuttiin yhteiskäynnistyksen käsi- ja taajuusmuuttajalohkoja suorakäynnistyslohkojen sijaan. Lisäksi näillä kahdella kuljettimella oli annettu hihnaeleaattorin IO:t tällä tasolla, jolloin niitä ei näkynyt organisaatiolohkotasolla.

Tärysiirtimen ohjauslohko sisälsi yksinkertaisen kiikun apureleelle. Kytkimen asento yksi sai apureleen vetämään. Kun kytkin ei ollut asennossa yksi apurele lakkasi vetämästä.

Jos tärysiirtimen ohjainkortti olisi sallinut kytkennät automatisointia varten, olisi kuljettimen ohjauslohko ollut monimutkaisempi. Potentiometrin vastusta olisi mitattu ja sen arvo olisi skaalattu sopivaksi ohjaukseksi ohjainkortille. Myös erinäisiä rajoja ja suodatuksia olisi käytetty ohjelmoinnissa. Tällöin tärysiirtimen amplitudin säätäminen olisi ollut mahdollista myös etäkäytössä. Toisaalta tärysiirtimen amplitudin muuttaminen väärin ohjelmassa olisi todennäköisesti aiheuttanut vaaratilanteita ja mahdollisesti laitteiston rikkoutumisen. Tämän vuoksi tällä tärysiirtimen ohjauskortilla oli turvallisuuden vuoksi amplitudin säätö tehtävä paikallisohjauksena.

3.1.7 Automaattisekvenssit

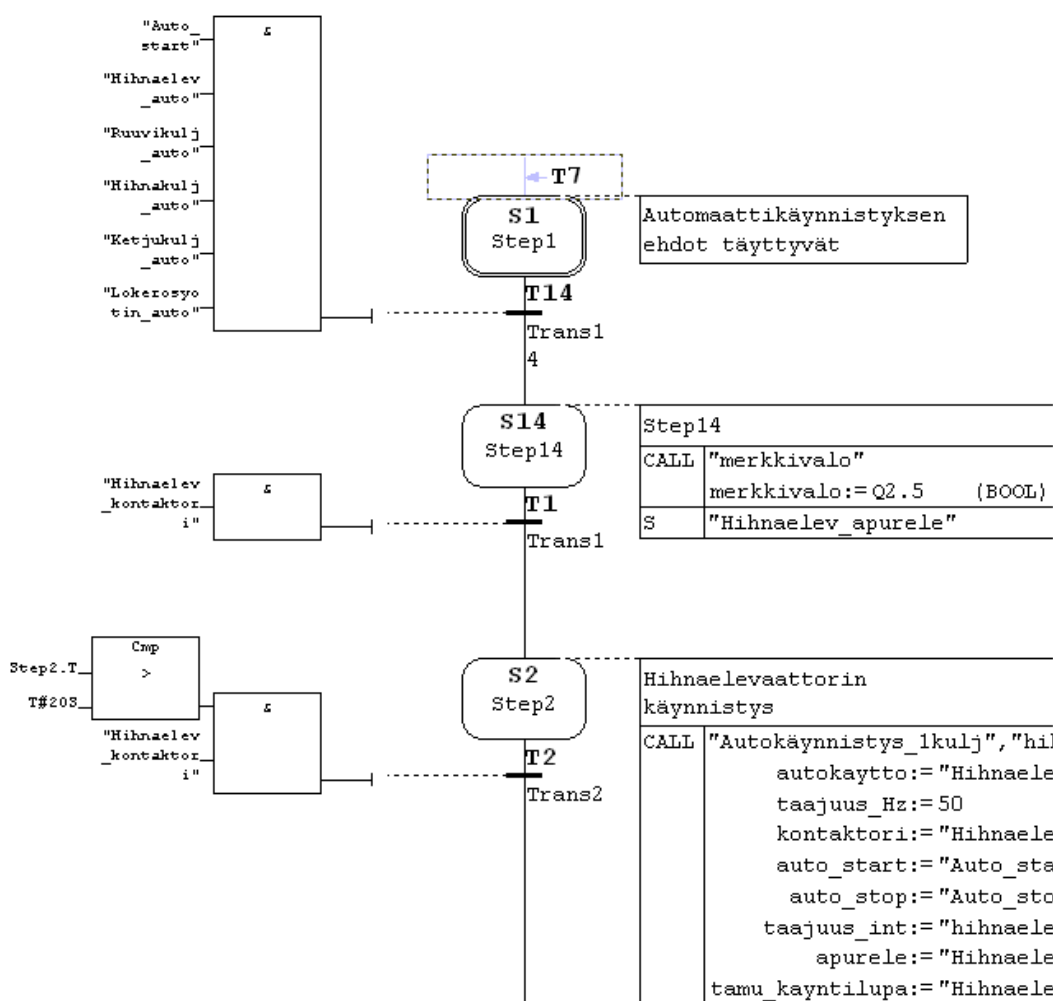
Automaattiajaja varten tehtiin kaksi GRAPH-lohkoa. Toinen lohko huolehti automaattisessa sekvenssissä kuljettimien käynnistämisestä (FB5) ja toinen kuljetinten hallitusta alasajosta (FB6). Aluksi määriteltiin symbolitaulukkaan kaikki tarvittavat IO:t. Tämän jälkeen näitä IO:a käytettiin sekvensseissä.

Automaattikäynnistyssekvenssi käynnisti kuljettimet hallitusti järjestyksessä hihnaelevaattori, ruuvikuljetin, hihnakuljetin, ketjukuljetin, tärysyötin ja lokerosyötin. Jotta sekvenssi olisi lähtenyt käyntiin, oli edellä kerrotut ehdot OB1-lohkossa täytyttävä. Sen jälkeen oli sekvenssin aloitusehtojen täytyttävä. Aloitusehtoina vaadittiin automaattiajokytkimen olemista start-asennossa sekä hihnaelevaattorin, ruuvikuljettimen, hihnakuljettimen, ketjukuljettimen ja lokerosyöttimen kytkinten olemista automaattiasennossa. Kun nämä ehdot täytyivät, alkoi käynnistyksen merkkivalo vilkkua. (kuvio 19)

Varsinainen kuljettimien käynnistys alkoi kuittaamalla yhteiskäynnistys ja painamalla yhteiskäynnistysstarttia. Tällöin hihnaelevaattorin kontaktori veti, ja sekvenssissä siirryttiin seuraavaan askeleeseen. Tässä askeleessa kiihdytettiin hihnaelevaattori ajotaajuuteensa 50 Hz.

Kaikki kuljettimet tärysiirintä lukuun ottamatta käynnistettiin samanlaisella käynnistyslohkolla kuin taajuusmuuttajakäynnistyksessä. Ajotaajuus saavutettiin siis nostamalla portaallisesti taajuutta. Kuljettimen käynnistysaskeleessa, kullekin kuljettimelle oli määritetty käynnistysaskeleeseen käytettävä aika. Aika hihnaelevaattorille oli 20 s ja muille kuljettimille 15 s.

Jos kesken käynnistyksen olisi laitteiston virta katkaistu pääkytkimestä, olisi saattanut muodostua tilanne, jossa käynnistyssekvenssi jäi kesken. Palautettaessa virrat, sekvenssi olisi jatkunut siitä mihin se ennen sammutusta olisi jäänyt. Tämän vuoksi kukin käynnistysaskel vaati kyseisen kuljettimen kontaktorin vetävän ennen kuin voitiin siirtyä seuraavaan käynnistysaskeleeseen.



Kuvio 21: Osa automaattikäynnistyssekvenssistä

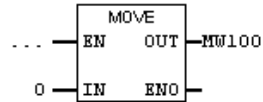
Sekvenssin jatkuminen siitä mihin se ennen virrankatkaisua jäi, vältettiin alustamalla ajotaajuudet ja käynnistyssekvenssi lohossa OB100. Tämä lohko ajettiin aina ensimmäisenä virran kytkemisen jälkeen, ennen OB1-lohkon ajamista. Ajotaajuudet alustettiin kirjoittamalla nollaa muistipaikkoihin, joista ohjaustaajuudet ajetaan taajuusmuuttajille (kuvio 20). Automaattisekvenssi alustettiin käyttämällä bittiä M120.0. Ensiksi se asetettiin OB100:ssa (kuvio 21). Tämän jälkeen lohossa OB1 bitti M120.0 alusti automaattikäynnistyslohkon, mikäli automaattiajokytkin ei ollut stop-asennossa. Tällöin tuo asento alusti lohkon. Jotta automaattikäynnistyssekvenssi voitiin ajaa, oli automaattikytkin käytettävä stop-asennossa. Tällöin M120.0 alustettiin. (kuvio 22)

OB100 : "Complete Restart"

Lohkossa alustetaan kuljettimien ohjausarvot virhetilojen välttämiseksi.

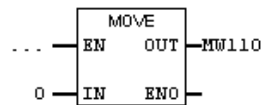
Network 1 : Hihnaeleavaattorin asetusrvon alustus (tamuhjaus)

Comment:



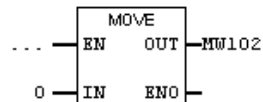
Network 2 : Hihnaeleavaattorin hetkellisen taaajuuden alustus

Comment:



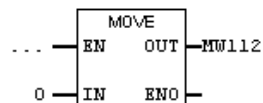
Network 3 : Ruuvikuljettimen asetusrvon alustus (tamuhjaus)

Comment:



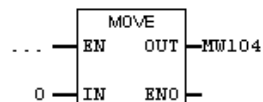
Network 4 : Ruuvikuljettimen hetkellisen arvon alustus

Comment:



Network 5 : Hihnakuuljettimen asetusrvon alustus (tamuhjaus)

Comment:



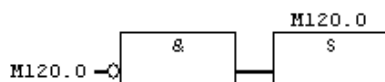
Kuvio 22: OB100 Alustukset

Network 11: Automaattisekvenssin alustus hätäseistilanteessa.

```

Automaattisekvenssiä varten sekvenssipysäytystä ja alustusta varten oleva bitti
120.0
asetetaan.

```



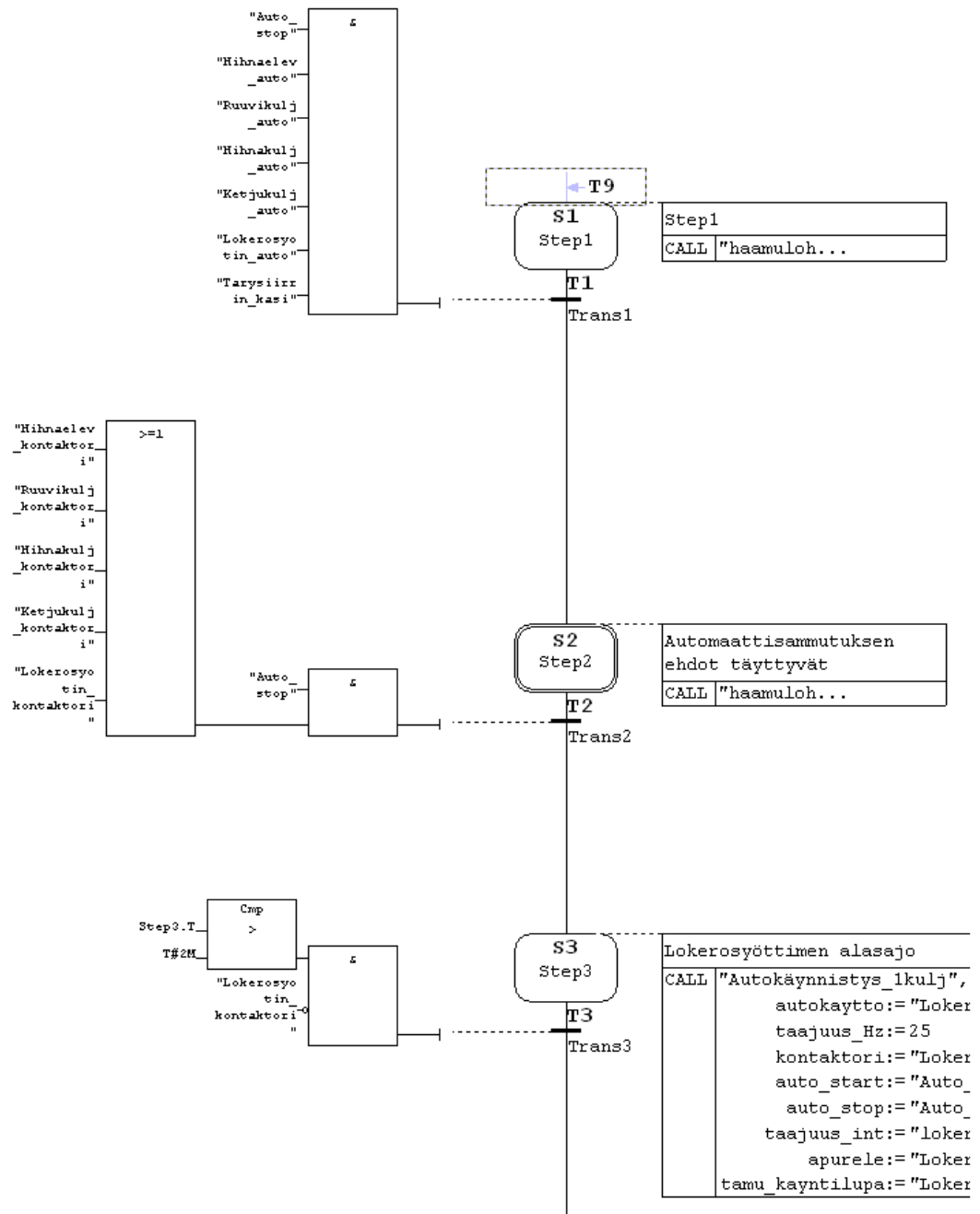
Kuvio 23: OB100 - Automaattisekvenssin alustavan bitin asettaminen

Automaattisammutussekvenssi ajoi kuljettimet hallitusti alas. Alasajojärjestys oli hakekierron mukainen: lokerosyötin, ketjukuljetin, hihnaelevaattori, ruuvikuljetin, hihnakuljetin ja lokerosyötin. Tällä sammutusjärjestyksellä varmistettiin, että hake saatiin säilöön siiloon. Jos sammutussekvenssi käynnistettiin ennen kuin kaikki kuljettimet olivat ehtineet käynnistyä, jätettiin käynnistymättä jääneen kuljettimen sammutus välistä sammutusprosessin nopeuttamiseksi.

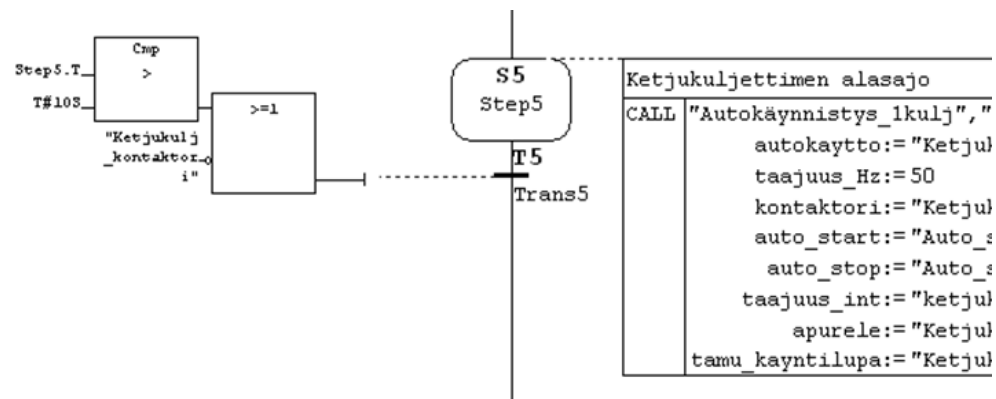
Sammutussekvenssin ajo sallittiin lohkon OB1 määrittelyjen mukaisesti. Sekvenssin alkuaskeleessa vaadittiin kaikkien taajuusmuuttajallisten kuljettimien kytkinten olemista automaattiasennossa sekä tärysiirtimen kytkimen olemista asennossa yksi ja automaattiajokytkimen olemista asennossa stop. (kuvio 23)

Seuraavaksi tarkistettiin onko minkään kuljettimen kontaktori vetäenäänä. Jos joku kontaktori veti ja automaattiajokytkin oli stop-asennossa, suoritettiin kuljettinten alasajoaskeleet. Ensiksi lokerosyötin ajettiin alas kahden minuutin odotusajassa. Odotusajan tarkoitus oli antaa hakekierron tyhjentää kierrossa oleva hake siiloon. Lisäksi seuraavaan askeleeseen siirtymiseksi vaadittiin, että lokerosyöttimen kontaktori ei vetänyt.

Kaikilla muilla kuljettimilla kuin lokerosyöttimellä alasajo aika on 10 sekuntia. Kuitenkin jos kuljettimen kontaktori ei vetänyt, siirryttiin suoraan seuraavaan askeleeseen. (kuvio 24)



Kuvio 24: Osa automaattisammutussekvenssiä



Kuvio 25: Kuljettimen alasajo

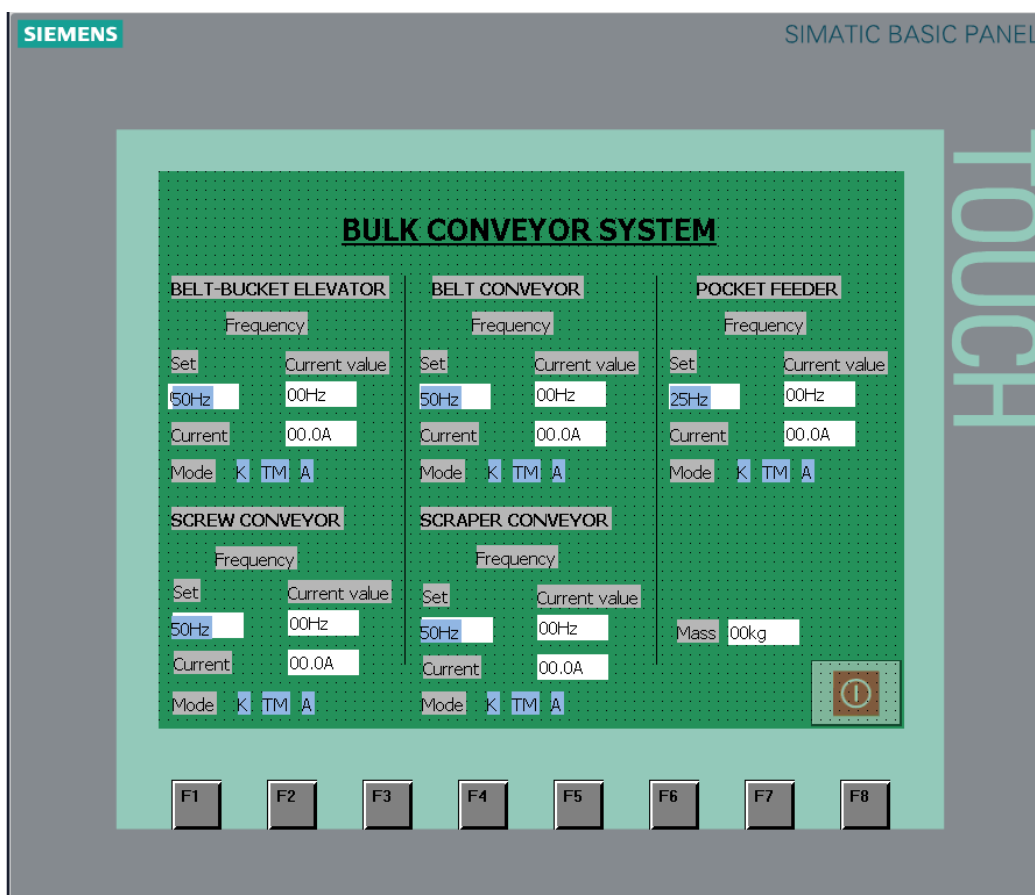
3.2 Simatic WinnCC Basic V11

Kosketusnäytön valvomo toteutettiin Siemensin Simatic WinnCC Basicin versiolla 11. Näytöltä oli tarkoitus pystyä tekemään operointi, joka ennen automatisointia hoidettiin taajuusmuuttajien ohjauspaneelilla. Lisäksi näytöltä käyttäjä näkee myös muuta keskeistä informaatiota laitteiston toiminnasta.

Ohjelmoinnin aluksi määriteltiin yhteys logiikan ja näytön välille. Logiikka ja näyttö oli yhdistetty toisiinsa ProfiNet-liitännällä. Ensiksi määriteltiin logiikan prosessori, näyttö ja ohjelmoinnissa käytetty tietokone käyttämään samaa osoiteavaruutta. Tietokoneelle annettiin IP-osoite 192.168.0.1, prosessorille 192.168.0.2 ja näytölle 192.168.0.3 (kuvio 26). Tämän jälkeen luotiin yhteys näytön ja logiikan välille käyttäen ProfiNet-väylää (kuvio 27).

Yhteysmäärittysten asettamisen jälkeen voitiin luoda käyttäjälle näkyvä ohjausnäyttö (kuvio 28). Ohjausnäytöllä käyttäjä pystyi muuttamaan taajuusmuuttajien moottorille syöttämää taajuutta välillä 0-50 Hz. Jos käyttäjä syötti suuremman taajuuden kuin 50 Hz tai pienemmän kuin 0 Hz, järjestelmä ei muuttanut ajotaajuutta. Tämä esto oli toteutettu logiikan koodissa.

Taajuuden muuttamisen lisäksi käyttäjä näki näytöltä kunkin kuljettimen hetkellisen ajotaajuuden, virran arvon yhdessä vaiheessa ennen taajuusmuuttajaa sekä hihnakuljettimella olevan hakkeen massan. Myös kuljettimen ajoasento nähtiin näytöltä.



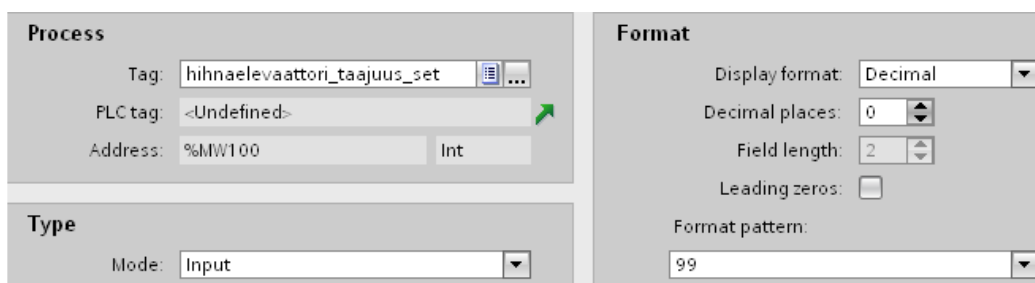
Kuvio 28: Kosketusnäytön näkymä käyttäjälle

Näytön tulo- ja lähtökentät liitettiin tageilla prosessorin muistissa oleviin muuttujiin (kuvio 29). Taajuuksien hetkelliset arvot ja ohjausarvot liitettiin tageihin käyttämällä muistipaikkoja. Virta-arvot puolestaan haettiin tietokannasta DB1. Eri kytkintiedot haettiin suoraan käyttämällä binääritulojen osoitteita.

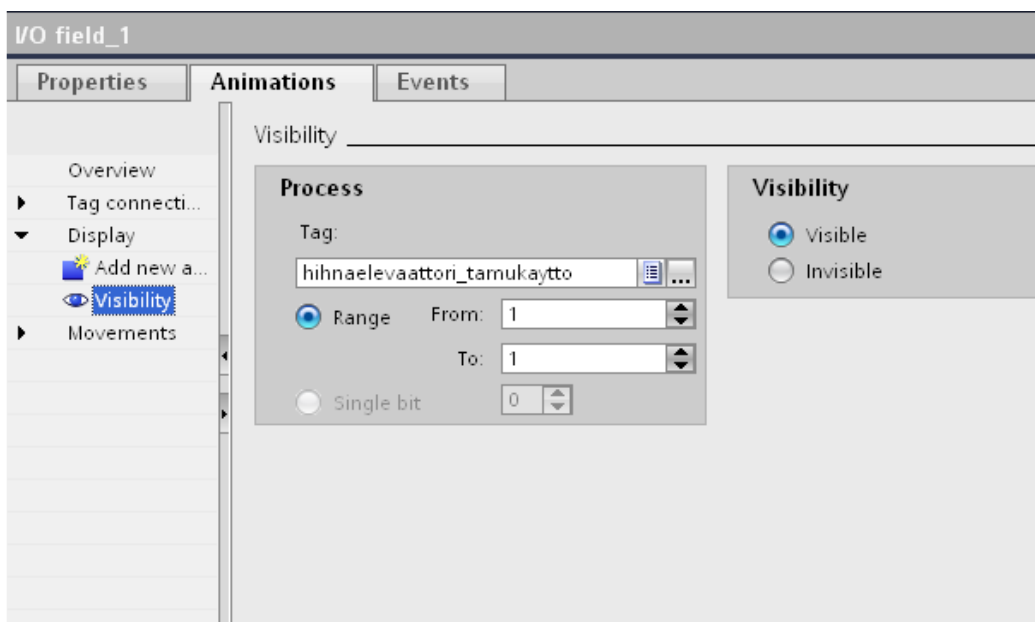
HMI tags						
Name	Tag table	Data type	Connection	PLC tag	Address	
hignaevaattori_autokaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 1	
hignaevaattori_kasikaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 0	
hignaevaattori_taaajuus_het...	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%MW110	
hignaevaattori_taaajuus_set	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%MW100	
hignaevaattori_tamukaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 2	
hignaevaattori_virta	Tagit ohjauksille	Real	KTP1000 PN	<Undefined>	%DB1.DBD16	
hihnakuuljetin_autokaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 1	
hihnakuuljetin_kasikaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 0	
hihnakuuljetin_taaajuus_hetkelli...	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%MW114	
hihnakuuljetin_taaajuus_set	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%MW104	
hihnakuuljetin_tamukaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 2	
hihnakuuljetin_virta	Tagit ohjauksille	Real	KTP1000 PN	<Undefined>	%DB1.DBD24	
ketjukuljetin_autokaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 5	
ketjukuljetin_kasikaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 4	
ketjukuljetin_taaajuus_hetkelli...	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%MW116	
ketjukuljetin_taaajuus_set	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%MW106	
ketjukuljetin_tamukaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 6	
ketjukuljetin_virta	Tagit ohjauksille	Real	KTP1000 PN	<Undefined>	%DB1.DBD28	
lokerosyotin_kasikaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 2	
lokerosyotin_autokaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 1	
lokerosyotin_taaajuus_hetkelli...	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%MW118	
lokerosyotin_taaajuus_set	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%MW108	
lokerosyotin_tamukaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 2	
lokerosyotin_virta	Tagit ohjauksille	Real	KTP1000 PN	<Undefined>	%DB1.DBD32	
massa_hihnalla	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%MW120	
ruuvikuljetin_autokaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 5	
ruuvikuljetin_kasikaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 4	
ruuvikuljetin_taaajuus_hetkelli...	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%MW112	
ruuvikuljetin_taaajuus_set	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%MW102	
ruuvikuljetin_tamukaytto	Tagit ohjauksille	Bool	KTP1000 PN	<Undefined>	%I 6	
ruuvikuljetin_virta	Tagit ohjauksille	Real	KTP1000 PN	<Undefined>	%DB1.DBD20	
tapsiirnn_amplitudi	Tagit ohjauksille	Int	KTP1000 PN	<Undefined>	%DB1.DBW8	

Kuvio 29: Tagitaulukko

I/O-kenttä määriteltiin käyttämään sopivaa tagia. Lisäksi sille määriteltiin minkä tyyppinen kenttä oli ja miten luvut näytetään käyttäjälle (kuvio 30). Tämän lisäksi taajuutta ei saanut muuttua kun laitteistoa ajettiin käsiajolla. Siksi tarvittavat kentät määritettiin näkymättömiksi muissa kuin oikeassa ajoasennossa (kuvio 31).



Kuvio 30: I/O-kentän liittäminen tagiin



Kuvio 31: I/O-kentän näkyvyyssäätely

4 TAVOITTEEN ARVIOINTIA JA IDEOITA JATKOA VARTEN

4.1 Tulosten arviointi

Opinnäytetyölle oli asetettu tavoitteeksi laitteiston modernisointi, hinnakuljettimen vaa'an saaminen toimimaan ja etämahdollisuudelle pohjan luominen. Lisäksi automaation koulutusohjelman oli tarkoitus päästä hyödyntämään laitteistoa tehokkaammin. Nämä tavoitteet saavutettiin järkevässä määrin.

Modernisoinnin jälkeen laitteistossa oli samat toiminnot kuin ennenkin. Kuljettimia pystytään ohjaamaan erillisten kosketuspaneelien sijasta kosketusnäytöltä. Kuljettimien fyysiset kytkimet ajoasennon valintaan jätettiin asiakkaan pyynnöstä paikalleen. Asiakas sai lisäksi kaipaamansa mahdollisuuden ohjata ja havainnoida kuljetusprosessia kosketusnäytöltä.

Modernisoinnissa toteutettiin lisäksi uudistuksia, joita asiakas ei vaatinut ja jotka toivat lisäarvoa laitteistolle. Ajoasennosta kertovat merkkilamput ohjelmoitiin syttymään kuljettimen ohjaamisesta vastaavan apureleen jälkeen. Tämä ratkaisu mahdollisti järjestelmän vikatilojen paremman paikallistamisen. Merkkilampun perusteella voitiin haarukoida tarkemmin missä vika oli, lähtemättä etsimään viallista johdinta sieltä missä vikaa ei ole.

Keskeinen järjestelmälle lisäarvoa tuova uudistus oli automaattiajon toteuttaminen. Sen avulla logistiikan opiskelijat saattoivat keskittyä laboratorioharjoitteiden aluksi pelkästään havainnoimaan laitteiston toimintaa. Heidän ei tarvinnut huolehtia kuljettimien tukkeutumisen estämisestä, koska ajotaajuudet oli määritetty oikein suhteessa toisiinsa. Laitteiston operointikin oli helppoa siihen aiemmin perehtymättömälle.

Hihnaelevaattorin vaaka toimi kalibroinnin jälkeen niin hyvin kuin sen oli mahdollista toimia. Vaaka näytti oikein hinnakuljettimen hihnan keskellä olleen

massan, kun hihna ei pyörinyt. Kun kuljetin oli pysähdyksissä, vaaka pystyi näyttämään kalibroinnin jälkeen luotettavasti jopa 100 g tarkkuudella massan. Toisaalta kun massa sijaisi muualla kuin määritetyssä hihnan keskipisteessä antureita vastaan kohdistui suurempi momentti, ja vaa'an tulos ei vastannut hihnalla olevaa massaa. Lisäksi hihnan pyöriminen aiheutti vaa'an lukeman heilumista jopa ± 2 kg. Koska hihnalla ollut hakemassa kierrossa oli parhaimmillaankin vain muutamia kiloja, oli vaa'an antama arvo vain suuntaantava.

Automatisointi logiikalla mahdollisti tulevan etäkäytön toteuttamisen. Etäkäyttö toteutettaisiin prosessorin ProfiNet-liitännän kautta. Logiikan kautta on mahdollista käynnistää kuljettimia, muuttaa niiden ajotaajuuksia ja nähdä kulloisenkin ajotaajuuden. Lisäksi hihnakuljettimella olevasta massasta saadaan tieto. Etäkäyttöä varten asennettiin myös merkkivalo ilmoittamaan kuljettimen käynnistymisestä.

Järjestelmän käynnistämistä varten on kuitenkin käytävä paikan päällä varmistamassa, että kukaan ei ole vaara-alueella. Tämän jälkeen laitteistoon kytketään virta pääkytkimestä. Myös tärysiirtimen amplitudi on säädettävä paikallisesti. Tähän on syynä tärysiirtimen ohjauskortti. Kun ohjauskortti oli kytkettynä logiikkaan, se otti moottorien jännitekaapeleista kuljettimia ajettaessa niin paljon häiriötä, että tärysiirrin ei pystynyt siirtämään haketta. Lisäksi logiikkaan kytkettynä piirikortille syötetty signaali aiheutti toisinaan tärysiirtimeen vikatilanteen, jossa siirrin kolisi voimakkaasti. Pitemmällä välillä tämä epäilemättä aiheuttaisi laitteiston vikaantumisen. Näiden seikkojen vuoksi oli perusteltua kieltää mahdollisuus muuttaa tärysiirtimen amplitudia etänä.

4.2 Jatkokehitysideat

4.2.1 Yleiset toimenpiteet

Järjestelmän toiminnan kehittäminen on jatkossa helpompaa automatisoinnin ansiosta. Enää ei tarvitse tehdä suuria muutoksia kytkentöihin. Sen sijaan

ohjelmoimalla voidaan toteuttaa uusia toiminnallisuuksia. Muutamat kytkennät helpottaisivat jatkokehitystä.

Automatisoinnin jälkeen binääritulokortissa oli paikkoja vapaana vielä 11. Näihin paikkoihin olisi hyvä jatkossa tuoda tiedot viiden taajuusmuuttajan käymisestä. Näin etäkäytössä saataisiin tieto siitä että taajuusmuuttaja todella käy eikä vain tietoa siitä, että taajuusmuuttajaa yritetään ohjata. Taajuusmuuttajissa ei itsessään ole sopivaa lähtöä. Käyntitieto voitaisiin saada esimerkiksi viemällä taajuusmuuttajan jälkeen yksi vaihe kontaktorin kelalle, jonka lisäkoskettimesta tieto saataisiin.

Ohjelmoinnin helpottamiseksi olisi binääritulokorttiin tarpeen tuoda tieto yhteiskäynnistyksen kolmen napin ala-asennosta ja kontaktorin vetämisestä. Lisäksi hätäseistieto tulisi saada logiikkaan, sillä hätäseiskytkin ei katkaise virtaa koko järjestelmästä vaan esimerkiksi logiikassa säilyy virrat. Tästä johtuen hätäseisnappien ja pääkytkimen läheisyyteen tulisi kiinnittää teksti ”Hätäkytkin ei katkaise virtaa”.

Laitteistoa pystyttäisiin ohjaamaan ilman fyysisiä kytkimiä. Ne voitaisiin siis tulevaisuudessa poistaa. Vastaavat toiminnallisuudet tulisi toteuttaa kosketusnäytölle. Kosketusnäytölle tulisi toteuttaa myös mahdollisuus ajaa kuljetinta taaksepäin. Tämä vaatii lisäksi kytkennän binäärilähtökortilta taajuusmuuttajan digitaalituloon, joka vaihtaa pyörimissuunnan. Tämä onnistuisi, koska binäärilähtökortissa on vielä 11 vapaata paikkaa. Hihnakuljetin ei tällaista toiminnallisuutta tarvitse, koska se voi pyöriä vain yhteen suuntaan. Takaisinpäin ajaminen on tarpeellista huoltotoimenpiteiden takia. Erityisesti ketjukuljetin jumiutuu helposti, jolloin sitä pitäisi pystyä ajamaan taaksepäin.

Jos vaa'an anturien kytkentöihin tehtäisiin muutoksia niin, että niiden antama tieto vastaisi todellista massaa hihnalla, voitaisiin sillä vaikuttaa ohjelmallisesti järjestelmän toimintaan. Tällöin olisi mahdollista tehdä ohjelma, joka säätäisi

kuljettimien ajotaajuudet sellaiseksi, että massavirta vastaisi käyttäjän antamaa arvoa.

4.2.2 Etäkäytön toteuttaminen

Etäkäytön toteuttamiseksi tarvitsee logiikka kytkeä prosessorin Profinet-liitännästä RJ45-kaapelilla työasemaan, jolla logiikkaa ohjattaisiin. Kaapeli saadaan vietyä kytkentäkaapin läpivienneistä logistiikkalaboratoriossa jo olevia kaapelihyllyjä pitkin eteenpäin työasemalle.

Työasemalla on tehtävä IP-määritykset niin, se on prosessorin kanssa samassa aliverkossa (esimerkiksi IP 192.168.0.1). Tämän jälkeen järjestelmää ohjaava valvomo voidaan toteuttaa WinnCC:llä.

Valvomonäyttö voidaan toteuttaa samankaltaisesti kuin kosketusnäytön ohjelmointi käyttämällä tageja. Oikeat osoitteet voidaan löytää IO-listasta ja Simatic Managerin symbolitaulukosta. Kosketusnäytöllä modernisoinnin jälkeen näkyvien arvojen lisäksi etäkäyttövalvomossa tulisi olla mahdollisuus muuttaa kuljettimien ajosuuntaa. Lisäksi taajuusmuuttajien käyntitieto ja tieto hätäseisäkytkimen painamisesta tulisi saada valvomoon.

Modernisoinnissa etäkäyttöä varten laitteiston yhteyteen kiinnitettiin merkkivalotorni varoittamaan järjestelmän käynnistymisestä. Samaan torniin olisi mahdollisuus saada äänitorvi, joka varoittaisi etäkäytöstä. Etäkäyttöä varten tulisi asentaa vielä kytkin, jolla valitaan etäkäytön ja paikallisajon välillä.

Etäkäytön toteuttamisessa voidaan käyttää hyödyksi jo tehtyjä ohjelmalohkoja ja tietokantaa. Etäkäyttö eroaa paikalliskäytöstä vain siinä, että etänä kytkinten asennot eivät vaikuta järjestelmän hallintaan. Jos kytkinten poistaminen toteutettaisiin, ainoa ero olisi paikallisajon mahdollisuus säätää tärysiirtimen amplitudia. Tällöin voitaisiin käyttää samoja ohjelmalohkoja sekä paikallis- että etäkäytössä.

4.3 Laitteiston hyödyntäminen automaatio-opetuksessa

Automatisoitua laitteistoa voidaan hyödyntää erityisesti automaation opetuksessa. Järjestelmä tutustuttaa opiskelijan kuljetinten perustyyppeihin ja sähkökomponentteihin. Opiskelija voi hankkia järjestelmän avulla tietämystä ja kokemusta laajalti logiikkaohjelmoinnista.

Monissa automaatiokoulutusohjelman laboratoriotöissä on keskitytty tähän asti lähinnä yhden laitteen ohjelmointiin. Tätä järjestelmää ohjelmoitaessa opiskelija oppii saman ohjelmalohkon hyödyntämisestä tulevan konkreettisen hyödyn. Kun opiskelija lähtee luomaan ohjauksia järjestelmälle, hän törmää todennäköisesti ongelmaan, jossa jotkin osoitteet ovat päällekkäin tai useampaa lohkoa ajetaan yhtä aikaa. Ongelmaa ratkaistaessa opiskelija oppii miten monen kuljettimen ohjaukset tehdään toimivasti.

Järjestelmää ohjelmoitaessa voidaan opettaa automaatiokoulutuksessa vähemmälle huomiolle jäänyttä sekvenssiohjelmointia GRAPH:lla. Opiskelija voisi ensin yrittää toteuttaa kuljettimien sekvenssikäynnistystä ja -sammutusta esimerkiksi FBD:llä. FBD-ohjelmointia tehdessään opiskelija törmää ongelmiin kuljetinten päällekkäisten ohjausten käytössä. Tässä kohti hän viimeistään huomaa miksi on käytettävä IEC-ajastimia ja -laskureita. Kun opiskelija siirtyy toteuttamaan automaattikäynnistystä GRAPH:lla, hän oppii käyttämään sekvenssirakennetta. Lisäksi hän huomaa FBD:n kömpelyyden ja monimutkaisuuden sekvenssien toteuttamisessa verrattuna GRAPH:n.

Laitteiston avulla pystytään myös opettamaan konkreettinen hyöty universaalin jaetun tietokannan käytöstä. Opiskelija oppii ohjelmoidessa käsittelemään suurempia kokonaisuuksia ja ymmärtämään ohjelman rakenteen merkitystä ohjelmoimisen selkeyden ja laitteiston toiminnan kannalta. Ohjelmoitaessa laitteistoa hän oppii myös miten sähkökytkennät vaikuttavat ohjelmointiin.

Opiskelija voi laitteiston avulla tutustua sähkökomponentteihin, logiikan kortteihin ja niiden kytkentöihin. Opiskelija oppii miten analogiakortin

virtaviestillä ohjataan taajuusmuuttajaa. Hän oppii myös miten mittaustieto tuodaan logiikkaan ja miten sitä pitää käsitellä ohjelmallisesti.

Opiskelijalla on myös mahdollisuus opetella valvomonäytön tekemistä kosketusnäyttöön. Valvomoa tehdessään opiskelija oppii käyttämään ProfiNet-väylää ja tekemään tarvittavat konfiguroinnit ensin työaseman ja logiikan liittämiseksi toisiinsa ja sen jälkeen näytön liittämiseksi logiikkaan. Itse valvomonäyttöä tehdessään opiskelija oppii käyttämään hyväksi Simatic Managerissa mahdollisesti tehtyä universaalia tietokantaa ja logiikan muistialueita.

Logiikkaohjauksen toteuttaminen järjestelmään mahdollistaa useita eri opetusmahdollisuuksia. Koko järjestelmän ohjelmoiminen auttaa opiskelijaa hallitsemaan laajempia ohjelmakokonaisuuksia, mutta järjestelmää voidaan käyttää opetuksessa myös pienempinä kokonaisuuksina. Esimerkiksi ruuvikuljetin tai hihnaelevaattori voitaisiin ottaa omiksi kokonaisuuksikseen ja perehtyä ensin niiden toimintaan. Tämän jälkeen opiskelija voisi siirtyä valmiuksiensa ja kurssin aikataulun rajoissa laajempiin kokonaisuuksiin.

LÄHTEET

(www.abb.com, fi_acs140um_revb.pdf, 14.10.2011)

(Häkkinen, 2011, 11DP7202890001.dwg)

(<http://www.jamk.fi/koulutus/tutkinnot/nuorten/tekniikanjaliikenteenala/logistiikka>, 14.10.2011)

(<http://www.jamk.fi/tutustu> , 14.10.2011)

(www.lem.com, ap_b420l_e.pdf, 14.10.2011)

(www.redlion.net, PAXS0000-Red-Lion-Controls.pdf, 14.10.2011)

(Schneider Electric, 01-10-98, Nro 358952700376)

(support.automation.siemens.com, 27300_module_data_manual_en-US_en-US.pdf, 14.10.2011)

(Vainio/Vanhala, 6.11.2009, Joukkotavarakuljetin – Ohjauslaitteet)

LIITTEET**Liite 1. IO-luettelo****Liite 2. Jakokeskus K 4.1****Liite 3. Jakokeskus K 4.1****Liite 4. Ohjauskeskus OK-1****Liite 5. Yhteislukitukset****Liite 6. Hihnaelevaattori****Liite 7. Ruuvikuljetin****Liite 8. Hihnakuuljetin****Liite 9. Ketjukuljetin****Liite 10. Lokerosyötin****Liite 11. Tärysiirrin****Liite 12. Merkkilamput****Liite 13. Logiikan layout**

IO-LUETTELO

Hihnaelevaattori

I0.0 10S2 K
I0.1 10S2 A
I0.2 10S2 TM
I0.3 10K1
Q0.0 Apurele 10
Q0.1 10H1
Q0.2 10H2
I0.3 10K1
Q2.0 taajuusmuuttajan käyntilupa
AO0 taajuusmuuttajan ohjaus
AI0 virtamittaus

Ketjukuljetin

I1.4 13S2 K
I1.5 13S2 A
I1.6 13S2 TM
I1.7 13K1
Q1.4 Apurele 13
Q1.5 13H1
Q1.6 13H2
I1.7 13K1
Q2.3 taajuusmuuttajan käyntilupa
AO3 taajuusmuuttajan ohjaus
AI3 virtamittaus

Ruuvikuljetin

I0.4 11S2 K
I0.5 11S2 A
I0.6 11S2 TM
I0.7 11K1
Q0.3 Apurele 11
Q0.4 11H1
Q0.5 11H2
I0.7 11K1
Q2.1 taajuusmuuttajan käyntilupa
AO1 taajuusmuuttajan ohjaus
AI1 virtamittaus

Lokerosyötin

I2.0 14S2 K
I2.1 14S2 A
I2.2 14S2 TM
I2.3 14K1
Q1.1 Apurele 14
Q1.2 14H1
Q1.3 14H2
I2.3 14K1
Q2.4 taajuusmuuttajan käyntilupa
AO4 taajuusmuuttajan ohjaus
AI4 virtamittaus

Hihnakuuljetin

I1.0 12S2 K
I1.1 12S2 A
I1.2 12S2 TM
I1.3 12K1
Q0.6 Apurele 12
Q0.7 12H1
Q1.0 12H2
I1.3 12K1
Q2.2 taajuusmuuttajan käyntilupa
AO2 taajuusmuuttajan ohjaus
AI2 virtamittaus

Tärysiirrin

I2.4 15S1
Q1.7 Apurele 16

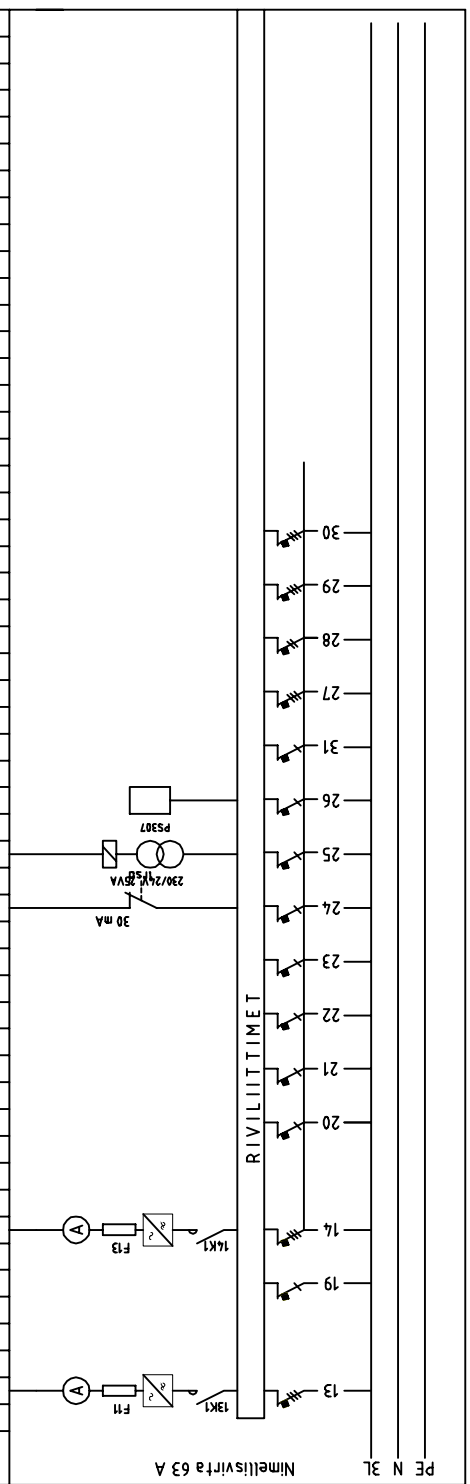
Vaaka

AI5 punnitustulos

Merkkivalo

Q2.5

Koodi	Nimitys	A/A	Laji	mm ²
	tilavaus taajuusmuuttajalle	10	4x1,5S	2,7A ABB
	kola- eli ketjukuljettin 1,1 kW	10	4x1,5S	2,7A ABB
	tilavaus taajuusmuuttajalle	10	4x1,5S	2,7A ABB
	kts. kaaviot 11DP7202070038 ja 39			
	A- ja Hz -mittarit yhdessä vaiheessa			
	turvakytkimelle			
	tilavaus taajuusmuuttajalle	10	4x1,5S	1,24A ABB
	sulku- eli lokerosyötin 0,37 kW	10	4x1,5S	1,24A ABB
	kts. piirikaaviot 11DP7202070040 ja 41			
	A- ja Hz -mittarit yhdessä vaiheessa			
	turvakytkimelle			
	tilavaus taajuusmuuttajalle	10	3x1,5S	
	jarru ohjaus	10		
	jarru	10		
	jarru	10		
	färsyötin	10		
	alipöytävahti	10		
	Logiikan Power supply -yksikkö	10		
	kuljetinrata	25	MMJ 5x6S	



Ofisikko
JAKOKESKUS K 4.1

Omistaja
Jyväskylän ammattikorkeakoulu
teknikka ja liikenne

Dokumentti tyyppi
Pääkaavio

Tekijä Pvm **Tarkastaja** Hyväksyjä Pvm **Rev.** **Suhde** **Lehti**
f3896 f3896 HakVe 31.08.2010 2 - 12

Nro	Muutos	Pvm	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä
1	Bulkkiuljettimen automaatio	04.11.2011	E5803	E5803	HakVe

Piirustusnumero
11DP7202070012

1	2	3	4	5	6	7	8
A	B	C	D	E	F		
A	B	C	D	E	F		

Nro	Muutos	Pvm	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä
4					
3					
2		2.11.2011	e5803	e5803	HakVe
1	Bulkkiuljettimen automatisointi				

vaaka	
RIVILIITTIMET	
LXXX	

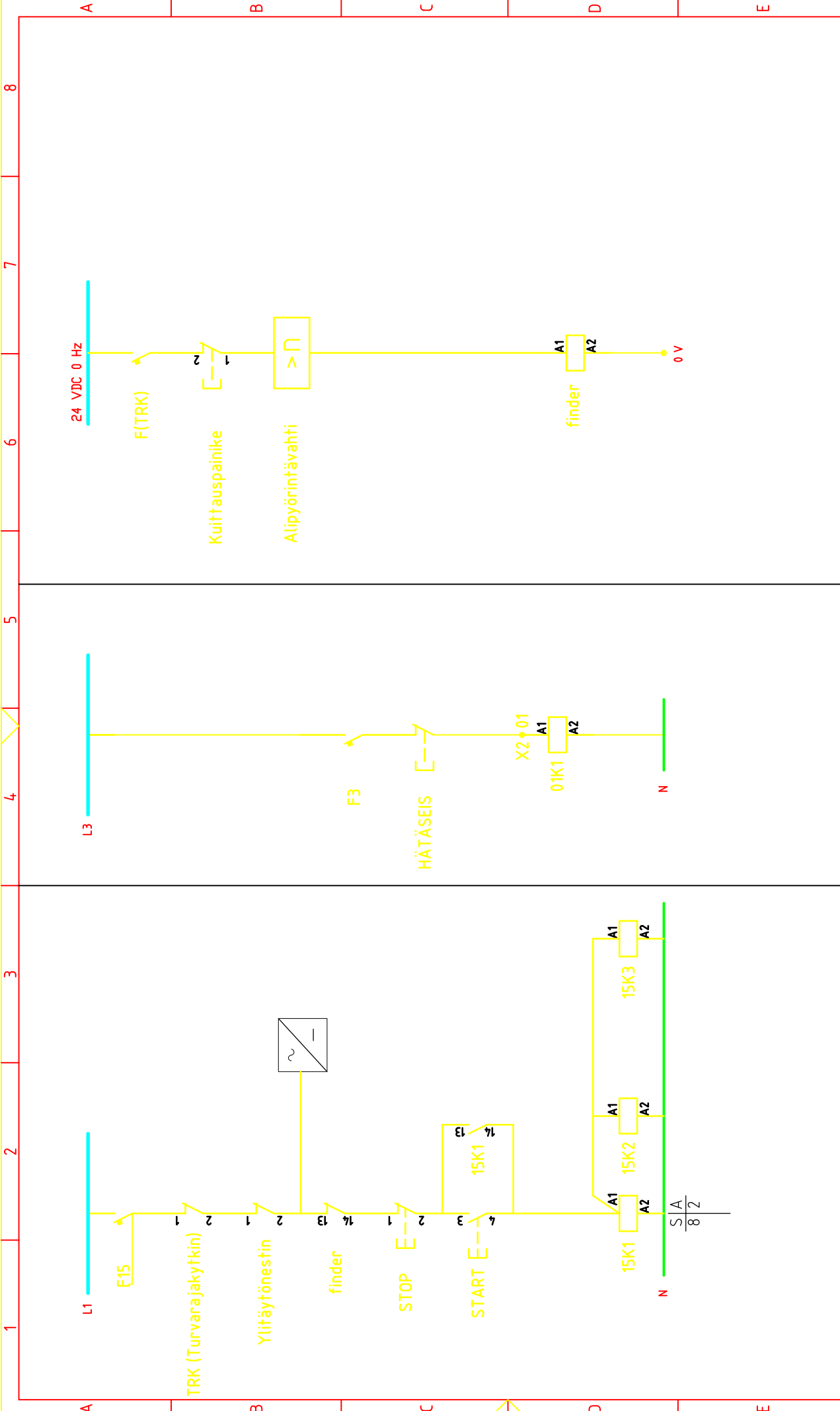
Ohjain
OHJAUSKESKUS OK-1

Omistaja
 Jyväskylän ammattikorkeakoulu
 tekniikka ja liikenne

Dokumentti tyyppi
Pääkaavio

Tekijä f3896 | **Tarkastaja** f3896 | **Hyväksyjä** HakVe | **Pvm** 31.08.2010 | **Rev.** 1 | **Suhde** 1 | **Lehti** 13

Piirustusnumero
11DP7202070013



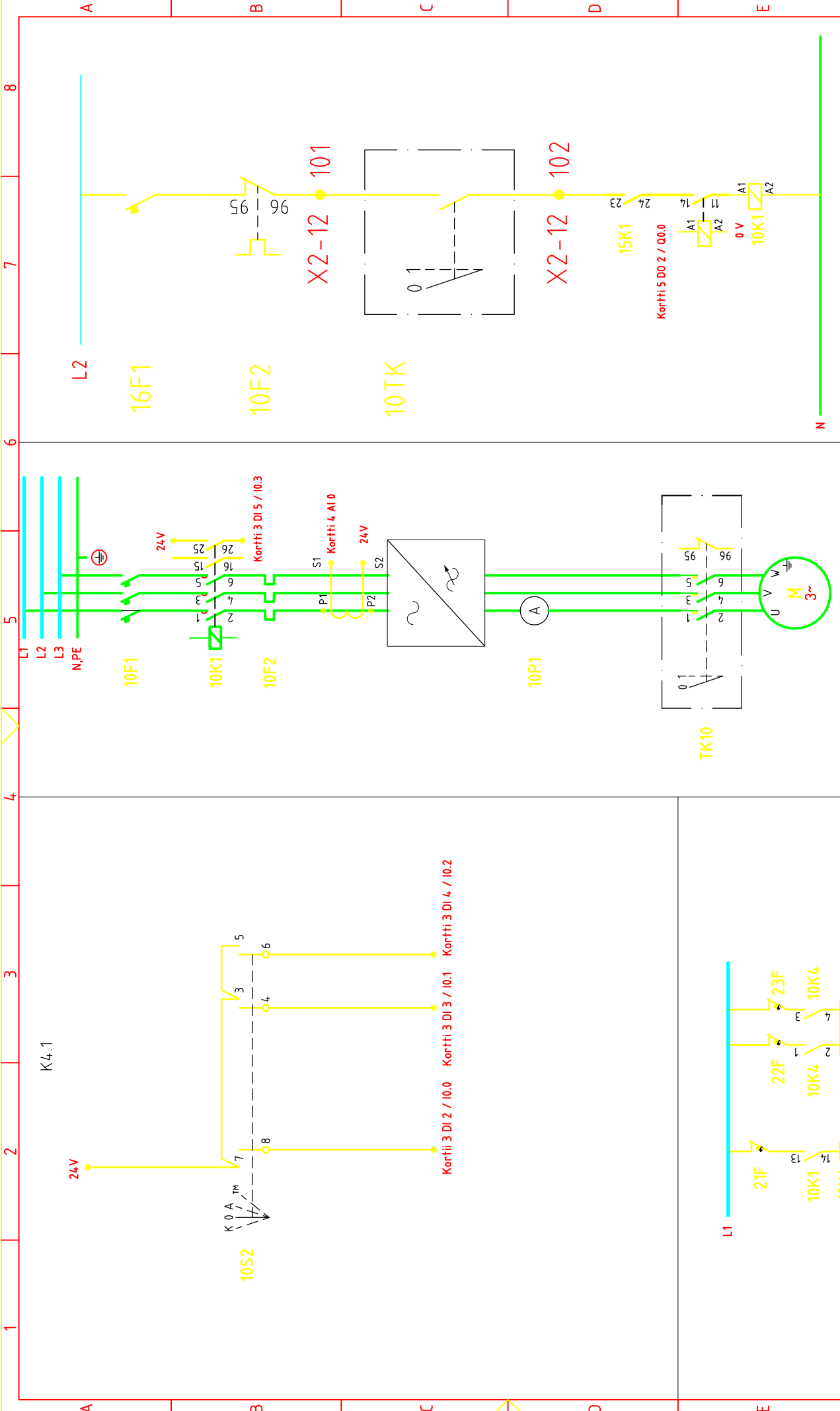
Nro	Muutos	Pvm	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä
4					
3					
2		16.6.2011	E5803	E5803	
1	Bulkkiuljettimen automatisointi				

Otsikko		Tarkastaja		Hyväksyjä		Pvm		Rev.		Subde		Lehti	
KULJETINTEN YHTEIS-LUKITUKSET		E5803		E5803		2.11.2011		1		-		31	
Virtapiirikaavio													

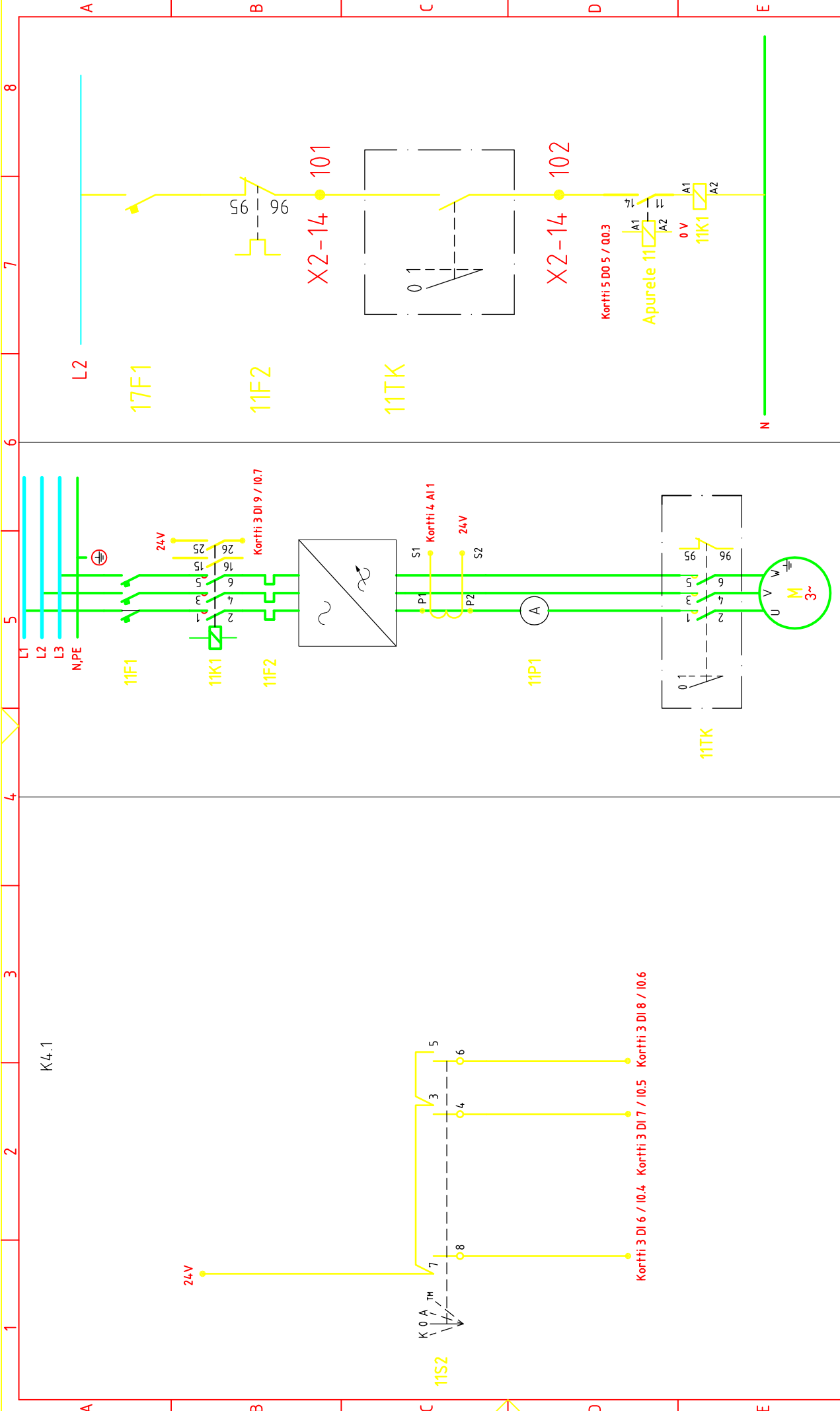
Omistaja

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liikenne

Piirustusnumero
11DP7202070031



Ofisikko		Omistaja	
HIHNALEVAATTORI		Jyväskylän ammattikorkeakoulu	
MOOTTORI N:0 1		informaatioteknologian instituutti	
Virtapiirikaavio		Päästusnumero	
Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä	Pvm
f 38 96	f 38 96	Hakve	31.08.2010
1	1	1	32
Nro		Muutos	
4			
3			
2			
1	Bulkkilajettimen automaatio	2.11.2011	e5803
Tekijä		Tarkastaja	
Pvm		Hyväksyjä	
e5803		e5803	
1		3	
2		2	
3		4	
4		5	
5		6	
6		7	
7		8	



Otsikko
RUUVIKULJETIN MOOTTORI N:0 2

Omistaja
 Jyväskylän ammattikorkeakoulu
 informaatioteknologian instituutti

Dokumentti tyyppi
 Virtapiirikaavio

Tarkastaja Hyväksyjä Pvm
 f3896 f3896 Hakve 31.08.2010 1 - 32

Rev. Suhde Lehti
 1 - 32

Piirustusnumero
 11DP7202070034

Nro	Muutos	Pvm	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä
4					
3					
2		2.11.2011	e5803	e5803	
1	Bulkkikuljettimen automaatiointi				

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F

K4.1

24V

11S2

K 0 A TM

11F1

11K1

11F2

Kortti 3 DI 9 / IO.7

17F1

11F2

11TK

11P1

11TK

X2-14 101

X2-14 102

Kortti 5 DO 5 / Q0.3

Apurele 11

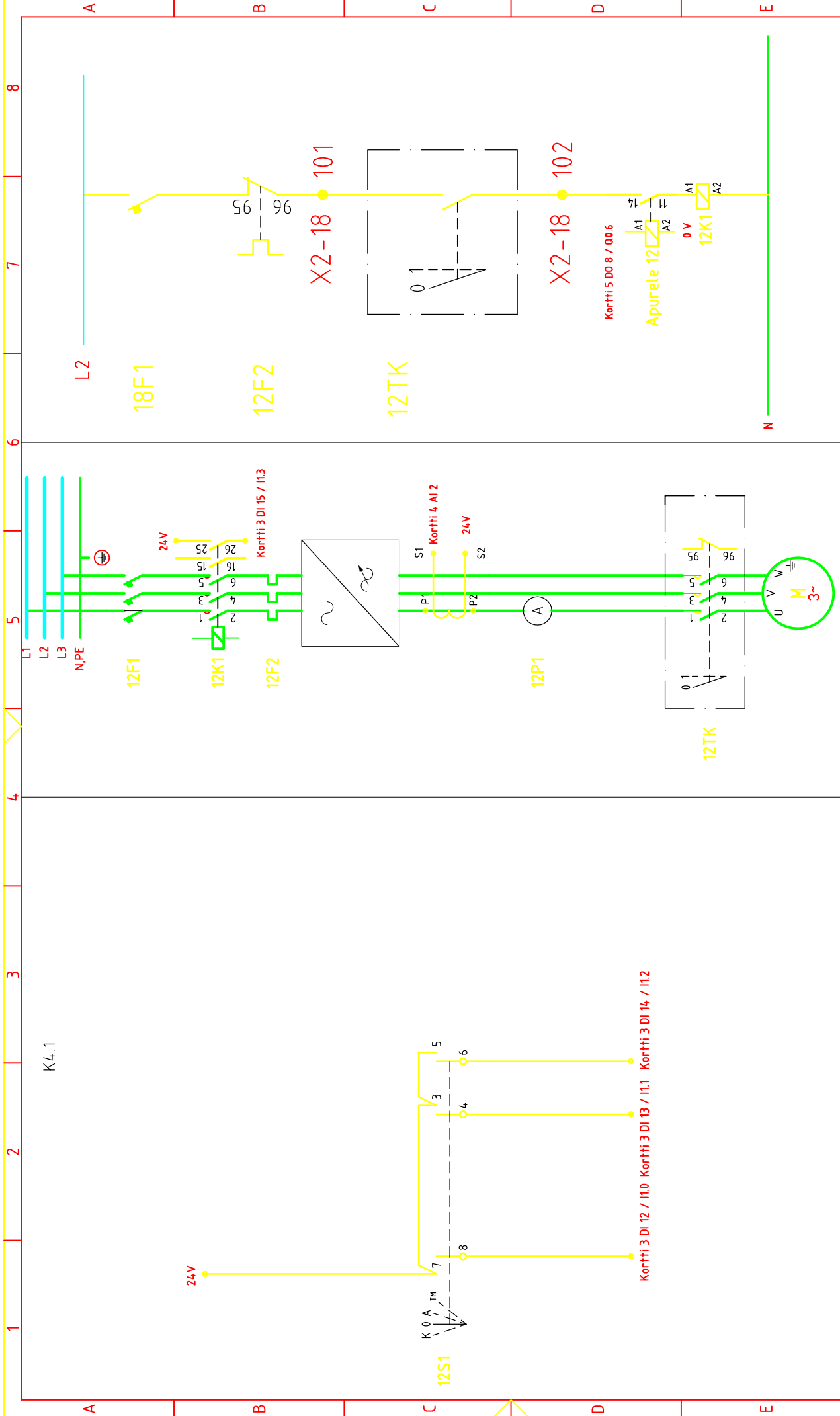
0 V

11K1

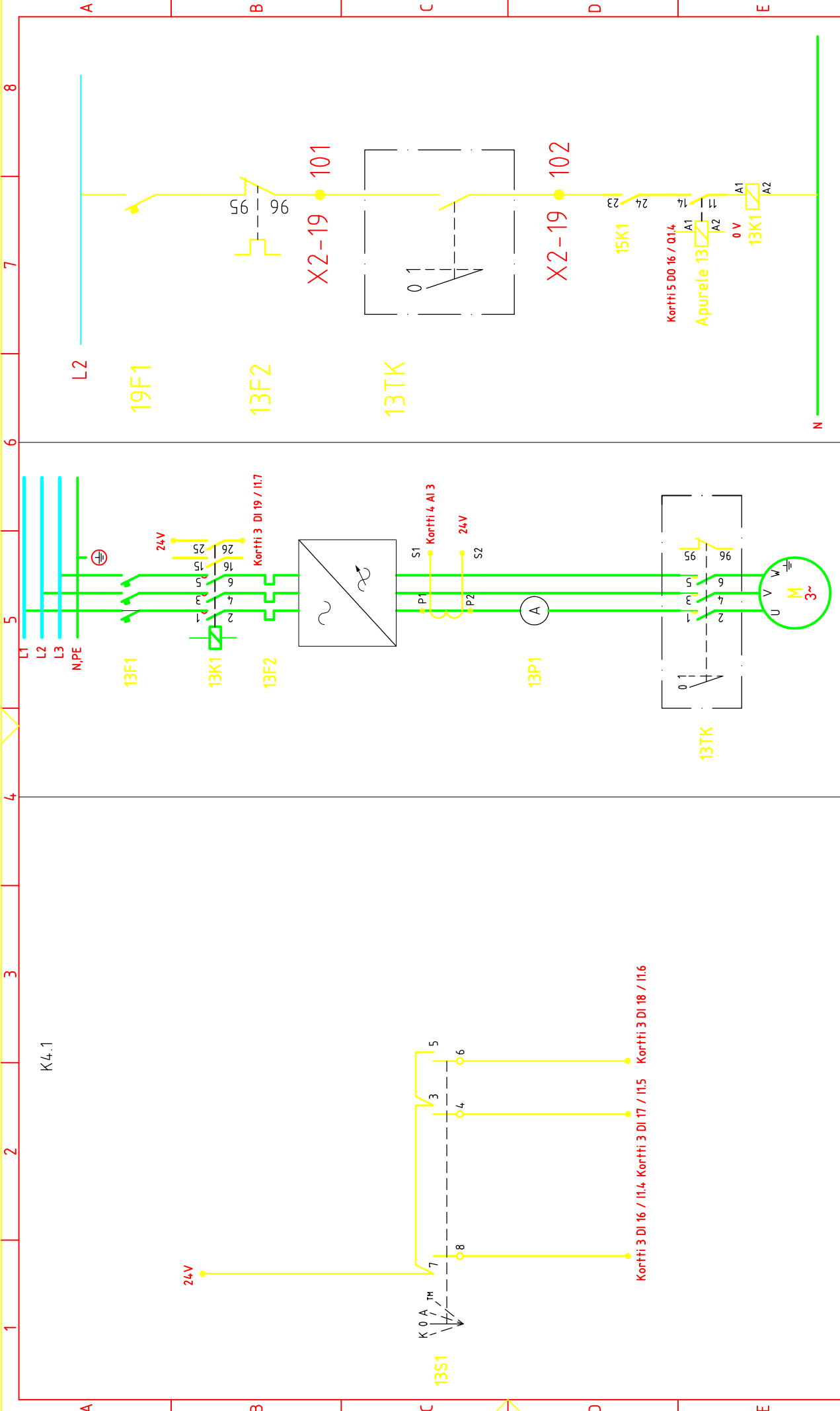
N



8 7 6 5 4 3 2 1



Otsikko		HIIHNAKULJETIN MOOTTORI N:0 4			
Omistaja		Jyväskylän ammattikorkeakoulu informaatioteknologian instituutti			
Dokumentti tyyppi		Virtapiirikaavio			
Tekijä		f3896 f3896			
Tarkastaja		Hakve			
Hyväksyjä		2.11.2011			
Pvm		1 - 32			
Rev.		Lehti			
Piiustusnumero		11DP7202070036			
Nro	Muutos	Pvm	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä
4					
3					
2					
1	Bulkkikuljettimen automaatiointi	2.11.2011	e5803	e5803	

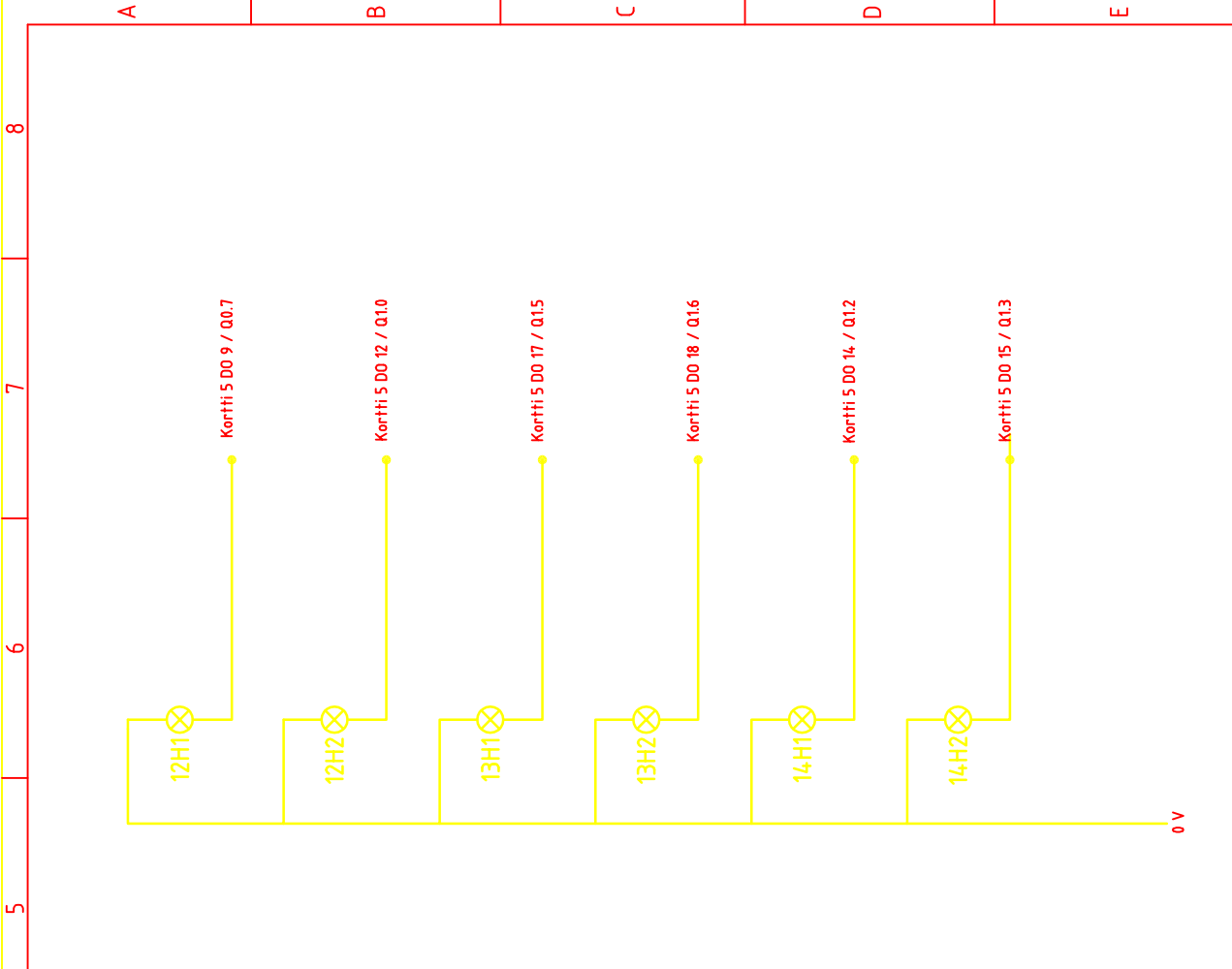


Nro	Muutos	Pvm	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä
4					
3					
2		2.11.2011	e5803	e5803	
1	Bulkkikuljettimen automatisointi				

Tekijä		Tarkastaja		Hyväksyjä		Pvm	
f3896		f3896		Hakve		31.08.2010	
Rev.		Subde		Lehti		1 - 32	

Otsikko		Omistaja	
KOLA- ELI KETJUKULJETIN		Jyväskylän ammattikorkeakoulu	
MOOTTORI N:0 3		informaatioteknologian instituutti	
Dokumentti tyyppi		Pirustusnumero	
Virtapiirikaavio		11DP7202070038	






Nro	Muutos	Tekijä	Pvm	Tarkastaja	Hyväksyjä
4					
3					
2					
1					

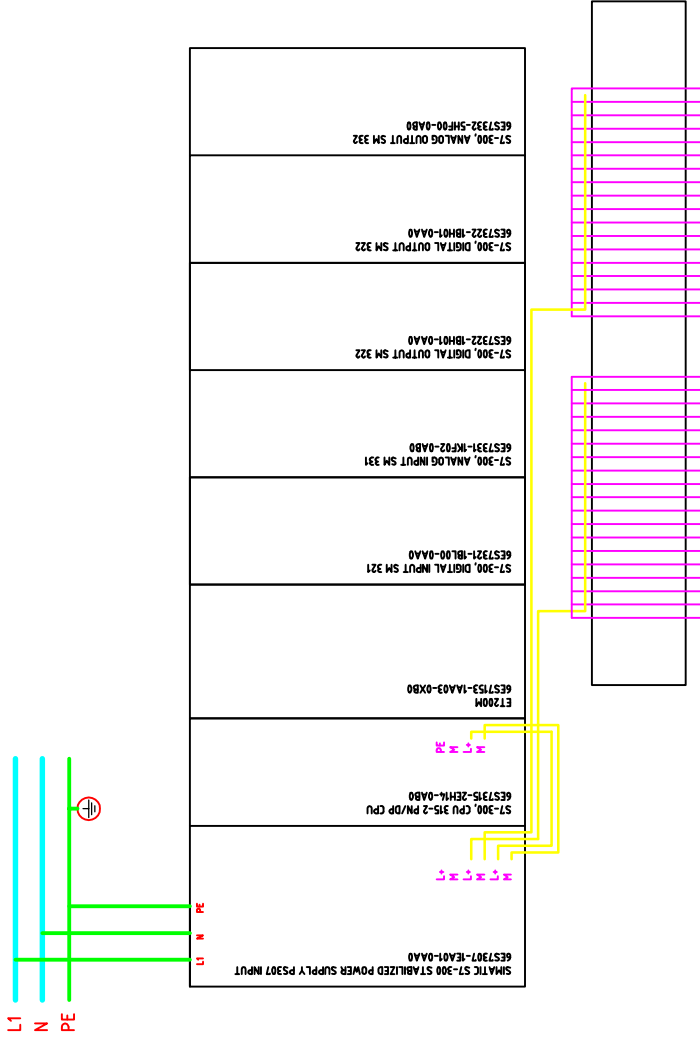
Otsikko		MERKKILAMPUT	
Dokumentti tyyppi		Johdotuskaavio	
Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä	Pvm
e5803	e5803	Hakve	16.06.2011
Rev.	Subde	Lehti	
1	-	43	

Omistaja



Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liikenne

Piirustusnumero
11DP7202070043



RIVILIITTIMET M (0V)

L+ (24V)

1	Kortti 8 PS307 L1, Kortti 3 DI 1
2	Kortti 3 DI 21
3	Kortti 5 DO 1
4	Kortti 5 DO 11
5	Kortti 6 DO 1
6	Kortti 6 DO 11
7	Kytkin 13S1 kärki 7
8	Kontaktori 13K1 liittin 25
9	Kytkin 14S1 kärki 7
10	Kontaktori 14K1 liittin 25
11	Kytkin 11S1 kärki 7
12	Kontaktori 11K1 liittin 25
13	Kytkin 12S2 kärki 7
14	Kontaktori 12K1 liittin 25
15	Kytkin 10S2 kärki 7
16	Kontaktori 10K1 liittin 25
17	Kytkin 16S1 kärki 1
18	Kortti 7 AO 1
19	Vaaka AO(+)
20	vmm hinnailevaattori (+)
21	vmm ruuvikuljettin (+)
22	vmm automaattikytkin kärki 1
23	vmm hinnailettin (+)
24	vmm keuhkuljettin(+)
25	vmm lokerosyöttin (+)

1	Kortti 8 PS307 M, Kortti 3 DI 20
2	Kortti 3 DI 40
3	Kortti 5 DO 10
4	Kortti 5 DO 20
5	Kortti 5 DO 20
6	Kortti 6 DO 10
7	Kortti 6 DO 20
8	Apurele 13 A2
9	Apurele 14 A2
10	Apurele 11 A2
11	Apurele 12 A2
12	Apurele 10 A2
13	Kortti 7 AO 20
14	Apurele 16 A2
15	Tamu 10 liittin 8 AGND
16	Tamu 11 liittin 8 AGND
17	Tamu 12 liittin 8 AGND
18	Tamu 13 liittin 8 AGND
19	Tamu 14 liittin 8 AGND
20	A10 M-
21	A11 M-
22	A12 M-
23	A13 M-
24	A14 M-
25	A15 M-

Nro	Muutos	Pvm	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä
4					
3					
2					
1					

Otsikko **LOGIikka JA RIVILIITTIMET**

Omistaja **Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liikenne**

Dokumentti tyyppi **Johdotuskaavio**

Tarkastaja **e5803** Hyväksyjä **Hakve** Pvm **16.06.2011**

Rev. **1:2** Suhd. **44** Lehti **1**

Piirustusnumero **11DP7202070044**

