

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

Tutkintotyö

Jarmo Kallio

LOGIIKKAOHJATTU HIHNAKULJETIN

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2008

Diplomi-insinööri Eerik Mäkinen
Tampereen ammattikorkeakoulu, sähkölaboratorio

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

Kallio, Jarmo

Logiikkaohjattu hihnakuuljetin

Tutkintotyö

64 sivua + 22 liitesivua

Työn ohjaaja

Diplomi-insinööri Eerik Mäkinen

Työn teettäjä

Tampereen ammattikorkeakoulu, sähkölaboratorio

Toukokuu 2008

Hakusanat

hihnakuuljetin, ohjelmoitava logiikka, ET200S- hajautettu järjestelmä, Profibus-väylä

TIIVISTELMÄ

Tutkintotyön tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa laitteisto, jonka avulla saataisiin havainnollistettua työn tekijän ideoima kaltevan tason sovellus. Sovelluksen ideana on säilyttää kappaleen asema paikallaan hihnakuuljettimella. Tämän aikaansaamiseksi hihnakuuljetin varustettiin kulman säädön mahdollistavalla tekniikalla.

Kuljetinlaitteistoa on tarkoitus hyödyntää opetuskäytössä Tampereen ammattikorkeakoulussa. Tämän vuoksi kuljetinlaitteisto sekä sen ohjausjärjestelmä toteutettiin siten, että se vastaa mahdollisimman hyvin todellista laitteistoa.

Kuljetinlaitteiston mekaaninen rakenne pyrittiin saamaan sellaiseksi, että siihen tehtävät muutostyöt ovat helppoja toteuttaa. Ohjaus- ja säätölaitteiston muodostavat ohjelmoitava logiikka, hajautettu yksikkö, Profibus-väylä sekä erilaiset anturit. Käyttäjän ja laitteiston rajapintana toimii ohjauskotelo. Kulman säätö toteutettiin lineaariyksikön ja työntövarsien avulla.

Tutkintotyön tulokseksi saatiin suunnitelmien mukainen kuljetinlaitteisto. Kuljetinlaitteiston monipuolisuuden ansiosta, sitä pystytään hyödyntämään monissa eri sähköalan opintojaksoissa.

TAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electrical Engineering

Electrical Power Engineering

Kallio Jarmo Logic controlled belt conveyor

Engineering Thesis 64 pages, 22 appendices

Thesis Supervisor M.Sc. Eerik Mäkinen

Commissioning Company TAMK University of Applied Sciences

May 2008

Keywords belt conveyor, programmable logic, ET200S- distributed system, Profibus
fieldbus

ABSTRACT

The goal of this engineering thesis was to design and build belt conveyor system. Purpose of the belt conveyor system was to demonstrate one kind of inclined plane application. The main idea of the application was to retain the chosen position of object on the belt conveyor. Technique that makes the adjustment of the gradient possible must be included in the belt conveyor.

Intention of the belt conveyor system is to use it in teaching at Tampereen ammattikorkeakoulu University of Applied Sciences. The conveyor system and its control system have been implemented in the way that corresponds to the real situation as close as possible.

The mechanical structure of the conveyor system was planned the way that following alteration works can be easily done. Control system of conveyor equipment consist of programmable logic, ET200S- distribution unit, fieldbus (Profibus) and different sensors. A control case works as the interface between user and equipment. Adjustment the angle of gradient is made executed with the linear screw.

The result of this thesis is conveyor system that operates as planned.

ALKUSANAT

Tutkintotyöni aiheena oli itse ideoitu kaltevaan tasoon perustuva laitteisto. Valmistuvaa laitteistoa on tarkoitus hyödyntää opetuskäytössä Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriossa. Tutkintotyö oli erittäin mielenkiintoinen sen monipuolisuuden vuoksi.

Kiitokset haluan esittää tutkintotyöni ohjaajalle diplomi-insinööri Eerik Mäkiselle. Hänen innostuksensa tutkintotyötäni kohtaan on toiminut hyvänä kannustimena työn aikana. Haluan kiittää myös Hannu Valkamaa, joka auttoi työhön liittyvän materiaalin valinnoissa sekä tilaamisessa. Kiitokset ansaitsee myös kone- ja laiteautomaation opettaja Seppo Mäkelä, jolta sain arvokkaita tietoja koskien erityisesti automaatiojärjestelmiä. Suuret kiitokset haluan esittää myös vanhemmilleni ja siskolleni, jotka ovat tukeneet ja kannustaneet minua opinnoissani. Erityisesti haluan kiittää isääni Raimo Kalliota suuresta avusta kuljetinlaitteiston mekaanisen rakenteen suunnittelussa ja toteutuksessa.

Tampereella 5.5.2008

Jarmo Kallio

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO.....	6
2. LAITTEISTON RAKENNE.....	7
2.1 Yleiskuvaus.....	7
2.2 Kuljetin.....	8
2.3 Ohjaus- ja säätölaitteisto.....	11
2.3.1 Ohjelmoitava logiikka.....	12
2.3.2 Hajautettu yksikkö.....	13
2.3.3 Kenttäväylä.....	16
2.4 Taajuusmuuttajakäytöt.....	19
2.5 Anturit.....	33
2.5.1 Ultraäänianturi.....	33
2.5.2 Laseranturi.....	34
2.5.3 Kulma-anturi.....	36
2.5.4 Induktiivinen anturi.....	38
3. LAITTEISTON OHJAUS JA SÄÄTÖ.....	39
3.1 Ohjauksen yleiskuvaus.....	39
3.2 Sähköinen ohjaus.....	40
3.3 Ohjelmallinen ohjaus.....	42
3.4 Nopeuden säätö.....	46
3.5 Kulman säätö.....	50
4. DOKUMENTOINTI.....	52
4.1 Sähkötekniinen dokumentointi.....	52
4.2 Laitedokumentointi ja tekniset tiedot.....	52
4.3 Logiikan ohjelma.....	54
5. LAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTO.....	55
5.1 Käyttöönottotarkastus ja mittaukset.....	55
5.2 Taajuusmuuttajien käyttökoe.....	58
6. TURVALLISUUS.....	59
6.1 Sähköturvallisuus.....	59
6.2 Koneturvallisuus.....	59
7. KEHITTÄMISIDEAT.....	60
8. YHTEENVETO.....	62
LÄHDELUETTELO.....	63
LIITTEET.....	64

1. JOHDANTO

Tämän tutkintotyön lähtökohtana on työn tekijän ideoima, kaltevaan tasoon perustuva laitteisto. Tässä sovelluksessa hihnakuljettimella olevan kappaleen asema pyritään säilyttämään vakiona kuljettimen käydessä. Käytännössä tämänkaltaisen ilmiön voi parhaiten nähdä liukuportaissa, joissa portaiden kulkusuuntaa vastaan kävelevä henkilö pysyy paikallaan ympäristöönsä nähden.

Tutkintotyön tuloksena on tarkoitus suunnitella ja rakentaa laitteisto, jonka avulla saadaan edellä kuvattu toiminto aikaiseksi. Käytännön esimerkissä henkilö tekee työtä säilyttääkseen asemansa paikallaan liukuportaissa. Valmistuvassa laitteistossa kappaleen asema pyritään säilyttämään säätämällä hihnakuljettimen kaltevuuskulmaa tai pyörimisnopeutta. Vastaavanlaista sovellusta ei löytynyt mistään, joten toteutettava laitteisto on prototyyppi tällaista sovellusta varten. Tästä syystä laitteistokokonaisuuden suunnittelussa on otettu huomioon sen laajennettavuus sekä muunneltavuus myöhemmin.

Tavoitteena on toteuttaa toimiva laitteistokokonaisuus, jonka muodostavat hihnakuljetin ja sen ohjausjärjestelmä. Halutun toiminnan saavuttamiseksi on hihnakuljettimeen suunniteltava ja toteutettava kulmansäädön mahdollistava tekniikka. Ohjausjärjestelmä toteutetaan ohjelmoitavan logiikan sekä siihen kytkettävän hajautetun yksikön avulla. Laitteiston tilaa seuraavat anturit sekä käyttäjän antamat ohjauskäskyt tuodaan laitteistoon hajautetun yksikön kautta. Laitteiston etäohjaus toteutetaan valvomosovelluksen avulla.

Valmistuvaa laitteistoa on tarkoitus hyödyntää sähkölaboratorion harjoitustyönä Tampereen ammattikorkeakoulussa, joka toimii samalla työn tilaajana. Sähkölaboratorion lisäksi laitteistoa on mahdollisuus hyödyntää fysiikan opetuksessa. Koska valmistuva laitteisto tulee harjoitustyöksi, on sen suunnittelussa ja toteutuksessa kiinnitettävä käyttäjäturvallisuuden erityistä huomiota. Sovellettavina osa-alueina ovat yleinen työturvallisuus, sähkö- ja koneturvallisuus sekä niihin liittyvät standardit ja säännökset.

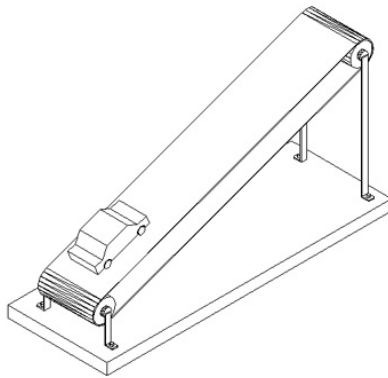
Koska kyseessä on itse rakennettava laitteisto, niin kirjallisessa osiossa keskitytään kuvaamaan laitteiston rakennetta, sekä sen eri osia. Kirjallisen osion tavoitteena on antaa laitteistosta mahdollisimman yksiselitteinen kuva. Tutkintotyön luettuaan tulisi lukijalla olla riittävät tiedot vastaavanlaisen laitteiston rakentamista varten.

2. LAITTEISTON RAKENNE

2.1 Yleiskuvaus

Laitteiston suunnittelu alkoi erilaisten kokoonpanovaihtoehtojen hahmottelulla. Kun laitteistokokonaisuudesta oli saatu mielikuva aikaiseksi, niin ryhdyttiin tekemään varsinaista esisuunnittelua. Esisuunnittelussa määritellään laitteistoon tulevia osakokonaisuuksia sekä mahdollisia toimintatapoja. Ensimmäinen hahmotelma kuljettimesta on esitetty kuvassa 1.

Esisuunnitteluvaiheessa päädyttiin, että rakennettava laitteisto tulee koostumaan kuljettimesta, ohjaus- ja säätölaitteistosta, taajuusmuuttajakäytöistä sekä antureista. Käyttäjän ja laitteiston rajapintana on ohjauskotelo sekä erillinen PC-pohjainen valvomosovellus.



Kuva 1 Pelkistetty kuva kuljettimesta

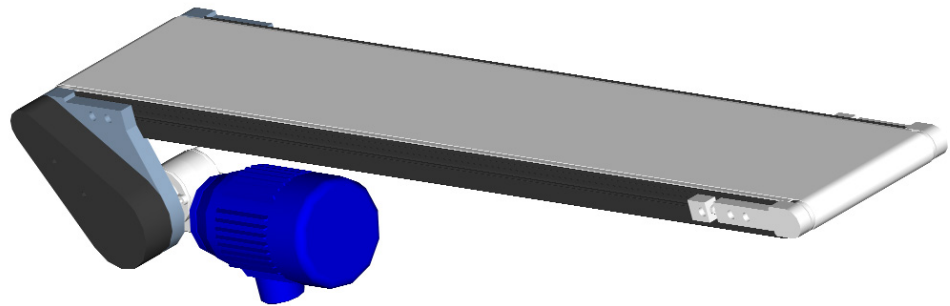
Hihnakuljettimen kulmansäätö päätettiin toteuttaa erillisen lineaariyksikön avulla. Kuljettimen hihnaa sekä kulman säätöön käytettävää lineaariyksikköä pyörittävät taajuusmuuttajakäyttöiset oikosulkumootorit. Laitteiston ohjaus toteutetaan Siemensin S7-sarjaan kuuluvan ohjelmoitavan logiikan avulla. Järjestelmän tilaa seuraavat anturit liitetään logiikkaan hajautetun järjestelmän kautta. Koska laitteisto tulee opetuskäyttöön, on sen siirto eri opetustilojen välillä tehtävä mahdollisimman vaivattomaksi. Siirtämisen helpottamiseksi laitteisto rakennetaan kokonaisuudessaan pyörillä varustetun työpöydän päälle.

Kun esisuunnitelma kokonaisuudesta oli luotu, alettiin valita sopivia laitteita. Osa laitetoimittajista tiedettiin jo valmiiksi, mutta esim. kuljettimen, lineaariyksikön sekä antureiden osalta jouduttiin laitetoimittaja selvittämään.

2.2 Kuljetin

Laitteiston laitevalinta aloitettiin kuljettimesta, sillä kuljetin on laitteiston tärkein osa. Kuljettimen koolle asetettiin tietyt rajat, joiden perusteella eri toimittajilta pyydettiin tarjouksia n. 1200 mm pitkästä ja 200 mm leveästä kuljettimesta. Useimmilla kuljetinvalmistajilla ei ollut tuotevalikoimissaan tämän kokoluokan kuljettimia. Saatavilla olisi ollut suurempia kuljettimia mittojen mukaan, muttei laitteistoon sopivia. Lopulta löytyi kuljetinvalmistaja, joka rakentaa kuljettimensa moduuleista. Tämä mahdollisti kuljettimen valmistamisen asiakkaan haluamiin mittoihin.

Laitteistoon valittu kuljetin on Easy Conveyors Finlandin toimittama alumiinirunkoinen ECA-30-hihnakuuljetin (Kuva 2). Se on tarkoitettu pienten kappaleiden kuljettamiseen ja sopii siten erityisen hyvin osaksi laitteistoa. Kuljetin on rakenteeltaan modulaarinen, mikä mahdollistaa tarvittaessa kuljettimen rakenteen muokkaamisen myöhemmässä vaiheessa. Kuljettimen runkomateriaalina käytettyä alumiiniprofiilia saa hankittua metritavarana, mikäli tarvetta kuljettimen jatkamiseen tulee. Valmistajan mukaan kuljettimen rakenne takaa korkean luotettavuuden ja kestävyuden sekä hyvän käyttöturvallisuuden ja matalan äänitason. Kuljetin toimitettiin osina kokoonpanoa varten /1/.



Kuva 2 Laitteiston hihnakuuljetin

Kuljettimen hihnaveto on toteutettu Varvelin kulmavaihdemoottorin avulla. Hihnämateriaali on PVC-muoviseosta, mikä mahdollistaa hyvin kappaleiden liukumisen hihnalla, mikä taas on kuljetinlaitteiston toimintaidean kannalta tärkeä ominaisuus /1/.

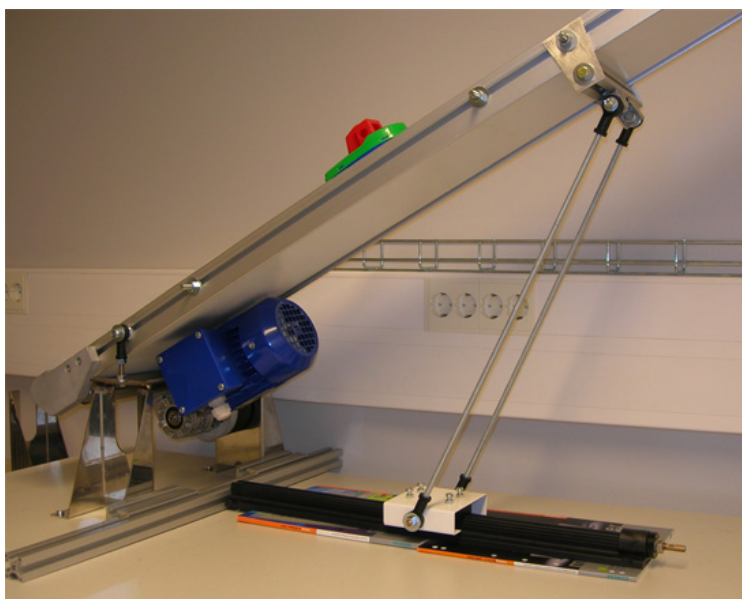
Halutun toiminnan aikaansaamiseksi on kuljetin varustettava kulman säädön mahdollistavalla tekniikalla. Kulman säädön tulee olla mahdollisimman tarkka sekä varmatoiminen. Lisäksi ratkaisun tulee olla teknisen näköinen ja toteutettavissa myös suuremmissa laitteistossa. Mahdollisia teknisiä ratkaisuja on useita, mutta lopulta päädyttiin ratkaisuun, jossa kulmaa muutetaan kuljettimen suuntaisesti asennettavan lineaariyksikön avulla (kuva 3).



Kuva 3 Lineaariyksikkö

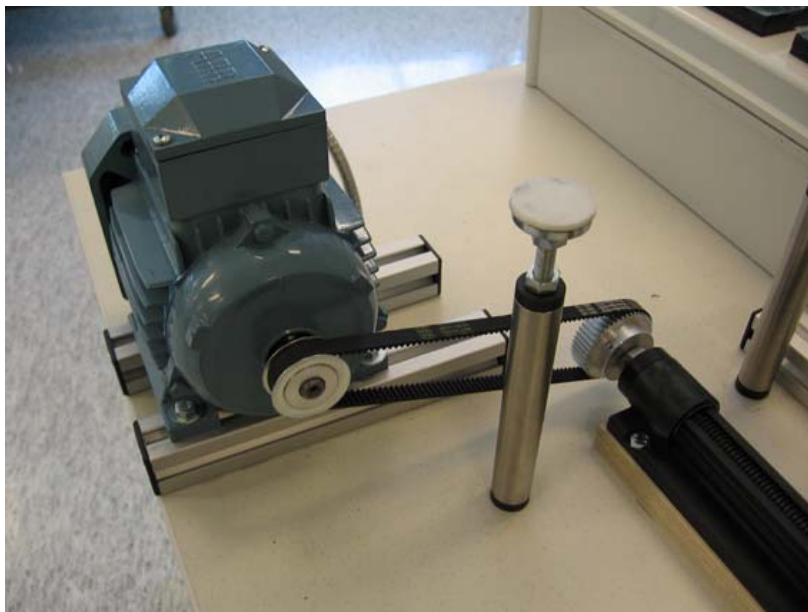
Lineaariyksiköksi valittiin Kerk Motionin valmistama kierretankokäyttöinen RGS-lineaariyksikkö. Valitun lineaariyksikön ominaisuuksia ovat poikkeuksellisen suuri nopeus, tarkkuus ja käyttöikä. Kierretankokäytölle ominainen kriittinen nopeusraja on onnistuttu poistamaan RGS-lineaariyksiköistä, mikä mahdollistaa suuret nopeudet (jopa 1,5 m/s) pitkissäkin liikkeissä /2, s. 474/.

Lineaariyksikön vaakasuuntainen liike muutetaan kuljetinta kallistavaksi liikkeeksi molemmista päistä nivellettyjen tankojen avulla (kuva 4).



Kuva 4 Lineaariyksikkö liitettynä hihnakuuljettimeen

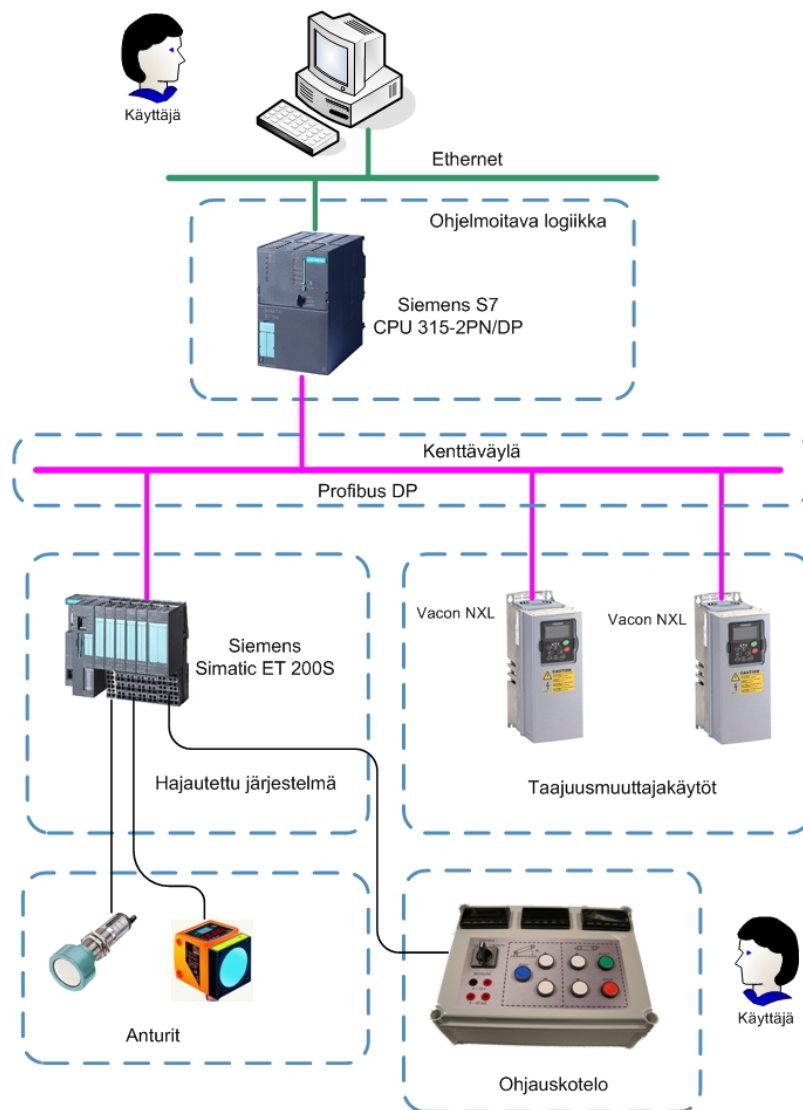
Lineaariyksikön voimanlähteenä laitteistossa käytetään taajuusmuuttajakäyttöistä oikosulkumoottoria. Oikosulkumoottorin tuottama momentti johdetaan lineaariyksikölle hammashihnan avulla. Oikosulkumoottori sijoitetaan alumiiniprofiilien päälle, jolloin saadaan säädettyä hammashihnalle oikea kireys. Hammaspyörien keskinäisen suhteen avulla saadaan oikosulkumoottorin ja lineaariyksikön välityssuhdetta muutettua.



Kuva 5 Hammashihnakäyttö

2.3 Ohjaus- ja säätölaitteisto

Ohjaus- ja säätölaitteiston tehtävänä on ohjata ja säätää laitteiston toimintaa sekä toimitusnopeita. Toimiakseen ohjauslaitteisto vaatii järjestelmästä luettavia tilatietoja sekä käyttäjän antamia ohjaukskäskyjä. Tämän laitteiston ohjausjärjestelmä koostuu ohjelmoitavasta logiikasta, hajautetusta järjestelmästä, taajuusmuuttajakäytöstä sekä antureista (ks. kuva 6). Lisäksi ohjauslaitteistoon kuuluvat erilaiset hallinta- sekä ohjauspainikkeet, joiden avulla käyttäjä pystyy antamaan laitteistolle ohjaukskäskyjä. Laitteiston etäohjausmahdollisuus toteutetaan PC-pohjaisen valvomosovelluksen avulla.



Kuva 6 Ohjaus- ja säätölaitteiston rakenne

2.3.1 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavan logiikan tehtävänä on hallinnoida laitteiston toiminta ja säätö. Logiikalle luodaan ohjelma, jonka mukaan logiikka suorittaa haluttuja toimintoja. Tässä laitteistossa logiikka koostuu CPU:sta eli keskusyksiköstä (kuva 7) ja siihen liitetystä 8-kanavaisesta sisäänmeno-ulostulokortista. Anturit, joiden avulla logiikka saa tietoja laitteiston tilasta, kytkeytyvät järjestelmään erillisen hajautetun yksikön kautta. Logiikan tehtävänä on siis ohjata laitteistoa, käyttäjän sille luoman ohjelman mukaan.

Järjestelmässä olevat taajuusmuuttajat kytetään logiikkaan Profibus DP -kenttäväylän avulla. Samaiseen kenttäväylään kytkeytyy myös hajautettu yksikkö. Laitteistoa on tarkoitus pystyä ohjaamaan myös erillisen valvomosovelluksen kautta. Tätä etäohjausmahdollisuutta varten on logiikassa oltava liityntä, jonka kautta logiikka saadaan kytkettyä Ethernet-verkkoon. Tämä liityntämahdollisuus löytyy logiikoista, jotka on tarkoitettu kuuluvaksi osaksi Profinet-kenttäväylää. Tässä laitteistossa ei käytetä Profinet-kenttäväylää vaan hyödynnetään ainoastaan liityntäpistoke.



Kuva 7 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavaksi logiikaksi laitteistoon valittiin Siemensin valmistama S7-300-sarjan logiikkamalli Simatic S7 315-2PN/DP. Logiikan valintaan vaikutti eniten se, että sähkötekniikan koulutusohjelmaan kuuluvilla ohjelmoitavien logiikoiden kurseilla käytetään saman valmistajan samaan tuoteperheeseen kuuluvia logiikoita. Asian huomioiminen mahdollistaa kuljetinlaitteiston tehokkaan hyödyntämisen opetuskäytössä. Logiikka ohjelmoidaan Siemensin STEP 7 -ohjelmalla.

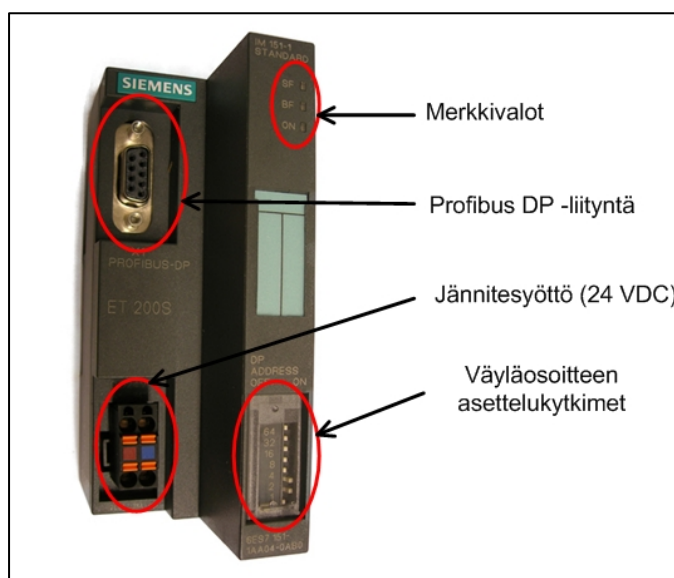
Valittu logiikkamalli tarjoaa myös tarvittavat liitynnät. Logiikan tyyppimerkinnässä oleva kirjainyhdistelmä PN/DP kertoo, että logiikka on varustettu Profibus DP - ja Profinet-kenttäväyläliitännöillä.

2.3.2 Hajautettu yksikkö

Hajautetun yksikön tehtävänä on vastaanottaa laitteistosta saatavat tilatiedot sekä käyttäjän antamat ohjaukskäskyt. Yksikön tehtävänä on myös lähettää laitteistoon tilatietoja ja ohjaukskäskyjä. Antureilta ja ohjauspainikkeilta saatavat tiedot ovat monesti analogisia jännite- ja virtatietoja. Hajautetussa yksikössä olevat moduulit muuntavat tulevat signaalit digitaaliseen muotoon, minkä jälkeen ne ovat lähetettävissä logiikalle. Vastaavasti logiikalta tulevat digitaaliset ohjaukskäskyt ja tilatiedot muunnetaan hajautetun yksikön I/O-moduuleissa tarvittavaan signaalimuotoon.

Koska laitteiston on tarkoitus toimia myös käytännön esimerkkinä laajemmasta kokonaisuudesta, otettiin hajautettu järjestelmä osaksi ohjauslaitteistoa. Hajautetun järjestelmän tärkein osa on hajautettu yksikkö. Laitteistoon valittiin Siemensin valmistama ET200S- hajautettu yksikkö. Se kuuluu samaan SIMATIC-tuoteperheeseen kuin laitteistoon valittu logiikka. ET200S on modulaarinen, hajautettu kenttäyksikkö ja soveltuu hyvin osaksi kuljetinlaitteistoa. Modulaarisen rakenteen ansiosta järjestelmää on helppo muunnella tarvittaessa. Koska valmistettava laitteisto on prototyyppi, niin on oletettavaa, että sitä kehitetään edelleen. Tällöin kehitystyötä helpottaa hajautetun yksikön modulaarisuus, joka mahdollistaa tulo- ja lähtöyksiköiden vaivattoman lisäämisen.

ET200S- hajautettu yksikkö koostuu erilaisista moduuleista. Tärkein moduuli on interface- eli liityntämoduuli IM 151(kuva 8).

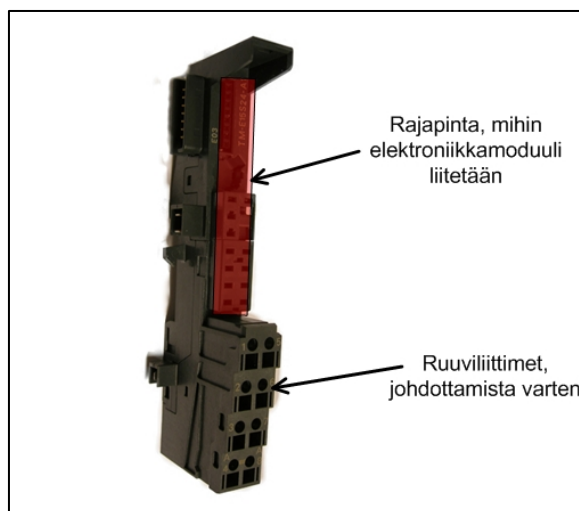


Kuva 8 Hajautetun yksikön liityntämoduuli

Liityntämoduulin tehtävänä on hoitaa kaikki tiedonsiirto logiikan kanssa. Hajautettu yksikkö kytkeytyy logiikkaan Profibus DP -kenttäväylän kautta. Liityntämoduulista voidaan myös nähdä sen tila ja mahdolliset virhetilat siinä olevista merkkivaloista /3/.

Liityntämoduuliin kytketään hajautetun järjestelmän varsinaiset toimintamoduulit. Tässä laitteistossa käytettäviä toimintamoduuleita ovat analogiset ja digitaaliset elektroniikkamoduulit sekä päätmoduuli.

Digitaaliset tulot ja lähdöt kytketään digitaalimoduuleiden, ja analogiset tulot ja lähdöt analogiamoduuleiden avulla ET200S-järjestelmään. Virralle ja jännitteelle on omat analogiamoduulinsa. Digitaaliset ja analogiset moduulit liitetään järjestelmään erityisten terminal- eli TM-E-liityntäyksiköiden kautta (kuva 9).



Kuva 9 Elektroniikkamoduuleiden liityntäyksikkö

Näiden liityntäyksiköiden avulla suoritetaan elektroniikkamoduuleiden johdotus.

Elektroniikkamoduuleiden tarvitsema jännite syötetään erityisillä PM-E-Power-moduuleilla. Power-moduuleille on omat TM-P-liityntäyksikkönsä, joiden kautta ne johdotetaan. Power-moduuli asennetaan ennen I/O-kortteja, niiden vasemmalle puolelle /4/.

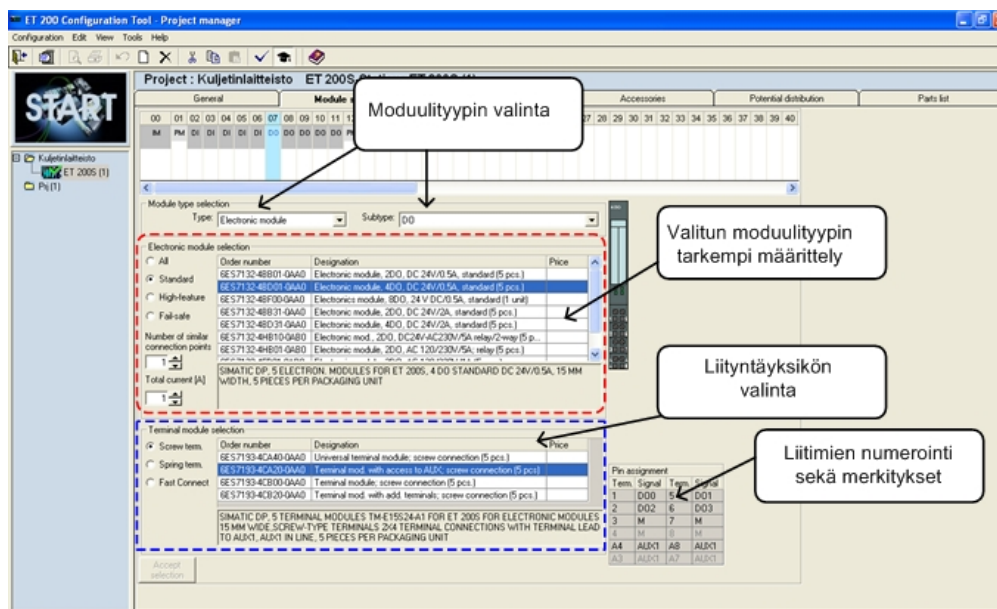
Viimeiseksi hajautettuun ET200S-yksikköön kytketään erityinen päätmoduuli, joka tulee IM151-liityntämoduulin mukana. Päätmoduulin avulla päätetään järjestelmä ja estetään jännitteisten osien kosketeltavuus /3/.

Kuljetinlaitteistossa olevan hajautetun yksikön moduuleiden sijoittelu on esitetty kuvassa 11.

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Jarmo Kallio

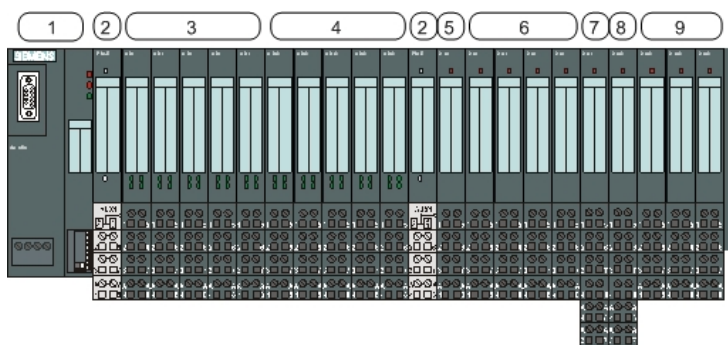
Hajautettu järjestelmä voidaan konfiguroida samalla STEP7-ohjelmalla, jolla logiikka ohjelmoidaan. Toinen tapa on käyttää ET200-yksiköille tarkoitettua erillistä konfigurointiohjelmaa. Siemensiltä on saatavissa ohjelma (SIMATIC ET 200 Configuration Tool), jonka avulla pystytään tekemään tarvittavat osavaliinnat hajautettuun järjestelmään (kuva 10).



Kuva 10 Hajautetun järjestelmän konfigurointiohjelma

Ohjelman avulla saadaan myös tarkastettua tehtyjen laitevalintojen oikeellisuus. Ohjelma helpottaa valittujen osien tilaamista, sillä siitä saadaan osaluettelo valituista osista. Lisäksi ohjelmasta on kopioitavissa kootun laitteiston layout-kuva liitettäväksi osaksi dokumentointia (kuva 11). Kun hajautettu asema on luotu, niin voidaan siirtyä linkittämään asemaa isäntälaitteeseen. Tässä laitteistossa isäntälaitteena toimii Siemensin S7 -logiikka ja liityntä tapahtuu Profibus DP -kenttäväylän kautta. Isäntälaitteeseen linkitys sekä väylän valinta suoritetaan, koska tämän jälkeen luotu kokonaisuus voidaan viedä STEP 7 -ohjelmaan. Tämä toiminto helpottaa erityisen paljon laitteiston konfigurointia ja nopeuttaa käyttöönottoa.

Kuljetinlaitteistossa on hajautetun järjestelmän yksiköt sijoitettu kuvan 11 mukaisesti.



1	Interfacemodule IM151	5	Analog Input (voltage)
2	Powermodule PM-E	6	Analog Input (current, 2-wire)
3	Digital Input	7	Analog Input (current, 4-wire)
4	Digital Output	8	Analog Output (voltage)
		9	Analog Output (current)

Kuva 11 Hajautetun yksikön moduuleiden sijoittelu

2.3.3 Kenttäväylä /5; 6/

Kenttäväylällä tarkoitetaan yhtenäistä väylää, jonka avulla saadaan yhdistettyä erilaisia automaatiojärjestelmän laitteita keskenään. Kenttäväylätyyppejä on olemassa useita, mutta valmistettavassa kuljetinlaitteistossa käytetään standardoitua Profibus-kenttäväylää. Lisäksi Profibus on jaettu kolmeen eri kommunikaatioprofiiliin. Tässä laitteistossa käytetään Profibus DP (Decentralized Peripherals) -kommunikaatioprofiilia. Muita Profibus-profiileita ovat Profibus PA (Process Automation), joka on kehitetty erityisesti prosessiautomaation sovelluksia varten, sekä Profibus FMS (Field Message Specification), joka on laadittu tehokkaita FMS-palveluita varten.

Profibus on valmistajasta riippumaton avoin kenttäväylästandardi. Avoimuuden sekä riippumattomuuden valmistajista takaa kansainvälinen standardi EN 50170. Profibus mahdollistaa eri laitevalmistajan tuotteiden kommunikoinnin keskenään, ilman erityisiä liitännäsovituksia.

Profibus-väylään liitettävillä laitteilla on kuitenkin erilaisia ominaisuuksia. Ne eroavat käytettävissä olevan toimivuutensa (esim. I/O signaalien määrä) tai mahdollisten väyläparametrien kuten siirtonopeuden suhteen. Yksinkertaisen konfiguraation aikaansaamiseksi on Profibus-laitteille määritelty sähköiset laitetiedostot (GSD-tiedostot). Laitevalmistaja luo GSD-tiedostot yksilöllisesti jokaiselle laitetypille ja toimittaa ne käyttäjälle. Profibus-verkon konfigurointiin on olemassa tehokkaita työkaluja, jotka GSD-tiedostoihin pohjautuen mahdollistavat Profibus-laitteiden yhteenliittämisen.

Tässä laitteistossa erilliset GSD-tiedostot tarvitaan taajuusmuuttajien osalta. Muiden laitteiden osalta tarvittavat tiedot löytyvät valmiiksi Siemensin STEP 7 ohjelmasta.

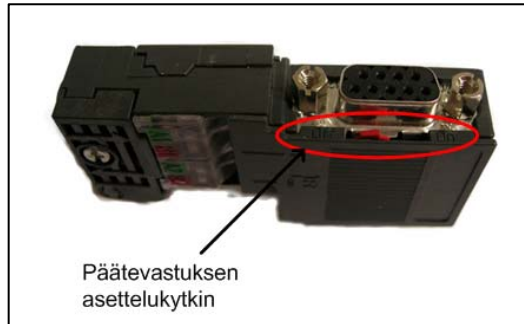
Valittu Profibus kommunikaatioprofiili (Profibus DP) on kehitelty erityisesti automaatiojärjestelmiin, joissa käytetään hajautettuja järjestelmiä sekä ohjelmitavia logiikoita. Profibus DP erottelee laitteet isäntä- ja renkilaitteiksi. Lisäksi isäntälaitteet on jaettu kahteen eri ryhmään, DPM1-laitteiksi sekä DPM2-laitteiksi. Tyypillisiä DPM1-laitteita ovat ohjelmitavat logiikat sekä PC:t. DPM2-laitteita ovat ohjelmointi-, projektointi- tai operointilaitteet. Niitä käytetään laitteiston käyttöönottovaiheessa sekä huollossa. Niiden avulla laitteisto mm. diagnosoidaan ja konfiguroidaan. Isäntälaitteita kutsutaan myös ylemmän tason laitteiksi. Renkilaitteet ovat alemman tason laitteita. Renkilaitteita ovat esim. hajautetut I/O-laitteet, kuten tässä laitteistossa oleva ET200S-yksikkö.

Isäntä- ja renkilaitteet eroavat toisistaan kommunikointitapansa puolesta. Profibus DP mahdollistaa useamman isäntälaitteen kytkemiseen samaan väylään. Isäntälaitteiden välillä vallitsee oma kommunikointimenetelmä. Koska rakennettavassa laitteistossa on vain yksi isäntälaitte, niin isäntälaitteiden väliseen tiedonsiirtoon ei tässä keskitytä. Isäntälaitte hallinnoi väylällä tapahtuvaa tiedonsiirtoa, ja se voi lähettää viestejä ilman ulkopuolista pyyntöä. Renkilaitteilla ei ole vapaata väylällepääsyoikeutta. Renkilaitteet voivat ainoastaan kuitata saamansa viestit tai isäntälaitteen pyynnöstä lähettää isäntälaitteelle viestejä.

Väyläsegmentillä tarkoitetaan yhtä kenttäväylällä toteutettua laitteistokokonaisuutta. Yhteen väyläsegmenttiin voidaan liittää enintään 32 laitetta (joko isäntä- tai renkilaitetta). Yhden väyläsegmentin pituuteen vaikuttaa käytettävä siirtonopeus. Väylän siirtonopeus voidaan asetella portaittain 9,6 kbit/s – 12 Mbit/s välille. Siirtonopeus määräytyy väylään kytkettävien laitteiden ominaisuuksien mukaan, sillä väylässä olevien laitteiden on kaikkien noudatettava samaa siirtonopeutta. Käytettävään siirtonopeuteen vaikuttaa myös väyläsegmentin pituus, sillä nopeat tiedonsiirtoajat (3,6 Mbit/s - 12 Mbit/s) ovat käytettävissä ainoastaan lyhyillä matkoilla.

Laitteet kytketään kenttäväylään erityisen väyläkaapelin avulla. Väyläkaapelina Profibus-järjestelmässä käytetään parikerrettyä, suojattua kuparikaapelia, jossa on yksi johdinpari. Väyläkaapeli liitetään laitteeseen yleensä erityisellä 9-napaisella D-Sub-pistokeliittimellä.

Väyläkaapelin asentaminen on tehtävä huolellisesti, jotta välttyttäisiin mahdollisilta häiriöiltä. Häiriöiden poistamiseksi väyläkaapelin molempiin päihin tulee passiivinen päätevastus. Tämä päätevastus on valmiiksi integroituna suurimmassa osassa väyläliittimistä. Liittimissä on yleensä pieni kytkin, jolla vastus saadaan päälle ja pois (kuva 12).



Kuva 12 Profibus-väylän pistokeliitin

Mikäli laite kytkeytyy ruuviliitinten avulla väylään, on päätevastuksen asettelu katsottava laitteen käyttöohjeesta, sillä laitevalmistajilla on erilaisia päätevastuksen kytkentätoteutuksia. Kuljetinlaitteistoon tulevien taajuusmuuttajien käyttöohjeessa on kerrottu, miten kortilla olevat liittimet on asetettava, mikäli taajuusmuuttaja on väylän viimeinen laite. Taajuusmuuttajan päätevastuksen asettelu on käyty läpi kohdassa 2.4 Taajuusmuuttajakäytöt, s. 25.

2.4 Taajuusmuuttajakäytöt

Kuljettimen hihnaa, sekä kaltevuuskulman säätöön käytettävää lineaariyksikköä pyörittävät oikosulkumootorit. Kummankin oikosulkumootorin pyörimisnopeutta tulisi pystyä säätämään. Nykyaikaisin ja eniten käytetty ratkaisu oikosulkumootorin pyörimisnopeuden hallintaan on taajuusmuuttaja. Kuljetinlaitteistoon valittiin Vacon Oyj:n valmistama taajuusmuuttajamalli NXL 0002 MF2. Kyseisen taajuusmuuttajan syöttöjännitteenä on yksivaiheinen 230 VAC:n jännite. Taajuusmuuttajan tekniset tiedot löytyvät tarkemmin erillisestä laitedokumentointimapaista. Tässä luvussa tarkastellaan taajuusmuuttajan liittämistä laitteistokokonaisuuteen sekä siihen liittyvää ohjausmenetelmää.

Laitteistoon tulevat taajuusmuuttajat kytketään samaan Profibus-väylään ohjelmoitavan logiikan ja hajautetun yksikön kanssa. Taajuusmuuttajien määrittelyminen osaksi Profibus-väylää tapahtuu Siemensin STEP 7-ohjelmalla. Se tarvitsee laitevalmistajalta erityiset GSD-tiedostot, joissa on laitteen tietoja Profibus-väylässä tapahtuvaa kommunikointia varten.

Taajuusmuuttajan asentaminen

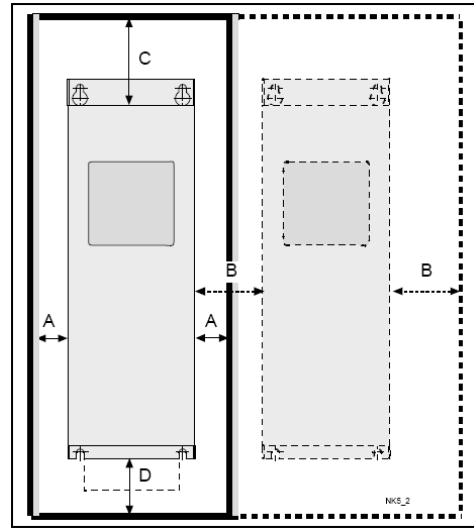
Taajuusmuuttajan asentamisessa on noudatettava valmistajan antamia ohjeita ja määräyksiä. Taajuusmuuttajien mukana tulevissa ohjeissa on esitetty tarkasti taajuusmuuttajien asentamiseen ja turvallisuuteen liittyvät asiat. Tämän luvun tarkoituksena ei ole toimia täydellisenä asennusohjeena, vaan kertoa tärkeimmistä asentamiseen liittyvistä asioista.

Kuljetinlaitteiston taajuusmuuttajat asennetaan laitekaappiin. Taajuusmuuttajat tuottavat toimiessaan lämpöä, joten niiden ympärille tulee jäädä riittävästi vapaata tilaa kunnollisen jäähdytyksen ja ilmankierron varmistamiseksi. Taulukossa 1 ja siihen liittyvässä kuvassa 13 on esitetty valmistajan ilmoittamat vaadittavan vapaan tilan mitat. Taajuusmuuttajaan tarvitsemalle jäähdytysilman määrälle on myös annettu arvot. Laitteistoon tulevat taajuusmuuttajat ovat kooltaan ja tehoiltaan niin pieniä, ettei jäähdytysilman määrälle ole annettu erillistä vaatimustasoa.

Taulukko 1 Kuvan 13 symboleiden merkitykset /14/

Typpi	Mitat [mm]			
	A	B	C	D
NXL 0002-0006 2	10	10	100	50
NXL 0001-0005 5	10	10	100	50
NXL 0003-0012 5	20	20	100	50
NXL 0016-0032 5	20	20	120	60
NXL 0038-0061 5	30	20	160	80

- A = vapaa tila taajuussuuttajan ympärillä (Kts. myös B)
 B = kahden taajuussuuttajan tai taajuussuuttajan ja esim. kojeistokaapin välinen etäisyys
 C = vapaa tila taajuussuuttajan yläpuolella
 D = vapaa tila taajuussuuttajan alapuolella

**Kuva 13** Taajuussuuttajan tarvitsemat vapaan tilan mitat /14/

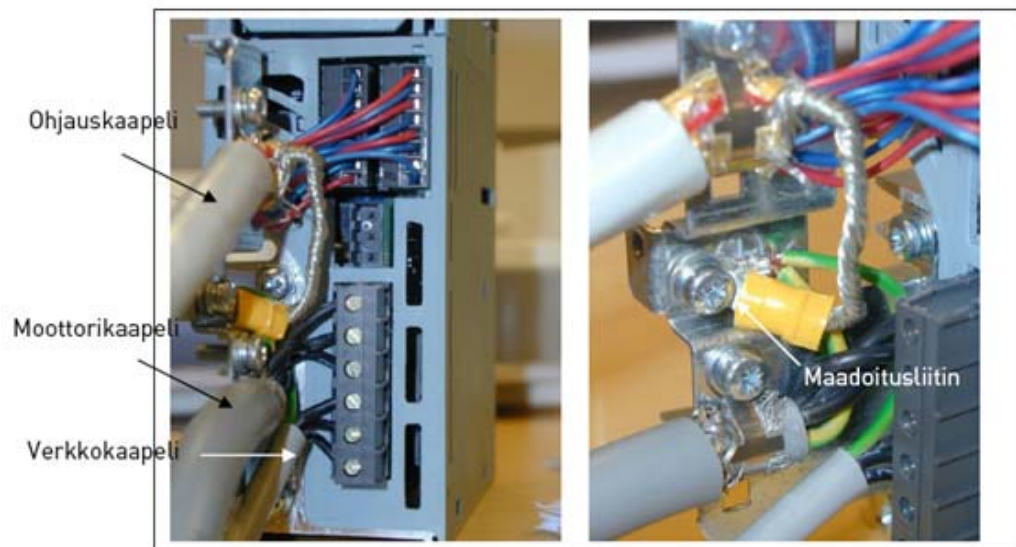
Kuljetinlaitteiston taajuussuuttajien asennuksessa on huomioitu valmistajan antamat etäisyyssäänteet. Taajuussuuttajien välinen asennusetäisyys on kasvatettu suureksi, minkä avulla pyritään parantamaan taajuussuuttajan keskinäistä tunnistamista. Lisäksi taajuussuuttajat varustetaan omilla laitetunnuksilla (TJM 1 ja TJM 2).

Taajuussuuttajan kaapelointi

Taajuussuuttajan asennusohjeessa on valmistajan antamat suositukset taajuussuuttajan kaapelointiin käytettävistä kaapelityypeistä. Taajuussuuttajan syöttökaapelille ei erityisiä vaatimuksia ole vaan se voidaan toteuttaa normaalilla vahvavirtakaapelilla. Koska taajuussuuttajat sijaitsevat laitekaapin sisällä, niin niiden syöttö toteutetaan 1,5 mm² MKEM-johtimella. Samalla johdintyyppillä suoritetaan laitekaapin muu vahvavirtajohdotus.

Moottorikaapeliksi suositellaan vahvavirtakaapelia, jossa on tiivis, pieni-impedanssinen suojavaippa ja joka sopii käytettävälle jännitteelle. Tiivis suojavaippa parantaa moottorikaapelin EMC-suojaustasoja. EMC-suojauksen huolellinen tekeminen pienentää ja poistaa taajuussuuttajan mahdollisesti aiheuttamia häiriöitä. Moottorikaapelin asentamisessa on käytettävä EMC-läpivientiholkkia kaapelin molemmissa päissä, jotta EMC-suojaus toteutuu. Laitteistossa moottorikaapelina käytetään Ölflex 4 G 1,5 -kaapelia.

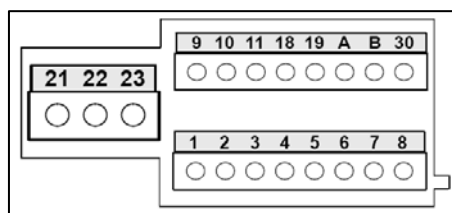
Valittu moottorikaapeli täyttää valmistajan antamat suositukset, niin jännitekestoisuuden kuin EMC-suojauksenkin osalta. Kuvassa 14 näkyy, kuinka ohjauskaapeli, verkkokaapeli sekä moottorikaapeli kytkeytyvät taajuusmuuttajaan. Esimerkkikuvassa syöttö on kolmivaiheinen, toisin kuin kuljetinlaitteistossa. Kuvassa 14 näkyy myös kuinka kaapelit maadoitetaan taajuusmuuttajaan. Kaapeleiden maadoittamisessa on käytetty taajuusmuuttajan valmistajan suosittamaa tapaa, jossa maadoittaminen tapahtuu käyttämällä 360-asteen maadoituspantaa.



Kuva 14 Taajuusmuuttajan kaapeliliitännät /14/

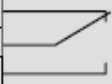
Taajuusmuuttajan ohjausliittimet

Taajuusmuuttajien ohjaus hoidetaan pääasiallisesti Profibus kenttäväylän kautta. Taajuusmuuttajan omiin ohjausliitäntöihin johdotetaan ainoastaan tieto hätäpysäytyspiirin tilasta. Hätäpysäytyspiirin toiminta on kerrottu tarkemmin kohdassa 3.2 Sähköinen ohjaus, sivulla 41. Taajuusmuuttajan ohjausliittimet on numeroitu kuvan 15 mukaisesti.



Kuva 15 Taajuusmuuttajan ohjausliittimet /14/

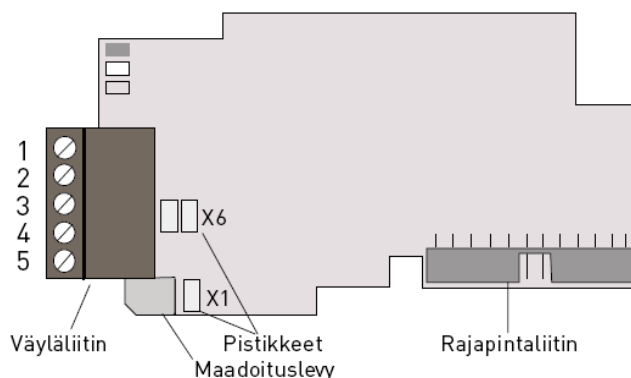
Taajuusmuuttajan ohjausliittimien merkitykset on esitetty kuvassa 16. Ohjausliittimien toiminta vaihtelee sovelluskohtaisesti. Sovelluskohtaisessa käyttöohjeessa on kerrottu minkälaiset oletusarvot ohjausliittimissä on. Lisäksi muokattavien parametrien määrä riippuu sovelluksesta. Digitaalisten sisäänmenojen toimintaa pystyy käyttäjä ohjelmoimaan kulloisenkin tilanteen mukaan. Kohdassa 3.2 Sähköinen ohjaus s.40 on esitetty mitä taajuusmuuttajan omia ohjaustoimintoja kuljetinlaitteistossa on hyödynnetty. Taajuusmuuttajien omia ohjausliitäntöjä käytettäessä on hyvä huomioida, että taajuusmuuttaja tunnistaa ainoastaan oman ohjausjännitteensä, mikä saadaan ohjausliittimestä numero 6.

Liitin		Signaali	Kuvaus
1	+10V _{ref}	Ohjearvojännite	Jännite ohjearvopotentiometrille, tms
2	A11+	Analogiatulo, jännitealue 0–10V DC	Jännitetulon taajuusohje Voidaan ohjelmoida DIN4:ksi
3	A11-	I/O-maa	Jänniteohjearvon ja ohjaustulojen maa
4	A12+	Analogiatulo, virta-alue 0–20mA	Virtatulon taajuusohje
5	A12- /GND		
6	+24V	Ohjausjännitelähtö	Apujännite esim. kytkimille. Maks. 0,1 A
7	GND	I/O-maa	Jänniteohjearvon ja ohjaustulojen maa
8	DIN1	Käy eteen	Kosketin kiinni = Käy eteen
9	DIN2	Käy taakse (ohjelmoitava)	Kosketin kiinni = Käy taakse
10	DIN3	Vakionopeusvalinta 1 (ohjelmoitava)	Kosketin kiinni = Vakionopeus 1
11	GND	I/O-maa	Jänniteohjearvon ja ohjaustulojen maa
18	A01+	Lähtötaajuus	Ohjelmoitava
19	A01-	Analogialähtö	Alue 0–20 mA/R _L , maks. 500Ω
A	RS 485	Sarjaliikenneväylä	Differentiaalinen lähetin/vastaanotin
B	RS 485	Sarjaliikenneväylä	Differentiaalinen lähetin/vastaanotin
30	+24V	24V apujännite	Ohjausosan apujännite
21	R01		Relelähde 1 VIKA Ohjelmoitava
22	R01		
23	R01		

Kuva 16 Taajuusmuuttajan ohjausliittimet /14/

Taajuusmuuttajan Profibus-liitäntä

Taajuusmuuttajiin ei kuulu valmiina Profibus-liitäntää, vaan ne ovat varustettavalla erityisillä lisäkorteilla. Vaconin taajuusmuuttajiin on saatavissa kahta erimallista Profibus-liitäntäkorttia. Laitteiston taajuusmuuttajiin valittiin Profibus OPT-C3 -optiokortti (kuva 17).



Kuva 17 Taajuusmuuttajan Profibus-optiokortti /15/

Profibus-optiokortti liitetään taajuusmuuttajaan erityisen rajapintaliittimen avulla. Väyläkaapeli liitetään Profibus optiokorttiin kuvassa 16 näkyvän väyläliittimen kautta. Väyläliittimessä olevien ruuviliittimien merkitykset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2 Profibus optiokortin ruuviliittimet /15/

Signaali	Liitin	Kuvaus
Shield	1	Kaapelisuoja
VP	2	Käyttöjännite - plus (5V)
RxD/TxD -P	3	(Tiedon) Vastaanotto/Lähetys - plus (B)
RxD/TxD -N	4	(Tiedon) Vastaanotto/Lähetys - miinus (A)
DGND	5	Data maa (VP:n ohejarvojännite)

Profibus-kaapelin asentaminen on tehtävä huolellisesti valmistajan antamien ohjeiden mukaan. Oikean asennustavan sekä ohjeiden mukaisen maadoittamisen avulla vältetään väylässä esiintyviltä häiriöiltä. Profibus-kaapelin suojavaipan maadoittamisen voi suorittaa kolmella eri tavalla.

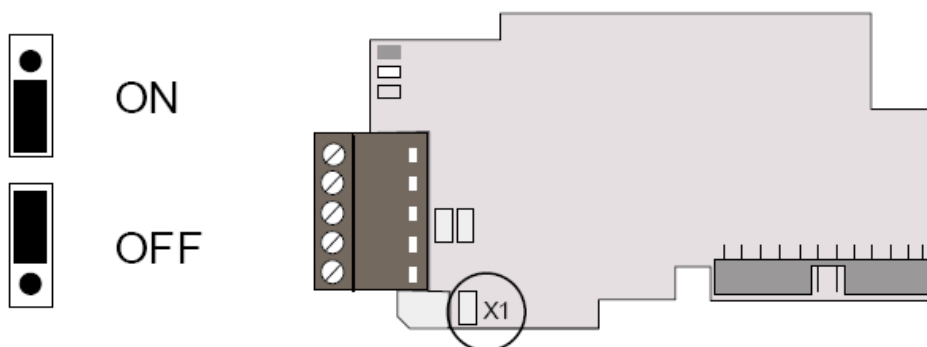
1) Kaapelin suojavaippa maadoitetaan suoraan taajuusmuuttajan runkoon kuvassa 16 näkyvän pistikkeen X1 kautta. Tällöin suojajohdin kytketään Profibus-kortin liittimeen numero 1 /15/.

2) Toinen tapa suorittaa maadoitus on kytkeä kaapelin suojavaippa taajuusmuuttajan runkoon käyttämällä erillistä RC-suodinta. Valmistaja suosittelee tämän maadoitustavan käyttämistä silloin, kun laitteiden välinen etäisyys toisistaan on yli 50 m eli kun häiriöiden mahdollisuus kasvaa. RC-suodattimen avulla saadaan häiriöitä suodatettua pois /15/.

3) Kolmantena maadoitustapana on väyläkaapelin liittäminen maadoituspannalla taajuusmuuttajan runkoon. Tämä maadoitustapa on valmistajan mukaan tehokkain ja erittäin suositeltava silloin, kun laitteiden etäisyys toisistaan on suhteellisen lyhyt /15/.

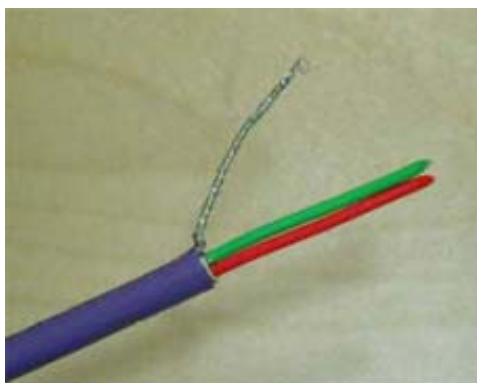
Väyläkaapeli on maadoitettu kuljetinlaitteistossa tavan 1 mukaisesti.

Tässä maadoitustavassa väyläkaapelin vaippa maadoitetaan taajuusmuuttajan runkoon pistikkeen X1 kautta. Pistike X1 täytyy asettaa ON-asentoon tässä maadoitustavassa. Kuvassa 18 on esitetty pistikkeen X1 paikka Profibus-kortilla sekä asettelu tätä maadoitustapaa käytettäessä.



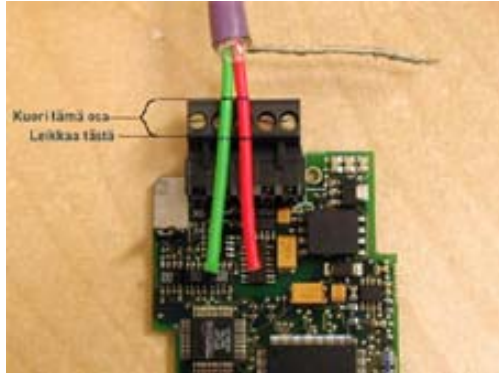
Kuva 18 Pistikkeen X1 sijainti sekä asettelu /15/

Profibus-väyläkaapelia kuoritaan n. 5 cm:n matkalta (kuva 19) ja siinä oleva suojavaippa kierretään maadoitusjohtimeksi kuvan 19 mukaisesti.

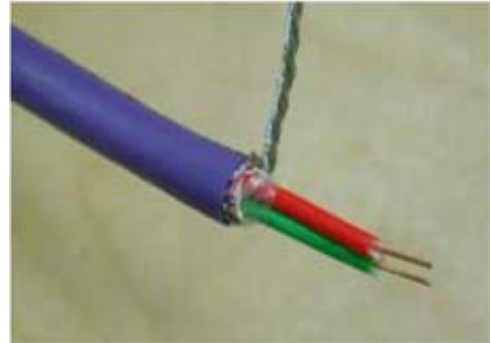


Kuva 19 Kuorittu väyläkaapeli /15/

Kierretyn suojavaipan kytkemistä helpottaa, jos sen päähän puristetaan Abico-liitin tai vastaava. Väyläkaapelin johtimet kuoritaan ja katkaistaan kuvan 20 osoittamalla tavalla, minkä jälkeen lopputuloksen tulisi olla kuvan 21 mukainen.

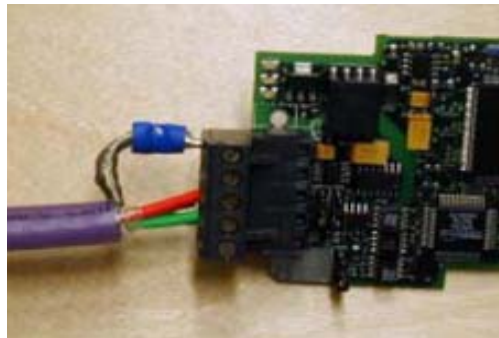


Kuva 20 Väyläkaapelin liittäminen /15/



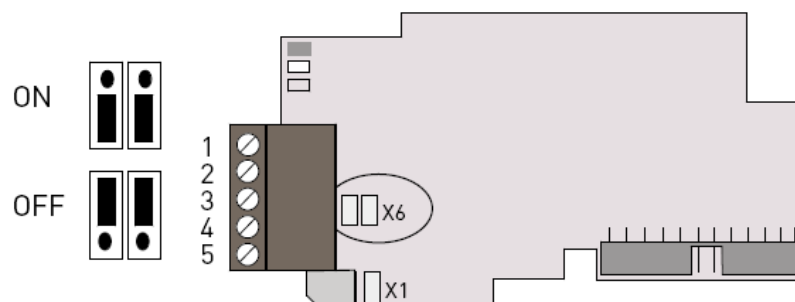
Kuva 21 Kuoritut väyläkaapelin johtimet /15/

Tämän jälkeen Profibus-kaapelin päät kytetään ruuviliittimiin 3 ja 4 (kuva 22). Profibus-kaapeleiden punaiset johtimet kytetään liittimeen numero 3 ja vihreät johtimet liittimeen numero 4. Maadoitusjohdin kytetään liittimeen numero 1.



Kuva 22 Väyläkaapeli liitettynä Profibus-korttiin /15/

Jos taajuusmuuttaja on Profibus-väylän viimeinen laite, on taajuusmuuttajan kortilla asetettava väylän päättävä päätevastus aktiiviseksi. Laitteiston taajuusmuuttajissa Profibus-väylän päätevastus asetellaan aktiiviseksi Profibus-kortilla olevalla pistikkeellä X6. (kuva 23).



Kuva 23 Pistikkeen X6 sijainti ja aseteluvaihtoehdot. /15/

Käyttöönotto

Kun taajuusmuuttaja on asennettu valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti, niin voidaan suorittaa taajuusmuuttajan käyttöönotto. Käyttöönotto aloitetaan asettelemalla vaadittavat parametriarvot. Vaaditut parametriarvot määräytyvät valitun sovelluksen mukaan.

Taajuusmuuttajalle on asetettava ainakin seuraavat parametrit:

- moottorin nimellisjännite
- moottorin nimellistaajuus
- moottorin nimellisnopeus
- moottorin nimellisvirta

Kuljetinlaitteiston taajuusmuuttajiin on saatavissa PC-pohjainen työkalu NCDrive, mikä helpottaa taajuusmuuttajan parametointia sekä käyttöönottoa. Ohjelmasta saadaan myös parametrilistat, joista näkyy alkuperäiset sekä muutetut arvot. Taajuusmuuttajien parametrilistat muutoksineen ovat liitteissä 1 ja 2. Taajuusmuuttajan liittäminen tietokoneeseen tapahtuu erikseen tilattavan adapterin avulla, mikä vaihdetaan taajuusmuuttajan ohjauspaneelin paikalle(kuva 24).



Kuva 24 Adapteri, taajuusmuuttajan liittämiseksi tietokoneeseen

Kun parametrit on aseteltu taajuusmuuttajalle, suosittelee valmistaja tehtäväksi käyttökokeita. Suoritetut käyttökokeet suoritetaan yhdessä laitteiston muun käyttöönoton kanssa. Käyttökokeen suorittaminen selostetaan luvussa 5.2 Taajuusmuuttajien käyttökoe, sivulla 59.

Taajuusmuuttajan ohjaus

Taajuusmuuttajan ohjaus suoritetaan pääasiassa Profibus-väylän kautta. Seuraavissa kappaleissa on kerrottu millaisia parametreja taajuusmuuttajalle on asetettava väyläohjaukselta varten. Lisäksi on selostettu isäntä- ja renkilaitteen välistä tiedonsiirtoa.

Aluksi valitaan taajuusmuuttajan parametrilla P3.1 ohjaustapa. Oletuksena ohjaustavalle on taajuusmuuttajan oma ohjauspaneeli. Kuljetinlaitteistossa taajuusmuuttajan ohjaus hoidetaan kenttäväylän kautta, joten ohjaustavaksi valitaan fieldbus(=kenttäväylä).

Taajuusmuuttajien Profibus-kortti otetaan käyttöön antamalla arvot tietyille väyläohjaukseen liittyville parametreille. Profibus-kortin parametrit on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3 Taajuusmuuttajan Profibus-parametrit /15/

#	Nimi	Oletus	Alue	Kuvaus
1	SLAVE-OSOITE	126	2...126	
2	TIEDONSIIRTO-NOPEUS	10 (=AUTO)	1 - 9.6 kBaud 2 - 19.2 kBaud 3 - 93.75 kBaud 4 - 187.5 kBaud 5 - 500 kBaud 6 - 1.5 Mbaud 7 - 3 MBaud 8 - 6 Mbaud 9 - 12 Mbaud 10 - Automaatt.	Tiedonsiirtonopeus baudeissa
3	PP0-TYYPPI		1 - PP01 2 - PP02 3 - PP03 4 - PP04 5 - PP05	Parameter, CW/SW, Ref/Act Parameter, CW/SW, Ref/Act, PD1-PD4 CW/SW, Ref/Act CW/SW, Ref/Act, PD1-PD4 Parameter, CW/SW, Ref/Act, PD1-PD8
4	KÄYTTÖTILA		1 - PROFIDRIVE 2 - OHIKYTKETTY 3 - KAIUTUS	Käytä "PROFIDRIVE"-tilaa vakiosovelluksissa

Profibus-väylän parametrit on asetettava taajuusmuuttajaan, ennen kuin se liitetään osaksi Profibus-väylää. Asetusten täytyy olla yhtenevät Siemensin STEP 7 -ohjelmalla tehtyjen väyläasetusten kanssa. Profibus-parametreissa asetellaan aluksi taajuusmuuttajan osoite. Tämän osoitteen avulla isäntälaitte (ohjelmoitava logiikka) löytää väylällä olevan laitteen. Kuljetinlaitteistossa olevien taajuusmuuttajien väyläosoitteet ovat: **2** (lineaariyksikön taajuusmuuttaja) ja **3** (hihnamoottorin taajuusmuuttaja).

Parametrilla numero 2 asetellaan väylän tiedonsiirtonopeus. Tiedonsiirtonopeus on oltava kaikilla väylään liitetyillä laitteilla sama. Tässä laitteistossa tiedonsiirtonopeutena käytetään valintaa 6, mikä vastaa tiedonsiirtonopeutena 1,5 MBaud nopeutta.

Parametrillä numero 3 määritellään käytettävä PPO-tyyppi. PPO on Profibus DP kenttäväylän kommunikointiohjekti. Eri kommunikointiohjektiön ominaisuudet ovat esitetty kuvassa 25.

	Parametrikenttä			Prosessidatkenttä									
	ID	IND	VALUE	CW	REF	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6	PD7	PD8
PP0 1													
PP0 2													
PP0 3													
PP0 4													
PP0 5													

Kuvaukset:

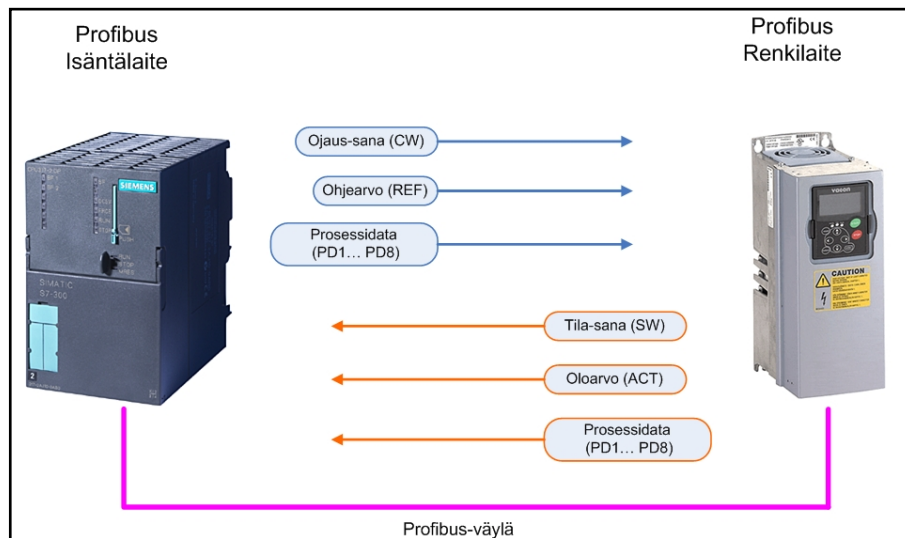
<input type="checkbox"/>	Tavu
ID	Parametrin tyyppi ja numero
IND	Parametrin alaindeksi
VALUE	Parametrin arvo
CW	Ohjaus-sana
SW	Tila-sana
REF	Ohjearvo
ACT	Oloarvo
PD	Prosessidata

Kuva 25 Kommunikointiohjektiön ominaisuudet /15/

Kommunikointiohjektiöllä määritellään mitä ohjausominaisuuksia taajuusmuuttajan ja isäntälaitteen välillä on käytettävissä. Seuraavaksi on kerrottu eri kommunikointiohjektiön ominaisuuksista, jotta pystytään valitsemaan sovellukseen sopivin kommunikointiohjekti.

Parametrikenttään (ks. kuva 25) kuuluvien määreiden avulla voidaan lukea ja kirjoittaa taajuusmuuttajan muuttujia, vikakoodeja sekä parametreja, joilla on ID-numero. Parametrikentän arvojen asettelu sekä käyttö on kerrottu tarkemmin Vaconin Profibus DP -optiokortin käyttöoppaassa. Kunkin sovelluksen sovellusoppaassa on määritetty, mitä ID-numeroja sovelluksessa on käytössä. Esimerkiksi vakiosovelluksessa ID-numerolla 709 voidaan määrittellä kuinka taajuusmuuttaja käyttäytyy jumitilanteessa. Kuljetinlaitteistossa ei parametridatan käyttöön ole tarvetta, vaan taajuusmuuttajan ohjaus tapahtuu perusasetteluiden avulla.

Prosessidatakenttää (ks. kuva 25) käytetään taajuusmuuttajan ohjaukseen sekä oloarvojen lukemiseen. Taajuusmuuttajan ohjauksia ovat mm. käynti- ja seiskäskyt sekä nopeuden ohjearvot. Taajuusmuuttajalta luettavia oloarvoja ovat mm. lähtötaajuus ja lähtövirta. Kukin prosessidata-osio koostuu kahdesta tavusta eli sanasta. Isäntä- ja renkilaitteen välistä kommunikointia on havainnollistettu kuvassa 26.



Kuva 26 Isäntä- ja renkilaitteen välinen Profibus-kommunikointi.

Tärkeimpiä prosessidatoja ovat isäntälaitteen lähettämä ohjous-sana (CW) ja ohjearvo (REF) sekä renkilaitteen lähettämä tila-sana (SW). Ohjous-sanalla lähetetään ohjaukskäsky taajuusmuuttajalle. Ohjous-sana koostuu 16 bitistä, joiden merkitys näkyy taulukosta 4.

Taulukko 4 Ohjous-sanana bitit ja niiden merkitys. /15/

Bit	Kuvaus	
	Arvo = 0	Arvo = 1
0	SEIS 1 (hidastaen)	ON 1
1	SEIS 2 (vapaasti pyörien)	ON 2
2	SEIS 3 (hidastaen)	ON 3
3	KÄY ESTETTY	KÄY VALMIS
4	Ei toimintoa	KÄY
5	Ei toimintoa	KÄY
6	Ei toimintoa	KÄY
7	Ei toimintoa	VIAN KUITTAUS (0 -> 1)
8	Ei toimintoa	Ei toimintoa
9	Ei toimintoa	Ei toimintoa
10	Kenttäväyläohjaus pois päältä	Kenttäväyläohjaus päälle
11	Kenttäväylä DIN1=OFF	Kenttäväylä DIN1=ON
12	Kenttäväylä DIN2=OFF	Kenttäväylä DIN2=ON
13	Kenttäväylä DIN3=OFF	Kenttäväylä DIN3=ON
14	Kenttäväylä DIN4=OFF	Kenttäväylä DIN4=ON
15	Kenttäväylä DIN5=OFF	Kenttäväylä DIN5=ON

Ohjaus-sana voidaan lähettää taajuusmuuttajalle myös heksalukuna, jolloin lähetettävä merkkimäärä on pienempi. Esimerkiksi KÄY-käsky taajuusmuuttajalle voidaan antaa muodossa: 047Fhex. Jos KÄY-käsky haluttaisiin lähettää binäärimuotoisena, olisi lähetettävä merkkijono: 10001111111.

Tila-sana koostuu 16 bitistä kuten ohjaus-sanakin. Tila-sana on taajuusmuuttajan isäntälaitteelle lähettämä sana, minkä avulla se kertoo omasta tilastaan ja viesteistään. Profibus-hierarkian mukaan taajuusmuuttaja lähettää tila-sanana ainoastaan sitä pyydettyä. Tila-sana luetaan taajuusmuuttajalta tietystä lähtösanasta, mikä määräytyy käytettävän kommunikointiohjelman (ks. s.28, kuva 25) mukaan.

Tila-sanaa voidaan käsitellä logiikan ohjelmassa monessa eri muodossa.

Binäärimuotoisena lukuna voidaan tila-sanaa tutkia bittitasolla, jolloin voidaan tarkastella yksittäisen tilatiedon tilaa. Tila-sanana bittien merkitys näkyy taulukosta 5.

Taulukko 5 Tila-sanana bitit ja niiden merkitys /15/

Bitti	Kuvaus	
	Arvo = 0	Arvo = 1
0	Ei valmis (alkuasetus)	VALMIS 1 **
1	Ei valmis	VALMIS 2 **
2	ESTETTY	SALLITTU **
3	EI VIKAA	VIKA PÄÄLLÄ *
4	SEIS 2	EI SEIS 2 **
5	SEIS 3	EI SEIS 3 **
6	KÄYNNISTYS SALLITTU	KÄYNNISTYS ESTETTY **
7	Ei varoitusta	Varoitus *
8	Ohjearvo \neq Oloarvo	Ohjearvo = Oloarvo *
9	Kenttäväyläohjaus POIS	Kenttäväyläohjaus PÄÄLLÄ *
10	Ei käytössä	Ei käytössä
11	Ei käytössä	Ei käytössä
12	Taajuusmuuttaja pysäytetty	Käy *
13	Taajuusmuuttaja ei valmis	Taajuusmuuttaja valmis *
14	Ei käytössä	Ei käytössä
15	Ei käytössä	Ei käytössä

Isäntälaitteen lähettämää ohjearvoa (REF) käytetään tavallisesti taajuusmuuttajan nopeusohjeena. Taajuusmuuttajan sovellus skaalaa arvon prosenteissa minimitaajuuden ja maksimitaajuuden rajaamasta alueesta seuraavasti:

-10000	=	100,00 %	(Suunta taakse)
0	=	0,00 %	(Suunta eteen)
10000	=	100,00 %	(Suunta eteen)

Oletetaan esimerkiksi että taajuusmuuttajan minimitaajuudeksi on aseteltu 0 Hz ja maksimitaajuudeksi 50 Hz. Tämän jälkeen isäntälaitteelta lähetetään ohjearvona luku 5000 taajuusmuuttajalle. Kuljetinlaitteiston logiikan ohjelmassa ohjearvo lähetetään desimaalilukuna. Luku voidaan lähettää taajuusmuuttajalle myös heksalukuna. Lukua 5000 vastaava heksaluku on 1388. Taajuusmuuttajalle lähetetty luku 5000 vastaa nopeusohjetta 50 % (suunta eteen), joten taajuusmuuttajan taajuusohje on ohjearvon lähettämisen jälkeen 25 Hz.

Logiikan ja taajuusmuuttajan väliseen kommunikointiin on olemassa lisäksi erillisiä prosessidatasanoja (PD1-PD8). Prosessidatasanat kuuluvat prosessidataventtään (ks. kuva 25) ja niiden käytettävissä oleva määrä riippuu valitusta kommunikointiobjektista (kuva 25). Nämä lisäasetusarvot ovat ennalta määrättyjä ja niiden sisältö määräytyy käytettävän taajuusmuuttajan sovelluksen mukaan. Kuljetinlaitteistossa käytetään ainoastaan taajuusmuuttajalta luettavia prosessidatasanoja. Tällöin voidaan taajuusmuuttajan oloarvoja lukea logiikan ohjelmaan ja hyödyntää niitä eri tavalla. Mm. taajuusmuuttajalta voidaan lukea laskennallinen moottorin pyörimisnopeus ja lähettää se analogiaviestinä ohjauskotelon prosessinäytölle. Perussovelluksessa taajuusmuuttajalta luettavat prosessidatasanat on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6 Taajuusmuuttajalta luettavat prosessidatat /15/

Data	Arvo	Yksikkö	Tarkkuus
Prosessidata ULOS 1	Lähtötaajuus	Hz	0,01 Hz
Prosessidata ULOS 2	Moottorin nopeus	rpm	1 rpm
Prosessidata ULOS 3	Moottorin virta	A	0,1 A
Prosessidata ULOS 4	Moottorin momentti	%	0,1 %
Prosessidata ULOS 5	Moottorin teho	%	0,1 %
Prosessidata ULOS 6	Moottorin jännite	V	0,1 V
Prosessidata ULOS 7	Välipiirin jännite	V	1 V
Prosessidata ULOS 8	Aktiivisen vian koodi	-	-

Kuljetinlaitteiston taajuusmuuttajien kommunikointiohjekiksi valitaan PPO4 (ks. kuva 25). Tässä kommunikointiohjekissa tiedonsiirto tapahtuu ainoastaan prosessidatantään kuuluvilla ominaisuuksilla. Käytettävissä ovat siis isäntälaitteen lähettämä ohjaus-sana ja ohjearvo sekä renkilaitteen lähettämä tila-sana ja oloarvo. Näiden lisäksi laitteiden välillä voidaan käyttää erillisiä prosessidatasanoja PD1 – PD4. Taajuusmuuttajat määritellään osaksi Profibus-väylää STEP 7 -ohjelman avulla. Ohjelma antaa taajuusmuuttajaa kohden kommunikointiohjekin määrittelemän määrän osoitteita. Kuten kuvasta 25 voidaan nähdä, tarvitsee kommunikointiohjekti PPO4 käyttönsä 12 tavua eli 6 sanaa.

Seuraavaksi tarkastellaan lineaariyksikön oikosulkumoottoria säätävän taajuusmuuttajan ohjaussanoja. Ohjelma antaa taajuusmuuttajalle tulo-osoitteiksi tavut 256 – 267 ja lähtö-osoitteiksi tavut 256 – 267. Tulo- ja lähtötavut saavat yleensä samat numerot. Eroavuus tavujen kesken ilmenee logiikan ohjelmassa olevissa käskyissä (ks. esimerkki taulukon 7 alapuolella). Käytettävissä olevat tavut jakautuvat kommunikointiohjekin mukaisesti taulukossa 7 esitetyllä tavalla.

Taulukko 7 Tavujen 256 – 267 jakautuminen, kommunikointiohjekin nro.4 mukaisesti

	Ohjaus-sana		Ohjearvo		PD1		PD2		PD3		PD4	
Q	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267
	Tila-sana		Oloarvo		PD1		PD2		PD3		PD4	
I	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267

Jokainen ohjausohjekti varaa käyttöönsä sanan verran tilaa. Esimerkiksi KÄY-käskyn antaminen kirjoitetaan käskykoodina seuraavasti: L B#16#47F
T PQW 256

Vastaavasti jos haluttaisiin lukea taajuusmuuttajalta moottorin nopeus, kirjoitettaisiin käsky: L PIW 262. Tämä käsky lukee taajuusmuuttajalta sanan 262 (tavujen 262 ja 263), joka sisältää prosessidatan arvon eli tässä tapauksessa moottorin pyörimisnopeuden.

2.5 Anturit

Kuljetinlaitteistossa antureiden avulla mitataan kohde-esineen asema hihnakuljettimella sekä kuljettimen kaltevuuskulma. Lisäksi antureiden avulla varmistetaan, etteivät sallitut toimintarajat ylity.

Kappaleen paikantamiseen käytetään kahta erityyppistä anturia, joiden toiminta perustuu etäisyyden mittaamiseen. Toinen kappaleen paikantamiseen käytettävistä antureista on ultraääni-anturi ja toisena anturina on laseranturi. Molemmat, edellä mainitut etäisyysanturit toimivat itsenäisesti, eli ovat kohteesta heijastavia antureita.

Kuljettimen kaltevuutta mitataan erityisellä kulma-anturilla, mikä antaa kaltevuuskulmaan verrannollisen virtaviestin (4...20 mA).

Lineaariyksikön toimintarajoja tarkkailevina antureina laitteistossa käytetään induktiivisia antureita.

2.5.1 Ultraäänianturi

Ultraäänianturin toiminta perustuu nimensä mukaisesti ultraäänitekniikkaan. Laitteistossa käytettävä ultraäänianturi on Siemensin valmistama SONAR-Bero (kuva 27), mikä kuuluu SIMATIC PXS400-sarjaan. Anturi pystyy havaitsemaan kappaleita mitkä heijastavat ultraääntä. Anturi lähettää jaksottaisesti ultraäänipulsseja. Ultraäänipulssit heijastuvat kohde-esineestä takaisin anturille, joka vastaanottaa kaiun ja muuntaa sen sähköiseksi signaaliksi. Tuleva kaiku havainnoidaan sen voimakkuuden mukaan, mikä vuorostaan riippuu kohde-esineen ja anturin välisestä etäisyydestä. Anturi toimii kaiun etenemisperiaatteen mukaan, eli se laskee aikaeron lähetetyn ultraäänipulssin ja vastaanotetun kaiun väliltä /7/.



Kuva 27 Sonar-Bero ultraäänianturi

Kun ultraäänianturi on laskenut kohteen etäisyyden em. tietojen pohjalta, niin se muuntaa saadun tuloksen sähköiseksi viestiksi. Anturin ulostulosta saadaan etäisyyteen verrannollinen virta- tai jänniteviesti. Haluttu signaali on yleensä ilmoitettava anturia tilatessa. Laitteistoon valitusta ultraäänianturista saadaan ulostulona 4 - 20 mA virtaviesti. Lisäksi anturi on varustettu avautuvalla kytkimellä, minkä avautumiskohta voidaan asettaa anturissa olevan ruuvipotentiometrin avulla. Ultraäänianturista saatu virtaviesti viedään hajautetun yksikön analogiakortille, missä se muunnetaan digitaaliseen muotoon. Tämän jälkeen mittaustulos on lähetettävissä logiikalle. Virtaviestin kulku sekä sen näkyminen logiikalla on selitetty tarkemmin laseranturin kohdalla.

Ultraäänianturi valittiin laitteistoon opetusmielessä, koska vastaavaa anturitekniikka ei sähkölaboratoriosta löydy. Ultraäänianturi ei kuitenkaan ole paras mahdollinen vaihtoehto kappaleen etäisyyden havainnointiin laitteiston rakenteen vuoksi. Ultraäänianturin lähettämän äänikeilan tulisi saada esteetön kulku kohdekappaleeseen. Ongelmia kappaleen havainnointiin saattaa siis aiheuttaa kuljettimen hihnan sekä sen sivuilla olevien kaiteiden aiheuttamat ääniheijastumat. Tämä mahdollinen ongelma tiedostettiin jo laitevalintaa tehtäessä, mutta päätettiin silti kokeilla sen toimivuutta. Koska kyseessä on prototyyppilaitteisto, niin ultraäänianturia voidaan mahdollisesti hyödyntää laitteiston tulevilla versioissa eri toiminnoissa.

2.5.2 Laseranturi

Laitteistoon valittu laseranturi on ifm Electronic GmbH valmistama efector PMD O1D100 etäisyysanturi (kuva 28). Anturin toiminta perustuu valon kulkuajan mittaukseen. Anturissa oleva lähetin lähettää valon kohti kohde-esinettä, mistä valo heijastuu takaisin anturin optiikkaan kautta vastaanottotunnistimeen. Anturissa olevan tekniikan avulla lasketan lähetetyn ja vastaanotetun valosignaalin aikaero, mikä on suoraan verrannollinen valon kulkemaan matkaan. Mitattu aika on hyvin lyhyt ja tämänkaltaiset anturit ovatkin tunnetusti olleet monimutkaisen tekniikan takia suurikokoisia ja kustannuksiltaan kalliita. Kehittyneen tekniikan ansiosta on laserantureiden koko saatu huomattavasti pienemmäksi sekä kustannuksia laskettua. Tällä anturilla saadaan etäisyys mitattua aina 10 m saakka millimetrien tarkkuudella /8/.



Kuva 28 Laseranturi

Laitteistoon valitussa laseranturissa on ulostulo-oletuksena kaksi kosketintoimintoa. Kumpikin kosketintoiminta voidaan ohjelmallisesti muuttaa joko avautuvaksi tai sulkeutuvaksi toiminnaksi. Kosketinten toimintarajat asetellaan anturiin siinä olevien ohjauspainikkeiden avulla. Anturin päällä on nelinumeroinen led-näyttö, jonka avulla laitteen asettelu suoritetaan. Käytön aikana led-näytöllä näkyy kohde-esineen etäisyys anturista millimetreinä. Millimetrinäyttämä helpottaa mm. aseteltaessa anturin kosketinten toimintarajoja. Anturin toinen kosketintoiminta on mahdollista muuttaa analogiseksi lähdeksi. Tämä tapahtuu asettelemalla lähtö analogialähdeksi anturin ohjauspainikkeilla. Anturista on mahdollista saada analogiaviesti joko virta- tai jänniteviestinä. Analogialähtö on skaalattavissa halutun mitta-alueen mukaan.

Kuljetinlaitteistoon tulevassa laseranturissa käytetään analogiaviestiä. Kappaleen etäisyyttä mittaava laseranturi asetellaan niin, että ulostulona saadaan etäisyyteen verrannollinen virtaviesti. Tämä virtaviesti viedään hajautetun yksikön analogiseen sisäänmenoon.

Hajautetun yksikön sisäänmenokortilla virtaviesti muunnetaan digitaaliseen muotoon, minkä jälkeen se lähetetään ohjelman pyynnöstä logiikalle. Logiikan ohjelma näkee alkuperäisen virtaviestin lukuna. Analogiakortin teknisistä tiedoista on nähtävissä mikä luku vastaa alkuperäistä virtatietoa. Taulukossa 8 on nähtävissä ET200S- hajautetun yksikön analogiakortin mitta-alue virtamittauksessa. Normaalin mitta-alueen lisäksi on analogiakortilla erityiset ylitys- ja alitusalueet. Ylitys- ja alitusalueiden avulla voidaan havainnoida mahdollisia vikoja mittauspiirissä. Kuten taulukosta nähdään, logiikka näkee 4 mA viestin desimaalilukuna 0 ja heksadesimaalilukuna 0_H . Vastaavasti 20 mA signaali vastaa desimaalilukuna lukua 27648 ja heksadesimaalina lukua $6C00_H/9/$.

Taulukko 8 Hajautetun yksikön analogiakortin mitta-alue. /9/

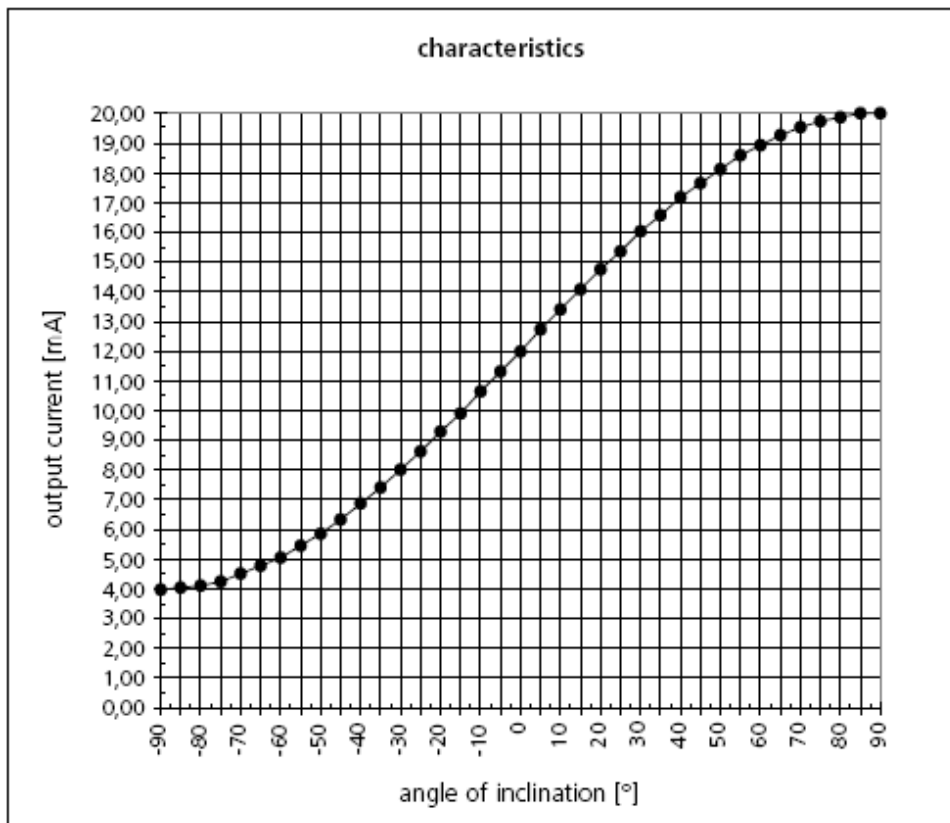
Measuring range 4 to 20 mA	Units		Range
	Decimal	Hexadecimal	
> 22,8142	32767	7FFF _H	Overflow
22,8142	32511	7EFF _H	Overshoot range
:	:	:	
20,0005	27649	6C01 _H	Nominal range
20,0000	27648	6C00 _H	
16,0000	20736	5100 _H	
:	:	:	
4,0000	0	0 _H	
3,9995	-1	FFFF _H	Underrange
.	:	:	
1,1852	-4864	ED00 _H	Underflow
< 1,1852	-32768	8000 _H	

Logiikan ohjelmoinnissa voidaan lukumuotona käyttää sekä desimaali- että heksadesimaalilukua. Lukua voidaan ohjelmallisesti skaalata sekä muuntaa tarvittavaan muotoon.

Laseranturi valittiin laitteistokokonaisuuden osaksi, sillä sen avulla saadaan kappaleen asema havainnoitua tarkasti. Laseranturin valintaan vaikutti myös se, ettei vastaavanlaista anturitekniikkaa laboratoriolaitteistosta löydy. Laseranturin avulla saavutetaan ultraäänianturia tarkempi mittausta, sillä laseranturista lähtevä valosignaali kulkee suoraviivaisesti ja sallii lähellä olevat kohteet, kuten hihnakuljettimen.

2.5.3 Kulma-anturi

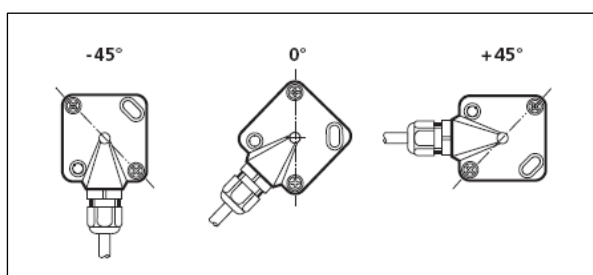
Laitteistossa olevan hihnakuljettimen kaltevuuskulman määrittämiseksi tarvitaan siihen soveltuva anturi. Kulman mittaamiseen on olemassa monenlaisia ratkaisuja, mm. inkrementtianturi minkä avulla saadaan selville esim. akselin kiertymä. Laitteistoon kulma-anturiksi valittiin ifm Electronic GmbH:n valmistama erityinen kaltevuuskulma-anturi. Anturi on suunniteltu ensisijaisesti ajoneuvokäyttöön, mutta soveltuu erityisen hyvin kuljetinlaitteiston osaksi. Anturin toiminta perustuu samaan ilmiöön kuin kapasitiivisen kiihtyvyyssanturin toiminta. Riippuen anturin kulmasta muuttaa anturissa oleva mikromassa levykondensaattorin kapasitanssia. Tästä kapasitanssin muutoksesta saadaan siihen verrannollinen virtaviesti. Anturista saatava virtaviesti on verrannollinen kaltevuuskulmaan kuvan 29 mukaisesti.



Kuva 29 Kulma-anturin virtaviestiviesti kaltevuuskulman funktiona /10/

Valmistaja antaa myös funktion, minkä avulla virtaviesti on määriteltävissä:

$I_a = 12 \text{ mA} + \sin(\alpha) \times 8 \text{ mA} /10/$. Anturista saatu virtaviesti kytketään samalla tavalla hajautetun yksikön analogiakortille kun ultraääni- ja laseranturinkin tapauksessa. Anturin kulmatieto määräytyy siis sen fyysisen asennon mukaan(kuva 30).



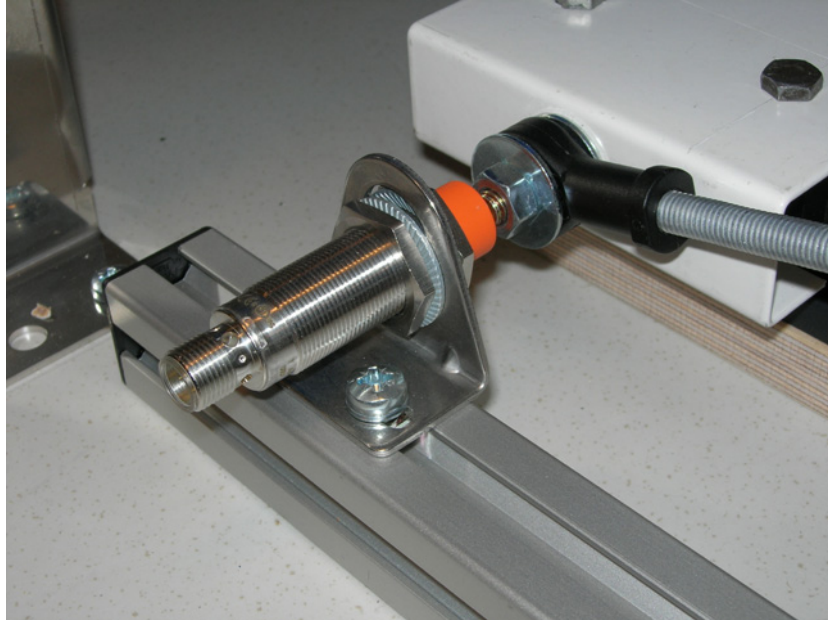
Kuva 30 Anturin asento eri kulman arvoilla /10/

Kuljettimen kaltevuuskulmatietoa laitteistossa tarvitaan erityisesti logiikan ohjelmointiin. Logiikan ohjelma hyödyntää kuljettimen kulmatietoa säätäessään kulmaa automaattiajolla. Lisäksi kulmatieto voidaan skaalata ohjelmassa haluttuun arvoon ja viedä se esim. 4 – 20 mA virtaviestinä ohjauskotelossa olevalle prosessinäytölle ilmaisemaan kulman suuruutta.

2.5.4 Induktiivinen anturi

Induktiivisen anturin eli induktiivisen lähestymiskytkimen toiminta perustuu sähkömagneettisen kentän muutokseen tunnistusetaisyydellä. Sähkömagneettinen kenttä muodostetaan oskillaattoriin avulla. Oskillaattoriin koostuu kelan ja kondensaattorin muodostamasta värähtelypiiristä. Anturin tuntopinnan muodostaa oskillaattoriin kela. Kun kelan käämiin syötetään vaihtojännite, niin se synnyttää magneettikentän. Kun tähän magneettikenttään tuodaan sähköä johtavaa materiaalia, esim. metallia aiheuttavat pyörrevirrat kuormituksen oskillaattoriin. Tämän seurauksena oskillaattorin värähtely vaimenee. Anturissa oleva elektronikka muuntaa vaimenemisesta johtuvan amplitudin pienenemisen sähkösignaaliksi. Sähkösignaali aikaansaa joko sulkeutuvan tai avautuvan kosketintoiminnon, riippuen anturin tyypistä /13/.

Laitteistoon valittiin ifm Electronic GmbH:n valmistamat induktiiviset anturit. Induktiivisten antureiden tehtävänä kuljetinlaitteistossa on valvoa lineaariyksikön toimintarajoja (kuva 31). Valituissa antureissa on sulkeutuvat koskettimet. Antureista saatu kosketintieto viedään hajautetun yksikön kautta logiikalle. Induktiiviset anturit esiintyvät logiikan ohjelmassa kohdassa 3.5 Kulman säätö, sivulla 51.



Kuva 31 Induktiivinen anturi

3. LAITTEISTON OHJAUS JA SÄÄTÖ

3.1 Ohjauksen yleiskuvaus

Valmistettavan kuljetinlaitteiston ohjaus voidaan jakaa sähköiseen ohjaukseen ja ohjelmalliseen ohjaukseen. Sähköisellä ohjauksella tarkoitetaan laitteiston jännitteiden kytkeytymistä eri toimintatilanteissa. Sähköisen ohjauksen perustana toimii ohjauspiirikaavio, mistä nähdään kuinka sähköinen ohjaus on laitteistossa toteutettu. Ohjelmallinen ohjaus käsittää laitteiston hallintaan liittyvät ohjaustavat sekä logiikan ohjelmarakenteen. Ohjelmallinen ohjaus jakautuu lisäksi paikallis- ja etäohjaukseen.

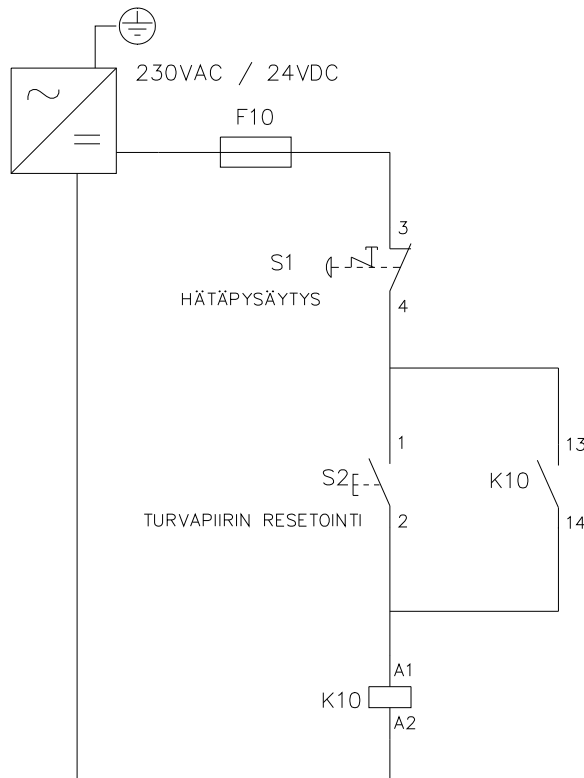
Ohjausjärjestelmän huolellinen suunnittelu on erityisen tärkeää laitteiston turvallisuuden sekä käytettävyyden vuoksi. Lisäksi ohjausjärjestelmän on itsensä oltava turvallinen ja luotettava niin, että se estää vaaratilanteen. Ohjausjärjestelmä on suunniteltava siten että sen avulla voidaan hallita sellaiset riskit joita ei ole kokonaan saatu poistettua laitteiston rakenteen ja suunnittelun avulla /11/.

Ohjausjärjestelmä on suunniteltava siten, ettei se aiheuta vaaratilanteita vikaantuneenakaan. Kuljetinlaitteistossa oleva ohjelmoitava logiikka tuo myös haasteita ohjausjärjestelmän suunnitteluun, sillä mahdolliset logiikan virheet eivät saa aiheuttaa vaaratilanteita /11/.

Laitteiston käyttö sähkölaboratorion harjoitustyönä on otettava huomioon ohjausjärjestelmää suunniteltaessa. Laitteistoon tehtävät lisäykset ja muutokset saattavat vaikuttaa olennaisesti ohjausjärjestelmän toimintaan. Sähköiseen ja ohjelmalliseen ohjaukseen tehtävät muutokset on aina suunniteltava tarkasti ja varmistuttava ettei laitteiston turvallisuus tai käytettävyys kärsi. Pienetkin muutokset on aina dokumentoitava ja lisättävä laitteiston kuviin, jotta vältetään virhetoiminnoilta. Laitteiston suorittamat virhetoiminnot saattavat johtaa tapaturmaan. Tehdyt ratkaisut on pyritty esittämään yksiselitteisesti sekä perustellusti. Näin pyritään ehkäisemään, ettei ohjausjärjestelmää muutettaessa jätettäisi toiminnan kannalta tärkeitä osioita pois.

3.2 Sähköinen ohjaus

Sähköinen ohjaus on esitetty laitteistosta piirrettyssä ohjauspiirikaaviossa (kuva 32).



Kuva 32 Kuljetinlaitteiston ohjauspiirikaavio

Tässä luvussa kerrotaan kuinka sähköinen ohjaus on kuljetinlaitteistossa toteutettu. Sähköisen suunnittelun perustana on käytetty koneiden sähkölaitteistoa koskevaa standardia SFS-EN-60204-1.

Laitteiston ohjauspiiri toteutetaan 24 V tasajännitteellä. Pienoisjännitteen valinta ohjauspiirin jännitteeksi suoritettiin sähköturvallisuuden lisäämiseksi. Lisäksi 24 V jännitteellä toimivat ohjausreleet ovat fyysiseltä kooltaan pienempiä ja säästävät asennustilaa. Ohjauspiiri sijaitsee fyysisesti laitteiston laitekaapissa. Tavoitteeksi asetettiin että laitekaapilta tuotaisiin ulos 230 V vaihtojännite ainoastaan oikosulkumoottoreille. Tällä järjestelyllä voidaan lisätä laitteiston sähköturvallisuutta ja ennen kaikkea henkilöturvallisuutta.

Laitteiston liikkeen pysähtymiselle ja energian syötön katkaisemiselle on määritelty pysähtymislukat. Standardissa SFS-EN 60204-1, kohdassa 9.2.2 Pysähtymistoiminnot, määritellyt pysähtymislukat ovat:

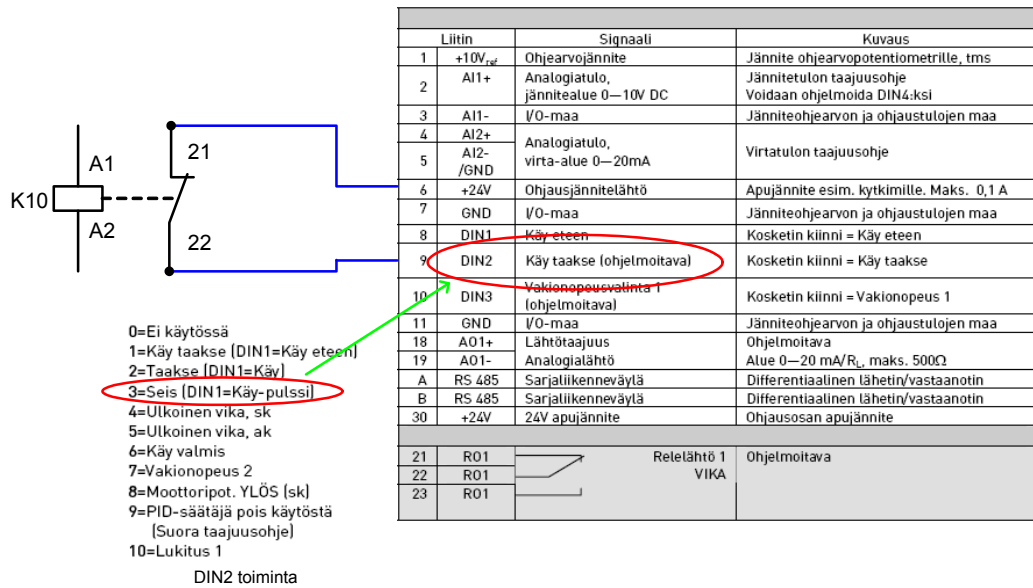
- luokka 0: *pysäyttäminen poistamalla välittömästi teho koneen toimilaitteilta (ts. valvomaton pysähtyminen).*
- luokka 1: *valvottu pysähtyminen, jossa koneen toimilaitteilla on teho pysähtymisen aikaan saamiseksi. Pysähtymisen jälkeen teho poistetaan toimilaitteilta.*
- luokka 2: *valvottu pysähtyminen, jossa toimilaitteilla säilytetään teho*

Koneista ja laitteistoista aiheutuvat riskit on pyrittävä ensisijaisesti poistamaan jo suunnitteluvaiheessa. Kaikkia riskitekijöitä ei kuitenkaan voida huolellisen suunnittelunkaan avulla poistaa vaan koneisiin jää ns. jäännösriskejä. Näitä jäännösriskejä voidaan pienentää mm. hätäpysäytystoiminnolla. Jokaisessa koneessa tai laitteessa tulisi olla ainakin yksi hätäpysäytin ohjauspaikkaa kohden. Lisäksi hätäpysäytyksen on tapahduttava joko pysäytysluokan 0 tai 1 mukaisesti.

Standardissa 60204-1 on määritelty kuinka hätäpysäytyslaitteen on toimittava.

"Kun hätäpysäyttimen ohjaimen tai hätäpoislaitteen ohjaimen aktiivinen käyttäminen, josta pysäytyskäsky seuraa, on lakannut, tämän käskyn on jätävä voimaan siihen asti kunnes se kuitataan. Tällainen käsikäyttöinen kuittaus saa olla mahdollista vain siltä paikalta, jolta pysäytyskäsky pantiin alulle. Käskyn kuittaus ei saa uudelleen käynnistää konetta, vaan ainoastaan sallia uudelleenkäynnistämisen."

Kuljetinlaitteiston ohjausvirtapiirin rakenne toteuttaa standardissa esitetyt vaatimukset hätäpysäytyksen osalta. Kun hätäpysäytyspainiketta painetaan, niin jännitesyöttö kontaktorille K10 katkeaa, jolloin kontaktori K10 päästää. Kontaktorin apukoskettimet 13 ja 14 sulkeutuvat ja antavat ohjauskäskyn logiikalle. Tämän käskyn seurauksena logiikka pysäyttää taajuusmuuttajat sekä "nollaa" ohjelman toiminnat. Turvallisuuden lisäämiseksi johdotetaan kontaktorin K10 apukoskettimilta pysähtymiskäsky suoraan taajuusmuuttajille kuvan 33 mukaisesti.



Kuva 33 Pysäytymiskäskyn johdottaminen taajuusmuuttajan ohjausliittimiin.

Moottoreiden tehonsyötön katkeaminen varmistetaan siis kahdella eri tavalla. Tällä järjestelyllä voidaan varmistua että hätäpysäytystoiminto toimii vaikka logiikan ja taajuusmuuttajien välisessä kommunikaatiossa tapahtuisi jokin virhe.

Kuten standardissa on ohjeistettu, niin hätäpysäytyspainikkeen palauttaminen ei saa ohjata kontakteita vetäneeseen tilaan vaan ohjauspiirin toiminta on käynnistettävä erillisellä käskyllä. Laitteistossa ohjauspiirin saadaan uudelleen jännitteiseksi painikkeesta S2. Ohjauspiirin jännite on kytkettävä samasta painikkeesta myös laitteistoa käynnistettäessä. Painike S2 sijaitsee laitekaapin kyljessä ja on varustettu kilvellä: ”Turvapiirin resetointi”.

3.3 Ohjelmallinen ohjaus

Laitteiston ohjelmallinen ohjaus jakautuu **paikallisohjaukseen** ja **etäohjaukseen**.

Etäohjauksen toteuttaminen rajattiin työstä pois suurimmaksi osaksi. Tämän tutkintotyön puitteissa on valvomosovelluksen ja logiikan välinen tietoliikenne saatava toimimaan. Etäohjausta varten luotavaa logiikan ohjelmaa ja varsinaista valvomonäkymää ei kuitenkaan tehdä. Tässä luvussa esitellään kuinka kumpikin ohjaustapa on suunniteltu toimivaksi ja miten laitteiston tulisi reagoida käyttäjän antamiin ohjauskäskyihin.

Paikallisohjaus

Paikallisohjaus on nimensä mukaan paikallisesti suoritettava ohjaus. Paikallisohjauksen rajapintana toimii kuljettimen vierellä sijaitseva ohjauskotelo (kuva 34).



Kuva 34 Kuljetinlaitteiston ohjauskotelo

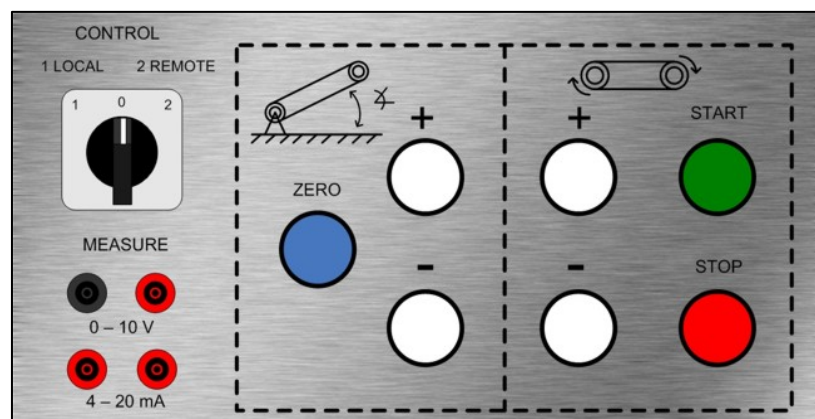


Kuva 35 Ohjaustavan valintakytkin

Paikallisohjauksen aktivoimiseksi on käyttäjän valittava ohjauskotelossa olevasta ohjaustavan valintakytkimestä (S4) "LOCAL" (kuva 35). Käännettäessä ohjaustavan valitsin kohtaan paikallisohjaus tapahtuu laitteistossa seuraavaa:

- logiikan pääohjelma haarautuu paikallisohjauksen ohjelmalohkoon
- logiikka sallii kuljettimen käytön ja lukee ainoastaan ohjauskotelolta annettuja ohjaukskäskeä.

Kun paikallisohjaus on valittuna, niin ohjauskotelo toimii aktiivisena ohjauspaikkana. Tällöin ei etäohjaus ole mahdollista vaan logiikka ottaa vastaan ainoastaan ohjauskotelolta tulevia käskeä. Ainoa painike minkä täytyy toimia ohjaustavasta riippumatta, on hätäpysäytyspainike. Ohjauskotelon painikkeet on ryhmitelty siten, että kuljettimen kulmansäätöön vaikuttavat painikkeet ovat vasemmalla puoliskolla ja hinnan nopeuteen vaikuttavat painikkeet oikealla(kuva 36).



Kuva 36 Ohjauskotelon painikkeiden sekä muiden osien ryhmittely

Taulukossa 9 on esitetty standardin 60204-1 suosittamat ohjauspainikkeiden värit. Taulukossa on kerrottu millaisessa tilanteessa ko. väriä suositellaan käytettäväksi sekä annettu sovellusesimerkkejä.

Taulukko 9 Ohjauspainikkeiden värisuosituksset /12/

Väri	Merkitys	Selitys	Sovellutusesimerkkejä
PUNAINEN	Hätä	Vaikuttaminen vaarallisessa tilanteessa tai hätätilanteessa	Hätäpysäytys Hätätoiminnon käynnistys (ks. myös 10.2.1)
KELTAINEN	Normaalista poikkeava	Vaikuttaminen normaalista poikkeavissa tilanteissa	Normaalista poikkeavan tilanteen lopettaminen Keskeytyneen automaattisen työkierron käynnistäminen
SININEN	Pakollinen	Vaikuttaminen pakollista toimintaa edellyttävissä tilanteissa	Kuittaustoiminto
VIHREÄ	Normaali	Vaikuttaminen normaalitilanteen käynnistämiseksi	(Ks. 10.2.1)
VALKOINEN			KÄYNNISTYS/PÄÄLLÄ (suositeltava) SEIS/POIS
HARMAA	Ei määriteltyä erikoismerkitystä	Yleensä toimintojen käynnistäminen lukuun ottamatta hätäpysäytystä (ks. huomautus)	KÄYNNISTYS/PÄÄLLÄ SEIS/POIS
MUSTA			KÄYNNISTYS/PÄÄLLÄ SEIS/POIS (suositeltava)
HUOM. Kun painikkeen tunnistamiseksi käytetään täydentäviä koodauskeinoja (esim. pintakäsittely, muoto tai sijainti) saa samaa väriä VALKOINEN, HARMAA tai MUSTA käyttää eri toiminnoille (esim. VALKOINEN: KÄYNNISTYS/PÄÄLLE- ja SEIS/POIS-painikkeille).			

Kuljetinlaitteistossa käytettyjen ohjauspainikkeiden värit on valittu standardissa annettujen suositusten mukaan. Tekstissä on ensin viitattu standardiin SFS-EN-60204-1 ja tämän jälkeen kerrottu kuinka ko. kohdan mukainen painikkeen värin valinta on suoritettu.

”KÄYNNISTYS/PÄÄLLE-painikkeiden värin olisi oltava VALKOINEN, HARMAA tai MUSTA suositeltavan ollessa VALKOINEN. Myös VIHREÄ sallitaan. PUNAISTA ei saa käyttää.”

Ohjauskotelossa hinnan käynnistämiseen käytettävä painike on väritään vihreä. Vihreä painikkeen käyttö on tässä tapauksessa perusteltua, koska valkoista painiketta käytetään ohjauskotelossa muihin toimintoihin.

”SEIS/POIS-painikkeiden värin olisi oltava MUSTA, HARMAA tai VALKOINEN suositeltavan värin ollessa MUSTA. VIHREÄÄ ei saa käyttää. Myös PUNAINEN sallitaan, mutta suositellaan, että punaista ei käytetä lähellä hätätoiminnon laitetta.”

Hinnan pysäyttämiseen tarkoitettu painike on punainen. Punaisen painikkeen käyttäminen on mahdollista, koska etäisyyttä hätäpysäytyspainikkeeseen on niin paljon, ettei sekaantumisen vaara ole.

”Painikkeille, jotka käynnistävät toiminnon niihin vaikuttaessa ja pysäyttävät vapautettaessa (esim. pakkokäyttöinen ohjaus), suositellaan värejä VALKOINEN, HARMAA ja MUSTA. Värejä PUNAINEN, KELTAINEN ja VIHREÄ ei saa käyttää.”

Kuljettimen kaltevuuskulman säätämiseen ja hihnan nopeuden muuttamiseen tarkoitetut painikkeet ovat väriltään valkoisia. Kummassakin tapauksessa painike aiheuttaa muutoksen ainoastaan sitä painettaessa.

"Toimintaanpalautus- (kuittaus-) painikkeiden on oltava SININEN, VALKOINEN, HARMAA tai MUSTA. Jos sitä käytetään myös SEIS/POIS-painikkeena, suositellaan värejä VALKOINEN, HARMAA tai MUSTA suositeltavan värin ollessa MUSTA. VIHREÄÄ ei saa käyttää."

Kuljettimen kaltevuuskulman palauttaminen vaakatasoon tapahtuu painikkeella S5, jonka väri on sininen. Painikkeen väri valittiin siniseksi, koska ohjauspirin palauttaminen jännitteiseksi tapahtuu painikkeella S2, joka on musta.

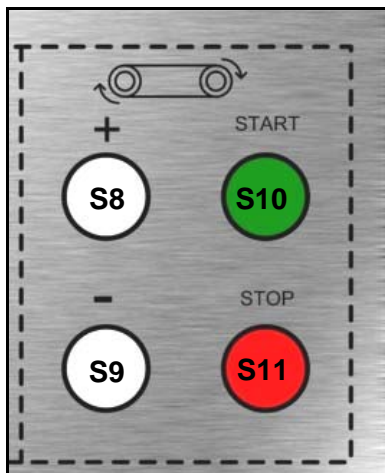
Painikkeiden värien huolellisella valinnalla saadaan aikaiseksi johdonmukainen ja selkeä ohjauskokonaisuus. Tällöin vältetään myös siltä, ettei käyttäjä tee virheellisiä ohjaustoimintoja.

Etäohjaus

Etäohjauksella kuljetinlaitteistossa tarkoitetaan ohjaustapaa, mikä suoritetaan erillisen valvomosovelluksen kautta. Etäohjausmahdollisuutta ei kuitenkaan tämän tutkintotyön puitteissa toteuteta, mutta sen toimintaperiaate käydään kuitenkin läpi. PC:lle luodaan paneeliohjausnäkyvä Siemensin WinCC Flexible ohjelmalla. Tämän ohjausnäkyvän avulla tulisi kuljetinlaitteistoa pystyä hallitsemaan halutulla tavalla. Etäohjauksen ideana on, että käyttäjä asettaa ohjausnäkyvässä kappaleelle haluamansa aseman hihnakuljettimella. Tämän jälkeen käyttäjä määrittelee kumpi säädettävistä suureista (kaltevuuskulma ja pyörimisnopeus) pidetään vakiona ja minkä arvon ko. suure saa.

Käyttäjä voi esimerkiksi määritellä, että kappaleen asema pyritään säilyttämään vakiona hihnakuljettimen puolellisessa ja että kaltevuuskulma on 20 astetta. Kun kuljettimen kaltevuuskulma on saavuttanut käyttäjän asetteleman 20 asteen arvon, lukitaan kulman arvo siihen. Tämän jälkeen logiikka pyrkii säilyttämään kappaleen aseman paikallaan ainoastaan pyörimisnopeutta muuttamalla. Ohjelmallinen säätö tapahtuu P-säätimen avulla. Logiikka saa tiedon kappaleen asemasta laitteistossa olevien etäisyysantureiden kautta. Etäisyysanturina käytetään sekä laser- että ultraäänianturia. Kummaltakin anturilta saadaan etäisyyteen verrannollinen virtaviesti, joka muunnetaan digitaaliseen muotoon. Tämä etäisyystieto toimii P-säätimen olo-arvona.

Kun käyttäjä on valinnut aktiiviseksi ohjaustavaksi paikallisohjauksen, tapahtuu laitteiston hallinta ohjauskotelolta. Kuljetinhihnan liikkeen hallinta tapahtuu ohjauskotelon painikkeilla S8 – S11 (kuva 38).



Kuva 38 Kuljetinhihnan ohjauspainikkeet

Painettaessa painiketta S10 (START) lähettää logiikka hihnamoottorin taajuusmuuttajalle käyntikäskyn. Painikkeen painaminen käynnistää taajuusmuuttajan nopeusohjeella 0 Hz, koska ohjearvoa ei ole annettu. Käyntikäsky lähetetään erityisenä ohjauksena kenttäväylää pitkin. Ohjauksanojen muodostuminen on kerrottu tarkemmin kohdassa 2.4 Taajuusmuuttajakäytöt sivulta 39 lähtien. Logiikan ohjelmassa on kuljettimen käynnistyminen toteutettu seuraavasti:

A	"Kuljetin käyntiin"	
S	M 20.1	← asettaa muistipaikan m20.1 arvoksi 1 jos painettu S10 (m20.1= käyntilupa)
A	"Kuljetin seis"	
R	M 20.1	← nollaa muistipaikan m20.1 jos painettu S11
A	M 20.1	
JCN	seis	← hyppää ohjelmassa kohtaan seis jos lukitustulos on 0, muussa tapauksessa jatkaa eteenpäin
L	W#16#47F	← lataa heksadesimaaliluvun 47F logiikan Akku 1:een
T	PQW 268	← siirretään Akku 1:n sisältö lähtösanaan 268

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Jarmo Kallio

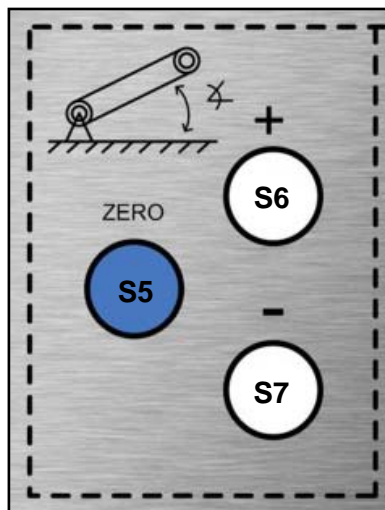
Kun kuljetinhihna on käynnistetty, pystytään sen nopeutta lisäämään ja vähentämään painikkeiden S8 (+) ja S9 (-) avulla. Logiikan ohjelman kannalta nopeuden säätö tapahtuu lukujen -10000 ja 0 välillä. Luku -10000 vastaa taajuusmuuttajan nopeutta 50 Hz ja luku 0 vastaa 0 Hz. Luvun 10000 etumerkki määräytyy moottorille halutun pyörimissuunnan mukaan. Kuljetinhihnan nopeuden säätö on toteutettu logiikan ohjelmassa seuraavalla tavalla:

A	M	20.1	←	Jos käyntilupa on tilassa 1 ja painetaan painiketta S8,
A		"Hihnan nopeus (+)"		niin hypätään kohtaan lis .
JC		lis		
A	M	20.1	←	Jos käyntilupa on tilassa 1 ja painetaan painiketta S9,
A		"Hihnan nopeus (-)"		niin hypätään kohtaan vah .
JC		vah		
AN		"Hihnan nopeus (+)"	←	Jos painike S8 ei ole painettu,
JC		yli		niin hypätään kohtaan yli
AN		"Hihnan nopeus (-)"	←	Jos painike S9 ei ole painettu,
JC		yli		niin hypätään kohtaan yli
lis:	L	MW	50	← Ladataan merkkerisanan MW50 arvo logiikan Akku 1:een
	L		-10000	← Ladataan luku -10000 logiikan Akku 1:een, joten siellä ollut MW50:n arvo siirtyy Akku 2:een.
			==I	← Jos Akku 1:n ja Akku 2:n arvot ovat yhtä suuret, niin lukitustulos on 1, muuten 0.
	JC		full	← Hypätään kohtaan full , jos edellisen kohdan lukitustulos on 1, muuten jatketaan eteenp.
	L	MW	50	← Ladataan MW50:n arvo logiikan Akku 1:een
	+		-1	← Lisätään Akku 1:n arvoon -1
	T	MW	50	← Siirretään saatu tulos muisti-paikkaan MW50
	T	PQW	270	← Siirretään saatu tulos lähtösanaan 270.
full:	JU		lopp	← Hypätään kohtaan lopp
jatkuu seuraavalla sivulla . . .				

vah:	L	MW	50	←	Ladataan merkkerisanan MW50 arvo logiikan Akku 1:een
	L	0		←	Ladataan luku 0 logiikan Akku 1:een, joten siellä ollut MW50:n arvo siirtyy Akku 2:een.
	==I			←	Jos Akku 1:n ja Akku 2:n arvot ovat yhtä suuret, niin lukitus-tulos on 1, muuten 0.
	JC	empt		←	Hypätään kohtaan empt , jos edellisen kohdan lukitustulos on 1, muuten jatketaan eteenp.
	L	MW	50	←	Ladataan MW50:n arvo logiikan Akku 1:een
	+	1		←	Lisätään Akku 1:n arvoon 1
	T	MW	50	←	Siirretään saatu tulos muisti-paikkaan MW50
	T	PQW	270	←	Siirretään saatu tulos lähtö-sanaan 270.
empt:	JU	lopp		←	Hypätään kohtaan lopp
seis:	L	0		←	Ladataan luku 0 logiikan Akku 1:een
	T	PQW	268	←	siirretään Akku 1:n sisältö lähtösanaan 268
	T	MW	50	←	siirretään Akku 1:n sisältö muistipaikkaan MW50
	JU	lopp		←	Hypätään kohtaan lopp
yli:	L	MW	50	←	Ladataan MW50:n arvo logiikan Akku 1:een
	T	PQW	270	←	siirretään Akku 1:n sisältö lähtösanaan 270
lopp:	BE			←	Ohjelmablokin päätöskäsky

3.5 Kulman säätö

Kuljettimen kaltevuuskulman säätö toteutetaan ohjelmoitavan logiikan, kenttäväylän, taajuusmuuttajakäyttöisen oikosulkumoottorin sekä lineaariyksikön avulla. Kun käyttäjä on valinnut aktiiviseksi ohjaustavaksi paikallisohjauksen, tapahtuu laitteiston hallinta ohjauskotelolta. Kuljettimen kaltevuuskulman hallinta tapahtuu ohjauskotelon painikkeilla S5 – S7 (kuva 39).



Kuva 39 Kaltevuuskulman ohjauspainikkeet

Kuljettimen kaltevuuskulman suurentaminen ja pienentäminen tapahtuu painikkeilla S6 (+) ja S7 (-). Painikkeella S5 (ZERO) saadaan kuljetin ajettua automaattisesti vaakatasoon, ts. 0-kulmaan. Kulmansäädön turvarajoina toimivat induktiiviset anturit. Induktiivisten antureiden avulla estetään, ettei lineaariyksikköä ajeta ääriasentoihin ja aiheuteta vaaratilannetta tai laitteiston vaurioitumista.

Kuljettimen ajaminen nollakulmaan tapahtuu painamalla kerran painiketta S5. Nollakulmaan ajo toteutetaan laitteiston ensimmäisessä kokoonpanossa induktiivisen rajan avulla. Induktiivinen raja pysäyttää lineaariyksikön liikkeen, kun alaraja saavutetaan. Luvussa 7 on kerrottu kuinka nollakulmaan ajo voitaisiin toteuttaa kulma-anturin avulla. Lisäksi kulma-anturin avulla on tarkoitus rajoittaa kulman säädön nopeutta. Seuraavalla sivulla on esitetty logiikan ohjelma kulman säädön osalta. Ohjelmassa tarkastellaan aluksi painikkeiden asennot ja hypätään tarvittavaan kohtaan. Ellei hyppykäskyn ehto toteudu, jatkaa logiikka ohjelman suorittamista. Taajuusmuuttajalle lähetettävän ohjearvon suuruus määrää siis pyörimisnopeuden. Ohjearvona lähetettävän luvun etumerkki määräytyy sen mukaan, mihin suuntaan moottorin halutaan pyöriävän.

A	"Kaltevuuskulma (+)"	←	Jos painike S6 on painettuna
AN	"Yläraja saavutettu"		eikä ylärajaa ole saavutettu,
JC	plus		niin hypätään kohtaan plus .
A	"Kaltevuuskulma (-)"	←	Jos painike S7 on painettuna
AN	"Alaraja saavutettu"		eikä alarajaa ole saavutettu,
JC	mins		niin hypätään kohtaan mins .
A	"Ajo nollakulmaan"	←	Jos painiketta S5 on painettu
AN	"Alaraja saavutettu"		eikä alarajaa ole saavutettu
S	M 30.1		niin asetetaan M30.1 arvoksi 1
A	"Alaraja saavutettu"	←	Kun alaraja saavutetaan, niin
R	M 30.1		nollataan muistipaikka m30.1
A	M 30.1	←	Jos muistipaikan M30.1 arvo
JC	zero		on 1, niin hypätään kohtaan
			zero
AN	"Kaltevuuskulma (+)"	←	Jos painiketta S6 ei paineta,
JC	stop		niin hypätään kohtaan stop
AN	"Kaltevuuskulma (-)"	←	Jos painiketta S7 ei paineta,
JC	stop		niin hypätään kohtaan stop
plus:	L W#16#47F	←	Ladataan heksadesimaaliluku
			47F logiikan Akku 1:een
	T PQW 256	←	Lähetetään Akku 1:n sisältö
			lähtösanaan 256.
	L -5000	←	Ladataan luku -5000 logiikan
			Akku 1:een
	T PQW 258	←	Lähetetään Akku 1:n sisältö
			lähtösanaan 258.
	JU tutu	←	Hypätään kohtaan tutu
mins:	L W#16#47F	←	Tapahtuu samat toiminnot kun
	T PQW 256		kohdassa plus . Ainoastaan
	L 5000		taajuusmuuttajalle lähetet-
	T PQW 258		tävä nopeusohje on eri merk-
	JU tutu		kinen, koska moottorin halut-
			tu pyörimissuunta vaihtuu.
zero:	L W#16#47F	←	ks. edellinen kohta
	T PQW 256		
	L 5000		
	T PQW 258		
	JU tutu		
stop:	L 0	←	Ladataan luku 0 logiikan
			Akku 1:een
	T PQW 258	←	Siirretään Akku 1:n sisältö
			lähtösanaan 258.
	R M 30.1	←	Nollataan muistipaikka M30.1
tutu:	NOP 0	←	"tyhjä" käsky

4. DOKUMENTOINTI

Dokumentointi on tärkeä osa valmistuvaa laitteistoa. Dokumentoinnin tarkoituksena on antaa selvä kuva laitteiston rakenteesta ja toiminnasta. Kuljetinlaitteiston kirjallisena dokumenttina toimii tämä tutkintotyö. Dokumentointi on jaettu sähkötekniiseen dokumentointiin, laitedokumentointiin sekä logiikan ohjelmaan.

4.1 Sähkötekniinen dokumentointi

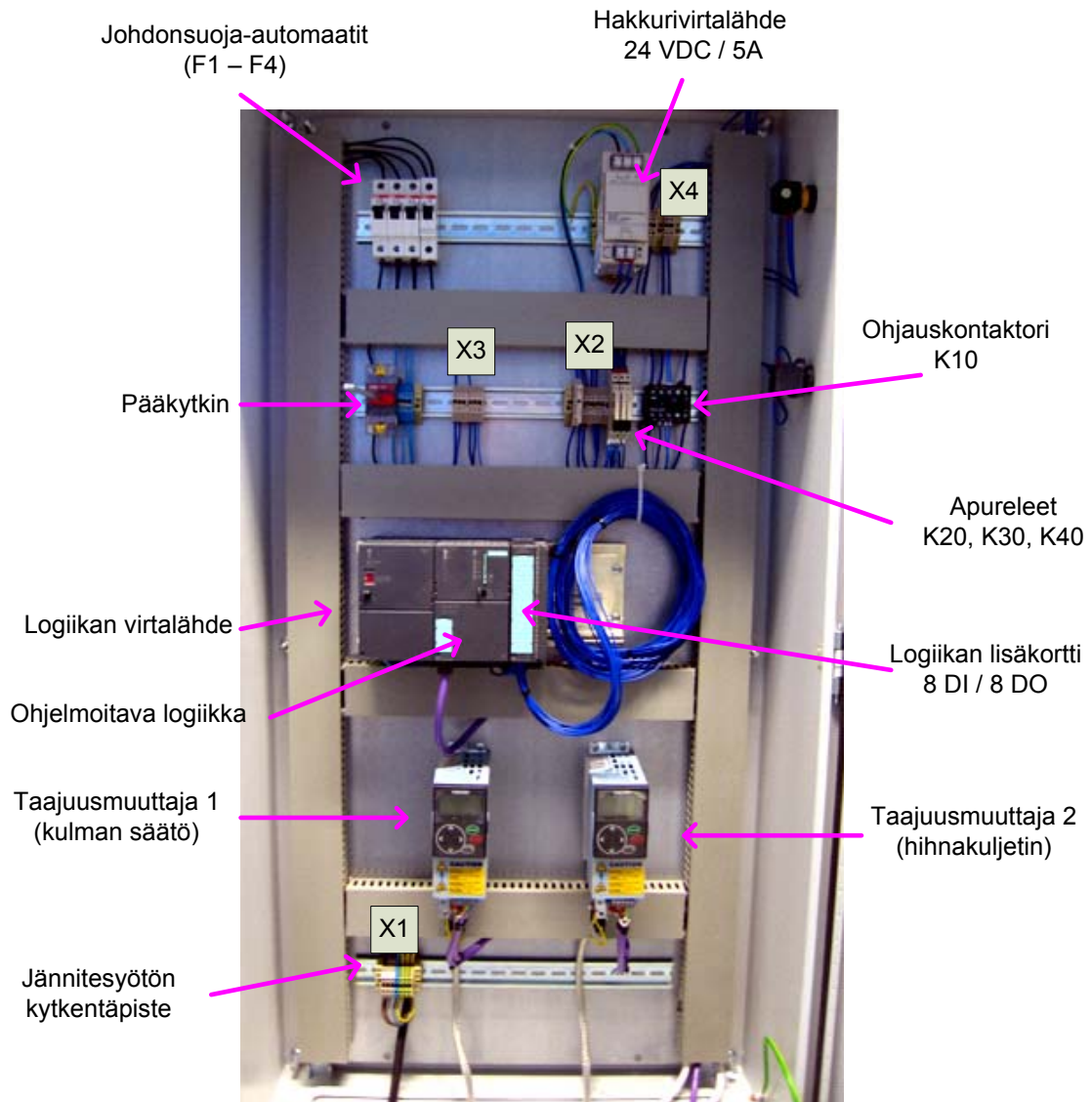
Sähkötekniinen dokumentointi käsittää laitteiston sähköisistä järjestelmistä luodut sähköpiirustukset. Sähkötekniisiin dokumentteihin lukeutuu mm. piirikaaviot, johdotuskaaviot sekä riviliitinkuvat. Kuvien avulla tulisi saada selville, miten yksittäinen laite kytkeytyy järjestelmään. Sähköiset kuvat jaotellaan koteloittain, mikä helpottaa kuvien lukemista, sekä laitteen löytämistä järjestelmästä. Mikäli järjestelmän kytkentää joudutaan muuttamaan, on sähköiset kuvat päivitettävä välittömästi. Näin vältetään virheellisen dokumentaation tuomilta vaaratilanteilta.

Pääkuvana toimii piirikaavio, missä on esitetty samassa kuvassa laitteiston pää- sekä ohjausvirtapiiri (liite 3). Ohjelmoitavan logiikan yhteydessä olevan ohjauksortin kytkentäkuva on liitteessä 4. Hajautetusta yksiköstä piirretyt piirikaaviot on liitteessä 5. Ohjauksotelon kytkennästä piirretty piirikaavio on liitteessä 6.

Laitekaapin asettelukuva on esitetty kuvassa 40. Kuvaan on merkitty keskuksessa esiintyvät laitteet sekä jännitetasot.

4.2 Laitedokumentointi ja tekniset tiedot

Laitedokumentointi käsittää kuljetinlaitteistossa olevien laitteiden dokumentoinnin ja teknisten tietojen kirjaamisen. Laitedokumentointi suoritetaan siten, että tämän työn liitteenä (liite 7) on kuljetinlaitteiston laiteluettelo. Laitekohtaiset dokumentit on koottu erilliseen laitedokumentointimappiin. Kunkin laitteen kohdalla on ko. laitteesta jonkinlainen tekninen dokumentaatio. Mappiin on koottu myös laitteiden käyttöoppaat. Hajautetun yksikön moduuleista on kasattu oma erillinen mappi.



Kuva 40 Laitekaapin asettelukuva

4.3 Logiikan ohjelma

Logiikan ohjelmointi suoritetaan Siemensin STEP 7 ohjelmalla. Kuljetinlaitteiston logiikka vaatii STEP 7 ohjelmaversion 5.4, sekä lisäksi Service Pack 2:n. Ohjelmaan määritellään aluksi koko logiikkaan liittyvä järjestelmä. Logiikan ohjelma muodostuu pääohjelmasta ja kahdesta aliohjelmasta. STEP 7 käsittelee eri ohjelma-osioita omina blokkeinaan. Logiikan pääohjelma on nimeltään OB1 ja aliohjelmat FC10 ja FC20. Aliohjelmassa FC10 on paikallisohjauksen ohjelma. Aliohjelma FC20 on varattu myöhemmin tehtävää etäohjausta varten. Kun logiikka käynnistetään, alkaa se suorittaa pääohjelmaa (OB1). Logiikka suorittaa pelkää pääohjelmaa, ellei siitä ole tehty kutsuja muihin ohjelmaosioihin. Jos pääohjelmassa kutsutaan aliohjelmaa, niin logiikan ohjelma haarautuu kutsuttuun aliohjelmaan ehdollisesti tai aina. Aliohjelman suoritettuaan palaa ohjelma takaisin pääohjelman kohtaan, mistä haarautuminen tapahtui. Logiikan ohjelmaa on selostettu nopeuden säädön sekä kulman säädön yhteydessä. Logiikan ohjelmalistaus sekä siihen liittyvä symboliluettelo on liitteessä 8. Logiikan pääohjelma on kuljetinlaitteistossa toteutettu seuraavasti:

A	"Turvapiiri"	←	Jos turvapiiri on vetäneenä, niin sytytetään vihreä valo. Asetetaan M10.1 arvoksi 1.
=	"Valo, vihreä"		
=	M 10.1		
AN	"Turvapiiri"	←	Jos turvapiiri ei ole vetäneenä, niin sytytetään punainen valo ja hypätään kohtaan turv .
=	"Valo, punainen"		
JC	turv		
A	M 10.1	←	Jos turvapiiri on vetäneenä ja kytkin S4 käännettynä paikallisohjaus asentoon, niin kutsutaan aliohjelmaa FC10.
A	"Paikallisohjaus"		
CC	FC 10		
A	M 10.1	←	Jos turvapiiri on vetäneenä ja kytkin S4 käännettynä etäohjaus asentoon, niin kutsutaan aliohjelmaa FC20.
A	"Etäohjaus"		
CC	FC 20		
AN	"Paikallisohjaus"	←	Jos paikallisohjaus on valittuna, niin hypätään kohtaan yli . Muuten jatketaan eteenpäin.
JCN	yli		
L	0	←	Ladataan logiikan Akku 1:een luku 0 ja siirretään se lähtösanoihin 256 ja 268, sekä nollataan M20.1(ks. FC10)
T	PQW 256		
T	PQW 268		
R	M 20.1		
turv:	R M 10.1	←	Nollataan muistipaikka M10.1
	L 0	←	Ladataan luku 0 logiikan Akkul:een ja siirretään se lähtösanoihin 256, 268, 258, 270 (taajuusmuuttajien ohjaus- ja ohjearvosanoja)
	T PQW 256		
	T PQW 268		
	T PQW 258		
	T PQW 270		
	R M 20.1	←	Nollataan M20.1(ks. FC10)
yli:	BE	←	Ohjelmablokin päätöskäsky

5. LAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTO

5.1 Käyttöönottotarkastus ja mittaukset

Käyttöönottotarkastuksen tarkoituksena on todentaa laitteistokokonaisuuden turvallisuus sekä sähköisten kytkentöjen oikeellisuus. Kuljetinlaitteiston sähkö- ja ohjausjärjestelmien toteutuksessa on noudatettu SFS-EN-60204-1 standardia. Tämä standardi on konestandardin osa, jossa määritellään koneiden ja laitteiden sähkölaitteistoihin liittyvät määräykset. Käyttöönottotarkastuksen osalta käytettävästä standardista kuitenkin poikettiin ja käyttöönottotarkastus suoritettiin SFS-EN-60335 standardin mukaan. Standardi SFS-EN-60335 käsittelee kotitalouskäyttöön ja vastaaviin sovelluksiin tarkoitettujen sähkölaitteiden turvallisuutta, joiden mitoitusjännite on yksivaiheisena enintään 250 V ja kolmivaiheisena enintään 480 V. Standardin soveltamisalaan kuuluvat myös laitteet, joita ei ole tarkoitettu normaaliin kotitalouskäyttöön mutta voivat siitä huolimatta aiheuttaa vaaraa käyttäjille.

Syy standardista poikkeamiseen oli se, että käytettävässä mittalaitteessa ei ollut konestandardin mukaista tarkastusohjelmaa. Standardista poikkeaminen on mahdollista, kun huolehditaan, että alkuperäisen standardien mukainen turvallisuustaso pystytään toteuttamaan. Käyttöönottotarkastuksessa noudatettu standardi SFS-EN-60335 asettaa tarkastusten raja-arvoille tiukemmat määreet kuin konestandardi. Näin ollen voidaan varmistua siitä, että turvallisuustaso tulee täytettyä vaatimusten mukaisesti.

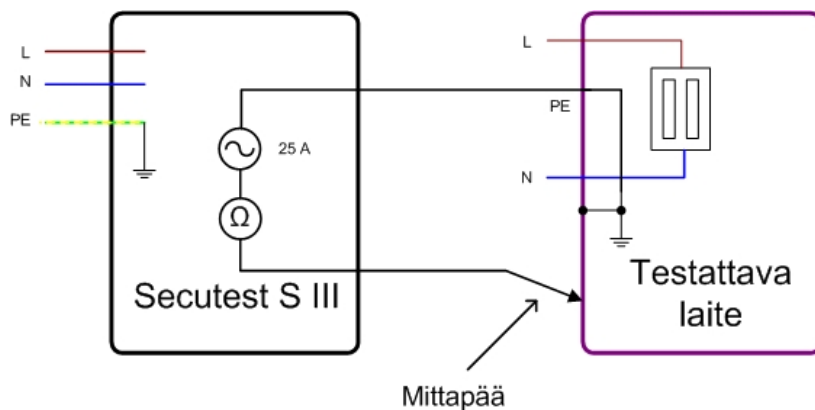
Laitteiston käyttöönottotarkastuksen jälkeen voidaan aloittaa laitteistoon kuuluvien laitteiden käyttöönotto sekä toiminnallinen testaus.

Käyttöönottotarkastus aloitettiin silmämääräisellä tarkastamisella. Silmämääräisen tarkastamisen yhteydessä suoritettiin riviliitinten ja muiden johdinliitosten kiristäminen. Käyttöönottotarkastusmittaukset suoritettiin Gossen Metrawatt, Secutest S III -mittalaitteella. Mittalaitteen viimeisin kalibrointi on suoritettu kesäkuussa 2007. Secutest S III -mittalaitteesta voidaan valita minkä standardin tai määräyksen mukaan mittaukset suoritetaan. Lisäksi mittalaitteella on mahdollisuus tehdä täysin manuaalinen mittaaminen. Kuljetinlaitteiston mittaukset suoritettiin siis standardin SFS-EN-60335 mukaisesti. Mittaustapahtumaan kuuluvat osiot ovat: suojajohdinpiirin jatkuvuus, eristysresistanssin mittaaminen, vuotovirran mittaaminen sekä koekäyttö. Seuraavaksi käydään läpi mitä em. mittauksissa mitataan, mitkä ovat sallitut raja-arvot ja millaiset mittaustulokset laitteistosta saatiin. Mittauksesta tehty asiakirja sekä mittalaitteesta saadut mittaustulokset ovat liitteessä 9.

Suojajohdinpiirin jatkuvuusmittaus

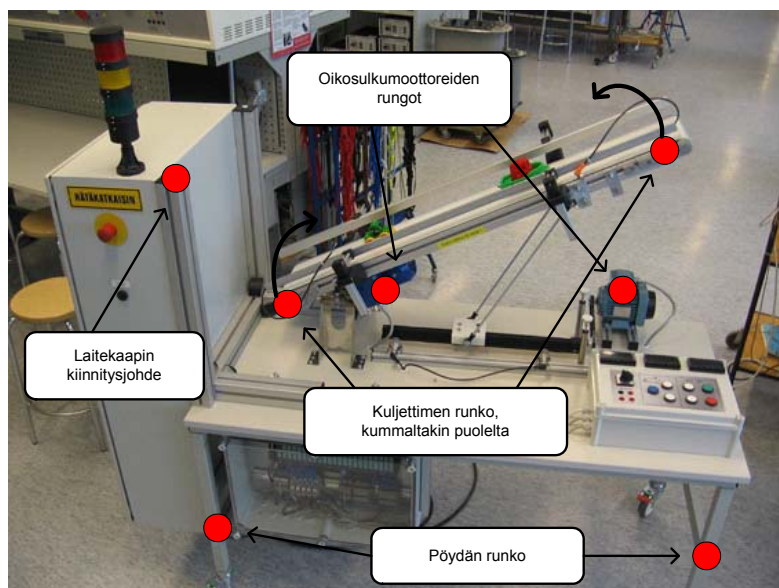
Suojajohdinpiirin jatkuvuusmittauksella todennetaan, että mahdollisesti jännitteelle alttiit laitteiston osat on luotettavasti liitetty samaan maapotentiaaliin. Suojajohdinpiirin jatkuvuus on tärkeä asia laitteiston sähköturvallisuuden kannalta. Suojajohdinpiirillä mahdollistetaan suojalaitteen toiminta vikatilanteessa.

Mitattava laite kytketään Secutest-mittalaitteeseen pistotulpalla. Suojajohdinpiirin jatkuvuusmittausta varten on mittalaitteeseen kytkettävä erillinen mittapää, minkä avulla mittaaminen suoritetaan. Mittapäällä kosketetaan laitteiston eri osia, jotka voivat joutua jännitteelle alttiiksi. Mittauskytkentä on kuvan 41 mukainen.



Kuva 41 Suojajohdinpiirin jatkuvuusmittaus /16/

Suojajohdinpiirin jatkuvuuden mittaaminen suoritettiin kuljetinlaitteistosta kaikista, mahdollisesti jännitteelle alttiista osista. Mittaukset suoritettiin mm. kuvaan 42 merkityistä mittapisteistä.



Kuva 42 Suojajohdinpiirin mittauspisteitä

Suojajohdinpiirin mittaustuloksen raja-arvo standardin mukaan on: $< 0,1 \Omega$.

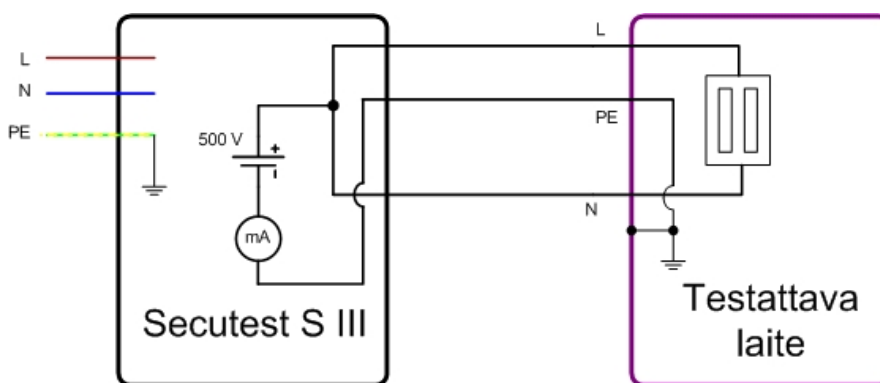
Kuljetinlaitteiston kaikista mittapisteistä saatiin tulokseksi $0,000 \Omega$. Mittalaite tallentaa huonoimman mittaustuloksen muistiinsa.

Eristysresistanssin mittaus

Eristysresistanssin mittauksella todennetaan, ettei laitteen normaali virtapiiri ole yhteydessä suojohtimeen tai laitteen runkoon. Eristysresistanssin riittävä arvo on tärkeä sähkö- ja henkilöturvallisuuden kannalta.

Secutest-mittalaite suorittaa eristysresistanssin mittauksen automaattisesti.

Mittauskytkentä on esitetty kuvassa 43.



Kuva 43 Eristysresistanssin mittauskytkentä /16/

Mittalaite syöttää mittauspiiriin 500 V tasajännitteen ja mittaa siinä kulkevan virran. Virran ja jännitteen avulla laite laskee eristysresistanssin arvon. Eristysresistanssin raja-arvo standardin SFS-EN-60335 mukaan on suojausluokan I laitteelle vähintään $1 \text{ M}\Omega$.

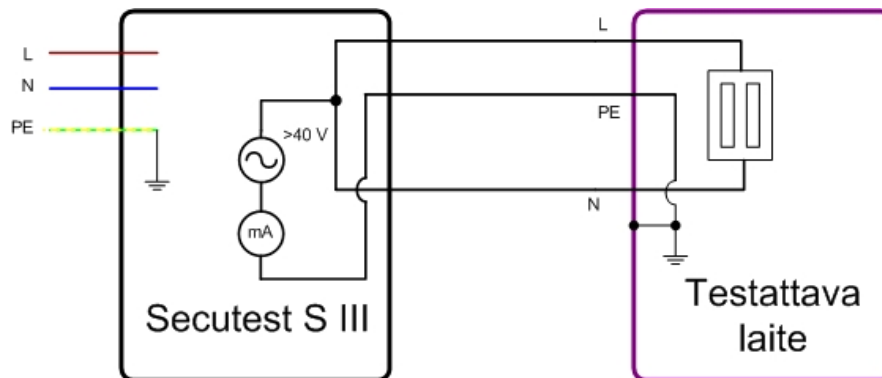
Kuljetinlaitteistosta mitattu eristysresistanssin arvo oli $>310,0 \text{ M}\Omega$.

Vuotovirran mittaus

Vuotovirran mittauksella todennetaan, ettei laitteen normaali virtapiiri ”vuoda” laitteen runkoon. Vuotovirran mittaus on tärkeä suorittaa sähkö- ja henkilöturvallisuuden vuoksi.

Vuotovirran mittauskytkentä on lähes samanlainen kuin eristysresistanssin mittauksessa.

Erona on että mittalaite syöttää laitteeseen/laitteistoon 1,06 kertaisen mitoitusjännitteen suuruisen mittaajännitteen. Mittauskytkentä on esitetty kuvassa 44.



Kuva 44 Vuotovirran mittauskytkentä /16/

Vuotovirran raja-arvo standardin SFS-EN-60335 mukaan on suojausluokan I laitteelle 0,75 – 5 mA. Standardin mukaan kiinteille suojausluokan I moottorikäyttöisille laitteille vuotovirran sallittu maksimiarvo on 3,5 mA. Kuljetinlaitteistosta mitattu vuotovirran arvo oli 2,44 mA.

Koekäyttö

Tarkastusmittauksen lopuksi mittalaite suorittaa laitteistolle koekäytön. Koekäytössä mittalaite kytkee laitteistoon täyden käyttöjännitteen. Koekäytön aikana mittalaite suorittaa laitteistolle vuotovirran mittauksen toistamiseen, mutta nyt laitteiston normaalilla käyttöjännitteellä. Vuotovirran raja-arvo standardin SFS-EN-60335 mukaan on <3,0 mA. Kuljetinlaitteistosta mitattu vuotovirran arvo todellisella jännitteellä oli 1,467 mA. Tämän lisäksi mittalaite antaa arvot laitteiston ottamalle virralle, päteholle sekä koekäytön aikana kuluneelle energialle. Koekäytön mittaustulokset ovat liitteessä 9.

5.2 Taajuusmuuttajien käyttökoe

Taajuusmuuttajien valmistaja suosittelee taajuusmuuttajille tehtäväksi käyttökokeen ennen normaalin käytön aloittamista. Ennen kuin käyttökoe voidaan suorittaa, on taajuusmuuttajille asetettava tarvittavat käyttötiedot (ks. s.26). Käyttökoe suoritetaan aluksi moottorit irtikytkettyinä. Moottoreiden irtikytkeminen onnistuu helpoiten ottamalla liityntäpistike taajuusmuuttajasta irti. Kun moottorit ovat irrotettu, niin ohjataan taajuusmuuttajaa sen omalta ohjauspaneelilta. Käyttökokeen tarkoituksena on testata taajuusmuuttajan toiminta. Kun molemmat taajuusmuuttajat on testattu, niin kytketään moottorit kiinni taajuusmuuttajiin ja suoritetaan koeajo moottoreiden kanssa. Taajuusmuuttajan käyttökokeen yhteydessä suoritettiin kuljetinhihnan linjaus ja kiristys. Kuljetinhihnan linjaamisesta löytyy tarkat ohjeet valmistajan toimittamasta ohjeesta.

6. TURVALLISUUS

Tässä luvussa käydään läpi laitteiston turvallisuuteen liittyviä asioita.

Turvallisuuskokonaisuus on jaettu sähköturvallisuuteen ja koneturvallisuuteen.

Kummassakin kohdassa on kerrottu kuinka ko. turvallisuusnäkökohta on laitteistossa huomioitu. Laitteiston turvallisuustaso ei sellaisenaan ole riittävä esim. CE-merkinnän saamiseksi. Ensimmäisessä laitteistoversiossa keskityttiin enemmänkin saattamaan laitteisto toimintakuntoiseksi. Turvallisuustaso pyrittiin saamaan sellaiselle tasolle, että laitteistoa on turvallista koekäyttää ja että sen kehittelyä voidaan turvallisesti jatkaa eteenpäin.

6.1 Sähköturvallisuus

Sähköturvallisuus on erityisen tärkeä huomioida henkilöturvallisuuden ja laitteiston oikean toiminnan kannalta. Sähköturvallisuus on huomioitu erityisesti huolellisten kytkentöjen sekä suunnitelmien avulla. Laitekaapin jännitteenjakelu on jaoteltu omiin osioihin 24 V:n ja 230 V:n kesken. Laitekaappi on jaettu sähköisesti keskeltä kahtia siten, että 24 V:n johdotus kulkee pääosin keskuksen oikealla puolella ja 230 V:n johdotus pääosin vasemmalla puolella. Laitteiston sähköturvallisuuden lisäämiseksi laitekaapilta tuodaan ulos 230 V:n jännite ainoastaan oikosulkumootoreille. Laitekaappi varustetaan pääkytkimellä, joka estää keskuksen avaamisen jos kytkin on 1-asennossa. Tällä menettelyllä estetään, ettei käyttäjä pääse käsiksi keskuksen jännitteisiin osiin. Kuljetinlaitteistossa on käytetty ainoastaan valmistajien toimittamia sähkölaitteita. Tämä takaa sen, että käytettävät laitteet (esim. virtalähteet) ovat tarkastettuja sekä vaatimusten mukaan valmistettuja. Sähköturvallisuus on todennettu kohdassa 5.1 esitetyllä tavalla. Mittausten perusteella voidaan todeta, että laitteisto on sähköturvallisuuden osalta turvallinen käyttää.

6.2 Koneturvallisuus

Kuljetinlaitteiston rakentamisessa on noudatettu koneturvallisuusstandardin osaa, mikä käsittelee koneiden sähkölaitteiston yleisiä vaatimuksia (SFS-EN 60204-1). Tämän standardin puitteissa on tehty mm. laitteiston ohjauspainikkeiden valinta. Koneturvallisuus huomioitiin kuljettimen valintaa tehtäessä. Valittu hihnakuljetin on rakenteeltaan sellainen, ettei käyttäjä voi saada sormiaan hinnan ja rungon väliin. Laitekaapin päälle asennettiin merkkivalopylväs. Merkkivaloilla on esitetty laitteiston eri toimintatiloja. Punainen valo osoittaa että laitteiston turvapiiri on poikki. Tällainen tilanne on silloin, kun hätäpysäytyspainiketta on painettu tai laitteistoon on juuri kytketty jännite. Kun ohjauskontaktori saatetaan vetäneeseen tilaan "Turvapiirin Resetointi" -painikkeella (S2), syttyy vihreä valo. Keltainen valo on varattu ilmaiseman etäohjauksen käynnistymistä/käyttöä.

7. KEHITTÄMISIDEAT

Tähän lukuun on koottu laitteiston rakentamisen yhteydessä tulleita kehittämisideoita. Kehittämisideoita on tullut paljon myös laitteistoon tutustuneilta henkilöiltä. Koska valmistuva kuljetinlaitteisto on prototyyppi, niin sen kehittelyä tullaan jatkamaan myöhemmin. Tätä toimintaa helpottamiseksi on tähän lukuun kirjattu toimenpiteitä, joiden avulla laitteiston toimivuutta ja turvallisuutta voidaan entisestään parantaa..

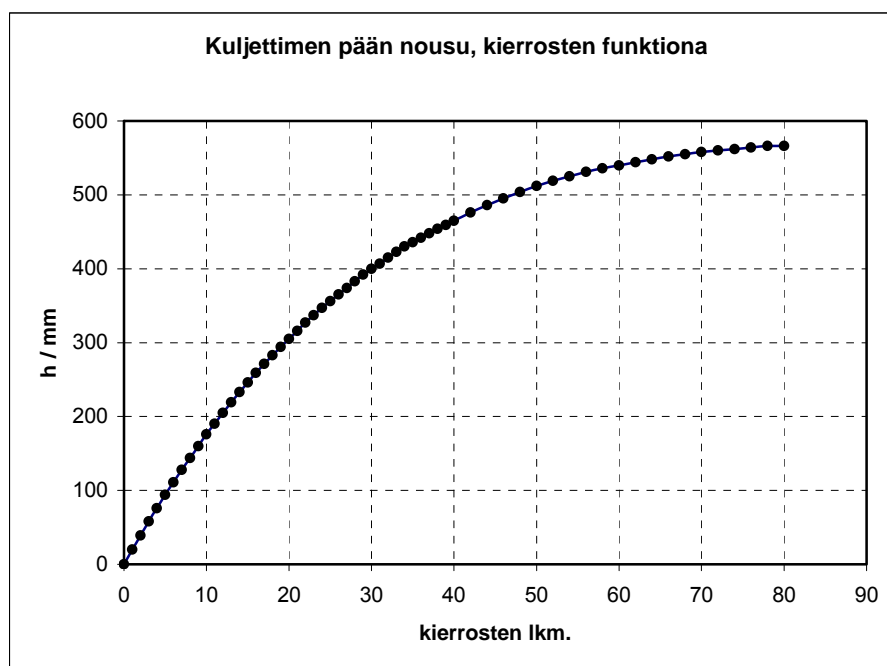
Logiikka

Kuljetinlaitteiston ensimmäiseen laitteistokokonaisuuteen valittu logiikka on Siemensin S7 - 300 tuoteperheeseen kuuluva ohjelmoitava logiikka. Logiikan CPU on mallia 315–2PN/DP. Turvallisuuden lisäämiseksi laitteistoon sopisi paremmin Siemensin logiikoista ns. turvaversiot. Laitteistossa olevasta logiikasta on myös olemassa turvaversio, minkä CPU:n malli on 315F-2 PN/DP. CPU:n nimessä oleva F-kirjain viittaa sanaan "Failsafe". Turvalogiikkaan ohjelmoidaan kaikki turvallisuuteen liittyvät toiminnot omaan ohjelmaosioon. Tällä menettelyllä vältetään siltä, ettei laitteiston turvallisuus vahingossa kärsi, jos logiikan varsinaiseen ohjelmaan tehdään muutoksia. "Failsafe"-logiikat täyttävät turvallisuuteen sekä turvatoimintoihin liittyvät turvaluokitukset. Näiden luokitusten ansiosta voidaan mm. hätäpysäytuspainikkeet johdottaa suoraan logiikkaan eikä erillisiä turvareleitä tarvita.

Kulman säätö

Kuljetinlaitteistossa oleva kulman säädön mahdollistava tekniikka on toteutettu oikosulkumoottorin ja lineaariyksikön avulla. Oikosulkumoottorin tuottama momentti johdetaan lineaariyksikölle hammashihnan välityksellä. Tämä järjestely ei kuitenkaan ole tarkkuudeltaan kovin hyvä. Kulman säädön tarkkuutta pystytään parantamaan mm. vaihtamalla oikosulkumoottorin tilalle esimerkiksi servomoottori. Myös askelmoottori sopisi lineaariyksikön voimanlähteeksi. Lineaariyksikön voimanlähteeksi voisi harkita vaikkapa Siemensin valmistamaa servomoottoria POSMO A 75W. Kyseinen servomoottori on liitettävissä suoraan Profibus-väylään. Servomoottoreiden etuna on niiden tarkempi ja nopeampi ajomahdollisuus. Servomoottori tietää myös oman sijaintinsa, toisin kuin oikosulkumoottori.

Kaltevuuskulman säätöä varten suunniteltu ja rakennettu ratkaisu on rakenteeltaan sellainen, että kulman muuttuminen ei tapahdu lineaarisesti. Kuvassa 45 on mittauksen pohjalta piirretty kuvaaja, josta näkyy kuinka kuljettimen yläpään etäisyys pöytäpinnasta kasvaa lineaariyksikön kierrosten funktiona.



Kuva 45 Kuljettimen pään nousu, kierrosten funktiona

Kuljettimen kaltevuuskulman muutos on suoraan verrannollinen kuvassa 45 esiintyvän kuvaajan kanssa. Kaltevuuskulma kasvaa aluksi voimakkaasti, minkä jälkeen muutos pienenee. Säädön tulisi olla mahdollisimman tasainen kaikissa pisteissä, jotta kappaleen aseman säilyttäminen hihnakuljettimella onnistuisi paremmin. Tässä laitteistokokonaisuudessa kulman säädön parantaminen onnistuu kulma-anturin avulla. Kulma-anturilta (ks. kohta 2.5.3 Kulma-anturi) saadaan kaltevuuskulmaan verrannollinen virtaviesti (4...20 mA). Tämä virtaviesti tuodaan hajautetulle yksikölle, missä se muunnetaan digitaaliseen muotoon. Logiikan ohjelma näkee kaltevuuskulman arvoon verrannollisen kokonaisluvun. Ideana olisi rajoittaa taajuusmuuttajalle lähetettävää nopeusohjetta, kun kaltevuuskulman arvo on pieni. Nopeusohjeen rajoittaminen onnistuu siten, että logiikan ohjelmassa tehdään lukuvertailua käyttäjän asettaman ja kulma-anturilta saadun luvun kesken. Taajuusmuuttajan nopeusohje voisi esimerkiksi olla 25 Hz kun kulman arvo on alle 10 astetta ja 50 Hz kun kulman arvo on yli 10 astetta.

Kulman säätöä pystyttäisiin parantamaan myös rakenteellisten muutosten avulla. Olemassa olevalla laitteistolla voisi rakennetta muuttaa siten, että lineaariyksikön tuottama työntövoima kohdistuisi pöydän pintaan nähden kohtisuorasti alhaaltapäin. Työntövarren kiinnityskohta kuljettimeen voisi pysyä alkuperäisessä kohdassa, ainoastaan lineaariyksikkö käännettäisiin pystysuoraan. Toisin sanoen pöydän kanteen tehtäisiin aukko, minkä kautta työntövarsi pääsisi kulkemaan. Tällä menettelyllä saavutettaisiin kuljettimen kaltevuuskulman tasaisempi säätö, koska työntövarren liike olisi lähes lineaarinen.

Kulma-anturi

Laitteistoa varten on hankittu erillinen kulma-anturi, minkä avulla olisi tarkoitus määrittää hihnakuljettimen kaltevuuskulma. Edellisessä kohdassa on kerrottu kuinka kulma-anturia käytettäisiin kulman säädön nopeuden rajoittamiseen. Kulma-anturin avulla saadaan myös toteutettua hihnakuljettimen ajo nollakulmaan. Alkuperäisessä laitteistokokonaisuudessa ohjauskotelon painikkeella S12 (ZERO) saadaan kuljetin ajettua ala-asentoon. Liikkeen pysäyttää lineaariyksikön toimintarajoja valvova induktiivinen anturi. Kulma-anturin avulla kulma saadaan ajettua täsmällisesti nolnaan. Kulma-anturi on kiinnitettävä kuljettimeen siten, että tiedetään anturin näkemä kulman arvo silloin, kun kuljetin on vaakatasossa. Kohdassa 2.5.3 Kulma-anturi s. 37 on kerrottu miten anturilta saatava virtaviesti (4...20 mA) muuttuu kulman funktiona. Sivulla 37 on havainnollistettu myös kulma-anturin asentoa vastaava kaltevuuskulma (kuva 30).

Nollakulmaan ajo toimisi ohjelmallisesti siten, että siinä vertailtaisiin kulma-anturilta tulevaa kulmatietoa ja ohjelmaan aseteltua nollakulman arvoa. Kun luvut ovat yhtä suuret, niin logiikka pysäyttäisi taajuusmuuttajan.

8. YHTEENVETO

Kuljetinlaitteiston suunnittelu ja toteutus oli tutkintotyönä todella mielenkiintoinen ja varsin haastava projekti. Vaikka laitteisto on fyysiseltä kooltaan pieni, niin ominaisuuksiltaan varsin suuri. Kuljetinlaitteistoon kuuluva ohjaus- ja säätölaitteisto pyrittiin tekemään mahdollisimman hyvin todellista tilannetta vastaavaksi. Väylätekniikan käyttö teollisuudessa ja muillakin aloilla on yleistynyt nopeasti, joten sen sisällyttäminen kuljetinlaitteistoon katsottiin lähes välttämättömäksi. Kuljetinlaitteiston avulla voidaan havainnollistaa mm. kuinka taajuusmuuttajia saadaan ohjattua kenttäväylän kautta.

Kokonaisuudessaan tutkintotyön tekemiseen kului aikaa reilu vuosi. Suuremmilta ongelmilta vältyttiin työn aikana. Ainoastaan aikatauluviivästyksiä aiheutti joidenkin osien pitkä toimitusaika. Lopputuloksena saatiin suunnitelmien mukainen ja toimiva kuljetinlaitteisto. Asetellut tavoitteet saavutettiin eli laitteistoa pystyy ajamaan paikallisohjauksella, jolloin laitteiston hallinta tapahtuu ohjauskotelolta. Valmiilla kuljetinlaitteistolla saadaan havainnollistettua myös se kaltevan tason ilmiö, josta koko projekti sai alkunsa. Eli kappaleen asema saadaan säilytettyä säätämällä hihnakuljettimen nopeutta ja kaltevuuskulmaa. Kuva valmiista kuljetinlaitteistosta on liitteessä 10.

LÄHDELUETTELO

- 1 EASY CONVEYORS FINLAND [www-sivu] [viitattu 11.10.2007] Saatavissa: <http://www.easy-conveyers.com/content/index.php?language=fi>
- 2 Vexon Oy , tuoteluettelo 2007 – 2008
- 3 Jalonen Jussi, Pumppukäytön modernisointi. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähköosasto. Tampere 2004. 41 s. + 90 liites.
- 4 Distributed I/O System ET200S, Operating Instructions. Siemens. 12/2005.
- 5 Lehtola Jaana, Väyläpohjaisen opetuslaitteiston suunnittelu. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähköosasto. Tampere 2005. 58 s. + 28 liites.
- 6 Kunnossapidon osaamis- ja tietokeskus (KOSTI), Siemens koulutusmateriaali [ei saatavissa]
- 7 Simatic Sensors for Factory Automation, Catalog FS 10 / 2008. Siemens [sähköinen] [viitattu 5.3.2008] Saatavissa: <http://www.automation.siemens.com/simatic-sensors-static/ftp/e86060-k8310-a101-a4-7600.pdf>
- 8 Ifm Electronic, Optinen etäisyydenmittausanturi O1D100, [www-sivu] [viitattu 10.11.2007] Saatavissa: <http://www.ifm.fi/ifmfin/web/dsfs!O1D100.html>
- 9 ET 200S distributed I/O 2AI I analog electronic module, Manual. Siemens. 04/2007
- 10 Ifm electronic, ecomat 100, kulma-anturi tekniset tiedot. [sähköinen] [viitattu 11.11] Saatavissa: <http://www.ifm.fi/ifmfin/web/dsfs!EC2082.html>
- 11 Siirilä Tapio, Koneturvallisuus – Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. Inspecta Koulutus Oy. 2005. 431 s.
- 12 SFS-EN 60204-1. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Suomen standardoimisliitto ry. 2006.
- 13 Kuoppala Rauno, Anturit koneautomaatiassa, Metalliteollisuuden kustannus Oy, 1986
- 14 Vacon NXL taajuusmuuttajan käsikirja, 19.11.2007, [sähköinen] [viitattu 13.1.2008] Saatavissa: <http://www.vacon.fi/Default.aspx?id=465761>
- 15 Vacon Profibus DP -optiokortin käsikirja, 24.11.2006 [sähköinen] [viitattu 10.2.2008] Saatavissa: <http://www.vacon.fi/Default.aspx?id=465761>
- 16 Gossen Metrawatt, Secutest SIII -mittalaitteen käyttöohje

LIITTEET

LIITE 1	Hihnamoottorin taajuusmuuttajan parametrilista
LIITE 2	Lineaariyksikön moottorin taajuusmuuttajan parametrilista
LIITE 3	Pää- ja ohjauspiirikaavio
LIITE 4	Logiikan ohjauskortin (8DI/8DO) kytkentäkuva
LIITE 5	Hajautetun yksikön piirikaaviokuvat
LIITE 6	Ohjauskotelon piirikaaviokuva
LIITE 7	Laite- ja tarvikeluettelo
LIITE 8	Logiikan ohjelmalistaus + symbolitaulukko
LIITE 9	Mittauspöytäkirja + mittaustulokset
LIITE 10	Kuva kuljetinlaitteistosta

Hihnamoottorin taajuusmuuttajan parametrit

Muutokset lihavoitu

Index	Variable Text	Value	Default	Unit
P 2.1.1	Min Frequency	0,00	0,00	Hz
P 2.1.2	Max Frequency	50,00	50,00	Hz
P 2.1.3	Accel Time 1	1,0	1,0	s
P 2.1.4	Decel Time 1	1,0	1,0	s
P 2.1.5	Current Limit	2,40	2,40	A
P 2.1.6	Motor Nom Voltg	230	230	V
P 2.1.7	Motor Nom Freq	50,00	50,00	Hz
P 2.1.8	Motor Nom Speed	2840	1440	rpm
P 2.1.9	Motor Nom Currnt	1,40	1,70	A
P 2.1.10	Motor Cos Phi	0,76	0,85	
P 2.1.11	Start Function	0 / Ramping	0 / Ramping	
P 2.1.12	Stop Function	0 / Coasting	0 / Coasting	
P 2.1.13	U/f Optimization	0 / None	0 / None	
P 2.1.14	I/O Reference	0 / AI1	0 / AI1	
P 2.1.15	AI2 Signal Range	2 / 4-20 mA	2 / 4-20 mA	
P 2.1.16	Iout Content	1 / O/P Freq	1 / O/P Freq	
P 2.1.17	DIN2 Function	3 / StartP-StopP	1 / Forw - Rev	
P 2.1.18	DIN3 Function	6 / Preset Sp 1	6 / Preset Sp 1	
P 2.1.19	Preset Speed 1	10,00	10,00	Hz
P 2.1.20	Preset Speed 2	50,00	50,00	Hz
P 2.1.21	Autom. Restart	0 / Disabled	0 / Disabled	
P 2.1.22	Param Conceal	0 / All Visible	0 / All Visible	
P 2.1.23		0 / No Action	0 / No Action	
P 2.2.1	Exp DIN1 Funct	7 / Preset Sp 2	7 / Preset Sp 2	
P 2.2.2	Exp DIN2 Funct	4 / Fault Reset	4 / Fault Reset	
P 2.2.3	Exp DIN3 Funct	11 / Freq Control	11 / Freq Control	
P 2.2.4	DIN4 (AI1) Funct	2 / ExtFaulClose	2 / ExtFaulClose	
P 2.2.5	AI1 Signal Sel	AnIN:A.1	AnIN:A.1	
P 2.2.6	AI1 Signal Range	3 / 0-10 V	3 / 0-10 V	
P 2.2.7	AI1 Custom Min	0,00	0,00	%
P 2.2.8	AI1 Custom Max	100,00	100,00	%
P 2.2.9	AI1 Signal Inv	0 / No Inversion	0 / No Inversion	
P 2.2.10	AI1 Filter Time	0,10	0,10	s
P 2.2.11	AI2 Signal Sel	AnIN:A.2	AnIN:A.2	
P 2.2.12	AI2 Signal Range	2 / 4-20 mA	2 / 4-20 mA	
P 2.2.13	AI2 Custom Min	0,00	0,00	%
P 2.2.14	AI2 Custom Max	100,00	100,00	%
P 2.2.15	AI2 Signal Inv	0 / No Inversion	0 / No Inversion	
P 2.2.16	AI2 Filter Time	0,10	0,10	s
P 2.2.17	MotPotMemFreqRef	1 / Res:Stop+P.D	1 / Res:Stop+P.D	
P 2.2.18	Ref Scal Min Val	0,00	0,00	Hz
P 2.2.19	Ref Scal Max Val	0,00	0,00	Hz
P 2.2.20	Keypad Ctrl Ref	2 / Keypad Ref.	2 / Keypad Ref.	
P 2.2.21	Fieldbus Ctr Ref	3 / Fieldbus	3 / Fieldbus	
P 2.3.1	RO1 Function	3 / Fault	3 / Fault	
P 2.3.2	Exp RO1 Function	2 / Run	2 / Run	
P 2.3.3	Exp RO2 Function	3 / Fault	3 / Fault	
P 2.3.4		1 / Ready	1 / Ready	
P 2.3.5	Iout Content	1 / O/P Freq	1 / O/P Freq	
P 2.3.6	Iout Filter Time	1,00	1,00	s
P 2.3.7	Iout Invert	0 / No Inversion	0 / No Inversion	

P 2.3.8	Iout Minimum	0 / 0 mA	0 / 0 mA	
P 2.3.9	Iout Scale	100	100	%
P 2.3.10	Exp Iout 1 Funct	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.3.11	Exp Iout 2 Funct	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.3.12	Freq Supv Lim 1	0 / No	0 / No	
P 2.3.13	Freq Supv Val 1	0,00	0,00	Hz
P 2.3.14	Ain Supv Input	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.3.15	Ain Supv Llim	10,00	10,00	%
P 2.3.16	Ain Supv Hlim	90,00	90,00	%
P 2.3.17		0,00	0,00	s
P 2.3.18		0,00	0,00	s
P 2.4.1	Ramp 1 Shape	0,0	0,0	s
P 2.4.2	Brake Chopper	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.4.3	DC-Brake Current	1,40	1,00	A
P 2.4.4	Stop DC-BrakeTm	0,00	0,00	s
P 2.4.5	Stop DC-BrakeFr	1,50	1,50	Hz
P 2.4.6	Start DC-BrakeTm	0,00	0,00	s
P 2.4.7	Flux Brake	0 / Off	0 / Off	
P 2.4.8	FluxBrakeCurrent	1,40	1,70	A
P 2.5.1	Range 1 Low Lim	0,00	0,00	Hz
P 2.5.2	Range 1 High Lim	0,00	0,00	Hz
P 2.5.3	PH Acc/Dec Ramp	1,0	1,0	x
P 2.6.1	Motor Ctrl Mode	0 / Freq Control	0 / Freq Control	
P 2.6.2	U/f Ratio Select	0 / Linear	0 / Linear	
P 2.6.3	Field WeakngPnt	50,00	50,00	Hz
P 2.6.4	Voltage at FWP	100,00	100,00	%
P 2.6.5	U/f Mid Freq	50,00	50,00	Hz
P 2.6.6	U/f Mid Voltg	100,00	100,00	%
P 2.6.7	Zero Freq Voltg	2,50	2,50	%
P 2.6.8	Switching Freq	3,6	3,6	kHz
P 2.6.9	Overvolt Contr	1 / Enabled	1 / Enabled	
P 2.6.10	Undervolt Contr	1 / Enabled	1 / Enabled	
P 2.6.11	Identification	0 / No Action	0 / No Action	
P 2.7.1	4mA Fault Resp	0 / No Action	0 / No Action	
P 2.7.2	External Fault	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.3	UVolt Fault Resp	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.4	OutputPh. Superv	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.5	Earth fault	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.6	Motor Therm Prot	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.7	MotAmbTempFactor	0,0	0,0	%
P 2.7.8	MTP f0 Current	40,0	40,0	%
P 2.7.9	MTP Motor T	45	10	min
P 2.7.10	Motor Duty Cycle	100	100	%
P 2.7.11	Stall Protection	1 / Warning	1 / Warning	
P 2.7.12	Stall Current	1,26	2,40	A
P 2.7.13	Stall Time Lim	15,00	15,00	s
P 2.7.14	Stall Freq Lim	25,00	25,00	Hz
P 2.7.15	Underload Protec	0 / No Action	0 / No Action	
P 2.7.16	UP from Torque	50,0	50,0	%
P 2.7.17	UP f0 Torque	10,0	10,0	%
P 2.7.18	UP Time Limit	20,00	20,00	s
P 2.7.19	ThermistorF.Resp	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.20	FBComm.FaultResp	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.21	SlotComFaultResp	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.22	Actual SupvFunct	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.7.23	Actual SupvLimit	10,0	10,0	%
P 2.7.24	Actual SupvDelay	5	5	s
P 2.8.1	Wait Time	0,50	0,50	s

P 2.8.2	Trial Time	30,00	30,00	s
P 2.8.3	Start Function	0 / Ramping	0 / Ramping	
P 2.9.1	PID Activation	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.9.2	PID Reference	2 / Keypad Ref.	2 / Keypad Ref.	
P 2.9.3	Act Value Select	1 / AI2	1 / AI2	
P 2.9.4	PID-Contr Gain	100,0	100,0	%
P 2.9.5	PID-Contr I Time	10,00	10,00	s
P 2.9.6	PID-Contr D Time	0,00	0,00	s
P 2.9.7	Act 1 Min Scale	0,0	0,0	%
P 2.9.8	Act 1 Max Scale	100,0	100,0	%
P 2.9.9	Error Inversion	0 / No Inversion	0 / No Inversion	
P 2.9.10	Sleep Frequency	10,00	10,00	Hz
P 2.9.11	Sleep Delay	30	30	s
P 2.9.12	Wake Up Limit	25,00	25,00	%
P 2.9.13	Wake Up Action	0 / if BelowLev	0 / if BelowLev	
P 2.10.1	No of Aux Drives	0	0	x
P 2.10.2	Aux Start Delay	4,0	4,0	s
P 2.10.3	Aux Stop Delay	2,0	2,0	s
P 2.10.4	Autochange	0 /	0 /	
P 2.10.5	Autoch Interval	48,0	48,0	h
P 2.10.6	Autoch:MaxNrAux	0	0	x
P 2.10.7	Autoch:FreqLim	20,00	20,00	Hz
P 2.10.8	AuxStartFreq	50,00	50,00	Hz
P 2.10.9	AuxStopFreq	20,00	20,00	Hz
P 3.1	Control Place	3 / Fieldbus	1 / I/O Terminal	
P 3.3	Keypad Direction	1 / Reverse	0 / Forward	
P 3.4	StopButtonActive	1 / Yes	1 / Yes	
P 3.5	PID Reference	0,00	0,00	%
P 3.6	PID Reference 2	0,00	0,00	%
P 6.5.2	Parameter Lock	0 / ChangeEnable	0 / ChangeEnable	
P 6.6.1	Default page	1.1.	0.	
P 6.6.3	Timeout time	1200	30	s
P 6.7.1	InternBrakeRes	0 / Not conn.	0 / Not conn.	
P 6.7.2	Fan control	0 / Continuous	0 / Continuous	
P 6.7.3	HMI ACK timeout	200	200	ms
P 6.7.4	HMI retry	5	5	
P 6.9.1	AI1 mode	0	1	
P 6.9.2	AI2 mode	1	0	
P 6.10.2	Comm. Protocol	1	0	
P 6.10.3	Slave Address	1	1	
P 6.10.4	Baud Rate	5 / 9600 baud	5 / 9600 baud	
P 6.10.5	Stop bits	0 / 1	0 / 1	
P 6.10.6	Parity Type	0 / None	0 / None	
P 6.10.7	Comm. Time-out	0	0	
P 7.2.1.1	Slave Address	4	126	
P 7.2.1.2	Baud Rate	6 / 1.5 MBaud	10 / Auto	
P 7.2.1.3	PPO Type	4 / PPO4	1 / PPO1	
P 7.2.1.4	Operate Mode	1 / ProfiDrive	1 / ProfiDrive	

Lineaariyksikön moottorin taajuusmuuttajan parametrit

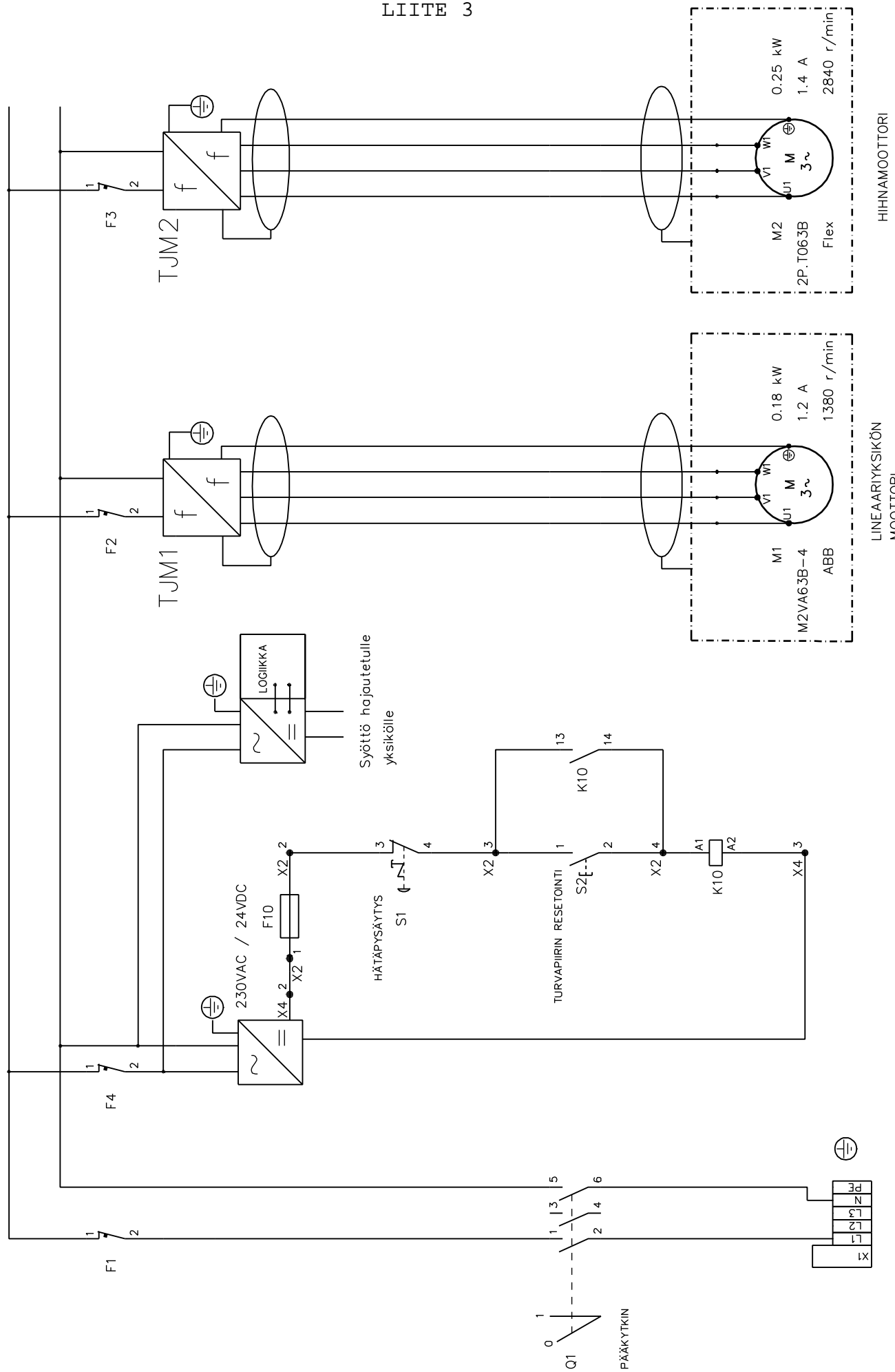
Muutokset lihavoitu

Index	Variable Text	Value	Default	Unit
P 2.1.1	Min Frequency	0,00	0,00	Hz
P 2.1.2	Max Frequency	50,00	50,00	Hz
P 2.1.3	Accel Time 1	1,0	1,0	s
P 2.1.4	Decel Time 1	1,0	1,0	s
P 2.1.5	Current Limit	2,40	2,40	A
P 2.1.6	Motor Nom Voltg	230	230	V
P 2.1.7	Motor Nom Freq	50,00	50,00	Hz
P 2.1.8	Motor Nom Speed	1380	1440	rpm
P 2.1.9	Motor Nom Currnt	1,20	1,70	A
P 2.1.10	Motor Cos Phi	0,68	0,85	
P 2.1.11	Start Function	0 / Ramping	0 / Ramping	
P 2.1.12	Stop Function	0 / Coasting	0 / Coasting	
P 2.1.13	U/f Optimization	0 / None	0 / None	
P 2.1.14	I/O Reference	0 / AI1	0 / AI1	
P 2.1.15	AI2 Signal Range	2 / 4-20 mA	2 / 4-20 mA	
P 2.1.16	Iout Content	1 / O/P Freq	1 / O/P Freq	
P 2.1.17	DIN2 Function	3 / StartP-StopP	1 / Forw - Rev	
P 2.1.18	DIN3 Function	6 / Preset Sp 1	6 / Preset Sp 1	
P 2.1.19	Preset Speed 1	10,00	10,00	Hz
P 2.1.20	Preset Speed 2	50,00	50,00	Hz
P 2.1.21	Autom. Restart	0 / Disabled	0 / Disabled	
P 2.1.22	Param Conceal	0 / All Visible	0 / All Visible	
P 2.1.23		0 / No Action	0 / No Action	
P 2.2.1	Exp DIN1 Funct	7 / Preset Sp 2	7 / Preset Sp 2	
P 2.2.2	Exp DIN2 Funct	4 / Fault Reset	4 / Fault Reset	
P 2.2.3	Exp DIN3 Funct	11 / Freq Control	11 / Freq Control	
P 2.2.4	DIN4 (AI1) Funct	2 / ExtFaulClose	2 / ExtFaulClose	
P 2.2.5	AI1 Signal Sel	AnIN:A.1	AnIN:A.1	
P 2.2.6	AI1 Signal Range	3 / 0-10 V	3 / 0-10 V	
P 2.2.7	AI1 Custom Min	0,00	0,00	%
P 2.2.8	AI1 Custom Max	100,00	100,00	%
P 2.2.9	AI1 Signal Inv	0 / No Inversion	0 / No Inversion	
P 2.2.10	AI1 Filter Time	0,10	0,10	s
P 2.2.11	AI2 Signal Sel	AnIN:A.2	AnIN:A.2	
P 2.2.12	AI2 Signal Range	2 / 4-20 mA	2 / 4-20 mA	
P 2.2.13	AI2 Custom Min	0,00	0,00	%
P 2.2.14	AI2 Custom Max	100,00	100,00	%
P 2.2.15	AI2 Signal Inv	0 / No Inversion	0 / No Inversion	
P 2.2.16	AI2 Filter Time	0,10	0,10	s
P 2.2.17	MotPotMemFreqRef	1 / Res:Stop+P.D	1 / Res:Stop+P.D	
P 2.2.18	Ref Scal Min Val	0,00	0,00	Hz
P 2.2.19	Ref Scal Max Val	0,00	0,00	Hz
P 2.2.20	Keypad Ctrl Ref	2 / Keypad Ref.	2 / Keypad Ref.	
P 2.2.21	Fieldbus Ctr Ref	3 / Fieldbus	3 / Fieldbus	
P 2.3.1	RO1 Function	3 / Fault	3 / Fault	
P 2.3.2	Exp RO1 Function	2 / Run	2 / Run	
P 2.3.3	Exp RO2 Function	3 / Fault	3 / Fault	
P 2.3.4		1 / Ready	1 / Ready	
P 2.3.5	Iout Content	1 / O/P Freq	1 / O/P Freq	

P 2.3.6	Iout Filter Time	1,00	1,00	s
P 2.3.7	Iout Invert	0 / No Inversion	0 / No Inversion	
P 2.3.8	Iout Minimum	0 / 0 mA	0 / 0 mA	
P 2.3.9	Iout Scale	100	100	%
P 2.3.10	Exp Iout 1 Funct	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.3.11	Exp Iout 2 Funct	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.3.12	Freq Supv Lim 1	0 / No	0 / No	
P 2.3.13	Freq Supv Val 1	0,00	0,00	Hz
P 2.3.14	Ain Supv Input	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.3.15	Ain Supv Llim	10,00	10,00	%
P 2.3.16	Ain Supv Hlim	90,00	90,00	%
P 2.3.17		0,00	0,00	s
P 2.3.18		0,00	0,00	s
P 2.4.1	Ramp 1 Shape	0,0	0,0	s
P 2.4.2	Brake Chopper	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.4.3	DC-Brake Current	1,20	1,00	A
P 2.4.4	Stop DC-BrakeTm	0,00	0,00	s
P 2.4.5	Stop DC-BrakeFr	1,50	1,50	Hz
P 2.4.6	Start DC-BrakeTm	0,00	0,00	s
P 2.4.7	Flux Brake	0 / Off	0 / Off	
P 2.4.8	FluxBrakeCurrent	1,20	1,70	A
P 2.5.1	Range 1 Low Lim	0,00	0,00	Hz
P 2.5.2	Range 1 High Lim	0,00	0,00	Hz
P 2.5.3	PH Acc/Dec Ramp	1,0	1,0	x
P 2.6.1	Motor Ctrl Mode	0 / Freq Control	0 / Freq Control	
P 2.6.2	U/f Ratio Select	0 / Linear	0 / Linear	
P 2.6.3	Field WeakngPnt	50,00	50,00	Hz
P 2.6.4	Voltage at FWP	100,00	100,00	%
P 2.6.5	U/f Mid Freq	50,00	50,00	Hz
P 2.6.6	U/f Mid Voltg	100,00	100,00	%
P 2.6.7	Zero Freq Voltg	2,50	2,50	%
P 2.6.8	Switching Freq	3,6	3,6	kHz
P 2.6.9	Overvolt Contr	1 / Enabled	1 / Enabled	
P 2.6.10	Undervolt Contr	1 / Enabled	1 / Enabled	
P 2.6.11	Identification	0 / No Action	0 / No Action	
P 2.7.1	4mA Fault Resp	0 / No Action	0 / No Action	
P 2.7.2	External Fault	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.3	UVolt Fault Resp	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.4	OutputPh. Superv	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.5	Earth fault	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.6	Motor Therm Prot	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.7	MotAmbTempFactor	0,0	0,0	%
P 2.7.8	MTP f0 Current	40,0	40,0	%
P 2.7.9	MTP Motor T	45	10	min
P 2.7.10	Motor Duty Cycle	100	100	%
P 2.7.11	Stall Protection	1 / Warning	1 / Warning	
P 2.7.12	Stall Current	1,08	2,40	A
P 2.7.13	Stall Time Lim	15,00	15,00	s
P 2.7.14	Stall Freq Lim	25,00	25,00	Hz
P 2.7.15	Underload Protec	0 / No Action	0 / No Action	
P 2.7.16	UP from Torque	10,0	50,0	%
P 2.7.17	UP f0 Torque	10,0	10,0	%
P 2.7.18	UP Time Limit	20,00	20,00	s
P 2.7.19	ThermistorF.Resp	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.20	FBComm.FaultResp	2 / Fault	2 / Fault	
P 2.7.21	SlotComFaultResp	2 / Fault	2 / Fault	

P 2.7.22	Actual SupvFunct	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.7.23	Actual SupvLimit	10,0	10,0	%
P 2.7.24	Actual SupvDelay	5	5	s
P 2.8.1	Wait Time	0,50	0,50	s
P 2.8.2	Trial Time	30,00	30,00	s
P 2.8.3	Start Function	0 / Ramping	0 / Ramping	
P 2.9.1	PID Activation	0 / Not Used	0 / Not Used	
P 2.9.2	PID Reference	2 / Keypad Ref.	2 / Keypad Ref.	
P 2.9.3	Act Value Select	1 / AI2	1 / AI2	
P 2.9.4	PID-Contr Gain	100,0	100,0	%
P 2.9.5	PID-Contr I Time	10,00	10,00	s
P 2.9.6	PID-Contr D Time	0,00	0,00	s
P 2.9.7	Act 1 Min Scale	0,0	0,0	%
P 2.9.8	Act 1 Max Scale	100,0	100,0	%
P 2.9.9	Error Inversion	0 / No Inversion	0 / No Inversion	
P 2.9.10	Sleep Frequency	10,00	10,00	Hz
P 2.9.11	Sleep Delay	30	30	s
P 2.9.12	Wake Up Limit	25,00	25,00	%
P 2.9.13	Wake Up Action	0 / if BelowLev	0 / if BelowLev	
P 2.10.1	No of Aux Drives	0	0	x
P 2.10.2	Aux Start Delay	4,0	4,0	s
P 2.10.3	Aux Stop Delay	2,0	2,0	s
P 2.10.4	Autochange	0 /	0 /	
P 2.10.5	Autoch Interval	48,0	48,0	h
P 2.10.6	Autoch:MaxNrAux	0	0	x
P 2.10.7	Autoch:FreqLim	20,00	20,00	Hz
P 2.10.8	AuxStartFreq	50,00	50,00	Hz
P 2.10.9	AuxStopFreq	20,00	20,00	Hz
P 3.1	Control Place	3 / Fieldbus	1 / I/O Terminal	
P 3.3	Keypad Direction	1 / Reverse	0 / Forward	
P 3.4	StopButtonActive	1 / Yes	1 / Yes	
P 3.5	PID Reference	0,00	0,00	%
P 3.6	PID Reference 2	0,00	0,00	%
P 6.5.2	Parameter Lock	0 / ChangeEnable	0 / ChangeEnable	
P 6.6.1	Default page	1.1.	0.	
P 6.6.3	Timeout time	1200	30	s
P 6.7.1	InternBrakeRes	0 / Not conn.	0 / Not conn.	
P 6.7.2	Fan control	0 / Continuous	0 / Continuous	
P 6.7.3	HMI ACK timeout	200	200	ms
P 6.7.4	HMI retry	5	5	
P 6.9.1	AIA1 mode	0	1	
P 6.9.2	AIA2 mode	1	0	
P 6.10.2	Comm. Protocol	1	0	
P 6.10.3	Slave Address	1	1	
P 6.10.4	Baud Rate	5 / 9600 baud	5 / 9600 baud	
P 6.10.5	Stop bits	0 / 1	0 / 1	
P 6.10.6	Parity Type	0 / None	0 / None	
P 6.10.7	Comm. Time-out	0	0	
P 7.2.1.1	Slave Address	3	126	
P 7.2.1.2	Baud Rate	6 / 1.5 Mbaud	10 / Auto	
P 7.2.1.3	PPO Type	4 / PPO4	1 / PPO1	
P 7.2.1.4	Operate Mode	1 / ProfiDrive	1 / ProfiDrive	

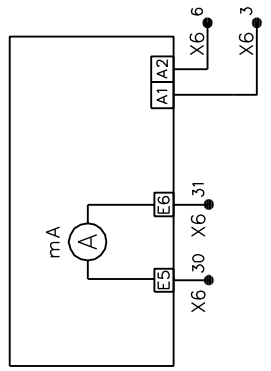
LIITE 3



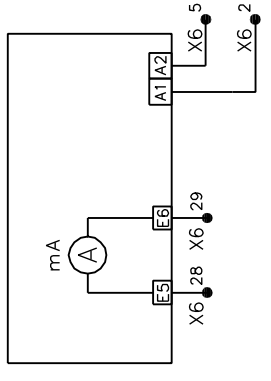
Swunn.	Jkkallo/26.4.08	Piiritunnus	Keskustunnus	Työnumero
Piirt.	Jkkallo	Lehti	LK	
Tark.		1/1		
PIIRUSTUSNUMERO				
SÄH 1				
LOGIikkaOHJATTU HIINAKULJETIN				
PÄÄ- JA OHAJUSPIIRIKAAVIO				

A	D muutos
B	E muutos
C	F muutos

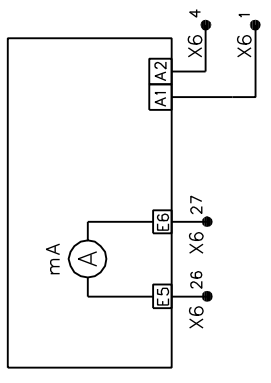
PANEELINÄYTTÖ 1



PANEELINÄYTTÖ 2

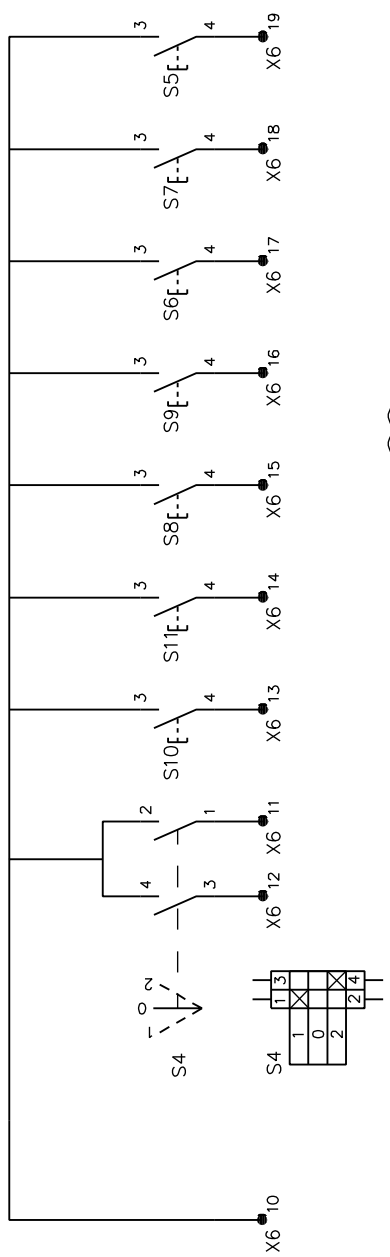


PANEELINÄYTTÖ 3

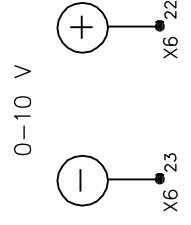


- S4 Ohjaustavan valinta
 S5 Ajo nollakulmaan
 S6 Kaltevuuskulma +
 S7 Kaltevuuskulma -
 S8 Hihnan nopeus +
 S9 Hihnan nopeus -
 S10 Hihna START
 S11 Hihna STOP

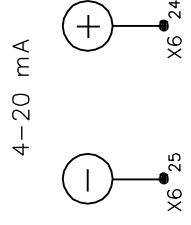
PN Paneelinäyttö



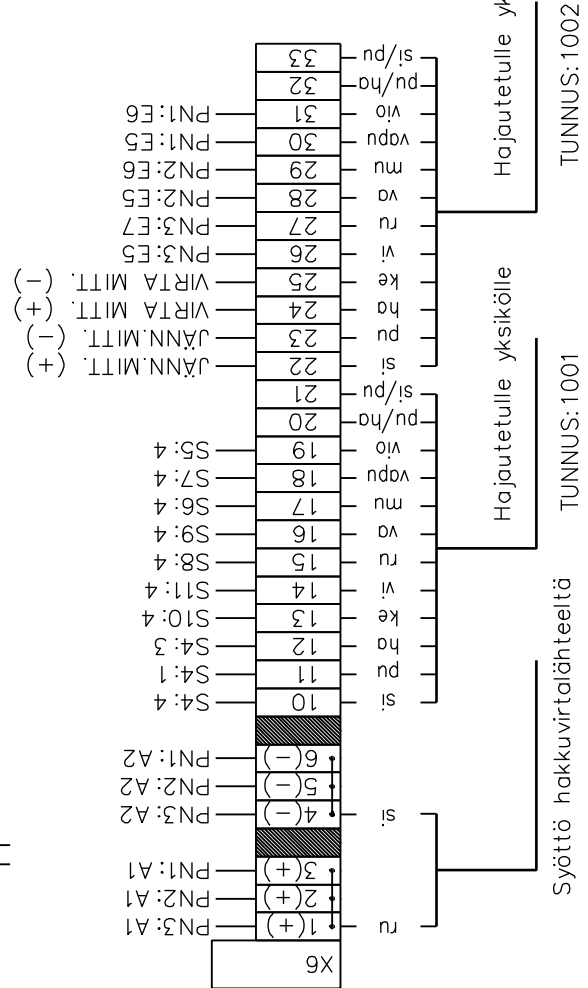
JÄNNITEMITTAUS



VIRTAMITTAUS



LIITE 6



A mutos		B mutos		C mutos	
Suunn. Jukka/26.4.08		Piiritunnus OK1	Keskustunnus OK1	Työnumero	
Pirtt. Jukka		Lehti 1/1		Piirustusnumero	
Tark.		SÄH 4		LOGIIKKAOHJATTU HIHNAKULJETIN	
OHJAUSKOTELO		OHJAUSKOTELO		OHJAUSKOTELO	

LAITE- JA TARVIKELUETTELO

Laite	Malli / Tyyppi / Lisätieto	Valmistaja
Hihnakuljetin +vaihdemoottori	Kuljetin: ECA-30 Moottori: M2VA63B-4	Kuljetin: Easy Conveyors Moottori: Varvel
Pöytä	Basic 1500 x 750	Sovella
Laitekaappi		
Laitekaappi	AE 1260, mitat: 600 x 1200	Rittal
Valopylväs	vihreä-keltainen-punainen	Telemecanique
Johdonsuoja-automaati	1x10B + 3x6C	ABB
Hakkurivirtalähde	S8VS-12024, 24 VDC 5 A	Omron
Pääkytkin	OT16E3	ABB
Hätäpysäytyspainike	1 sulkeutuva + 1 avautuva kosk.	-
Painonappi	musta	Telemecanique
Ohjaukskontaktori	KC6-22Z, 24 VDC	ABB
Pienoiskontaktori	24 VDC	Omron
Riviliitinsulake	-	-
Logiikan virtalähde	PS307-1E, 5A	Siemens
Ohjelmoitava logiikka	CPU 315-2PN/DP	Siemens
Logiikan digitaalikortti	8 DI / 8 DO	Siemens
Logiikan muistikortti	MMC 512k	Siemens
Profiilikisko	erikoiskisko	Siemens
Taajuusmuuttaja	NXL 0002 MF2	Vacon
Johtokanava + kannet	mitat 60 x 40	-

Hajautettu yksikkö		
Hajautetun yksikön kotelo	+ kirkas kansi	Fibox
Interface-moduuli	IM-151, ET200S	Siemens
Liitäntämoduuli (elektr.)	TM-E	Siemens
Liitäntämoduuli (power)	TM-P	Siemens
Powermoduuli	PM-E, 24 V	Siemens
Elektroniikkamoduuli	digital, 4DI	Siemens
Elektroniikkamoduuli	digital, 4DO	Siemens
Elektroniikkamoduuli	analog, 2AI, I, 2-wire	Siemens
Elektroniikkamoduuli	analog, 2AI, I, 4-wire	Siemens
Elektroniikkamoduuli	analog, 2AI, U	Siemens
Elektroniikkamoduuli	analog, 2AO, I	Siemens
Elektroniikkamoduuli	analog, 2AO, U	Siemens
Päätmoduuli	-	Siemens
Ohjauskotelo		
Ohjauskotelo	-	Fibox
Prosessinäyttö	K3MA-J-A2, 24VDC	Omron
Nokkakytkin	1 - 0 - 2	Telemecanique
Painonappi	valkoinen	Telemecanique
Painonappi	vihreä	Telemecanique
Painonappi	punainen	Telemecanique
Painonappi	sininen	Telemecanique
Yleiset		
Riviliittimet	harmaa, sininen, kevi	-
Johtokanava + kannet	60 x 40	-
Din-kisko	-	-
Kytkenäjohto	MKEM 1,5 mm ² (sininen)	-
Läpivientiholkit (EMC)	erikoisrakenne (metalli)	-
Läpivientiholkit (normaali)	-	-

OB1 - <offline>

""

Name: **Family:**
Author: **Version:** 0.1
Block version: 2
Time stamp Code: 04/27/2008 11:43:58 PM
Interface: 02/15/1996 04:51:12 PM
Lengths (block/logic/data): 00208 00082 00020

Name	Data Type	Address	Comment
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Block: OB1 "PÄÄOHJELMA"

Network: 1 Turvapiirin tila

Tarkastellaan turvapiirin tila.

```

A      "Turvapiiri"
=      "Valo, vihreä"
=      M      10.1
AN     "Turvapiiri"
=      "Valo, punainen"
JC     turv

```

Network: 2 Paikallishjauksen kutsu

Jos turvapiiri on OK(ts. M10.1 = 1) ja käännetään kytkin S4 kohtaan 1 LOCAL, niin kutsutaan paikallishjauksen aliohjelmaa FC10.

```

A      M      10.1
A      "Paikallishjaus"
CC     FC     10

```

Network: 3 Etäohjauksen kutsu

A M 10.1
A "Etäohjaus"
CC FC 20

Network: 4 Paikallishjauksen palauttaminen

Jos paikallishjaus on valittuna niin hypätään kohtaan yli. Jos paikallishjaus ei ole valittuna niin lähetetään logiikoille SEIS-käskyt.

AN "Paikallishjaus"
JCN yli
L 0
T PQW 256
T PQW 268
R M 20.1

Network: 5 Turvapiiri päästänyt

Jos turvapiiri katkeaa, niin resetoidaan M10.1 sekä nollataan taajuusmuuttajien nopeusohjeet ja annetaan niille SEIS-käsky.

turv: R M 10.1
L 0
T PQW 256
T PQW 268
T PQW 258
T PQW 270
R M 20.1

yli: BE

FC10 - <offline>

""

Name: **Family:**
Author: **Version:** 0.1
Block version: 2
Time stamp Code: 04/27/2008 11:48:37 PM
Interface: 04/07/2008 11:13:08 AM
Lengths (block/logic/data): 00382 00250 00000

Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC10 Paikallishjauksen aliohjelman
--

Network: 1 Kulman säätö

A "Kaltevuuskulma (+)"
 AN "Yläraja saavutettu"
 JC plus

A "Kaltevuuskulma (-)"
 AN "Alaraja saavutettu"
 JC mins

A "Ajo nollakulmaan"
 AN "Alaraja saavutettu"
 S M 30.1
 A "Alaraja saavutettu"
 R M 30.1
 A M 30.1
 JC zero

AN "Kaltevuuskulma (+)"
 JC stop

AN "Kaltevuuskulma (-)"
 JC stop

plus: L W#16#47F
 T PQW 256
 L -5000
 T PQW 258
 JU tutu

LIITE 8 (4/6)

mins: L W#16#47F
T PQW 256
L 5000
T PQW 258
JU tutu

zero: L W#16#47F
T PQW 256
L 5000
T PQW 258
JU tutu

stop: L 0
T PQW 258
R M 30.1

tutu: NOP 0

Network: 2	nopeuden säätö
------------	----------------

A "Kuljetin käyntiin"
S M 20.1

A "Kuljetin seis"
R M 20.1

A M 20.1
JCN seis

L W#16#47F
T PQW 268

A M 20.1
A "Hihnan nopeus (+)"
JC lis

A M 20.1
A "Hihnan nopeus (-)"
JC vah

AN "Hihnan nopeus (+)"
JC yli

AN "Hihnan nopeus (-)"
JC yli

lis: L MW 50
L -10000
==I
JC full
L MW 50
+ -1
T MW 50
T PQW 270

full: JU lopp

LIITE 8 (5/6)

vah: L MW 50
 L 0
 ==I
 JC empt
 L MW 50
 + 1
 T MW 50
 T PQW 270
empt: JU lopp

seis: L 0
 T PQW 268
 L 0
 T MW 50
 JU lopp

yli: L MW 50
 T PQW 270

lopp: BE

Properties of symbol table

Name: HIHNAKULJETIN
 Author:
 Comment:
 Created on: 04/05/2008 10:05:15 AM
 Last modified on: 04/07/2008 10:59:30 AM
 Last filter criterion: All Symbols
 Number of symbols: 20/20
 Last Sorting: Symbol Ascending

Status	Symbol	Address	Data type	Comment
	Ajo nollakulmaan	I 3.0	BOOL	
	Alaraja saavutettu	I 4.1	BOOL	
	Etäohjaus	I 1.1	BOOL	
	Hihnan nopeus (-)	I 2.1	BOOL	
	Hihnan nopeus (+)	I 2.0	BOOL	
	Jännitemittaus	PQW 280	WORD	
	Kaltevuuskulma (-)	I 2.3	BOOL	
	Kaltevuuskulma (+)	I 2.2	BOOL	
	Kuljetin käyntiin	I 1.2	BOOL	
	Kuljetin seis	I 1.3	BOOL	
	Paikallisohtaus	I 1.0	BOOL	
	Paneelinäyttö 1	PQW 290	WORD	
	Paneelinäyttö 2	PQW 288	WORD	
	Paneelinäyttö 3	PQW 286	WORD	
	Turvapiiri	I 0.0	BOOL	1=turvapiiri ok; 0=turvapiiri päästänyt
	Valo, keltainen	Q 0.1	BOOL	
	Valo, punainen	Q 0.2	BOOL	
	Valo, vihreä	Q 0.0	BOOL	
	Virtamittaus	PQW 284	WORD	
	Yläraja saavutettu	I 4.0	BOOL	



Laite Kuljetinlaitteisto		Suojaluokka <input checked="" type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III	
Mallimerkintä Tutkintotö JK		Vaimistaja Jarmo Kallio	
Nimellisarvo 230 v	Teho -	Vaimistusvuosi 2008	
Jatetty -	Korjattu/nimikirj. -	Noudettu -	
Vastuualue Sähkövoimatekniikka, 20391			
Tilaajan nimi TAMK, Sähkölaboratorio / Mäkinen Eerik		Puhelin	
Vikaselostus -			
Työtilaus Käyttöönottotarkastus			
Myöhemmin sovitut työt -			
Suoritettavat työt Laitteistolle suoritettu standardin EN 60335 mukaiset käyttöönottotarkastusmittaukset. Mittaukset suoritettu Gossen Metrawatt, Secutest S III -mittalaitteella (kalibr. 06/2007)			
Korjaukseen käytetty aika _____ h _____ min		€ _____	
Varaosat ja tarvikkeet		€ _____	
Muut kustannukset		€ _____	
Yhteensä veroton _____ € + alv 22 %		€ _____	
Korjauksen jälkeiset tarkastukset (SFS-EN 60335-1, 2003-04-22 / Sähkölaittekorjaajan opas): Silmämääräisen tarkastuksen perusteella ovat kunnossa			
<input checked="" type="checkbox"/> Eristykset		<input checked="" type="checkbox"/> Kotelointi	
<input checked="" type="checkbox"/> Liitäntäkaapeli		<input checked="" type="checkbox"/> Suojajohdin	
Huomautuksia -			
Suojajohdinpiirin vastus <u>0</u> Ω		<input checked="" type="checkbox"/> sopiva <input type="checkbox"/> liian suuri <input type="checkbox"/> ei tarvitse mitata	
Eristysresistanssi <u>>310</u> MΩ		<input checked="" type="checkbox"/> sopiva <input type="checkbox"/> liian pieni <input type="checkbox"/> ei tarvitse mitata	
Vuotovirta <u>2,44</u> mA*		<input checked="" type="checkbox"/> sopiva <input type="checkbox"/> liian suuri <input type="checkbox"/> ei tarvitse tehdä	
Jännitekoe _____ kV		<input type="checkbox"/> kesti <input type="checkbox"/> ei kestänyt <input type="checkbox"/> puutteelliset	
Toimintakoe: <input checked="" type="checkbox"/> hyvä <input type="checkbox"/> puutteellinen		Merkinnät: <input type="checkbox"/> oikein <input checked="" type="checkbox"/> puutteelliset	
Huomautuksia * Vuotovirran raja-arvo muutettu mittalaitteessa 0,5mA → 3,0mA, alue 0,75mA - 5mA Standardin sallima			
Kokeet suoritettiin HANNU VALKAMA 2.4.2008, JARMO KALLIO AVUSTI			
Saatu ilmoitus, että laite ei ole turvallisessa kunnossa korjauksen jälkeen			
Päiväys 2.4.2008		Tilaajan allekirjoitus	

02.04.08

12:07

TAMK
Teknologiäteollisuus
Sähkö- ja tietotekniikka

Item: Tutkintotyö JK
Manufacturer: TAMK, Sähköpaja
Types: 02042008
Ident numbers: Kuljetin

Repair: Tarkastusmittaus

Test item: on test socket CL I

	Meas. values	Limits
RPE	0.0002	<0.1002
RINS	>310.0M2	>1.000M2
UINS	0521U	0500U
IELC	02.44mA	<3.000mA
AI	1.467mA	<3.000mA
ULN	146.1U	253.0U

EN 60335 passed
Functional test passed
Visual inspection Passed

Functional test

P _{max}	4.6	W
LF	0.38	
I _{max}	0.51	A
W	0.001	kWh
t	00:02:24	

Tarkastusmittaus

