



TEKNIikka JA LIIKENNE

Sähkötekniikka

Elektroniikka ja automaatio

INSINÖÖRITYÖ

**HMY-25-PAKKAUSKONEEN SÄHKÖISTYS ELAU PACDRIVE
-OHJAUSJÄRJESTELMÄLLÄ**

**Työn tekijä: Jesse Reponen
Työn valvoja: lehtori Heikki Saarelainen
Työn ohjaaja: insinööri Kimmo Koivuniemi**

Työ hyväksytty: 03. 05. 2010

**Heikki Saarelainen
lehtori**



ALKULAUSE

Tämä insinööri työ on tehty Formeca Oy:lle. Työn ohjaajina toimivat Formeca Oy:n suunnitteluinsinööri Kimmo Koivuniemi ja Metropolia Ammattikorkeakoulun lehtori Heikki Saarelainen. Haluan kiittää heitä avusta ja ohjauksesta työni eri vaiheissa.

Helsingissä 3.5.2010

Jesse Reponen

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Jesse Reponen	
Työn nimi: HMY-25-pakkauskoneen sähköistys ELAU PacDrive -ohjausjärjestelmällä	
Päivämäärä: 3.5.2010	Sivumäärä: 33 s. + 10 liitettä
Koulutusohjelma: Sähkötekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Elektroniikka ja automaatio
Työn ohjaaja: lehtori, Heikki Saarelainen, Metropolia Ammattikorkeakoulu	
Työn ohjaaja: suunnitteluinsinööri, Kimmo Koivuniemi, Formeca OY	
<p>Tässä insinööryössä selvitettiin Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän soveltuvuutta ja kannattavuutta Formeca Oy:n valmistamaan HMY-25-pakkauskoneeseen. Työssä on käyty läpi eri kenttäväyläratkaisuja sekä perehdytty servomoottoreiden toimintaan ja niiden soveltamiseen HMY-25-pakkauskoneeseen. Työn suunnittelu tehtiin työharjoittelujakson aikana tehdyistä muistiinpanoista sekä omakohtaisista kokemuksista HMY-25-pakkauskoneesta ja Elau PacDrive -ohjausjärjestelmästä. Teoria ja tieto hankittiin manuaaleista, alan kirjallisuudesta, verkkodokumenteista sekä laitteistovalmistajilta.</p> <p>Aluksi on esitetty työn kannalta oleellista teoriaa niin kenttäväylien kuin servomoottoreiden osalta. Teoriaosuudessa on otettu huomioon lähinnä kenttäväylät yleisellä tasolla, mutta pääpaino on kohdistettu työssä käytössä olleisiin kenttäväyliin. Tämän jälkeen on esitetty servojärjestelmän toimintaa sen periaatteellisen rakenteen kannalta sekä kerrottu erilaisista anturitekniikoista.</p> <p>Seuraavaksi on perehdytty Formeca Oy:n valmistamaan HMY-25-pakkauskoneeseen ja sen alkuperäiseen ohjausjärjestelmään. Tämän jälkeen on kerrottu Elau PacDrive -ohjausjärjestelmästä ja sen aiheuttamista muutoksista sovitettaessa sitä HMY-25-pakkauskoneeseen.</p> <p>Tämän jälkeen on selostettu Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän tuomia hyötyjä ja haittoja. Kantaa on otettu sen aiheuttamiin kustannuksiin niin sähkökeskuksen kuin kentän komponenttien ja sähköasennusten osalta. Koneen ja komponenttien hinnat on jätetty työn tilaajan pyynnöstä pois kirjallisesta raportista.</p> <p>Lopuksi on esitetty parannusehdotuksia Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän soveltamisesta HMY-25-pakkauskoneeseen mahdollisimman suuren hyödyn saavuttamiseksi.</p> <p>Oleellinen osa työtä oli myös uusien Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutetun HMY-25-pakkauskoneen sähkökuvien piirto. Kuvat piirrettiin CADS-suunnitteluohjelmalla.</p>	
Avainsanat: Elau, väyläjärjestelmä, servojärjestelmä, servomoottori, pakkauskone	

ABSTRACT

Name: Jesse Reponen	
Title: Electrification of the HMY-25 packaging machine by ELAU PacDrive control system	
Date: 3.5.2010	Number of pages: 33 + 10 appendices
Department: Electrical Engineering	Study Programme: Electronics and Automation
Instructor: Heikki Saarelainen, Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences	
Supervisor: Kimmo Koivuniemi, Design Engineer, Formeca Oy	
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to examine Elau PacDrive control system's viability and suitability to HMY-25 packaging machine manufactured by Formeca Ltd. The aim of this work is to cover different fieldbus solutions, and learn about the operation of servo motors, and adjusting them to HMY-25 packaging machine. The planning for this thesis draws on the notes written during the internship. Experience gained from working with HMY-25 packaging machine and Elau PacDrive control system was also an important part of the planning. The theoretical part of this study is based on information obtained from manuals, online documents, technical literature and network equipment manufacturers.</p> <p>First, the essential theory regarding fieldbus technology and servo motors is introduced. The theoretical part describes fieldbuses in general, but the main focus is on fieldbuses that were used in this study. Next, the focus is on servo operation of the system and its various sensor technologies.</p> <p>The next chapter describes HMY-25 packaging machine and its original control system. Also, Elau PacDrive control system and its various parts in general are described as well as the changes required when adjusting it to HMY-25 packaging machine.</p> <p>This study also discusses the advantages and disadvantages of Elau PacDrive control system, with comments on the costs of the electrical center, field components, and electrical installation. The component prices are not included in the report due to confidentiality.</p> <p>The final chapter includes an evaluation of Elau PacDrive control system, and provides suggestions for improvement for achieving the maximum benefit.</p> <p>An essential part of the project was also designing and drawing pictures of the new electrical systems. The circuit drawings were drawn using the CADS program.</p>	
Keywords: Elau, bus system, servo system, servo motor, packaging machine	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄSITTEET JA LYHENTEET

1	JOHDANTO	1
2	KENTTÄVÄYLÄT	2
2.1	OSI-malli	2
2.2	Profibus-kenttäväylä	3
2.3	CAN-kenttäväylä	5
2.4	CANopen-kenttäväylä	6
2.5	Ethernet-kenttäväylät	8
2.6	SERCOS <i>interface</i> -kenttäväylä	8
3	SERVOJÄRJESTELMÄ JA SERVOMOOTTORI	10
3.1	Suljettu säätöpiiri	10
3.2	Anturit	11
3.3	Servomoottori	12
4	HMY-25-PAKKAUSKONE	12
4.1	Alkuperäisen HMY-25-pakkauskoneen sähkökeskuksen komponentit	14
4.2	Alkuperäisen HMY-25-pakkauskoneen kentän komponentit	15
5	ELAU PACDRIVE -OHJAUSJÄRJESTELMÄ	17
5.1	PacDrive-ohjausjärjestelmä	18
5.2	PacDrive-ohausjärjestelmä ja CANopen-kenttäväylä	18
5.3	PacDrive C400 A8 -servo-ohjain	19
5.4	PacDrive PS-5 -teholähde ja iSH-servomoottori	20
5.5	iSH-DIO8-lisämoduuli	22

6	HMY-25-PAKKAUSKONE JA ELAU PACDRIVE -OHJAUSJÄRJESTELMÄ	22
6.1	Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän moottorit	22
6.2	CPX-liitäntämoduuli	24
6.3	Ethernetiin liitettävä näyttö	25
6.4	D-link DES-1005D Ethernet -kytkin	26
6.5	Elau PacDrice -ohjausjärjestelmän Käyttöönotto	26
7	ELAU PACDRIVE -OHJAUSJÄRJESTELMÄN KUSTANNUKSET JA HYÖDYT	27
7.1	Sähkökeskuksen kustannukset	27
7.2	Kenttäkaapeloinnin kustannukset	28
7.3	Mekaaniset kustannukset	29
7.4	Kokonaiskustannukset	29
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET	29
	LÄHTEET	32

LIITTEET

LIITE 1	HMY-25-pakkaus koneen vanhat sähkökuvat
LIITE 2	HMY-25-pakkaus koneen uudet sähkökuvat
LIITE 3	I/O-lista
LIITE 4	PacDrive C400 A8 -tekniset tiedot
LIITE 5	PacDrive C200 -tekniset tiedot
LIITE 6	CPX-liitäntämoduuli
LIITE 7	PacDrive PS-5 -tekniset tiedot
LIITE 8	iSH-DIO8-lisämoduuli
LIITE 9	iSH-servomoottorit
LIITE 10	Kustannuslaskelmat (vain työn tilaajan käyttöön)

KÄSITTEET JA LYHENTEET

CAN	<i>Controller Area Network</i> ; kenttäväylä
EtherCAT	<i>Ethernet for Control Automation Technology</i> ; Ethernet-pohjainen kenttäväylä
ISO	<i>International Standards Organization</i> ; kansainvälinen standardisoiimisjärjestö
IS-standardi	<i>Intrinsically Safe standard</i> ; räjähdysvaarallisiin tiloihin soveltuva kenttäväylästandardi
I/O	logiikan <i>input</i> ja <i>output</i>
NMT	<i>Network Management</i> ; CANopen-kenttäväylän verkonhallinta-protokolla
OSI	<i>Open System Interconnection</i> ; tietoliikennejärjestelmän seitsemän kerroksinen verkkorakenne
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> ; ohjelmoitava logiikka
Profibus FMS	<i>Fieldbus Message Specification</i> ; Profibus-järjestelmien välinen väylä
Profibus-PA	<i>Process Automation</i> ; prosessiautomaatiossa käytettävä kenttäväylä
SDO	<i>Service Data Object</i> ; CANopen-kenttäväylän konfigurointityökalu
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i> ; usean tietoverkkoprotokollan yhdistelmä

1 JOHDANTO

Väyläjärjestelmät ovat yleistyneet teollisuuden ohjausjärjestelmissä niiden mahdollistamien hyötyjen ja taloudellisten säästöjen takia. Väylien käyttäminen vähentää kytkettävien kaapeleiden määrää oleellisesti, koska jokaiselle laitteelle ei tarvitse viedä erikseen plussaa, miinusta ja signaalia kuten tavallisissa I/O-kytkennöissä. Kenttäväylän tarkoituksena on korvata analoginen tiedonsiirto digitaalisella sarjamuotoisella tiedonsiirrolla. Kenttäväylää käytettäessä samaan kaapeliin voidaan liittää useita laitteita, joille kullekin annetaan oma osoite. Nykyisin myös teollisuus-Ethernet-pohjaiset ratkaisut ovat yleistyneet nopeasti.

Tässä insinööriyössä perehdytään saksalaisen Elaun valmistamaan PaDrive-ohjausjärjestelmään ja sen soveltuvuuteen Formeca Oy:n valmistamaan HMY-25-pakkauskoneeseen. PacDrive-ohjausjärjestelmä on integroiduilla käytöillä varustettu laitteistokokonaisuus, jolla pystytään toteuttamaan koko koneen ohjaus. Se koostuu pääasiassa servomoottoreista, servo-ohjaimesta ja niitä yhdistävistä jakobokseista. PacDrive-ohjausjärjestelmän tarkoitus on yhdistää kaikki pakkauskoneessa olevat laitteistot toisiinsa eri väyliä avulla. Tässä työssä käytetään CANopen-väylää ja Sercos-rajapintaa.

Työssä on suunniteltu HMY-25-pakkauskoneeseen sellainen ohjaus, että yhtä potentiometriä säätämällä saadaan koko koneen nopeutta säädettyä. Tämä ei ollut vanhalla ohjausjärjestelmällä mahdollista, joten tehtävänä oli selvittää, onnistuuko se Elaun PacDrive -ohjausjärjestelmällä.

Työssä selvitetään vanhan ohjausjärjestelmän ja uuden Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän erot. Erojen perusteella pystytään tekemään HMY-25-pakkauskoneeseen Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän aiheuttamat muutokset. Näiden perusteella esitetään kummallakin eri ohjausjärjestelmällä toteutetun pakkauskoneen kustannuslaskelmat. Kustannuslaskelmien perusteella pystytään selvittämään koneiden kustannuserot. Koneen ja komponenttien hinnat on jätetty pois työn tilaajan pyynnöstä kirjallisesta raportista. Kustannuslaskelmissa eri ohjausjärjestelmien hinnat on merkitty prosentteina.

Työhön kuului oleellisena osana myös Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutetun koneen sähkökuvien suunnittelu ja piirtäminen. Nämä helpottivat koneiden vertailemista keskenään sekä kokonaisuuden ymmärtämistä.

2 KENTTÄVÄYLÄT

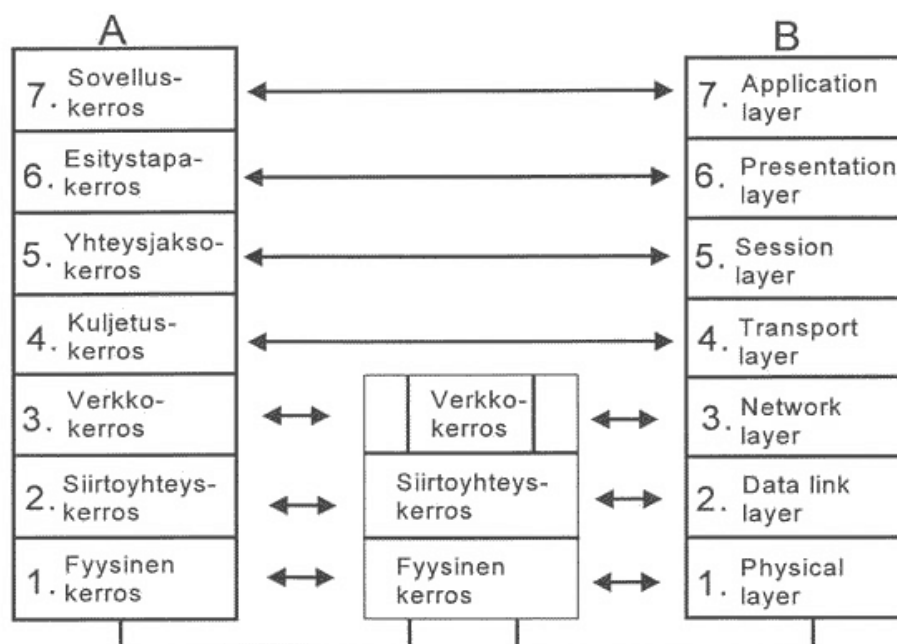
Ennen kenttäväylien yleistymistä kaapeloitiin jokainen anturi ja toimilaitte omilla johtimilla ohjausyksikköön asti. Laajoissa teollisuusympäristöissä tämä merkitsi mittavia kaapelointeja jännite- ja virtaviestin välittämiseksi toimilaitteille. Yleensä varsinainen ohjain sijaitsi sähkökeskuksessa, joka saattoi sijaita aivan eri puolella ohjattavaa prosessia. Pitkät kaapeloinnit nostivat ohjausjärjestelmän kokonaiskustannuksia ja hankaloittivat vikojen paikallistamista, myös mahdollisten häiriöiden todennäköisyys kasvoi.

Kenttäväyläjärjestelmä tarkoittaa, että samaan kaapeliin voidaan liittää useita laitteita. Kullekin laitteelle annetaan oma osoite, ja kaikki kenttäväylään liitetyt laitteet voivat osallistua tiedon vastaanottamiseen ja lähettämiseen. Perinteisellä järjestelmällä tieto kulki vain kahden toisiinsa kytketyn laitteen välillä. Miten kommunikointi kenttäväylässä tapahtuu, määrittelee jokaisella väylällä oleva oma protokolla. Kenttäväylän tärkeimmät edut verrattuna perinteiseen kaapelointiin ovat kaapeleiden väheneminen ja kytkentöjen yksinkertaistuminen. [1, s. 9.]

Kenttäväyläkäsike on melko uusi tietoliikenneprotokolla. Se antaa mahdollisuuden kytkeä toisiinsa ohjelmoitavat logiikat, digitaaliset automaatiojärjestelmät sekä kenttälaitteet. Kenttäväylä pyrkii yhdistämään erilaiset kenttälaitteet automaatiojärjestelmäkokonaisuuteen mahdollisimman järkevällä tavalla. [2, s. 3.]

2.1 OSI-malli

OSI-malli syntyi, kun kansainvälinen standardointijärjestö aloitti 1970-luvun lopulla kehittämään avointen tietojärjestelmien liitäntämallia. Liitäntämallin tarkoitus on mahdollistaa tiedonsiirto eri laitteiden välillä. OSI-malli määrittelee tietoliikennejärjestelmän kerrosteisen verkkorakenteen, jonka tarkoituksena on jakaa viestintä seitsemään kerrokseen. Kerroksista jokainen on täysin riippumaton viereisestä, mutta tukeutuu alapuolellaan olevan kerroksen tarjoamiin palveluihin. Seitsemän kerroksisessa OSI-mallissa jokaisella kerroksella on oma rajapintansa. Rajapinnan kautta kerros pystyy olemaan yhteydessä toisiin kerroksiin. Se antaa määriteltyjä pyyntöjä tai ilmoituksia, joihin se saa vasteita ja vahvistuksia. [3, s. 1.]



Kuva 1. Seitsemän kerroksen ISO/OSI-tasomalli [3, s. 1]

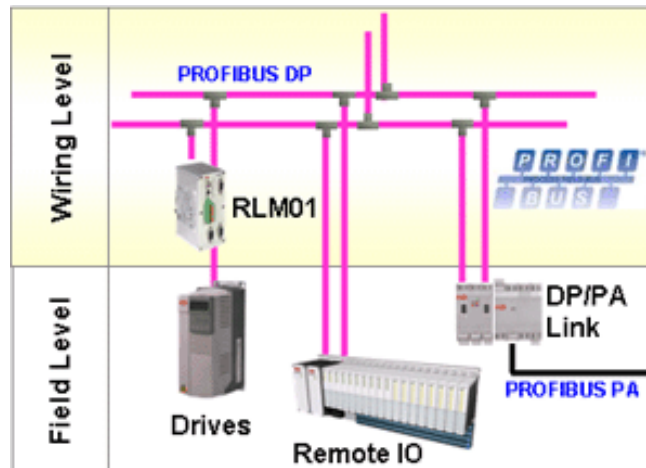
Kenttäväylästandardiin kuuluvat ISO/OSI-mallissa olevat seuraavat kerrokset: 1. Fyysinen kerros, 2. Siirtoyhteyskerros, 7. Sovelluskerros. Muita kerroksia ei kenttäväylästandardissa ole toteutettu. Niiden toiminnot ovat luonteeltaan ei-kriittisiä, päälle- tai pois -kytkettyjä palveluita kuten puhelinliikenteessä. (Kuva 1.) [2, s. 3 - 4.]

2.2 Profibus-kenttäväylä

Profibus-väylä on jo pitkään käytössä ollut avoin kenttäväylästandardi. Profibus-väylään voidaan liittää muitakin väyliä aliväyliksi kuten ASI-väylä. Tämä tarkoittaa sitä, että toimilaitte- ja anturitasolla I/O-signaalit siirretään ASI-väylän välityksellä. Profibus-väylä on yleisin Euroopassa käytettävä teollisuusväylä, jonka kehittäjä on Siemens.

Profibus-väylän tiedonsiirrossa kaapelissa kulkevat vain tiedot *masterilta slaveille*. Esimerkiksi ASI-väylässä siirretään tiedon lisäksi tehoa, mutta Profibus-väylässä liikkuu ainoastaan data. Profibus-väylässä käytetään yleensä kaksijohtimisia maadoitettua parikierrettyä kaapelia. Toinen vaihtoehto on käyttää kuituoptiikkaa, mutta sitä käytetään vain vaikeiden sähkömagneettisten häiriöiden esiintyessä järjestelmässä tai tarvittaessa suuria tiedonsiirtonopeuksia. Profibus-kaapeli kytketään *masterista* ensimmäiseen *slaveen* ja siitä aina eteenpäin niin monta kertaa, kuin *slaveja* on järjestelmässä.

Jokaiseen väylälokkoon voidaan liittää 32 väyläasemaa (*master*- ja/tai *slave*-yksiköitä). Kaapelin liittimissä on myös päätevastus, joka kytkee kaapelin toimimaan liitettyjen Profibus-laitteiden välillä. Päätevastus kytketään päälle kaapelin lähtöpaikasta (*master*) ja kaapelin viimeiseen liittimeen liitetystä *slavesta*. [4, s. 17.]



Kuva 2. Profibus-DP-väylä [5]

Profibus-kenttäväylää käytetään pääasiassa kytkemään PLC-verkot etäisiin toimilaitteisiin. Se soveltuu kuitenkin myös prosessisäätöön ja datan keruuseen. Profibus-PA:ta käytetään lähinnä prosessiautomaatiossa. Se soveltuu myös räjähdysvaarallisiin tiloihin IS-standardin mukaisesti. Siitä on kuitenkin saatavilla myös versio ilman IS:ää. Profibus-PA:n yleinen tiedonsiirtonopeus on 31.25 kbit/s, mutta sen protokolla voi myös käyttää nopeata 12 Mbit/s RS-485 standardia. PA on integroitu Profibus-FMS- ja DP-protokolliin, eli se tarvitsee aina toimiakseen Profibus-DP-väylän. Profibus-FMS ja -DP vastaavat Fieldbus-kenttäväylän H2:ta, jonka takia niitä ryhdytty kutsumaan tällä nimellä. (Kuva 2.) [2, s. 7.]

Profibus-DP on Profibus-kenttäväylän aivot, joka ohjaa väylän liikennettä. Sitä käytetään aikakriittisessä kommunikoinnissa ohjausjärjestelmän ja hajautettujen tulojen ja lähtöjen välillä. Profibus-FMS on järjestelmien välinen väylä ja sitä käytetään esimerkiksi eri ohjaus- ja valvontajärjestelmien välisessä kommunikoinnissa, jossa tiedon määrä on suuri. [6, s. 1.]

2.3 CAN-kenttäväylä

CAN-väylä on automaatiiväylä, jota käytetään ajoneuvoissa, koneissa ja teollisuuslaitteissa. Alun perin se suunniteltiin autojen hajautettujen ohjausjärjestelmien reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon. CAN-väylä sietää hyvin vikoja ja häiriöitä, minkä vuoksi sitä käytetään myös terveydenhuollon ja lääketieteellisuuden laitteissa. Periaatteessa CAN-väylää voidaan soveltaa missä tahansa koneessa, jossa tarvitaan reaaliaikainen kommunikointi.

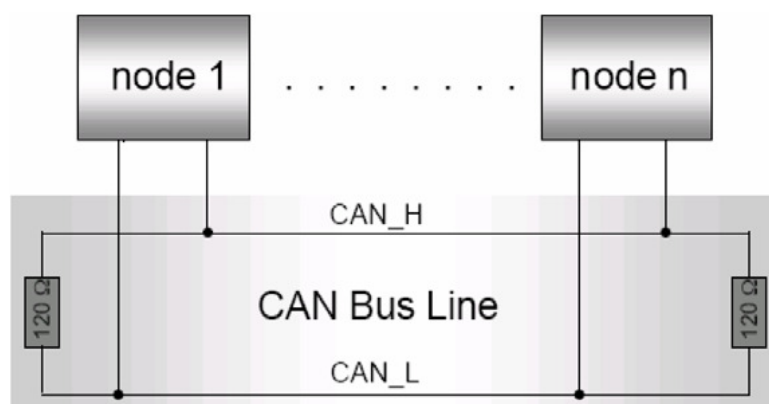
CAN-väylä on luonteeltaan usean isännän väylä, jossa kaikki liikenne välitetään kaikille asemille. Yhdessä sanomassa voidaan lähettää korkeintaan 8 tavua (64 bittiä) tietoa. Jokaiselle viestille on oma sanomatunniste ja vastaanottava asema päättää tunnisteiden perusteella, ottaako se viestin vastaan. CAN-väylä ei käytä kommunikoinnissa lähettäjän tai vastaanottajan osoitetta, joten solmuja voi väylällä olla periaatteessa rajaton määrä. Enimmäisnopeus on 1 Mbit/s, jolloin väylän maksimipituus on noin 30 m. [7, s. 1 - 2.]

Taulukko 1. CAN-väylän fyysiset pituudet eri väylänopeuksilla [8, s. 4]

Datanopeus	Enimmäispituus
1 Mbit/s	30 m
800 kbit/s	50 m
500 kbit/s	100 m
250 kbit/s	250 m
125 kbit/s	500 m
62.5 kbit/s	1 km
20 kbit/s	2 km
10 kbit/s	5 km

CAN-väylän topologia on *bus*-tyyppiä, eli väyläkaapeli kulkee jokaisen aseman kautta, ja se päätetään päätevastuksilla. Solmujen lähetin-vastaanotinkytkentä määrää CAN-väylää liitettävien asemien määrän. Solmujen lukumäärä voi parhaimmillaan olla yli 100 solmua. Tämä on mahdollista silloin, jos lähetin-vastaanotin toteutetaan valmiilla piirillä. Solmujen määrää voidaan kasvattaa käyttämällä toistimia, mutta ne lisäävät siirtotien viivettä ja lyhentävät väylän enimmäispituutta. Enimmäispituutta ei voi kasvattaa parantamalla lähetin-vastaanotinkytkentää vaan enimmäispituus määräytyy siirtotien viiveen mukaan. [7, s. 2.]

CAN-väylän johdotus on kaksinapainen kierretty parikaapeli, mutta myös muut ratkaisut, kuten optinen kuitu ovat mahdollisia. Parikaapelinjohtimista käytetään nimityksiä *high* ja *low*. (Kuva 3.) [7, s. 3.]



Kuva 3. CAN-väylän johdotus [8, s. 4]

2.4 CANopen-kenttäväylä

CANopen-laitteiden toiminta perustuu objektkirjastoon, joka toimii periaatteessa tietovarastona sekä parametreille että signaaleille. Objektkirjaston avulla voidaan mm. tunnistaa solmu ja hallita kaikkea CANopen-solmun toimintaa väylältä käsin. CANopen-väylässä paljon liikkumavaraa on kuitenkin jätetty mm. valmistajakohtaisille ominaisuuksille.

Objektkirjasto on jaettu 65536:een indeksiin ja kukin indeksi voi sisältää korkeintaan 256 alaindeksiä. CANopen-väylässä on olemassa oma standardi, jonka avulla määritellään laitetypyeille pakolliset objektkirjaston arvot. Tällä varmistetaan eri valmistajien laitteiden yhteensopivuus siten, että kuhunkin laiteprofiliin kuuluvat laitteet ovat ainakin periaatteessa toiminnollisesti samanlaisia. Yksinkertaisimmillaan tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi X-valmistajan laite voidaan korvata Y-valmistajan laitteella, kunhan uuden laitteen laitenumero ja väylänopeus on asetettu oikein.

CAN-ID on CAN-viestikehyksen ID-kentän arvo. CANopenissa käytetään oletuksena standardipituista 11-bittistä ID-kenttää. Tämä kenttä on jaettu edelleen 4 bitin funktiokoodiin ja 7 bitin solmunumeroon. CANopen-laitteita voidaan kytkeä maksimissaan 127 samaan väylään, koska laitenumeron 0 käyttö on kielletty.

NMT-viesteillä hallitaan CANopen-laitteiden toimintaa. Protokollan avulla NMT-*master* voi käynnistää CANopen-verkkoon kytketyt solmut. Hallitussa

verkon käynnistysmenettelyssä verkon rakenne tarkistetaan ennen solmujen käynnistystä.

Kun laitteeseen kytketään virrat päälle, laite siirtyy alustuksien kautta *pre-operational*-tilaan. *Pre-operational*-tila on turvallinen tila, mihin solmu käynnistymisen jälkeen jää odottamaan NMT-*masterin* suorittamaa väylän hallitua käynnistystä, ja siihen mahdollisesti liittyviä tarkistuksia ja parametrien muutoksia. Laite voidaan siirtää millä tahansa hetkellä *pre-operational*-tilaan NMT-komennolla.

Heti *pre-operational*-tilaan siirtymisen jälkeen laite hakee alkuarvot objekti kirjastosta. Nämä arvot voidaan ohjelmoida laitteeseen SDO-viestien avulla. Laitteen käytön kannalta tärkein parametri on CAN-väylän datanopeus. Mikäli datanopeus ei ole kaikilla laitteilla sama ei synkronoituminen väylään onnistu. Laitteen väylänopeus saadaan selvitettyä kokeilemalla erillisellä järjestelmällä eri nopeuksia tai mittaamalla väylää oskilloskoopilla. Yksinkertaisin tapa kuitenkin on etsiä lyhyitä nollapulseja ja selvittää väylänopeus nollapulssin pituudesta.

SDO-viesteillä muutetaan CANopen-laitteen parametreja ja asetuksia. SDO-viestejä voidaan muokata *operational*-tilassa ja vastaanottava laite lähettää aina kuittauksen SDO-viestiin. Tällä varmistetaan, että viesti on vastaanotettu ja parametrin muuttaminen on onnistunut. Huonona puolena kuittauksessa on datakaistan tuhlaaminen. SDO-viestiä tehokkaamman tavan toimilaitteiden tai anturien keskeisten muuttujien käsittelyyn tarjoaa PDO-viesti.

PDO-viestin avulla päivitetään tiloja solmujen objekti kirjastojen välillä. PDO:ta käytettäessä väylällä ei liiku kuin yksi CAN-viesti. Viestin perille menoa ei normaalin CAN-väylän tarkistusten lisäksi varmisteta, joten se ei tuhlaa datakaistaa. PDO-viesti voi sisältää enintään 8 tavua prosessidataa ja viesti lähetetään joko synkronisesti tai asynkronisesti. Liipaisuna PDO-viestin lähettämiseksi voi toimia väylältä havaittu SYNC-viesti, CANopen-laitteen sisäinen kello tai esimerkiksi muutos mitattavassa arvossa. Jokaisessa verkossa voi olla vain yksi synkronointitiedon tuottaja. Riippumatta, toimiiko CANopen-laite anturina vai toimilaitteena, se pystyy sekä vastaanottamaan että lähettämään PDO-viestejä. [8, s. 7 - 12.]

2.5 Ethernet-kenttäväylät

Helpon liitettävyyden ja alhaisten laitekustannuksien takia Ethernet-pohjaiset kenttäväylät ovat yleistyneet teollisuudessa. Yleisin teollisuus-Ethernet on tällä hetkellä Ethernet/IP, jota käytetään lähinnä konfigurointiin, yhteydenpitoon ja ohjaussovelluksiin. Sen toiminta perustuu yleiseen TCP/IP-protokollaan.

Toiseksi yleisin Ethernet-kenttäväylä on Modbus-TCP. Nimi Modbus-TCP tulee sen käyttämästä TCP-kehyksestä, joka sisältää vielä Modbus-kehiksen. Modbus mahdollistaa monien samaan verkkoon kytkettyjen laitteiden välisen kommunikoinnin.

Kolmanneksi yleisin on Profinet, joka yhdistää kenttätason laitteet suoraan tuotannonohjaustasolle. Profinet perustuu teollisuus-Ethernetiin ja se käyttää TCP/IP:tä parametointiin, konfigurointiin ja diagnostiikkaan. Tämän lisäksi se omaa toisen kanavan ohjausdatan siirtoon sekä kolmannen nopean reaaliaikakanavan säätösovelluksiin.

Ensimmäinen reaaliaikainen teollisuus-Ethernet oli Ethernet Powerlink ja se ilmestyi vuonna 2001. Se on CANOpenin pohjalta kehitetty Ethernet-kenttäväylä, joka käyttää standardikomponentteja. EtherCAT on nopea synkroninen kenttäväylä, joka eroaa täysin standardi-Ethernetistä. EtherCat-laitteet ovat yksinkertaisia laitteita, jotka osaavat lähettää ja vastaanottaa tietopaketteja, mutta eivät omaa kuitenkaan Ethernet-ohjainta. Bosch Rexrothilla on käytössä oma reaaliaikainen teollisuus-Ethernet SERCOS III. [9, s. 12.]

2.6 SERCOS *interface* -kenttäväylä

SERCOS *interface* on kehitetty erityisesti moottorien ohjaukseen. Moottorien ohjauksella tarkoitetaan sitä, että moottorilla ajetaan tiettyyn paikkaan tietyllä nopeudella. Tämä asettaa tiedonsiirron nopeudelle ja tarkkuudelle erittäin suuret vaatimukset. SERCOS *interfacea* kehittää saksalainen Interest Group SERCOS *interface e. V.*, ja sille on julkaistu oma standardi IEC/EN 61491.

SERCOS *interface* mahdollistaa useiden akseleiden hyvin tarkan synkronoinnin. Tiedonsiirron fyysisenä kerroksena toimii valokuitu, mikä onkin erittäin järkevä ratkaisu ympäristöissä, joissa esiintyy paljon häiriöitä.

SERCOS *interfacea* markkinoidaan usein hyvällä laitteiden yhteensopivuudella, suurella siirtonopeudella ja orjalaitteiden määrällä. [10, s. 2 - 4.]

SERCOS-verkon perustopologia on rengas, jonka etuna on, että se minimoi tarvittavien valokaapelien määrän. Lisäksi se poistaa kytkennästä kokonaan monimutkaiset T-haarat, koska rengastopologiassa verkosta on muodostettu fyysinen rengas, jonka jokaisessa solmussa on verkkolaite. Tämä tarkoittaa sitä, että kaapeli kulkee kaikkien *slave*-laitteiden kautta ja palaa takaisin *master*-laitteelle. SERCOSissa laitteet eivät viesti keskenään vaan *master*-laitteen kanssa.

SERCOS voi muodostaa myös todella suuren järjestelmän, jolloin järjestelmän ohjaus koostuu yleensä useasta *master*-laitteesta. Usean isännän systeemissä jokainen *master* ohjaa yhtä rengasta. Mikäli jokaisessa renkaassa on vain yksi *slave*-laite, kyseinen verkkotopologia on tällöin tähti. Siirtonopeus ja sykli aika määräävät, kuinka monta *slave*-laitetta yhdessä renkaassa voidaan käyttää. Teoriassa suurin sallittu määrä yhdessä renkaassa on 254 laitetta. Nopeudella 16 MBit/s ja käytettäessä SERCOSissa sykli aikaa 500 μ s voi yhdessä renkaassa olla enintään 20 laitetta. [10, s. 6.]

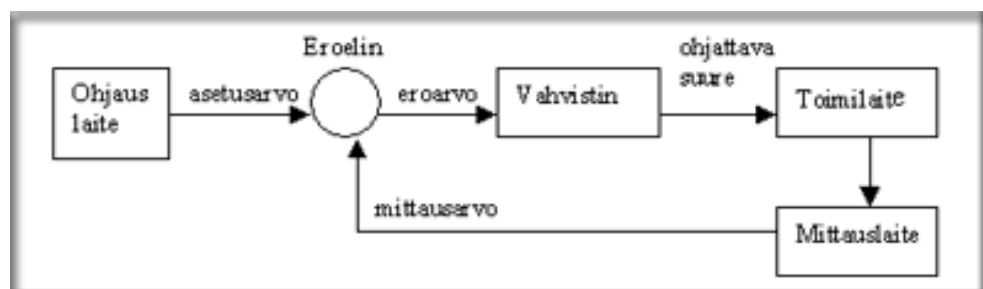
SERCOSissa viestintä toistuu aina tietyn ajan välein, eli se toimii syklisesti. Sykli aika voi olla 62 μ s, 125 μ s, 250 μ s tai mikä tahansa 250 μ s:n moninkertaina aina 65 ms:iin asti, ja se määrittää järjestelmää alustettaessa. Sykli aika mahdollistaa järjestelmän mahdollisimman tarkan synkronoinnin. [10, s. 9.]

SERCOS *interfacen* virheenkäsittely perustuu siihen miten moottorit vastaavat *master*-laitteen komentoihin. Jos ne eivät pysty vastaamaan komentoon oikein pysäyttää käyttöihin toteutettu monitorointi moottorin käyttöjen tulee pysähtyä myös, jos *master*-laitteen lähettämä data- tai synkronointisanomat jäävät kaksi kertaa peräkkäin saapumatta perille tai saapuvat perille virheellisinä. Virheenkäsittely ei havaitse järjestelmässä virheitä jos CRC-tarkistussumma täsmää, sanoma saapuu oikeaan aikaan ja sanoman pituus on oikea. [10, s. 16.]

3 SERVOJÄRJESTELMÄ JA SERVOMOOTTORI

Servolla tarkoitetaan ohjausjärjestelmää, jonka toiminta perustuu takaisinkytkentään. Takaisinkytkennän avulla saadaan mitattua lähtöarvoa verrattua järjestelmän ohjauksen ohjearvoon. Mitattava suure voi olla esimerkiksi asema, nopeus tai voima. Tällöin järjestelmää nimitetään säätösuureen mukaan asema-, nopeus-, tai voimaservoksi. Servotekniikan avulla saadaan toimilaitteille (moottorit ja sylinterit) aikaan nopeita ja tarkkoja liikkeitä. Nykyään käytetään paljon digitaalista servotekniikkaa, jonka järjestelmät koostuvat yleensä valmiista yksiköistä, kuten mikrotietokoneista, ohjelmoitavista logiikoista sekä askelmoottoreista. Digitaaliset järjestelmät ovat helpompia rakentaa kuin analogiset järjestelmät. [11, s. 7 - 8.]

Servojärjestelmässä ohjauslaitteena toimii yleensä tietokone tai ohjelmoitava logiikka, josta asetuservo syötetään eroelimeen. Tästä asetuservo johdetaan vahvistimeen, joka muuntaa arvon toimilaitteelle sopivaksi. Toimilaitte suorittaa ohjauksen antaman tehtävän. Takaisinkytkennästä saatu signaali muokataan sopivaksi ja johdetaan eroelimeen. Eroelimen tehtävä on verrata mitausarvoa asetuservoon. Toisin sanoen se vähentää ohjauslaitteen antamasta ohjausarvosta takaisinkytkennästä saadun signaalin. Eroarvoksi tulee nolla, kun asetuservo ja takaisinkytkennän signaali ovat yhtä suuret. (Kuva 4.) [11, s. 8.]



Kuva 4. Servojärjestelmän toimintaperiaate [11, s. 8]

3.1 Suljettu säätöpiiri

Suljettu säätöpiiri toimii nimensä mukaisesti samalla tavalla kuin servojärjestelmä, eli siinä on käytössä jonkinlainen takaisinkytkentä. Tämän vuoksi takaisinkytkennällä ohjattua moottoria kutsutaan servomoottoriksi. Takaisinkytkennän avulla ohjausjärjestelmä tietää toimilaitteen sijainnin tarkasti. Takaisinkytkentä muodostuu mittauselimestä ja vertailuelimestä. Mittauselin antaa asema-arvon vertailuelimelle, joka vertaa sitä asetuservoon. Jos arvot

eroavat toisistaan, vertailuelin antaa käyttömootorille ajosignaalin. Suljetun säätöpiirin parhaana puolena on, että takaisinkytkennän ansioista moottorin ohjaaman luistin siirtymä matka on koko ajan tiedossa, toisin kuin avoimessa säätöpiirissä.

Suljetussa säätöpiirissä on käytössä absoluuttinen ja inkrementaalinen mitaustapa. Absoluuttisessa menetelmässä toimilaitteen sijaintia verrataan koko ajan nolapisteeseen ja inkrementaalisisessa menetelmässä mittaus tapahtuu pulsseilla. Pulssit yhteen laskemalla saadaan selville toimilaitteen aseman muutokset. [12, s. 7.]

3.2 Anturit

Servojärjestelmässä ohjauslaitteen tarvitsema jatkuva tieto hankitaan anturien avulla. Antureita on olemassa lineaarisia ja pyöriviä. Lineaarisesti liikkuvilla antureilla mitataan suoraviivaista liikettä ja pyörivillä antureilla mitataan kulmaliikettä. Pyörivällä anturilla voidaan mitata myös suoraviivaista liikettä, mutta silloin suoraviivainen liike pitää välittää pyöriväksi liikkeeksi. Anturit jaetaan digitaalisiin ja analogisiin antureihin. Digitaaliset anturit ovat yleensä koodi- tai pulssiantureita. Analogisena anturina käytetään yleensä potentiometriä. Nykyään digitaalisten ohjauslaitteiden yleistymisen myötä analogisia antureita ei juuri enää käytetä. [11, s. 123.]

Pulssianturit ovat yleensä optisesti toteutettuja ja ne koostuvat valonlähteestä, valonilmaisimesta, hilakiekosta ja tarvittavasta mittauselektronikasta. Pulssianturissa yksi pulssi vastaa tiettyä jako-osaa täydestä akselin kierroksesta. Pulssianturi edellyttää laskuria, joka laskee pulssien määrän, koska pulsseissa itsessään ei ole asematietoa. Laskurin avulla lasketaan pulsseja niin, että laskurin arvo vastaa joka hetkellä sitä jako-osien määrää, jonka akseli on kääntynyt. Läpinäkyviin ja tummennettuihin sektoreihin jaettu hilakiekko pyörii pienen valonlähteen ja valontunnistimen välissä. Hilakiekko katkoo valosignaalia pyöriessään, jolloin valonilmaisimelta saadaan lähtönä pulssijono. Anturin mittaustarkkuutta voidaan parantaa lisäämällä hilakiekolle sektoreita.

Yksinkertaisella pulssianturilla ei saada selville liikkeen suuntaa. Liikesuunta saadaan selvitettyä käyttämällä kahta peräkkäistä valokennoa tai kahta sektorikiekkoa ja kahta rinnakkaista valonilmaisinta. Kahta peräkkäistä valokennoa käytettäessä puhutaan kaksikanavaisesta pulssianturista. Tässä kaksi

valokennoa muodostavat 90 asteen vaihesiirrossa olevan suorakaideaalto-pulssin. Yksinkertaisella logiikkakytkennällä tunnistetaan pyörimissuunta. Anturit soveltuvat myös nopeuden mittaamiseen, koska anturin pulssitaajuus on verrannollinen liikkeen nopeuteen.

Koodianturin rakenne on samankaltainen kuin pulssianturin, mutta se ei edellytä laskurin käyttöä pulssien laskemiseen. Koodianturi koostuu läpinäkyvästä hilakiekosta, johon on koodin mukaisesti varjostettu ruutuja. Koodianturissa kulma-asentoa vastaa tietty koodi. Koodilevyn toisella puolella olevasta valolähteestä tulee valoa optiselle lukupäälle vain läpinäkyvistä ruuduista. Koodiantureita on sekä suoraviivaisia että pyöriviä. Koodianturi on pulssianturin tapaan lineaarinen anturi, joten sille ei tarvitse käynnistyksen yhteydessä opettaa nollakohtaa, mistä pulssien laskenta alkaa. Koodiantureita käytetään luotettavuutensa vuoksi yleensä NC-koneissa ja robotiikassa. Koodiantureiden käyttöä rajoittaa korkea hinta. [11, s. 126 - 127.]

3.3 Servomoottori

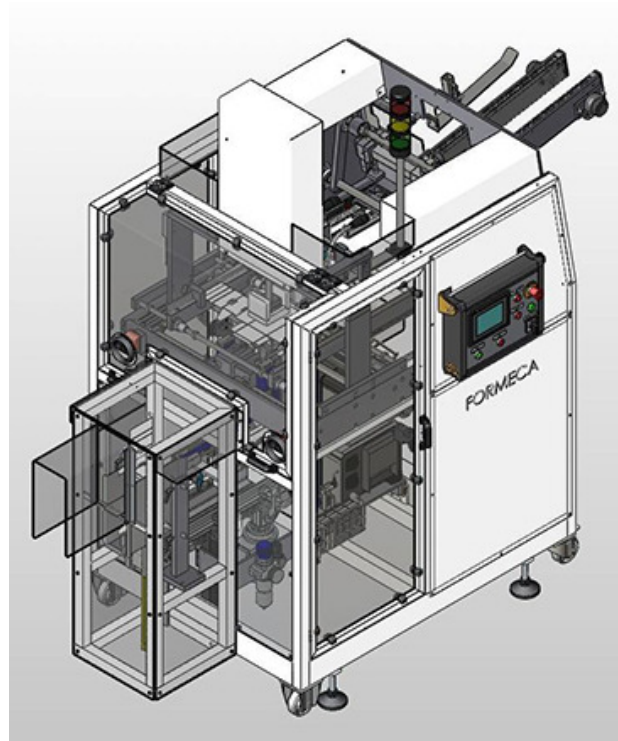
Servokäytöllä tarkoitetaan suuren toimintatarkkuuden omaavaa asento- ja nopeustakaisinkytkettyä sähkömoottori käyttöä. Servomootoreissa moottorin yhteyteen on yleensä sijoitettu pulssityyppinen anturi, joka mittaa akselin kulman ja laskee sen pyörimiskerrat. Pyörimistä ohjataan elektronisen servo-ohjaimen avulla. Servo-ohjain ohjaa servomoottoria vastaanottamalla servomoottorin asematiedon ja vertaamalla sitä haluttuun asematietoon. Servomootoreille on ominaista pieni hitausmomentti sekä suuri vääntömomentti. Tästä syystä sen induktanssi ja hitausmomentti ovat suhteellisen pieniä, jotta se pystyy reagoimaan nopeasti kuormituksen muutoksiin, kuten kiihdytyksiin ja jarrutuksiin. [13, s. 23.]

4 HMY-25-PAKKAUSKONE

HMY-25-pakkaus-kone muodostaa stanssatuista aaltopahviaihioista valmiita laatikoita. Laatikoiden muodostus tapahtuu kuumaliiman ja muodostustyökalun avulla. Aaltopahviaihio alistetaan makasiinista siirtolaitteelle. Siirron aikana aihion liimaläpille ruiskutetaan liimavanat, jonka jälkeen aihio siirtyy työkalun päälle. Laatikko muodostuu lestin painaessa aihion läpi työkalun. Laatikko siirtyy kuljettimen ja hissien avulla ulos koneesta. (Kuva 5.) [14.]

Seuraavassa esitetään HMY-25-pakkauskoneen ominaisuuksia:

- Laatikonkoko on helppo ja nopea vaihtaa säätötyökalun ja vaihto-osien avulla.
- Aihiomakasiini on sijoitettu koneen yläpuolelle, joten siihen on helppo lisätä aihioita koneen käydessä.
- Koneen toiminta perustuu logiikka ohjelmaan.
- Koneessa on erillinen käyttöpääte, joka sisältää myös näytön.
- Mitat (P x L x K) 2 500 x 1 150 x 2 280 mm.
- Kapasiteetti 25 laatikkoa/min.
- Laatikon pohjakoko: pienin 67 x 67 mm ja suurin 140 x 140 mm. [14.]



Kuva 5. HMY-25-pakkauskone [14]

Ensimmäinen vaihe laatikon muodostuksessa on asettaa käsin aihiot makasiiniin. Makasiinissa on rajat, jotka huomaavat, onko makasiinissa riittävästi aihioita. Aihioita ollessa liian vähän tulee tästä ilmoitus käyttöpääteelle ja koneen toiminta pysähtyy niin pitkäksi aikaa, kun makasiini täytetään. Tämän jälkeen hälytys pitää vielä kuitata pääteeltä. Seuraavaksi paineilmasylinterillä toimiva aihion alistus (kuva 19) siirtää aihion siirtolaitteen päälle (kuva 10). Siirtolaite, jota ohjaa servomoottori, siirtää aihion liimauspistoolien alapuolelle (kuva 12).

Liimauspistoolien tehtävänä on ruiskuttaa liimaa aihion liimaläpille. Tämän jälkeen siirtolaite siirtää aihion työkalun päälle, josta paineilmalla toimiva painin (kuva 18) painaa aihion läpi työkalun. Tässä laatikko saa muotonsa. Tämän jälkeen paineilmalla toimiva alasvedin vetää laatikon poistokuljettimelle (kuva 8). Poistokuljetinta pitkin laatikko siirtyy hissille, jonka ollessa ylhäällä työntää paineilmasylinteri laatikon ulos koneesta.

4.1 Alkuperäisen HMY-25-pakkauskoneen sähkökeskuksen komponentit

HMY-25-pakkauskoneen sähkökeskuksessa on koneen ohjaukseen tarkoitettuja komponentteja, kuten logiikka, kontaktorit, sulakkeet, releet, muuntaajat jne. Myös servovahvistin sijaitsee sähkökeskuksessa. Sähkökeskuksen lisäksi koneessa on erillinen käyttöpääte. Käyttöpääteessä on koneen toiminnan kannalta tarpeelliset painikkeet sekä kosketusnäyttö koneen toiminnan säätämiseen.

Alkuperäisessä HMY-25-pakkauskoneessa kaikki koneessa olevat komponentit (anturit, rajat, moottorit jne.) tuodaan jokainen erikseen sähkökeskukseseen. Tämä vie paljon tilaa riviliittimiltä sekä käyttää monia sähkökeskuksen läpivientejä. Tämä vie myös paljon logiikan I/O-liitäntöjä, koska kaikki rajat ja anturit menevät riviliittimiltä suoraan logiikkaan. Seuraavat kuva on otettu HMY-50-pakkauskoneesta, joka on muuten aivan samanlainen kuin HMY-25-pakkauskone, mutta siinä on kaksi konetta yhdistettynä vierekkäin. Tämän takia seuraavissa kuvissa näkyy hieman enemmän komponentteja. (Kuva 6; Liite 1, s. 8 - 10.)



Kuva 6. HMY-50-pakkauskoneen sähkökeskus

HMY-25-pakkauskoneen ohjauksena käytetään Omronin ohjelmoitavaa logiikkaa. Logiikkaan syötetään PC:llä ohjelmoitu ohjelma, joka ohjaa koneen toimintaa. Ohjelman perusteella logiikka osaa kytkeä päälle ja pois laitteita oikeaan aikaan. Kuvassa 7 on esitetty HMY-50-pakkauskoneen logiikka, jossa on kolme yksikköä enemmän kuin HMY-25-pakkauskoneen logiikassa.



Kuva 7. HMY-50-pakkauskoneen logiikka

4.2 Alkuperäisen HMY-25-pakkauskoneen kentän komponentit

HMY-25-pakkauskoneessa on käytössä kaksi moottoria. Toinen on poistokuljettimen moottori, ja toinen on siirtolaitetta liikuttava servomoottori. Poistokuljettimen moottori on tavallinen oikosulkumoottori. Sen tehtävä on kuljettaa valmis laatikko ulos koneesta. HMY-25-pakkauskoneessa on käytetty poistokuljettimessa yksivaiheista moottoria, eikä siinä ei ole käytetty taajuusmuuttajaa. (Kuva 8; Liite 1, s. 4.)



Kuva 8. HMY-50-pakkauskoneen poistokuljetin

Siirtolaitetta liikuttaa servomoottori (kuva 9). Sen tehtävä on siirtää makasiinista tullut aihio työkalun päälle. Siirto tapahtuu servomoottorin pyörittäessä hammashihnaa, joka liikuttaa siirtolaitetta. Siirtolaitteessa olevien kolmen rajan tarkoitus on toimia kotirajoina, eli ne antavat tiedon siirtolaitteen nollapisteen paikasta. (Kuva 10; Liite 1, s. 3.)



kuva 9. Siirtolaitetta liikuttava servomoottori



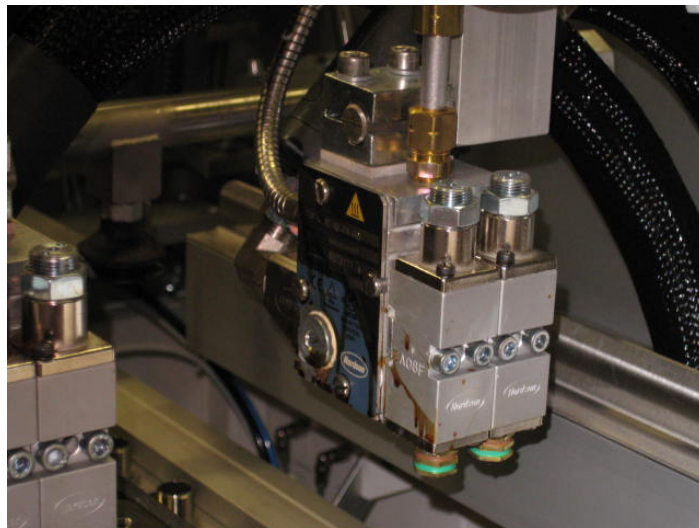
Kuva 10. Siirtolaite ja servon kotirajat

Muita moottoreita HMY-25-pakkauskoneessa ei ole käytetty. Kaikki muut koneen liikkuvat osat toimivat paineilmalla. Paineilmaa säädetään venttiili-ryhmällä, joka on kytketty riviliittimien kautta logiikkaan (kuva 11). Sen tehtävänä on kytkeä paineilma päälle ja pois koneen toiminnan mukaan. Myös

liimauspistoolit toimivat paineilmalla, mutta ne eivät toimi venttiiliryhmän kautta, vaan niissä on oma venttiilinsä (kuva 12; Liite 1, s. 5 - 7.)



Kuva 11. Venttiiliryhmä ja sen syöttö



Kuva 12. Liimauspistoolit

5 ELAU PACDRIVE -OHJAUSJÄRJESTELMÄ

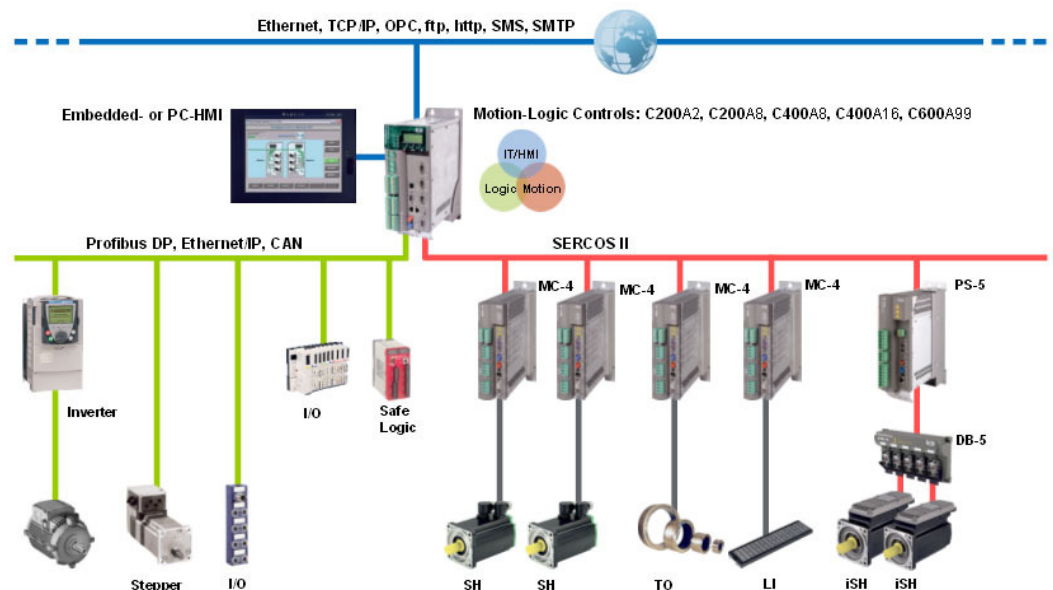
Elau on perustettu vuonna 1978 Saksassa. Sen perustivat suunnitteluinsinöörit Erwin Fertig ja Heinz Lang. Elau aloitti vuonna 1994 erikoistumisen teollisuuden automaatiokoneisiin ja on keskittynyt lähinnä pakkauskoneiden ohjauksiin. Sama vuonna Elau esitteli ensimmäisen version PacDrive-järjestelmästä, joka on automaatiojärjestelmä logiikkaohjauksella. Vuonna

1998 Elau esitteli uudemman version PacDrive-järjestelmästä ja se tuli saataville pakkauskoneisiin. Nykyään PacDrive-järjestelmä on käytössä yli 40 000 koneessa maailmanlaajuisesti, ja tuhansia uusia koneita valmistuu joka vuosi. Vuonna 2008 Schneider Electric osti Elaun. [15.]

5.1 PacDrive-ohjausjärjestelmä

PacDrive tarkoittaa Elaun kehittämää automatisointijärjestelmää, joka kattaa koko koneen ohjauksen. PacDrive mahdollistaa koneen ohjauksen yksinkertaisella ja luotettavalla tavalla. Sen toiminta perustuu eri väyläratkaisuihin sekä niiden yhdistämiseen toimivaksi kokonaisuudeksi. Käytännössä se yhdistää kaikki kentällä olevat komponentit (anturit, rajat, moottorit, servot, paineilmaventtiilit) samaan ohjausjärjestelmään, joka mahdollistaa helpon ja luotettavan ohjauksen.

PacDrive-ohjausjärjestelmä on mahdollista kytkeä seuraaviin väyliin: Profibus-DP, CAN, CANopen tai DeviceNet. Servot kytketään Sercos *interface* -kenttäväylään. Ethernet-pohjaiset väylät antavat mahdollisuuden ohjata konetta myös etäkäytöltä.



Kuva 13. PacDrive-ohjausjärjestelmän kokonaisuus [16]

5.2 PacDrive-ohausjärjestelmä ja CANopen-kenttäväylä

Tässä työssä käytetään CANopen-väylää, koska käytössä olleet Feston CPX -liitännämoduulit ja Telemecaniquen taajuusmuuttajat ovat suunniteltu juuri CANopen-väylää varten (liite 6). CPX-liitännämoduulin avulla saadaan

kentällä olevat rajat ja anturit kytkettyä PacDrive-ohjausjärjestelmän CANopen-väylään TSXCANCA-jakorasian avulla. (Liite 2, s. 4 - 5.)

Koneen ainoa oikosulkumoottori pyörittää poistokuljetinta, jota ohjataan taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttaja kytketään RJ45-liittimellä myös TSXCANCA-jakorasian kautta CANopen-väylään. Näin koko paketti saadaan (kuva 13: vihreä osuus) kytkettyä PacDrive C400 A8 -servo-ohjaimen. Tämä vähentää sähkökeskukseen tulevien kaapelien määrää huomattavasti, koska CPX-liitäntämoduuli voidaan laittaa sähkökeskuksen ulkopuolelle ja näin sieltä ei tarvitse tuoda kuin yksi kaapeli sähkökeskukseen.

5.3 PacDrive C400 A8 -servo-ohjain

PacDrive C400 A8 on koko PacDrive-ohjausjärjestelmän perusta. Siinä on servo-ohjain ja logiikka samassa kokonaisuudessa. Tämä tarkoittaa sitä, että erillistä logiikkaa ei enää tarvita, mikä säästää tilaa sähkökeskuksesta. Logiikan tuloja siinä on 20 kappaletta ja lähtöjä 16 kappaletta. Tässä työssä tarvittiin 11 tuloa ja 6 lähtöä. (liite 3.) C400 A8:iin voidaan kytkeä kaikkiaan 8 servoakselia ja niissä voidaan käyttää 1 ms, 2 ms ja 4 ms sykli-aikoja (kts. 2.6). (Kuva 14; Liite 4.)



Kuva 14. PacDrive C400 A8 -servo-ohjain

Saatavilla on myös PacDrive C200 -servo-ohjain, joka on kevyempi versio C400 A8:sta, mutta sitä ei tähän työhön valittu, koska siinä ei ole lainkaan

ulkoisia I/O-liitäntöjä (logiikkaa). Sen käyttö olisi kuitenkin ollut mahdollista, jos olisi hankkinut lisämoduulin, jonka kautta kaikki suoraan I/O:hon tulevat johdotukset olisi kytketty CANopen-väylään. (Liite 5.)

Elaunilla on olemassa myös raskaampia servo-ohjaimia, kuin C400 A8 tai C200. Näitä ovat C400 ja C600. Toimintaperiaate on aivan sama kuin kevyemmässäkin servo-ohjaimissa. Suurin ero on servoakselien lukumäärä, joka C400:ssa on 16 akselia ja C600:ssa 99 akselia. Tässä työssä riitti kuitenkin C400 A8 -servo-ohjain, koska HMY-25-pakkauskoneessa käytettiin vain kolme servoa.

5.4 PacDrive PS-5 -teholähde ja iSH-servomoottori

PacDrive PS-5 on teholähde, joka siirtää DC-tasajännitettä DB-5 jakoboksin kautta iSH-servomoottoreille. Yhdessä kaapelissa kulkee DC-tehojännite ja digitaalinen ohjausväylä. (Kuva 13: oikea reuna; Liite 7.)

PS-5 valittiin sen perusteella, että siihen voidaan kytkeä monta iSH-servomoottoria DB-5-jakoboksin avulla. Tämä kytkentätapa säästää kaapelikustannuksissa sekä asennusajassa, koska sähkökeskukseen ja moottorille tarvitsee kaapeloida vain yksi kaapeli. Myös koneen laajentaminen helpottuu, koska kaapelit liitetään DB-5-jakoboksiin nopeilla pikaliittimillä. (Kuva 15.)

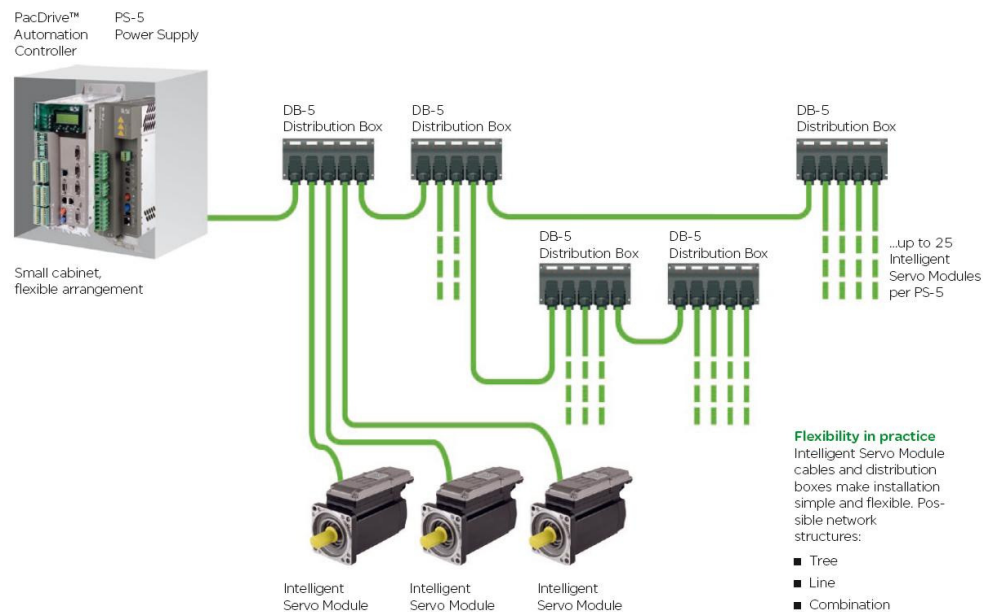
iSH-servomoottorit valittiin sen perusteella, että niissä on yhdistetty servomoottori, sekä Elaun MC-4 -servovahvistin. Tästä syystä sähkökeskukseen ei tarvitse laittaa yhtään erillistä servovahvistinta. Tämä säästää paljon kustannuksissa, koska muuten olisi hankittava erikseen kolme servovahvistinta ja kolme moottoria.

DB-5-jakoboksi yhdistää iSH-servomoottorit ja PS-5-teholähteen C400 A8:n Sercos-väylään. Tämä mahdollistaa servojen helpon ja luotettavan ohjauksen yhdestä pisteestä. (Kuva 16.)



Kuva 15. Elau PacDrive PS-5 -teholähde

Elaulalla on myös PacDrive PS-4 -teholähde, joka on hieman kevyempi versio PS-5:stä. Sitä ei kuitenkaan tähän työhön valittu, koska se on suunniteltu SCL-servomootorille ja PD-8-tehonjakoboksille. Tietenkin näidenkin moottoreiden ja jakoboksien käyttö olisi ollut mahdollista, mutta työssä haluttiin käyttää nimenomaan iSH-servomootoreita ja DB-5-jakobokseja.



Kuva 16. iSH-servomootoreiden kytkeminen väylään [17]

5.5 iSH-DIO8-lisämoduuli

iSH-DIO8 on lisämoduuli iSH-servomootoreille. iSH-DIO8-lisämoduuli asennetaan iSH-servomootoreiden yhteyteen. Siihen voidaan kytkeä kaksi M12-liitintä, joista molemmista lähtee 8-napainen kaapeli DIO-4-jakoboksiin. DIO-4-jakoboksissa on 4 tuloa tai 4 lähtöä. Tämä mahdollistaa I/O:n lisähajauttamisen, eli koneessa olevia antureita ja laskureita voidaan kytkeä samaan väylään servojen kanssa. Näin säästetään kaapelointikustannuksia, koska kaikkia kaapeleita ei tarvitse erikseen vetää CPX-liitäntämoduuliin. Tässä työssä ei iSH-DIO8-lisämoduuleja kuitenkaan käytetty, koska HMY-25-pakkaus kone on sen verran pieni, että tulisi kalliimmaksi ostaa iSH-DIO8-lisämoduuleita, kuin vetää kaapelit suoraan CPX-liitäntämoduuliin. (Liite 8.)

6 HMY-25-PAKKAUSKONE JA ELAU PACDRIVE -OHJAUSJÄRJESTELMÄ

Elaun PacDrive -ohjausjärjestelmä aiheutti sähköisten muutosten lisäksi myös mekaanisia muutoksia. Suurimmat mekaaniset muutokset aiheutuivat, kun osa paineilmasylintereistä muutettiin iSH-servomootoreiksi. Myös hajautetut I/O:t ja suurempi venttiiliryhmäpaketti (CPX-liitäntämoduuli) aiheuttivat muutoksia. Mekaanisiin muutoksiin ei tässä insinööriyössä kuitenkaan sen syvällisemmin puututa.

6.1 Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän moottorit

Elaun PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutetussa koneessa päätettiin ottaa käyttöön kolme iSH-servomootoria. Ennen servomootoreita oli vain siirtolaitteessa, mutta nyt myös aihion alistuksen ja painimen paineilmasylinterit korvattiin iSH-servomootoreilla. iSH-servomootoreissa voidaan paikkatiedot ohjelmoida suoraan moottoriin, joten sylintereissä olevat ylä- ja alarajat voidaan nyt jättää pois. Tämä vähentää koneen kaapelointia ja yksinkertaistaa asennustyötä. (Kuvat 18 ja 19; Liite 2, s. 3.)

iSH-servomootorit kaapeloidaan yhteen DB-5-jakobokseilla kuvan 16 esittämällä tavalla. Tässä työssä käytetään yhtä DB-5-jakoboksia, koska iSH-servomootoreita tuli vain kolme kappaletta.

Poistokuljettimen moottorin ohjaus muutettiin nyt toimimaan taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttajaksi valittiin Telemecaniqueen ALTIVAR taajuusmuuttaja, koska se oli mahdollista kytkeä RJ45 liittimellä CANopen-väylään. (Liite 2, s. 6.)



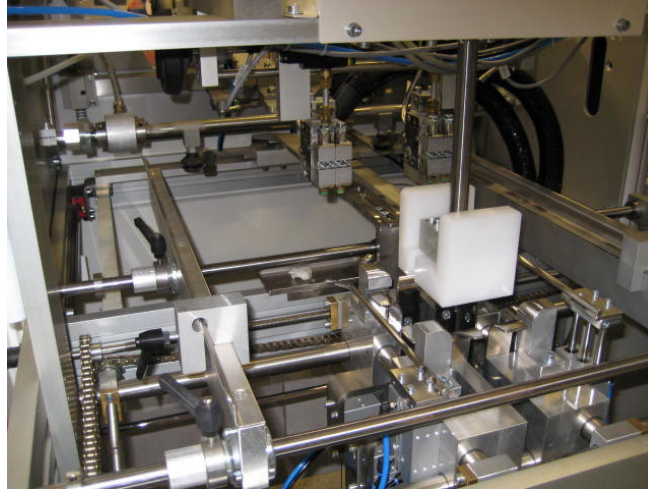
Kuva 17. iSH-servomoottori ja servovahvistin

Kuva 17 kuvaa iSH-servomoottoria. Kuvassa näkyy hyvin vihreä kaapeli jossa kulkee moottoria syöttävä DC-tasajännite ja digitaalinen ohjaus. Moottorissa oleva harmaa osa on servovahvistin.

Taulukko 2 esittää työssä käytettyjä iSH-070 sarjan servomoottoreita. (Liite 9.)

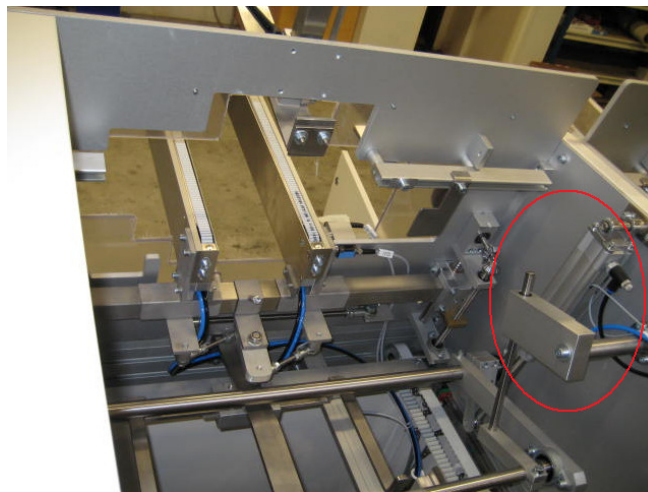
Paikka	Malli	Teho
Siirtolaite	60011	0.31kW
Alistus	60011+jarru	0.31kW
Painin	60017+jarru	0.72kW

Jarrujen tarkoitus on pitää akselit paikallaan vastareaktion aikana tai kun järjestelmä kytketään pois päältä.



Kuva 18. HMY-50-pakkauskoneen Painin

Kuvassa 18 oleva valkoinen osa on sylinterin akselin päähän asennettu painin, joka painaa laatikon aihion alas kuvassa näkyvästä välistä. Tässä aihio saa muotonsa ja muodostuu laatikoksi. Tämän jälkeen alasvedin vetää laatikon poistokuljettimelle, josta laatikko siirtyy hissien kautta ulos koneesta.

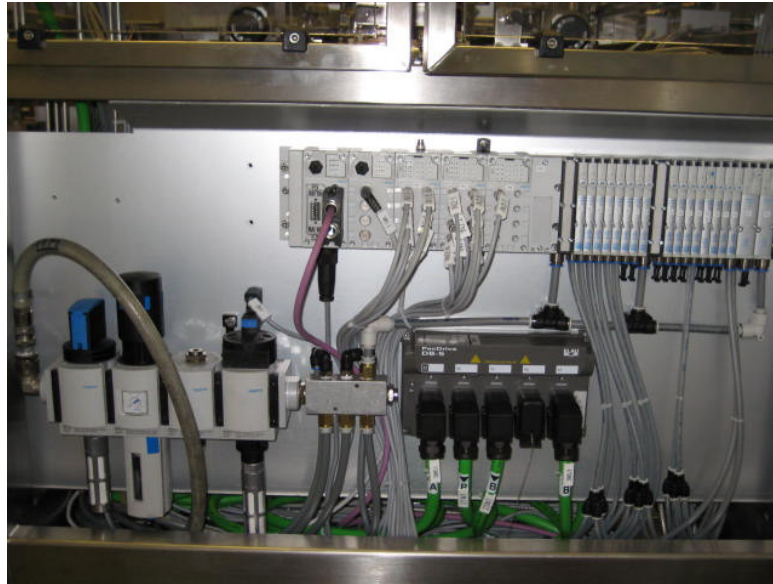


Kuva 19. HMY-50-pakkauskoneen Aihion alistus

6.2 CPX-liitäntämoduuli

Alkuperäisessä HMY-25-pakkauskoneen ohjausjärjestelmässä kaikki koneen rajat ja anturit kaapeloitiin suoraan logiikan I/O-liittimiin. Nyt ne kaapeloitetaan kaikki kentällä sijaitsevaan CPX-liitäntämoduuliin. CPX-liitäntämoduulissa on myös paineilma-venttiilit, joita tarvitaan 10 kappaletta. CPX-liitäntämoduulista menee sähkökeskukseen vain yksi kaapeli. Kaapeli kytketään TSXCANCA-jakorasian kautta samaan CANopen-väylään kuin poistokuljettimen moottori. (Liite 2, s. 8 - 10.)

Kuvassa 20 on esitetty Formeca Oy:n ensimmäisen Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutetun pakkauskoneen CPX-liitäntämoduuli, paineilman syöttö ja yksi DB-5-jakoboksi. Kuvassa violetti kaapeli on keskukselle menevä kaapeli. Kaapeli kytkee koko CPX-liitäntämoduulin CANopen-väylään. Vihreät kaapelit kytkevät iSH-servomootorit toisiinsa DB-5-jakoboksi avulla.



Kuva 20. CPX-liitäntämoduuli, paineilman syöttö ja yksi DB-5-jakoboksi

Alasvedon venttiili valittiin sähkö/sähkö-venttiiliksi, koska tällöin sähkökatkossa alasvedin ei tipahda vapaasti runkoa vasten. Sähkö/sähkö-venttiilit olisi voitu laittaa myös muille venttiileille, mutta sitä ei pidetty tarpeellisena, koska ne eivät vikatilanteessa aiheuta vaaratilannetta.

6.3 Ethernetiin liitettävä näyttö

Elaun PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutetussa koneessa näyttöpääte piti valita niin, että se saataisiin liitettyä myös Ethernetiin. Ennen käytössä ollut Omronin näyttöä NS5-TQ00-V1 ei ollut mahdollista liittää Ethernetiin. Näytöksi voitaisiin valita esimerkiksi Omronin NS5-TQ01-V2 tai vastaava Telemecaniquen näyttö, joissa on Ethernetiin kytkemisen mahdollisuus. Telemecaniquen näyttöjä on aiemmin käytetty muissa Formeca Oy:n Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutetuissa pakkauskoneissa. (Kuva 21.)



Kuva 21. Omronin näyttö HMY-50-pakkauskoneessa

6.4 D-link DES-1005D Ethernet -kytkin

D-link DES-1005D on 5-porttinen Ethernet-kytkin. Se kytkee Ethernetiin näyttön, Elau PacDrive C400 A8 -servo-ohjaimen sekä PC:n. Tämä mahdollistaa PC:llä liittymisen koneen iSH-servomootoreihin, taajuusmuuttajaan ja CPX-liitäntämoduuliin yhdestä pisteestä. Ethernet-verkko mahdollistaa myös koneeseen pääsyn etäkäytöltä. Tätä kautta koneen toimittajalla on mahdollisuus auttaa asiakasta ongelmatilanteissa ja päivittää ohjelmistoja. (Kuva 22.)



Kuva 22. D-Link DES-1005D Ethernet -kytkin

6.5 Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän Käyttöönotto

Käyttöönotossa Elau PacDrive -ohjausjärjestelmä aiheutti paljon muutoksia vanhaan ohjausjärjestelmään nähden. Muutokset ovat pääasiassa positiivisia, koska lähes kaikki tarvittavat parametrit pystytään Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä antamaan suoraan tietokoneen kautta. Tämä tapahtuu

liittämällä tietokone sähkökeskuksessa olevaan D-Link-kytkimeen, joka yhdistää koneen Ethernetiin. Tästä pisteestä pystytään asettamaan niin servojen, taajuusmuuttajien kuin CPX-liitäntämoduulin parametrit. Myös servojen rajatiedot asetetaan suoraan tietokoneen avulla. Vanhalla ohjausjärjestelmällä tämä ei ollut mahdollista, vaan taajuusmuuttajille ja servovahvistimille asetettiin parametrit näppäilemällä ne suoraan kyseiseen laitteeseen.

Servojen rajatiedot asetetaan PC:llä ohjelmoimalla, esimerkiksi, paljon hihna liikkuu moottorin pyörähtäessä kierroksen. Tämän perusteella osataan servo ajaa oikeaan paikkaan.

7 ELAU PACDRIVE -OHJAUSJÄRJESTELMÄN KUSTANNUKSET JA HYÖDYT

Elaun PacDrive -ohjausjärjestelmä vaikutti jonkin verran HMY-25-pakkaus-koneen kokonaiskustannuksiin verrattuna aikaisemmin toteutettuun ohjausjärjestelmään. Suurimmat kustannukset syntyivät iSH-servomootoreista, servo-ohjaimesta (C400 A8) ja servojen teholähteestä (PS-5). Myös erilliset jakoyksiköt (CPX-liitäntämoduuli, DB-5) sekä sähkökeskukseen tuleva ylimääräinen 20A:n tasajännitelähde aiheutti kustannuksia.

Kustannuksien säästöä puolestaan toivat kaapelien väheneminen ja kaapelointiajan lyhentyminen. Myös sähkökeskukseen tulevien läpivientien määrä väheni. Tämä puolestaan vähensi häiriöiden todennäköisyyttä, koska yhdensuuntaisia kaapeleita oli vähemmän samoissa nipussa. Kenttäväylät ovat muutenkin vähemmän alttiita häiriöille, kuin järjestelmät, joissa kaikki kentän komponentit kaapeloidaan yksitellen sähkökeskukseen. Suurimmat hyödyt Elau PacDrive -ohjausjärjestelmä tarjoaa käyttöönoton nopeudessa ja helpokäyttöisyydessä loppukäyttäjällä.

7.1 Sähkökeskuksen kustannukset

Sähkökeskuksen lisääntyvät kustannukset Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä aiheutuivat lähinnä Elaun komponenteista, sekä väylä-järjestelmästä. Karkeasti voidaan arvioida, että sähkökeskuksen pienten komponenttien (sulakkeet, kontaktorit, releet jne.) kustannukset pysyvät lähes samoina, niin vanhalla ohjausjärjestelmällä, kuin uudella Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä.

Lähes kaikki lisääntyvät kustannukset sähkökeskuksessa aiheutuivat Elaun PacDrive komponenteista ja niitä syöttävistä teholähteistä. Sähkökeskuksen kokonaiskustannukset nousevat Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä noin 41 % verrattuna vanhaan järjestelmään. (Liite 10.)

Sähkökeskuksen kokoon ei lopulta tullut juurikaan muutoksia, eikä sitä olisi muutenkaan voinut muuttaa koneen rakenteen vuoksi. Lisätilaa sähkökeskukseen toivat iSH-servomootoreiden yhteyteen hajautetut servovahvistimet sekä servo-ohjaimen kanssa samassa paketissa oleva logiikka. Vastaavasti sähkökeskukseen tulleet taajuusmuuttaja ja TSXCANCA-jakorasia lisäsivät tilantarvetta keskuksessa.

Antureiden kytkeminen CPX-liitäntämoduuliin kentällä vähensi riviliittimiä keskuksessa. Riviliittimien väheneminen yhdellä kolmasosalla aiheutti myös kustannuksissa säästöä.

7.2 Kenttäkaapeloinnin kustannukset

Kenttäkaapeloinnin kustannusten nousu aiheutui lähinnä Elau PacDrive -järjestelmän osista sekä komponenteista, jotka mahdollistavat väylään liittymisen. Väylään liittymiseen tarkoitettuja komponentteja ovat kentällä olevat CPX-liitäntämoduuli ja DB-5 iSH-servomootoreiden kytkentärasia. CPX-liitäntämoduuli (VR1) on noin kaksi kertaa vanhan järjestelmän paineilma-venttiiliryhmää (VR1) kalliimpi. Suurimman kustannusten nousun aiheuttavat kuitenkin iSH-servomootorit (21M1-23M1), joiden hintojen keskiarvo verrattuna vanhaan servomootoriin (11M1) on noin 73 % suurempi. Tärkeää on kuitenkin muistaa, että vanha servomootori ei sisällä servovahvistinta kuten iSH-servomootori, vaan se on erikseen sähkökeskuksessa. Näin ollen iSH-servomootoreiden kustannus verrattuna vanhaan servomootoriin ja servovahvistimeen on 28 % suurempi.

Kustannusten säästöä aiheuttavat rajojen väheneminen, koska iSH-servomootorit korvaavat osan paineilmasylintereistä. Myös sylintereiden asentoanturit voidaan nyt jättää pois. Suurin hyöty tulee esille kytkemisen nopeudessa, koska rajojen kaapeleita ei tarvitse vetää erikseen sähkökeskukseen saakka, vaan ne kytketään jo kentällä CPX-liitäntämoduuliin. Tätä vaihetta voidaan nopeuttaa vielä entisestään ostamalla valmiiksi päätettyjä kaapeleita, jotka ovat oikeanpituisia. Tämä lisäisi hieman kustannuksia, mutta nopeuttaisi kytkemistä merkittävästi. Kaiken kaikkiaan kenttäkaapeloinnin

kustannukset nousee Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä noin 62 % verrattuna vanhaan ohjausjärjestelmään. Näihin kustannuslaskelmiin ei ole otettu huomioon liimalaitteen hintaa, koska se on sama molemmilla järjestelmillä. (Liite 10.)

7.3 Mekaaniset kustannukset

Elau PacDrive -ohjausjärjestelmässä mekaanisia kustannuksia aiheutuu painimen ja aihion alistuksen paineilmasylintereiden muuttamisesta toimimaan iSH-servomootoreilla. Tämä aiheuttaa lisätöitä suunnittelijoilla, koska servomootoreille pitää etsiä sopiva paikka sekä suunnitella servoakselin tekemät mekaaniset liikkeet uusiksi. Siirtolaitteeseen iSH-servomoottori ei aiheuta juurikaan muutoksia, koska se on ennenkin toiminut servomoottorilla.

On vaikea arvioida toisiko paineilmasylintereiden korvaaminen iSH-servomootoreilla lopulta säästöjä vai kuluja. Mekaaniset suunnittelukustannukset varmasti nousisivat, mutta toimintavarmuus ja koneen ohjattavuus paranisivat. Mekaaniset suunnittelukustannukset ovat kuitenkin kertaluontoisia kustannuksia.

7.4 Kokonaiskustannukset

Kuten ennalta oli arvattavissa tuli HMY-25-pakkauskoneen kokonaiskustannukset Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutettuna kasvamaan jonkin verran. Otettaessa huomioon kaikki ohjausjärjestelmän komponentit tuli Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutettu kone 51 % kalliimmaksi kuin vanhalla järjestelmällä toteutettu.

Verrattaessa Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutetun koneen kokonaishintaa vanhalla järjestelmällä toteutetun koneen kokonaishintaan tuli se vain 11.7 % kalliimmaksi. Tässä tarkastelussa ei kuitenkaan ole huomioitu ohjelmistotöiden vaikutusta koneen kokonaiskustannuksissa.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET

Tässä insinööriyössä selvitettiin Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän soveltuvuutta Formeca Oy:n valmistamaan HMY-25-pakkauskoneeseen. Lisäksi työssä selvitettiin Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän tuomat hyödyt ja

muutokset HMY-25-pakkauskoneeseen. Työssä esitettiin myös vanha ohjausjärjestelmän ja uuden Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän kustannuslaskelmat.

Lisäksi työssä suunniteltiin HMY-25-pakkauskoneen automatisointi Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä ja piirrettiin sen sähkökuvat. Sähkökuvien tarkoitus oli antaa käsitys Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän aiheuttamista muutoksista sekä kuva, miten eri ohjausjärjestelmät vaikuttavat sähkökuvien suunnitteluun ja toteutukseen. Tehtyjä sähkökuvia ja kustannuslaskelmia voidaan käyttää pohjana jos HMY-25-pakkauskone päätetään joskus toteuttaa Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä.

Suurin syy, ettei HMY-25-pakkauskoneessa ole koskaan käytetty Elau PacDrive -ohjausjärjestelmää on monen vuoden kokemus vanhan ohjausjärjestelmän ja mekaniikan toimivuudesta. Lisäksi HMY-25 on erittäin pieni pakkauskone, joten saattaa tuntua turhalta alkaa sovittaa siihen laajaa Elau PacDrive -ohjausjärjestelmää. Elau PacDrive -ohjausjärjestelmää on käytetty aikaisemmin ainoastaan laajempia pakkauskoneita sähköistettäessä.

Mikäli kone joskus toteutetaan Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä, olisi kiinnostavaa tietää, miten sähköasennukset eroavat ajallisesti vanhan ohjausjärjestelmän asennuksesta, ja missä vaiheessa sähköasennuksen nopeus korvaisi Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän komponenttien kustannukset.

Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän asennusnopeus johtuu väyläjärjestelmän mahdollistamasta hajautetuista I/O-liitännöistä ja servovahvistimista. Tämä vähentää järjestelmän kaapeleita ja mahdollistaa valmiiksi oikean pituisten kaapelien käytön. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaapelien valmistajalta tilataan oikean pituiset, valmiiksi päätetyt kaapelit.

Suurimmat Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän edut tulevat esille vasta koeajovaiheessa ja koneen saapuessa loppukäyttäjälle. Koeajot Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä nopeutuvat säätöjen yksinkertaisuuden ja parametrien helpon asettelun johdosta. Lisäksi virheiden ja häiriöiden etsiminen helpottuu väyläjärjestelmän myötä. Loppukäyttäjälle Elau PacDrive -ohjausjärjestelmä takaa varmasti vielä vanhallakin järjestelmällä toteutettua konetta luotettavamman ja helppokäyttöisemmän ratkaisun.

Etenkin asetusarvojen ja koneen nopeuden helppo säätäminen tuovat esille Elau PacDrive -ohjausjärjestelmän parhaat puolet. Hyviä puolia tarjoaa myös koneen toimittajan mahdollisuus säätää koneen asetuksia Ethernetin kautta. Tämä ominaisuus säästää paljon aikaa niin koneen valmistajalta kuin loppukäyttäjältä. Koneen vikaantuessa voidaan vika mahdollisesti paikallistaa ja korjata saman tien.

Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutettu pakkaus-kone tulee sähköjen osalta noin kaksi kertaa kalliimmaksi kuin vanhalla järjestelmällä toteutettu. Koneen kokonaiskustannuksia Elau PacDrive -järjestelmä nostaa noin 11.7 %. Hintaa voitaisiin alentaa valitsemalla Elaulta vaihtoehtoisia komponentteja, kuten PacDrive C200 -servo-ohjain, PS-4-teholähde, SCL-servomootorit ja rakentaa kone toimimaan näiden komponenttien ympärille. Toisaalta tämmäkään järjestelmä ei ainakaan aluksi toisi säästöjä, koska vaihtoehtoiset komponentit aiheuttaisi uusien servomootoreiden toimintojen ja ohjauksien suunnitteluja ja testauksia.

Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutettu kone maksaa asennusnopeudesta ja kaapeleiden vähenemisestä huolimatta enemmän kuin vanhalla järjestelmällä toteutettu. Kuitenkin se tarjoaa paljon etua käyttövarmuudessaan ja helppossa säädettävyydessään. Sen myyntivaltti voisikin olla juuri helppokäyttöisyys. Suurin kysymys Elau PacDrive -ohjausjärjestelmällä toteutetussa koneessa onkin siinä, että onko asiakas valmis maksamaan lisää koneen hinnassa helppokäyttöisyydestä ja luotettavuudesta.

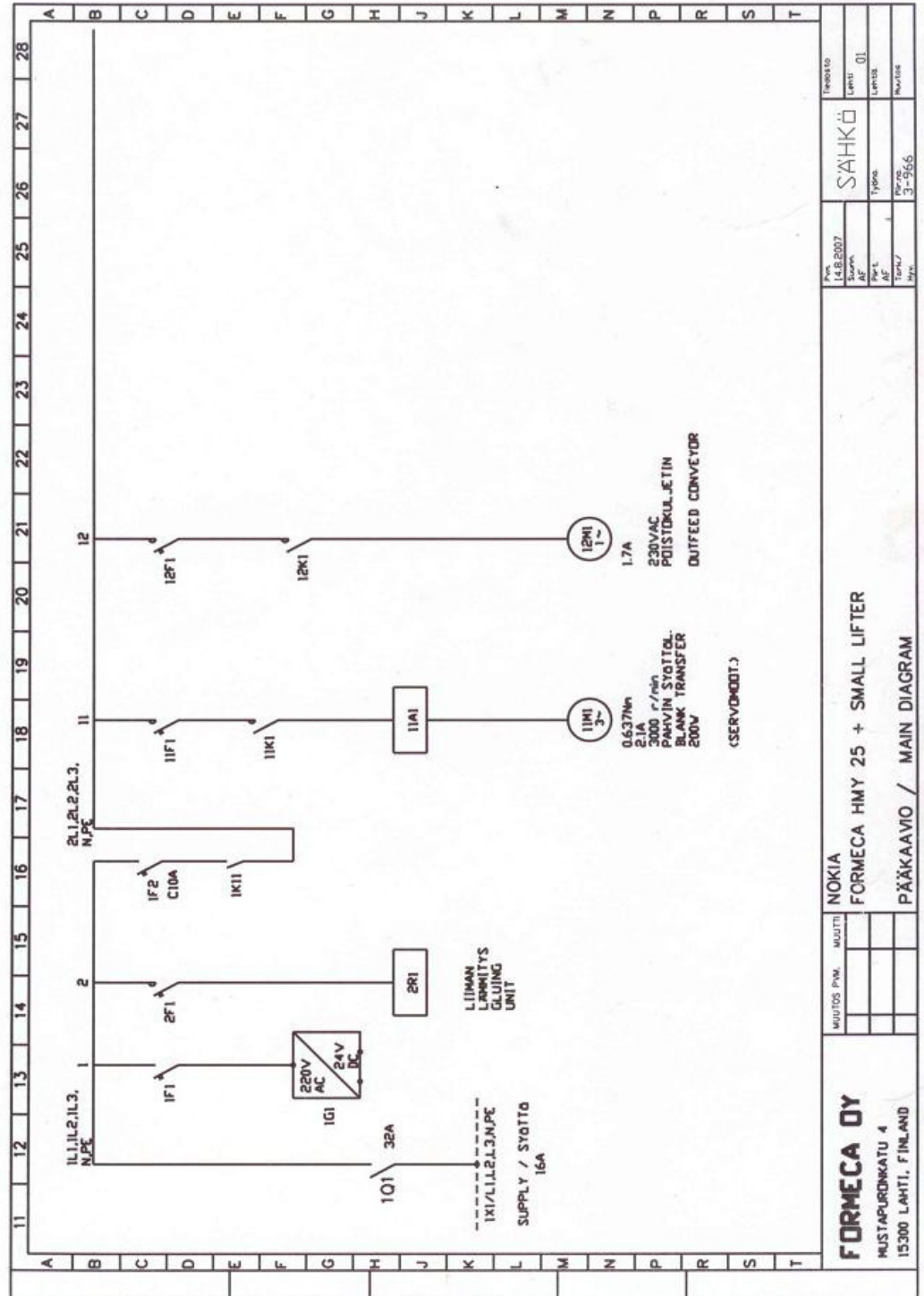
Kaiken kaikkiaan Elau PacDrive- ohjausjärjestelmän hinta suhteessa hyötyyn on vaikea arvioida. Koneen kokonaishinta nousi 11.7 %, mutta säätö-ominaisuudet ja luotettavuus paranivat. Jos aikaa olisi ollut enemmän, olisi työssä voitu perehtyä lisää myös mekaanisiin muutoksiin ja niiden aiheuttamiin kustannuksiin. Niiden perusteella olisi koneen kustannuslaskelmat saatu laskettua vieläkin tarkemmin.

LÄHTEET

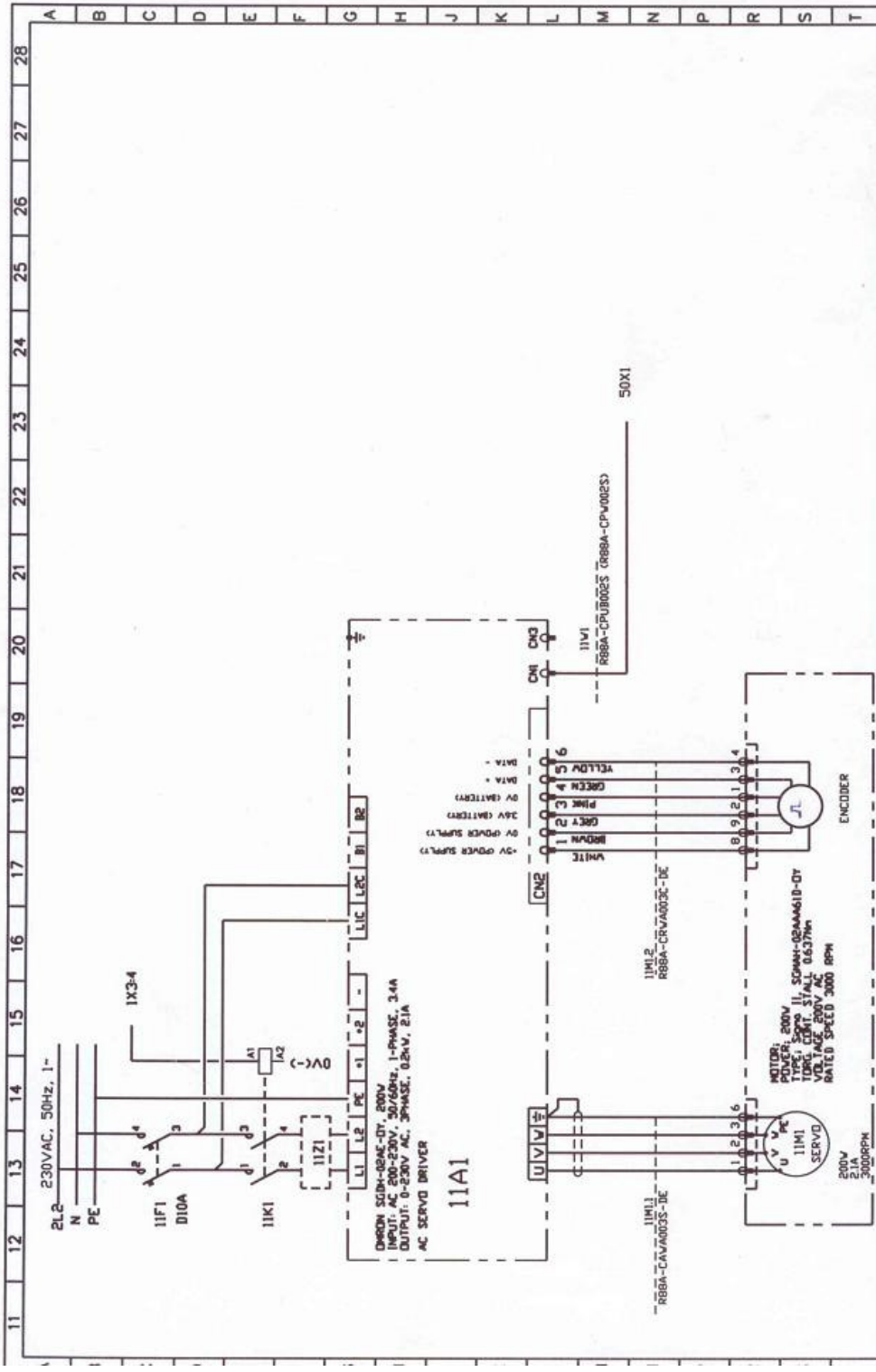
- [1] Kaikkonen Juhani. Insinööri työ 2007. Helsingin Ammattikorkeakoulu. Työn nimi: MTS2-kokoonpanolinjan ohjauksen modernisointi. [Viitattu 2.3.2010]. Saatavissa: <https://oa.doria.fi/dspace/bitstream/10024/5822/1/stadia-1178843279-4.pdf>
- [2] Automaation tietoliikennetekniikka [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.3.2010]. Saatavissa: [http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/bf177942f19f4a98c125714%20003b7a0a/c46d5509d325d21ac225695b002fb07b/\\$FILE/050_0007.pdf](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/bf177942f19f4a98c125714%20003b7a0a/c46d5509d325d21ac225695b002fb07b/$FILE/050_0007.pdf)
- [3] OSI-malli. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 4.3.2010]. Saatavissa: http://www.ratol.fi/opensource/lahiverkot/fin/yleista/osi_malli.htm
- [4] Santala Riku. Tutkintotyö 2005. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Työn nimi: Siemens S7 -ohjattu Profibus / ASI –harjoituslaitteisto. [Viitattu 4.3.2010]. Saatavissa: <https://oa.doria.fi/dspace/bitstream/10024/4640/1/TMP.objres.195.pdf>
- [5] Profibus DP [Verkkokuva]. [Viitattu 17.3.2010]. Saatavissa: [http://www02.abb.com/global/gad/gad02181.nsf/0/3717253905c553dec125706800465988/\\$file/FBGen++Topology++Availability++PB-DP-Slaves.gif](http://www02.abb.com/global/gad/gad02181.nsf/0/3717253905c553dec125706800465988/$file/FBGen++Topology++Availability++PB-DP-Slaves.gif)
- [6] Ambit Oy [Verkkodokumentti]. [Viitattu 17.3.2010]. Saatavissa: <http://www.ambit.fi/PROFIBUS?sl=fj>
- [7] Can-väylä [Verkkodokumentti]. [Viitattu 14.3.2010]. Saatavissa: www.oamk.fi/~veijok/TL9101/Seminaarit/CAN.doc
- [8] CAN ja CANopen – perusteet [Verkkodokumentti]. [Viitattu 15.3.2010]. Saatavissa: http://www.iha.tut.fi/education/IHA-3100/can_perusteet.pdf
- [9] Ethernet-väylä [Verkkodokumentti]. [Viitattu 20.3.2010]. Saatavissa: <http://www.ele.tut.fi/teaching/ele-3350/ethernet.pdf>
- [10] Paavola Saija. Automaation tietotekniikan seminaari 2003. Teknillinen korkeakoulu. Työn nimi: SERCOS interface. [Viitattu 23.3.2010]. Saatavissa: <http://www.automationit.hut.fi/file.php?id=640>

- [11] Fonselius, Jaakko, Rinkinen, Jari, Vilenius, Matti. 1997. Koneautomaatio, servotekniikka. Opetushallitus.
- [12] Pikkarainen, Eero. 1999. NC-tekniikan perusteet Opetushallitus.
- [13] Nurminen Jari Ilmari. Opinnäytetyö 2009. Hämeen Ammattikorkeakoulu. Työn nimi: Tutkimus lavankäärintäkoneen oikosulkumoottorien jarrutusenergian varastoisemiseksi ja uudelleen käytettäväksi. [Viitattu 1.4.2010]. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/5264/ENERGIANSAASTOTUTKIMUS.pdf?sequence=1>
- [14] Formeca Oy [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.4.2010]. Saatavissa: <http://www.formeca.fi/index.php?s=2&b=10&c=11&t=5&lang=fin>
- [15] ELAU [Verkkodokumentti]. [Viitattu 3.4.2010]. Saatavissa: <http://www.elau.de/Rahmen.asp?Knoten=151>
- [16] ELAU [Verkkodokumentti]. [Viitattu 3.4.2010]. Saatavissa: <http://www.elau.de/Rahmen.asp?Knoten=170>
- [17] *Modular drive technology for packaging machinery* [Verkkodokumentti]. [Viitattu 3.4.2010]. Saatavissa: http://backoffice.elau.de/files/4611_84701174/081117-1_SE_iSH-Brosch_EN_final.pdf

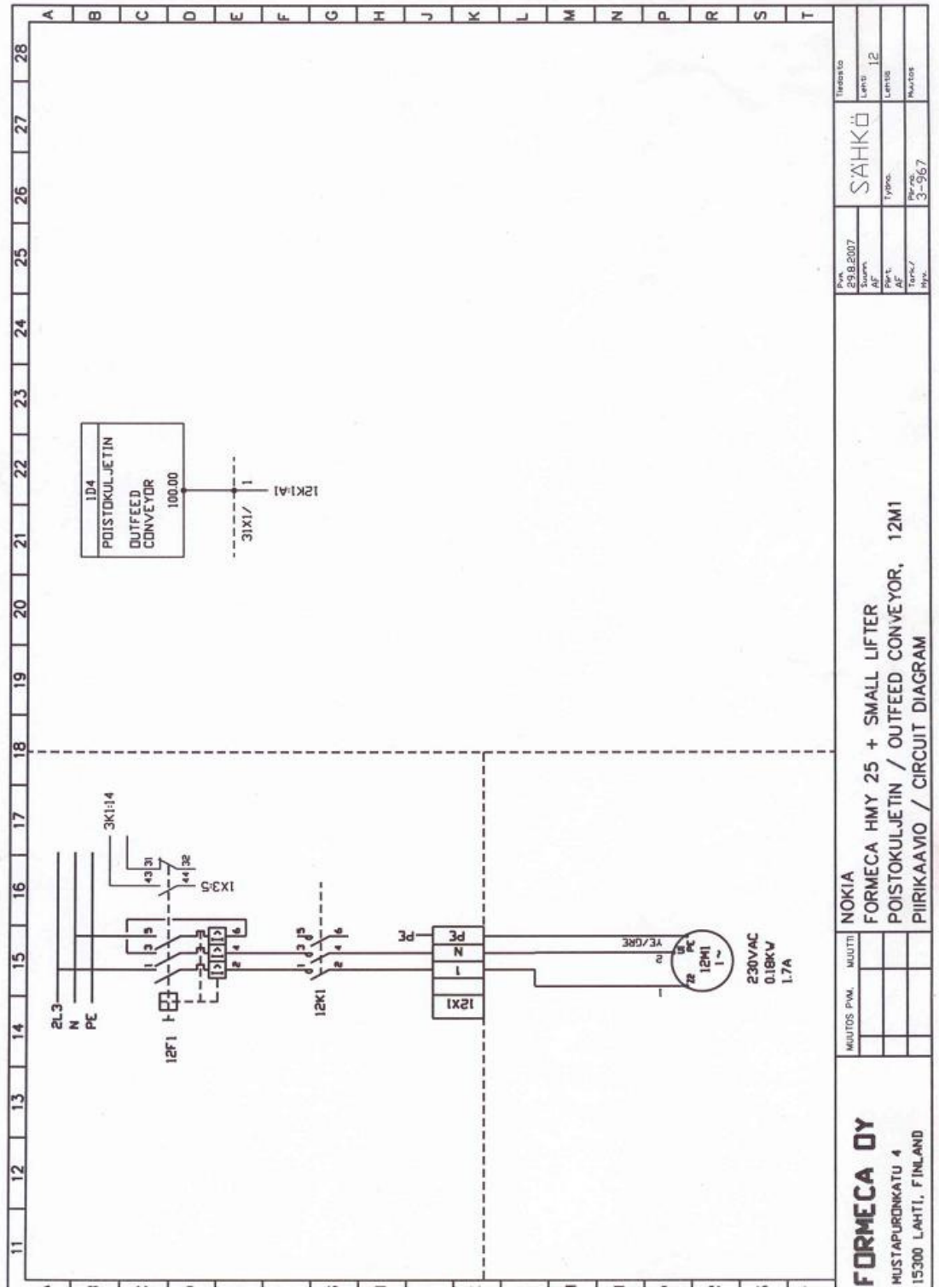
HMY-25-PAKKAUSKONEEN VANHAT SÄHKÖKUVAT

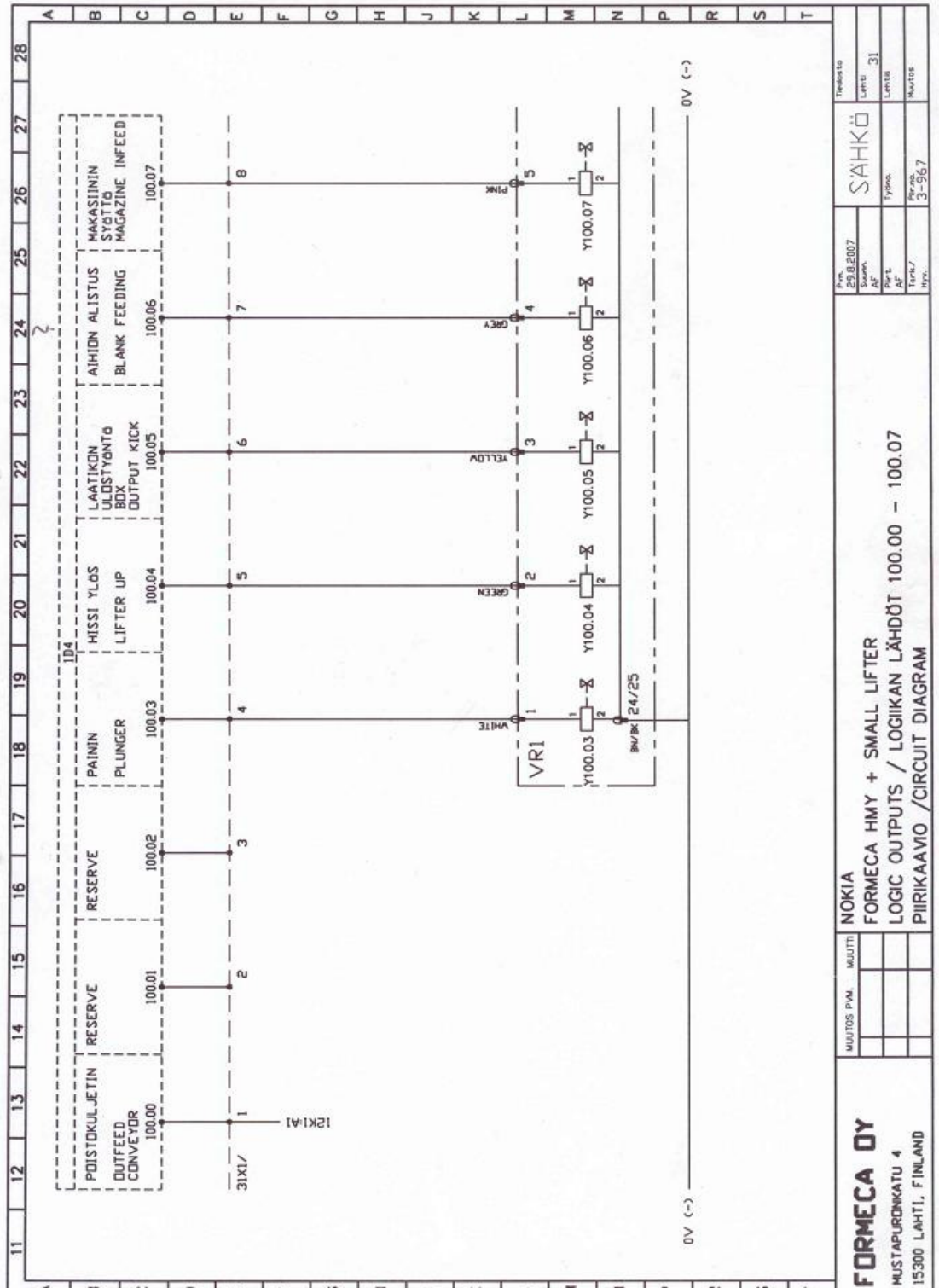


FORMECA OY MUSTAPUURINKATU 4 15300 LAHTI, FINLAND		MUITOS P.M. MUUTTI		NOKIA		SÄHKÖ		14.B.2007		14.00010	
				FORMECA HMY 25 + SMALL LIFTER		SÄHKÖ		Säynn.		Lentti 01	
				PÄÄKAAVIO / MAIN DIAGRAM		SÄHKÖ		AF		Lentti	
						SÄHKÖ		AE		Lentti	
						SÄHKÖ		Tark./		Muutose	
						SÄHKÖ		Tyt.		Muutose	
						SÄHKÖ		3-966		Muutose	

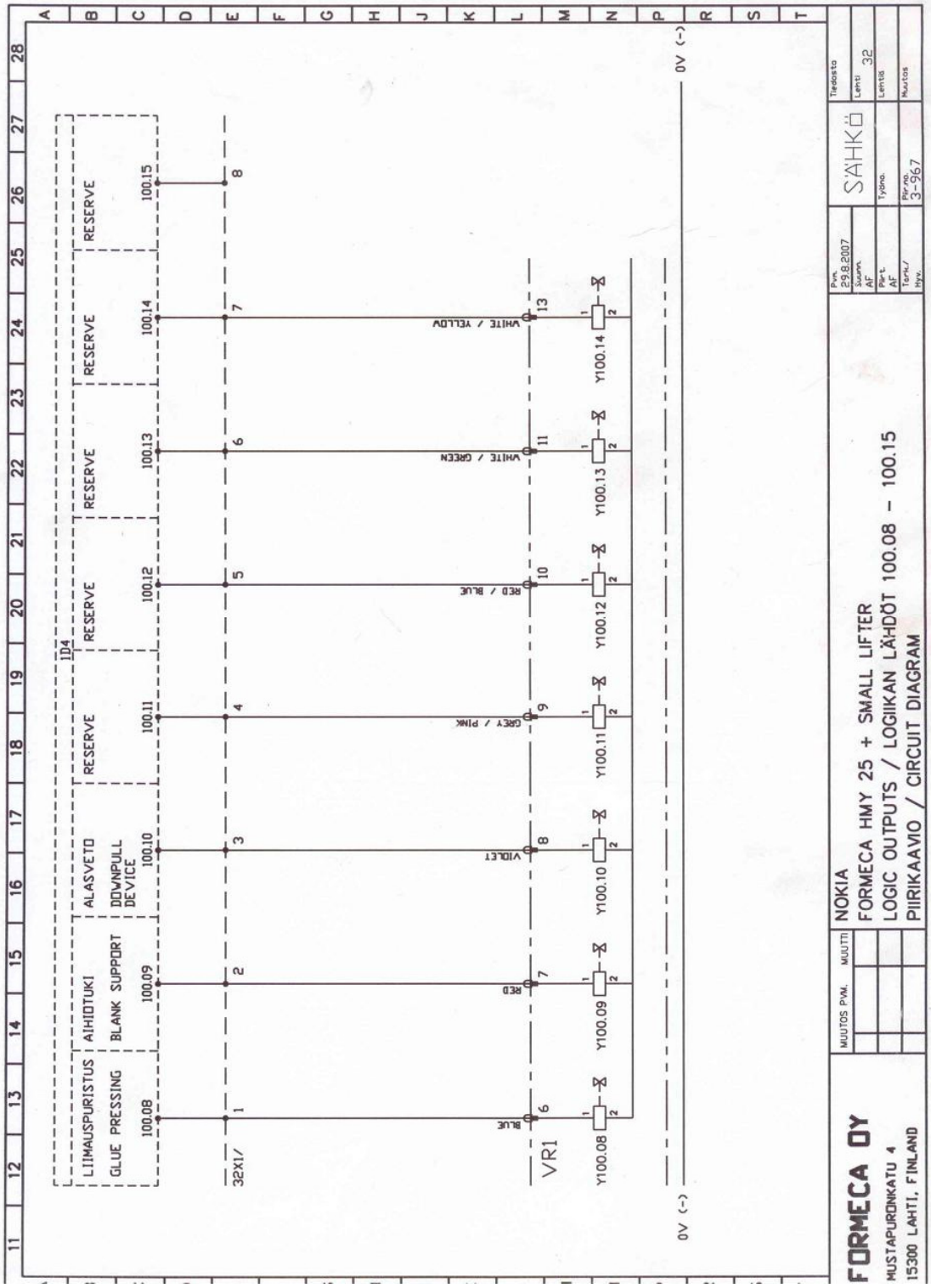


FORMECA OY MUSTAPURONKATU 4 15300 LAHTI, FINLAND		NOKIA FORMECA HMY 25 + SMALL LIFTER BLANK TRANSFER / SIIRTOLAITE CIRCUIT DIAGRAM / PIIRIKAAVIO		Pain. 14.5.2007		Tilaaja SÄHKÖ		Tilausno. 3-967	
MUIDOS PAK. MAULTI				Pain. Summ.		Laitte II		Tilausno. Laitos	
				Pain. AF		Tyyppi		Tilausno. Muutos	
				Tark. Hyv.					





FORMECA OY MUSTAPURINKATU 4 15300 LAHTI, FINLAND	MUUTOS P.M. MUUTTI		NOKIA FORMECA HMY + SMALL LIFTER LOGIC OUTPUTS / LOGIIKAN LÄHDÖT 100.00 - 100.07 PIIRIKAAVIO / CIRCUIT DIAGRAM	Työnohje Lappi 31
	SÄHKÖ			Työnohje Lappi 31
	Yhteys AF			Työnohje Lappi 31
	Tekijä Hyy.			Työnohje Lappi 31



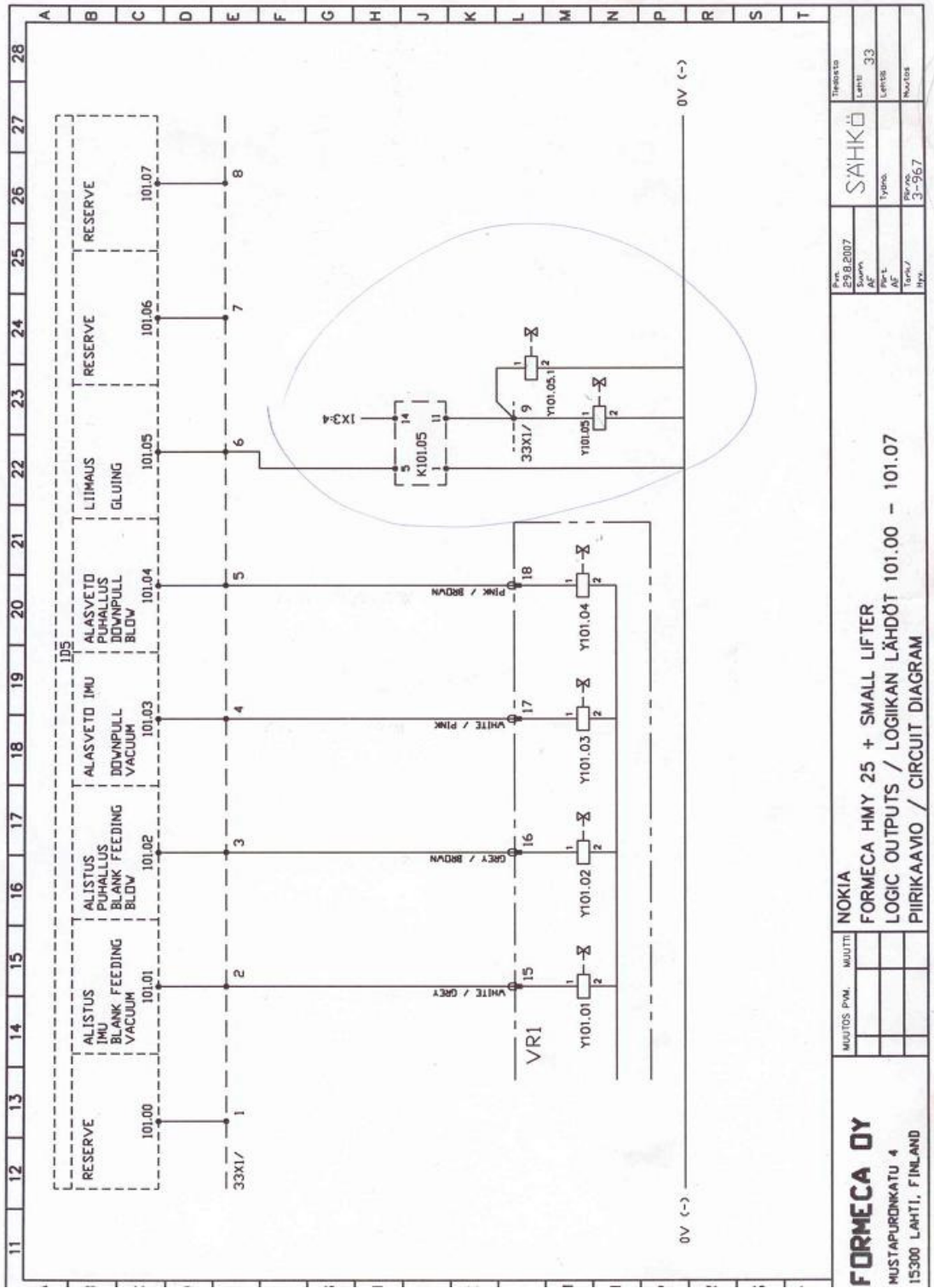
FORMECA OY
 MUSTAPUROLINKATU 4
 15300 LAHTI, FINLAND

MUUTOS PAK. MUUTTI
NOKIA

FORMECA HMY 25 + SMALL LIFTER
 LOGIC OUTPUTS / LOGIKAN LÄHDÖT 100.08 - 100.15
 PIIRIKAAVIO / CIRCUIT DIAGRAM

Pvm. 29.8.2007	Tiedosto
Alue AF	Lomiti 32
Pik. AF	Typo. LAP13
Tark./ hyv.	Piir.no. 3-567
	Muutos

SAHKÖ



FORMECA OY
 MUSTAPURONKATU 4
 15300 LAHTI, FINLAND

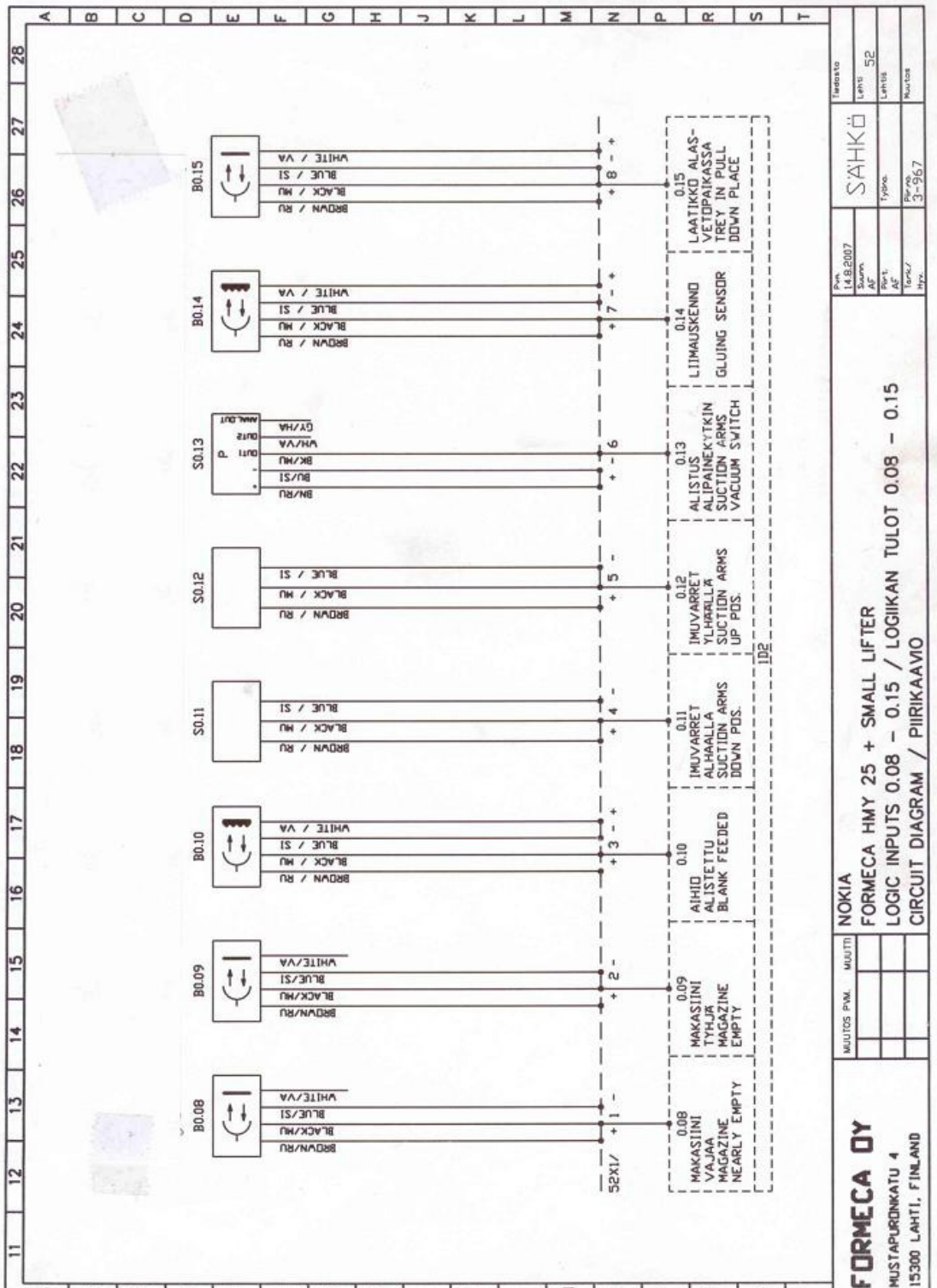
MUUTOS P.M. MUUTTI

NOKIA
 FORMECA HMY 25 + SMALL LIFTER
 LOGIC OUTPUTS / LOGIIKAN LÄHDÖT 101.00 - 101.07
 PIIRIKAAVIO / CIRCUIT DIAGRAM

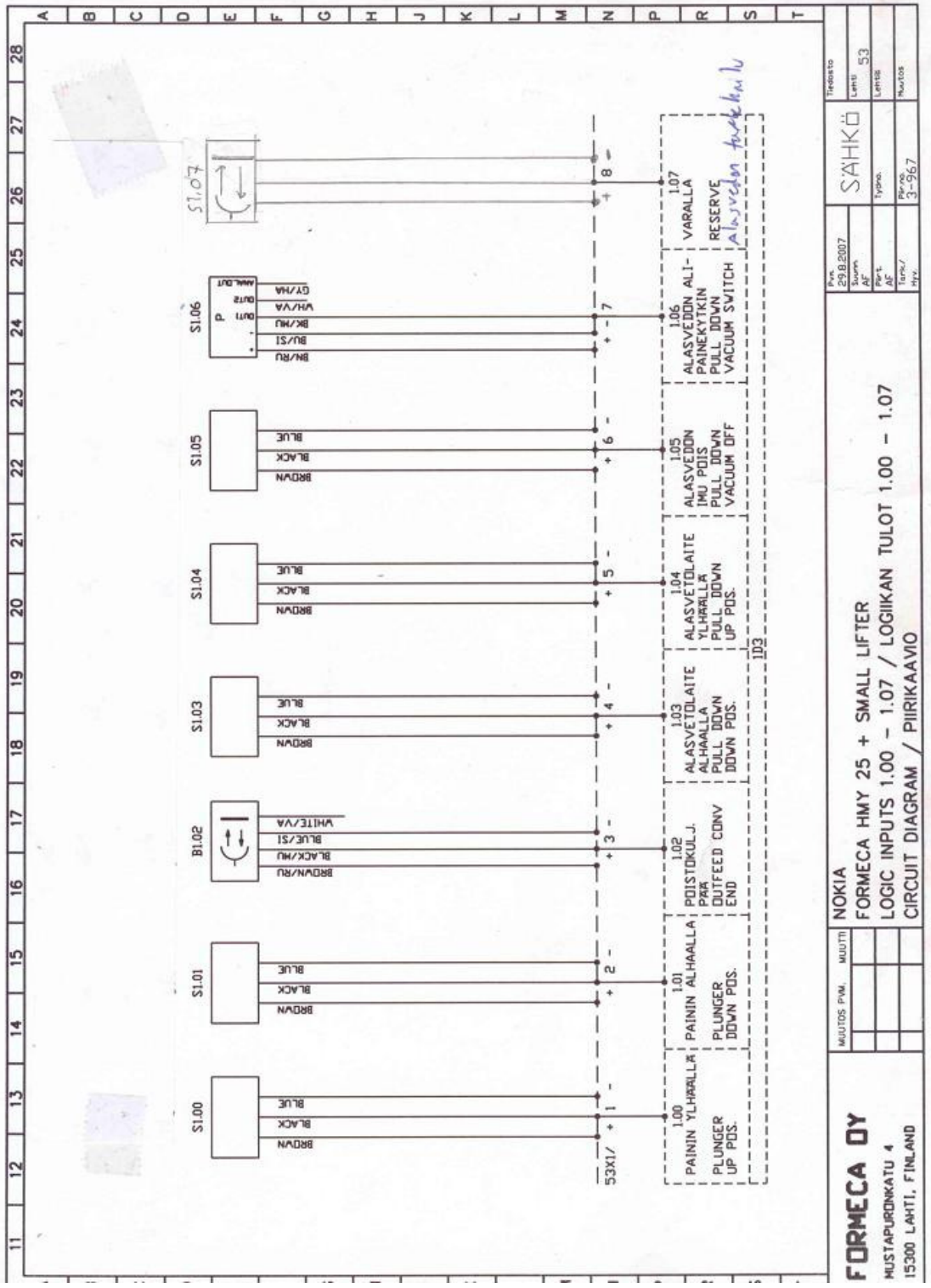
Proj. E2B.2007
 Piir. AF
 Piir. AF
 Piir. AF
 Piir. AF

SAHKÖ
 Työno. 3-967
 Piir. AF
 Piir. AF

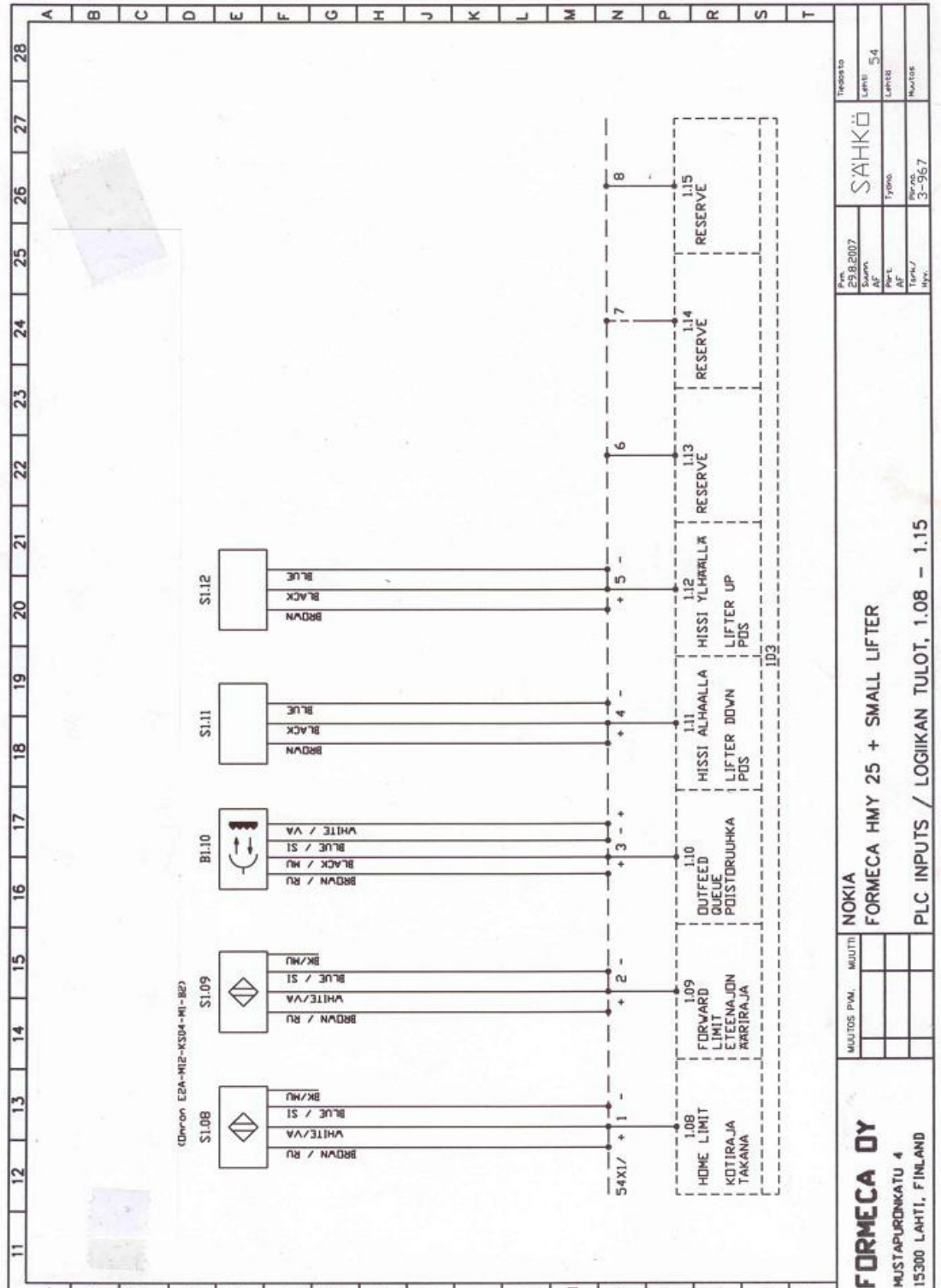
Tiivistelmä
 Lomake 33
 Lomake 33
 Lomake 33
 Lomake 33



FORMECA OY MUSTAPURONKATU 4 15300 LAHTI, FINLAND		NOKIA FORMECA HMY 25 + SMALL LIFTER LOGIC INPUTS 0.08 - 0.15 / LOGIIKAN TULOT 0.08 - 0.15 CIRCUIT DIAGRAM / PIIRIKAAVIO		Pvm: 14.9.2007 Suunn: AF Piir: AF Toim: 3-96.7 Hyv:	Tarkasto: Laitin 52 Laitin 52 Työno: 3-96.7 Muutos:
---	--	---	--	---	--

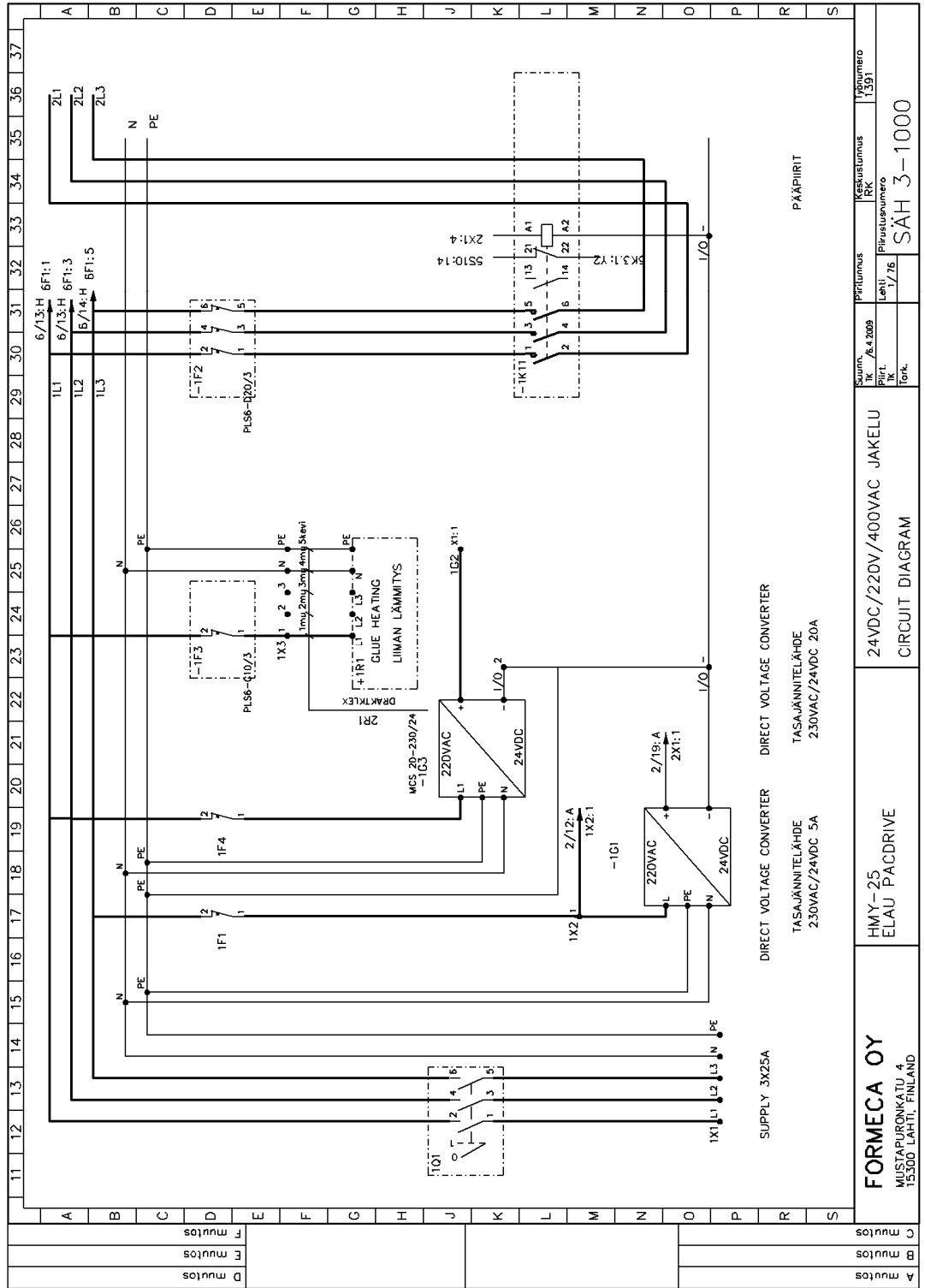


FORMECA OY		NOKIA	
MUSTAPURONKATU 4		FORMECA HMY 25 + SMALL LIFTER	
15300 LAHTI, FINLAND		LOGIC INPUTS 1.00 - 1.07 / LOGIKAN TULOT 1.00 - 1.07	
CIRCUIT DIAGRAM / PIIRIKAAVIO		CIRCUIT DIAGRAM / PIIRIKAAVIO	
Rev. No. 29.8.2007		SÄHKÖ	
Sheet AF		Lehti 53	
Part AF		Lehti	
Temp/Hz		Muutos	
3-96.7			



FORMECA OY		NOKIA		Tilasto	
MUSTAPURINKATU 4		FORMECA HMY 25 + SMALL LIFTER		LAINI 54	
15300 LAHTI, FINLAND		PLC INPUTS / LOGIKAN TULOT, 1.08 - 1.15		LAINI	
				Työno.	
				Pöytä.	
				Tehly.	
				Määr.	
				3-967	
		SAHKÖ			
		25.8.2007			
		Siv.			
		AF			
		AF			
		AF			
		AF			

HMY-25-PAKKAUSKONEEN UUDET SÄHKÖKUVAT



Kuusi	6.4.2009	Piirustus	Keskustelunumero	1391
Plr.		Lehti	Piirustusnumero	
Ik	1/76			
for.				

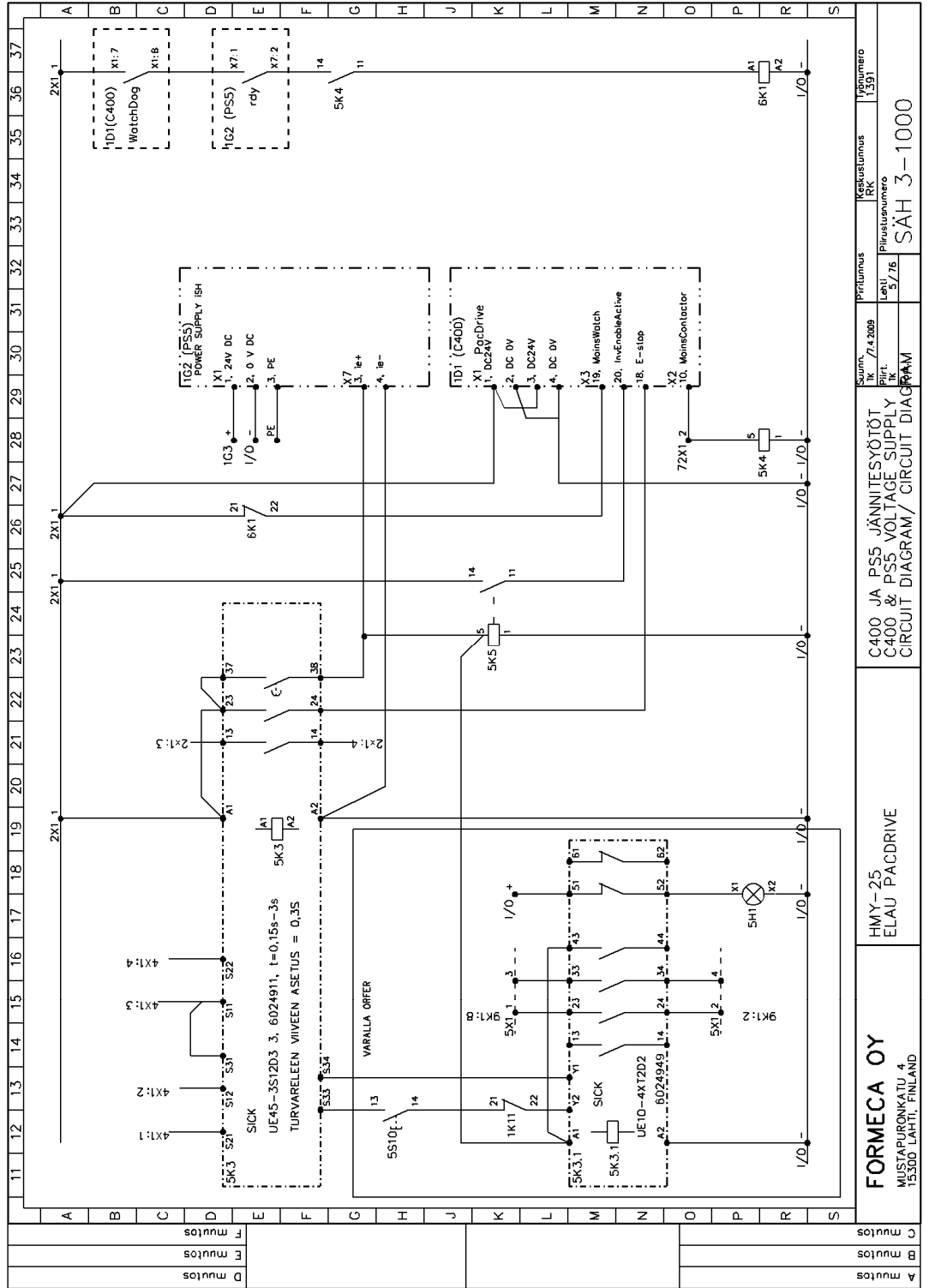
24VDC/220V/400VAC JAKELU
CIRCUIT DIAGRAM

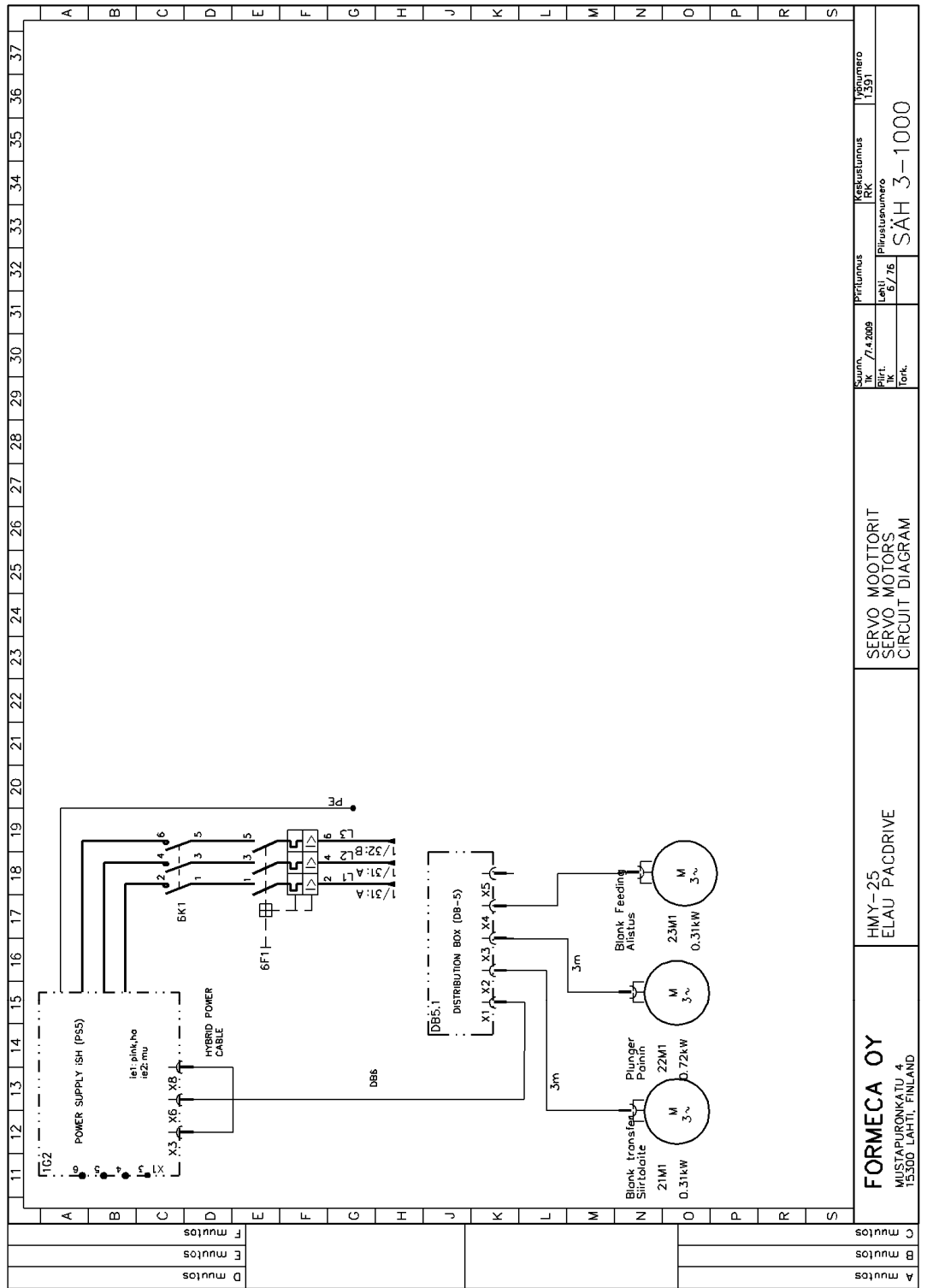
HMY-25
ELAU PACDRIVE

FORMECA OY
MUSTAJURONKATU 4
15300 LAHTI, FINLAND

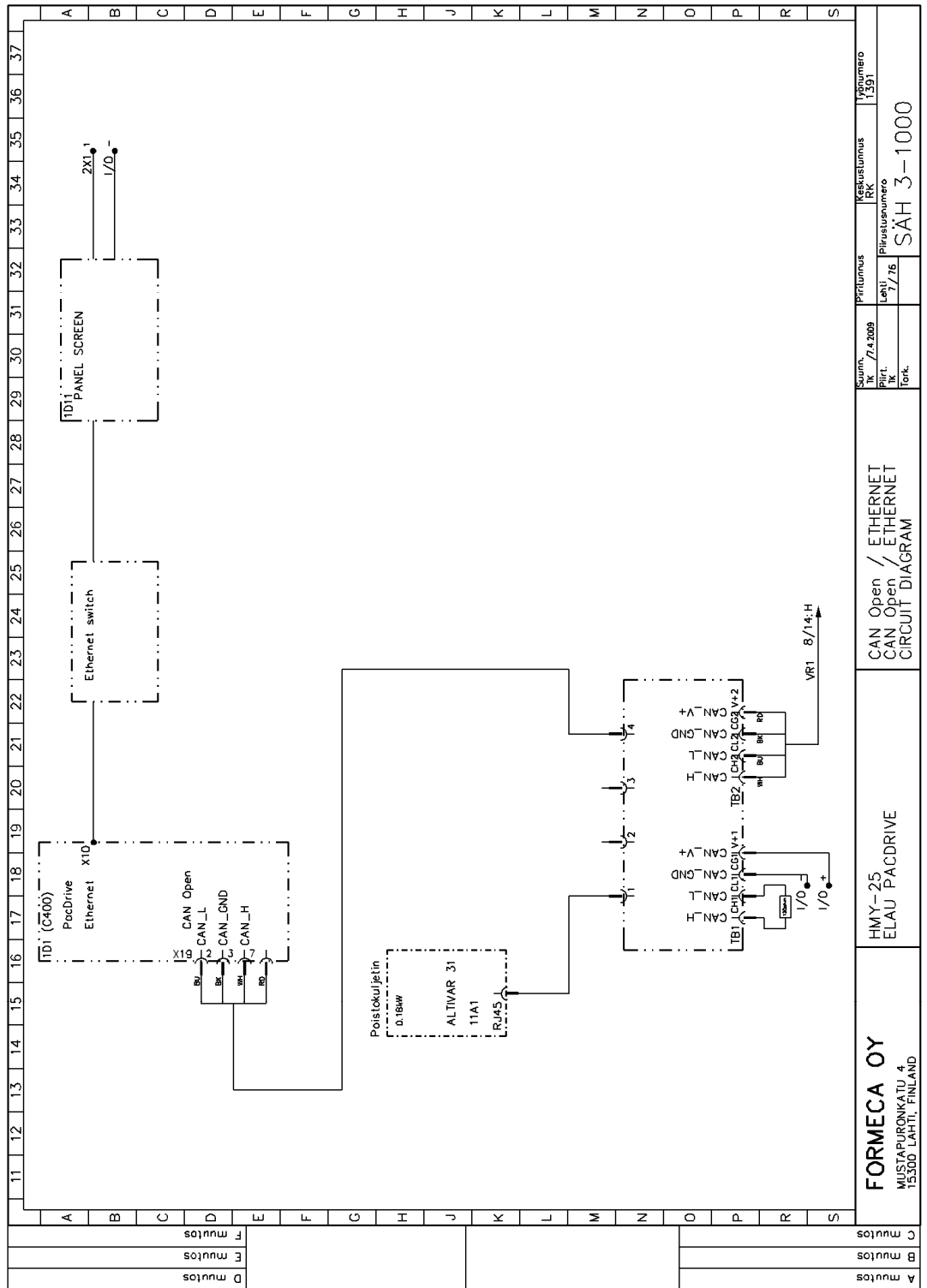
PÄÄPIIRIT

SÄH 3-1000

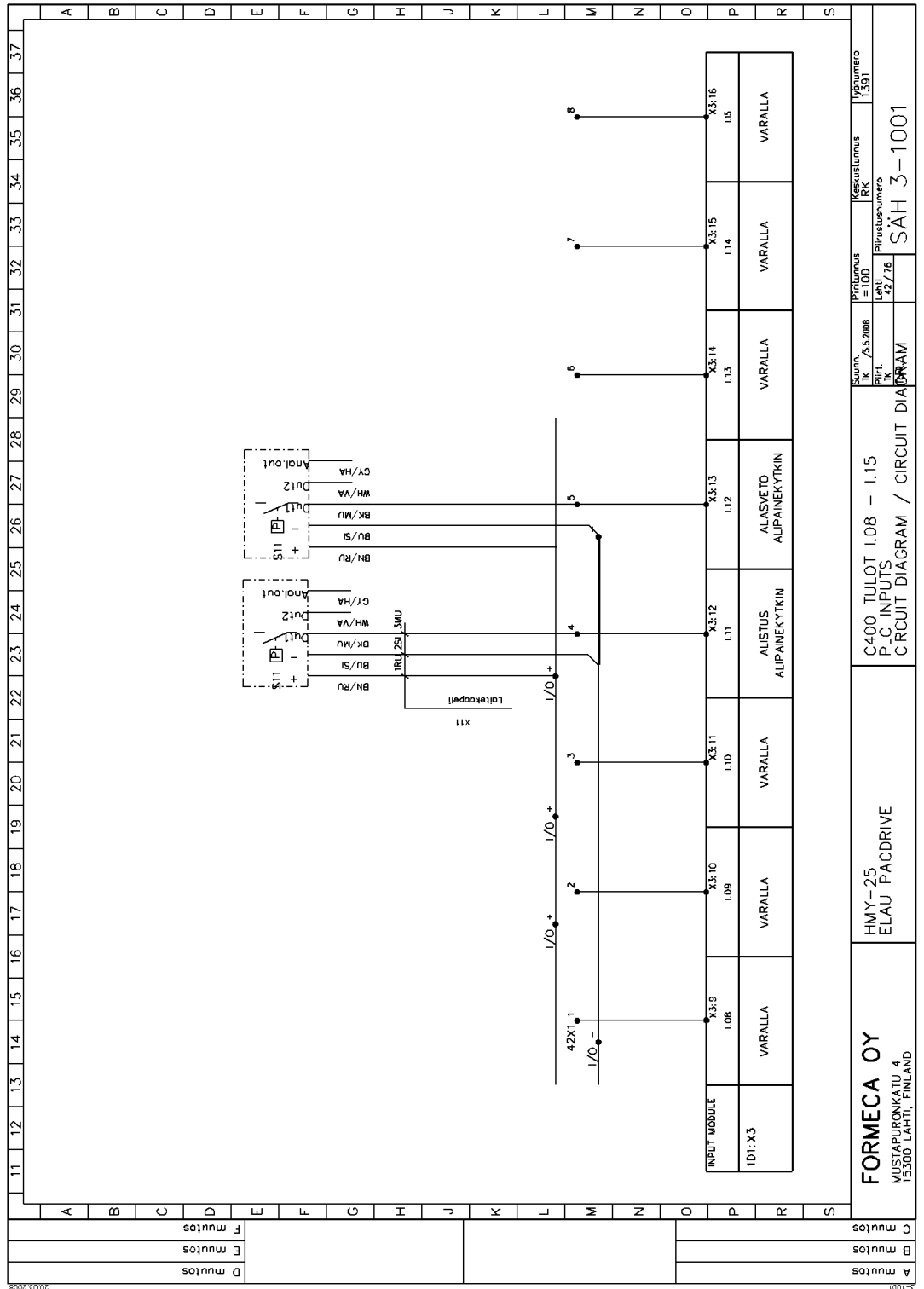




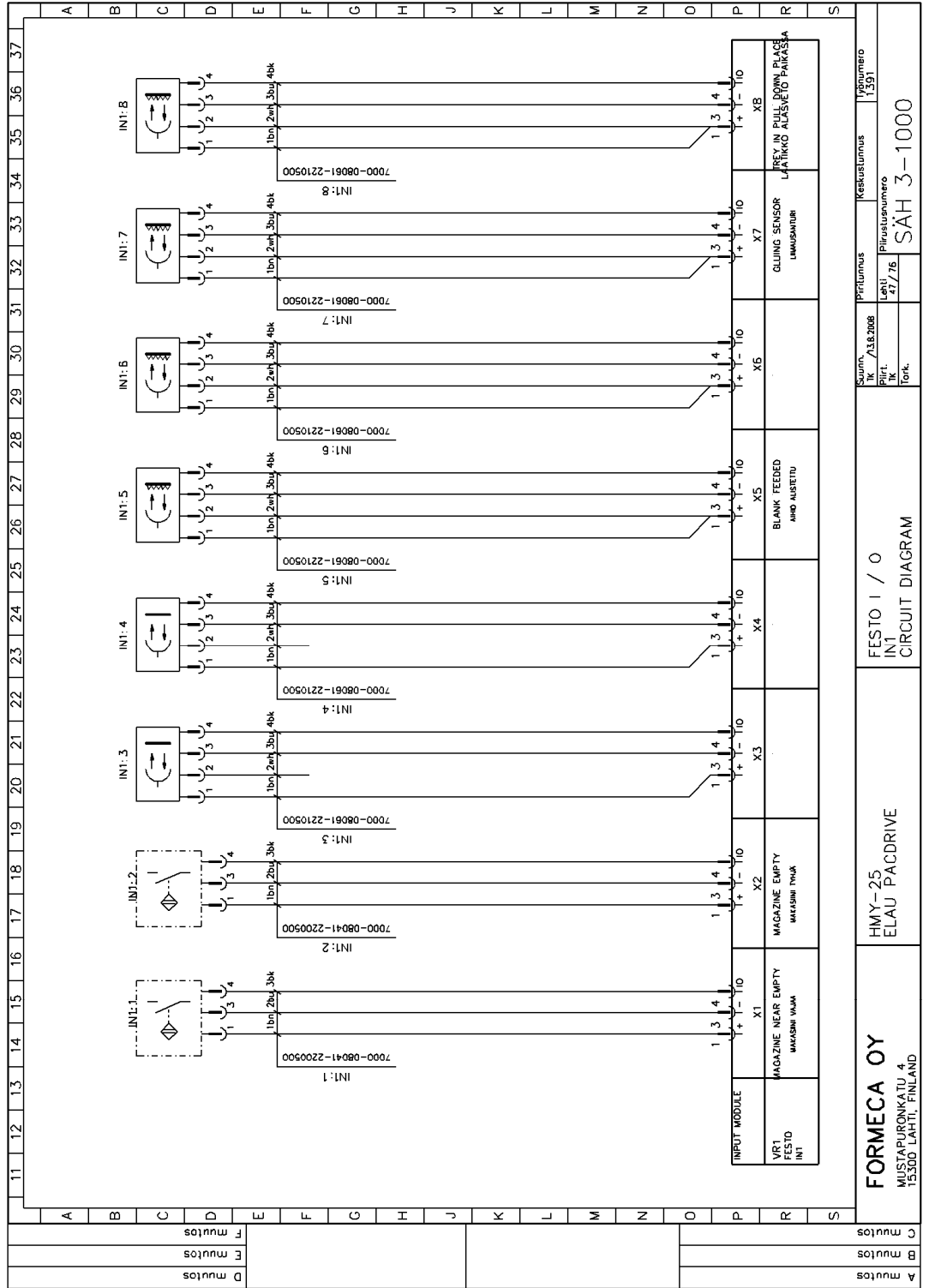
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S
<p>POWER SUPPLY ISH (P85)</p> <p>1e1: pink, no 1e2: mu</p> <p>HYBRID POWER CABLE</p> <p>6F11</p> <p>DB6S</p> <p>DB6S.1</p> <p>DISTRIBUTION BOX (DB-5)</p> <p>X1, X2, X3, X4, X5</p> <p>Blonk Transferi Siirtolaite 21M1 0.31kW 3~</p> <p>Plunger Pönnin 22M1 0.72kW 3~</p> <p>Blonk Feeding Alistus 23M1 0.31kW 3~</p> <p>M 3~</p> <p>M 3~</p> <p>M 3~</p>																
<p>FORMECA OY MUSTAPUUNKATU 4 15300 LAHTI, FINLAND</p>																
<p>HMY-25 ELAU PACDRIVE</p>																
<p>SERVOMOOTTORIT SERVO MOTORS CIRCUIT DIAGRAM</p>																
<p>SKUUSI IK 7/4.2008</p>																
<p>PIIRILINUMUS Lehti 6/76</p>																
<p>KÄSIRKUSTUNNUS RK</p>																
<p>PIIRIUSANUMERO SÄH 3-1000</p>																
<p>YHYSNUMERO 1391</p>																



A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S											
A mutos		B mutos		C mutos		D mutos		E mutos		F mutos		G mutos		H mutos		I mutos											
11		12		13		14		15		16		17		18		19											
20		21		22		23		24		25		26		27		28											
29		30		31		32		33		34		35		36		37											
FORMECA OY MUSTAPUUNKATU 4 15300 LAHTI, FINLAND																HMY-25 ELAU PACDRIVE		CAN Open / ETHERNET CAN Open / ETHERNET CIRCUIT DIAGRAM		Sisältö Ik. / 7/4 2008		Perustelumu Lehti Ik. / 7/76		Käsitelumu RKK		Pääsuome 139	
																SÄH 3-1000											

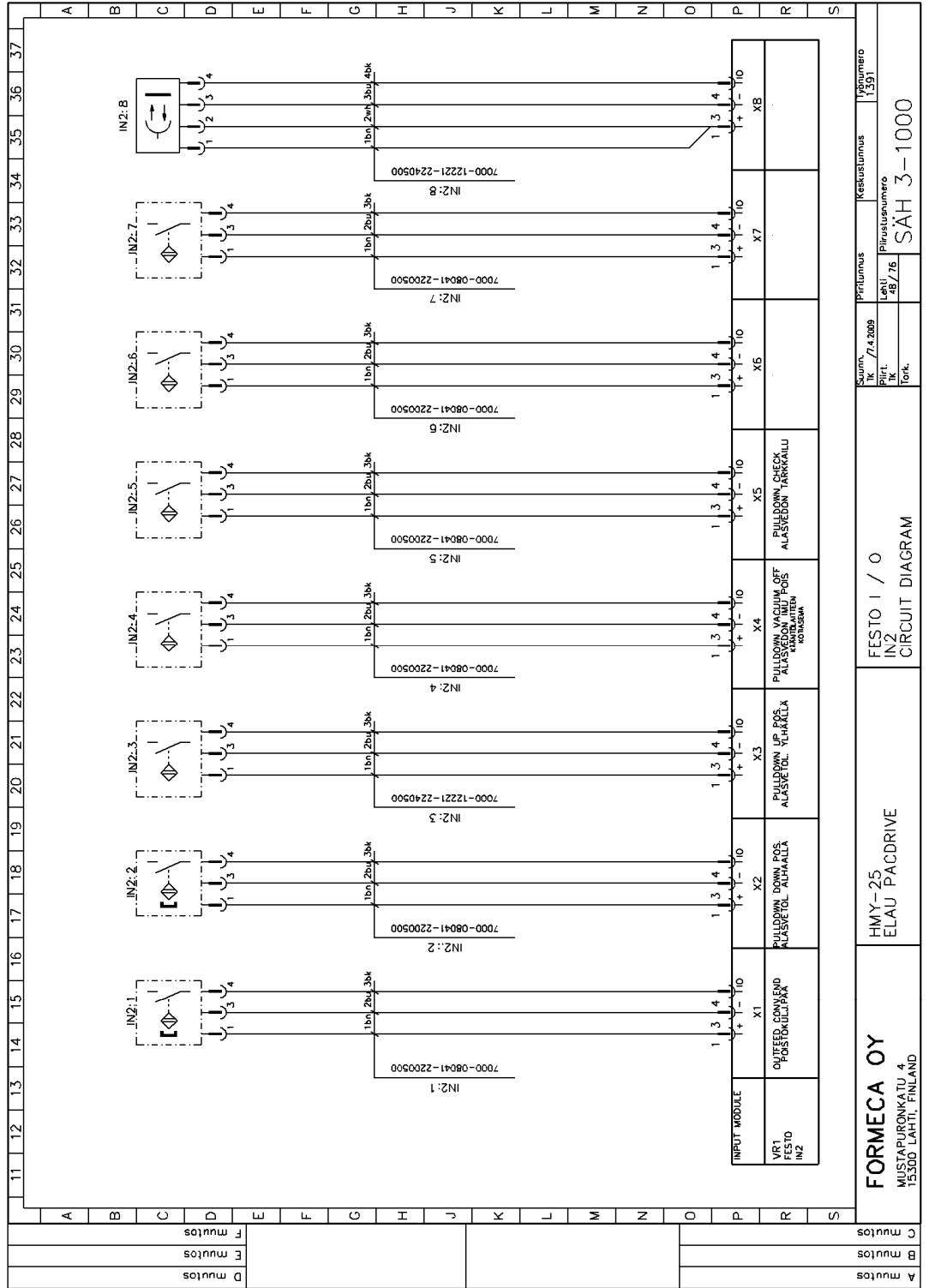


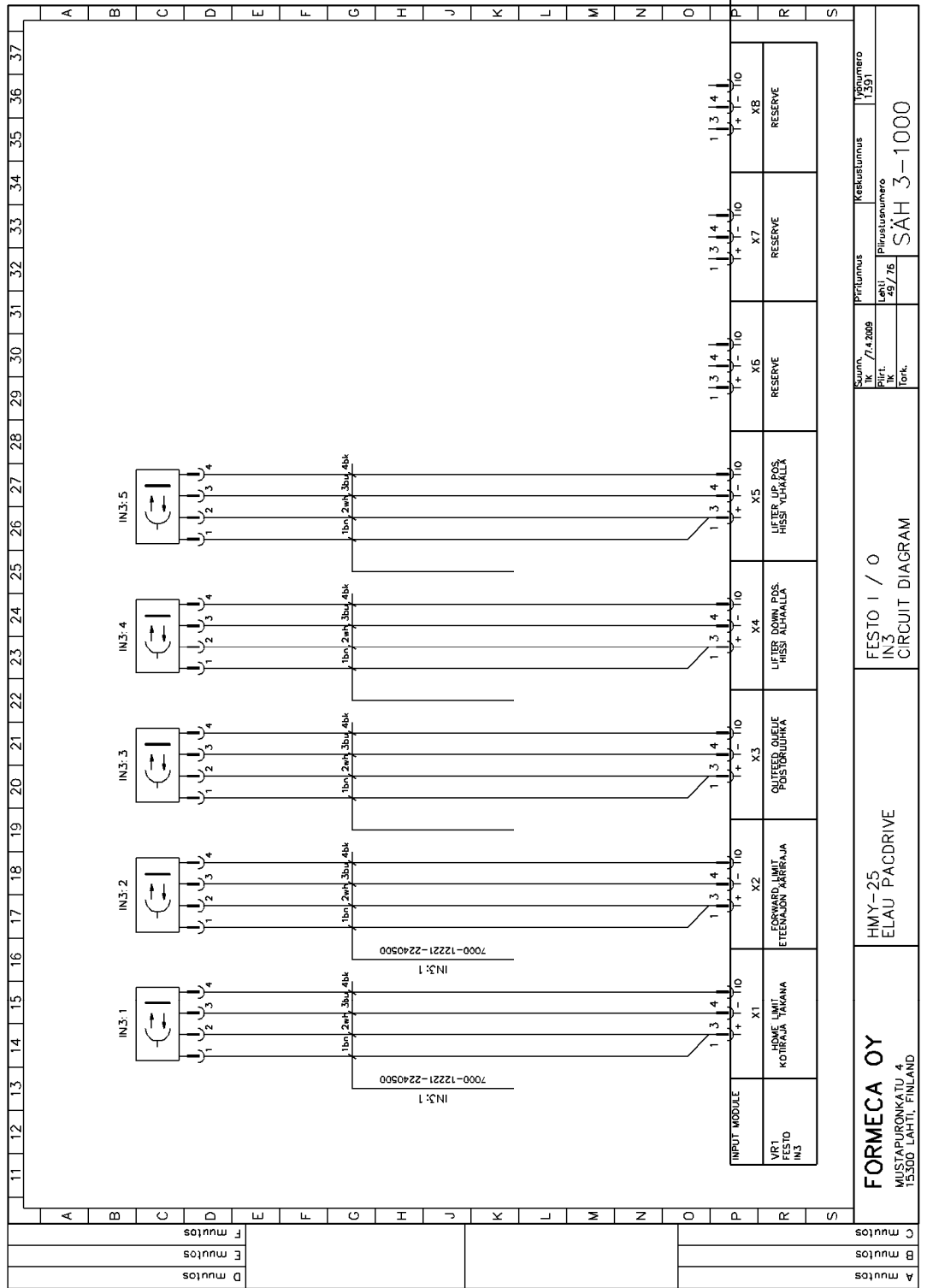
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S
<p>FORMECA OY MUSTARUOKKATU 4 15300 LAHTI, FINLAND</p>																
<p>HMY-25 ELAU PACDRIVE</p>																
<p>C400 TULOT I.08 - I.15 PLC INPUTS CIRCUIT DIAGRAM / CIRCUIT DIAGRAM</p>																
<p>Siirtokortti = 100 Lehti 42/76</p>																
<p>Keskustelu Rik Puhelin 1391</p>																
<p>SÄH 3-1001</p>																



A muttos		B muttos		C muttos	
D muttos		E muttos		F muttos	
G		H		I	
J		K		L	
M		N		O	
P		Q		R	
S		T		U	

FORMECA OY		HMY-25		Keskiluvutus	
MUSTAPUUNKATU 4		ELAU PACDRIVE		Päättönumero	
15300 LAHTI, FINLAND		FESTO I / O		139	
		CIRCUIT DIAGRAM		Päättönumero	
				Lehti	
				27/76	
				Päättönumero	
				SÄH 3-1000	





I/O-LISTA

HMY-25: ELAU PACDRIVE I/O- IISTA			
Start/käyntiin	I.00		C400 INPUT
Stop/seis	I.01		C400 INPUT
Control voltage/Ohjausjännite	I.02		C400 INPUT
Emergency stop/Hätä seis	I.03		C400 INPUT
Safety swich/Turva rajat	I.04		C400 INPUT
	I.05		C400 INPUT
Gluing unit ready/Liimalaite valmis	I.06		C400 INPUT
	I.07		C400 INPUT
	I.08		C400 INPUT
	I.09		C400 INPUT
	I.10		C400 INPUT
Suction arms vacuum switch/Alistuksen alipainekyllin	I.11		C400 INPUT
Pull down vacuum switch/Alasvedon alipainekyllin	I.12		C400 INPUT
	I.13		C400 INPUT
	I.14		C400 INPUT
	I.15		C400 INPUT
	I.16		C400 INPUT
E-stop-ELAU/Hätäseis tieto ELAU	I.17		C400 INPUT
Mains watch-ELAU	I.18		C400 INPUT
Inv enable active-ELAU	I.19		C400 INPUT
Machine run light/Kone käy valo	O.00		C400 OUTPUT
	O.01		C400 OUTPUT
Alarmtower green/Vihreä valo	O.02		C400 OUTPUT
Alarmtower yellow/Keltainen valo	O.03		C400 OUTPUT
Alarmtower red/Punainen valo	O.04		C400 OUTPUT
	O.05		C400 OUTPUT
	O.06		C400 OUTPUT
Message out/Viesti ulos	O.07		C400 OUTPUT
	O.08		C400 OUTPUT
	O.09		C400 OUTPUT
	O.10		C400 OUTPUT
	O.11		C400 OUTPUT
	O.12		C400 OUTPUT
	O.13		C400 OUTPUT
	O.14		C400 OUTPUT
Gluing/Liimaus	O.15		C400 OUTPUT

Magazine near empty/Makasiini vajaa	IN	IN1:1
Magazine empty/Makasiini tyhjä	IN	IN1:2
	IN	IN1:3
	IN	IN1:4
Blank feeded/Aihio alistettu	IN	IN1:5
	IN	IN1:6
Gluing sensor/Liimauskenno	IN	IN1:7
Trey in pull down place/Laatikko alasveto paikassa	IN	IN1:8
Outfeed conv end/Poistokulj. Pää	IN	IN2:1
Pull down down pos./Alasvetolaite alhaalla	IN	IN2:2
Pull down up pos./Alasvetolaite ylhäällä	IN	IN2:3
Pull down vacuum off/Alasvedon imu pois	IN	IN2:4
Pull down check/Alasvedon tarkkailu	IN	IN2:5
	IN	IN2:6
	IN	IN2:7
	IN	IN2:8
Hissi ylös	OUT	VR1:1
Laatikon Ulostyöntö	OUT	VR1:2
Makasiinin syöttö	OUT	VR1:3
Liimaus puristus	OUT	VR1:4
Aihio tuki	OUT	VR1:5
Alasveto	OUT	VR1:6
Res.	OUT	VR1:7
Res.	OUT	VR1:8
Alistu imu	OUT	VR1:9
Alistus puhallus	OUT	VR1:10
Alasvedon imu	OUT	VR1:11
Alasvedon puhallus	OUT	VR1:12
Res.	OUT	VR1:13
Res.	OUT	VR1:14
Home limit/Kotiraja takana	IN	IN3:1
Forward limit/Eteenajon ääriraja	IN	IN3:2
Outfeed queue/Poistoruuhka	IN	IN3:3
Lifter down pos./Hissi alhaalla	IN	IN3:4
Lifter up pos./Hissi ylhäällä	IN	IN3:5
	IN	IN3:6
	IN	IN3:7
	IN	IN3:8

PACDRIVE C400 A8 -TEKNISET TIEDOT

	Parameter	Value
Product configuration	Product ID code - C400 up to 16 SERCOS devices - C400 A8 up to 8 SERCOS devices (SERCOS devices = MC-4, SCL, PS-4)	PacDrive C400 / 10 / 1 / 1 / 1 / 00 PacDrive C400 / A8 / 1 / 1 / 1 / 00
	Order code - C400 up to 16 SERCOS devices - C400 A8 up to 8 SERCOS devices	13 13 02 61 13 13 02 61-001
Processor	CPU	Intel Pentium M / Celeron M 600 MHz
	RAM	256 MB
	L2 Cache	1 MB / 512 kB
	NVRAM	128 kB
	CompactFlash™ Disk	≥ 32 MB
	Real time clock (RTC)	yes (Battery, service intervall 5 years)
	Watchdog	yes (max. 60 V < 2 A)
	Diagnostics	alpha numeric diagnostic display, status LEDs
Operating System	Real-time operating system	VxWorks
Programming languages	Programming languages IEC 61131-3	Continuous Function Chart (CFC) Function Block Diagram (FBD) Instruction List (IL) Ladder Diagram (LD) Sequential Function Chart (SFC) Structured Text (ST)
Interfaces	Communication interfaces COM1 COM2	RS232 (X17) RS485 (X18)
	Network interface	Ethernet (10/100 Base-T) (X10)
	Fieldbus interfaces	PROFIBUS DP Master/Slave (12 MBaud) (X20) or CAN (2.0A) resp. CANopen (X19) DeviceNet Slave (cable adapter required)
	Motion bus interface	SERCOS interface (16 MBaud) (X14, X15)
	PacNet interface	2 PacNet interfaces (X12, X13)
	Encoder interface	1 SinCos encoder or 1 incremental encoder (X11)

	Parameter	Value
	HMI interface	Operator panels: RS485 using Modbus or PROFIBUS DP HMI software tools: OPC server (Windows NT/2000/XP or Windows CE)
	Remote Diagnostics interface	Modem
	Communication protocols	http, ftp, SMTP (email)
	Integrated trace recorder (software oscilloscope)	8 channels 1 ms resolution
	Integrated logger for diagnostic messages	27 kB
Performance	Motion performance C400	16 Servo axes @ 1 ms SERCOS cycle 16 Servo axes @ 2 ms SERCOS cycle 16 Servo axes @ 4 ms SERCOS cycle
	C400 A8	8 Servo axes @ 1 ms SERCOS cycle 8 Servo axes @ 2 ms SERCOS cycle 8 Servo axes @ 4 ms SERCOS cycle max. 255 cam profiles running in parallel
	PLC performance	7 μ s for 1000 Bit instructions unlimited number of PLC tasks PLC task types: continuous, periodic or event-triggered Cycle time Fast Task: 250 μ s Nominal I/O response time: 500 μ s (reading input, processing data, setting output)
PLS	Programmable limit switches (PLS)	max. 256 Type: dynamic Outputs: memory or digital outputs Inputs: external master encoder, virtual master encoder, or axes position Scan time: 250 μ s
I/Os	Integrated digital inputs (X3)	number: 20 (IEC61131-2) range U_{IN} 0 state: DC 0 ... 6 V range U_{IN} 1 state: DC 20 ... 33 V input current: I_{IN} = 5 mA on U_{IN} = 24 V pole safe: yes input filter: 1 or 5 ms programmable

Parameter	Value
Integrated analog inputs (X5)	number: 2 range U_{IN} : -10 ... 10 V (impedance 100 k) or range I_{IN} : 0 ... 20 mA (impedance 500 R)
Integrated interrupt inputs (X4)	number: 4 (IEC61131-2) range U_{IN} 0 state: DC 0 ... 6 V range U_{IN} 1 state: DC 20 ... 33 V input current: $I_{IN} = 5$ mA on $U_{IN} = 24$ V pole safe: yes input filter: 0.1 or 1 ms programmable
Integrated touchprobe inputs (X4)	number: 16 (IEC61131-2) range U_{IN} 0 state: DC 0 ... 6 V range U_{IN} 1 state: DC 20 ... 33 V input current: $I_{IN} = 5$ mA on $U_{IN} = 24$ V pole safe: yes input filter TP0 to TP15: 100 μ s resolution time TP0 to TP15: 10 μ s
Integrated digital outputs (X2)	number: 16 (IEC61131-2) output voltage: $(+UL-3 \text{ V}) < U_{OUT} < +UL$ rated current: $I_e = 250$ mA per output switch current: $I_{e\max} < 2$ A for 1 s leakage current 0 signal: < 0.4 mA transmission time: 100 μ s short-circuit-proof: yes supply output: DC 24 V (-15 %/+25 %) / 3A
Integrated analog outputs (X5)	number: 2 range U_{OUT} : -10 ... 10 V range I_{OUT} : recommended max. 2 mA
Additional digital and analog I/Os	via fieldbus max. 3.584 Bytes digital/analog inputs and max. 3.584 Bytes digital/analog outputs max. number of stations: 126 (PROFIBUS)
Additional fast digital I/Os	via PacNet max. 128 inputs and 128 outputs
Additional touchprobe inputs	via PacNet max. 128 touchprobe inputs
<i>Power supply</i> Power supply	DC 24 V (-15 % / +25 %) / max. 2.5 A without UPS and 4.0 A with UPS
Power consumption	max. 85 W
Uninterruptable power supply UPS	yes (optional), (service interval 3 years)

PACDRIVE C200 -TEKNISET TIEDOT

	Parameters	Value
Product-configuration	Type code - C200 to 8 SERCOS nodes (SERCOS node= MC-4, SCL, iSH)	PacDrive C200 / 10 / 1 / 1 / 1 / 00
	Order number - C200 to 8 SERCOS nodes	13 13 02 60
Processor	CPU	ST-PC VEGA 180 MHz
	RAM	128 MB
	L2 Cache	-
	NVRAM	128 kB
	CompactFlash™ card	≥32 MB
	Real time clock (RTC)	yes (battery maintenance interval: 5 years)
	Watchdog	yes (max. 60 V < 2 A)
	Diagnosis	alphanumeric diagnostic display, Status LEDs
Operating system	Real-time operating system	VxWorks
Programming-languages	Programming language IEC 61131-3 (CFC can also be used)	Instruction list (IL) ladder diagram (LD) function block diagram (FBD) sequential function chart (SFC) structured text (ST) Continuous function chart (CFC)
Interfaces	serial interfaces COM1 COM2	RS232 (X1) RS485 (X2)
	Network connection	Ethernet (10/100 Base-T) (X3)
	Field bus connection	PROFIBUS DP Master/Slave (12 MBaud) (X9) or CAN (2.0A) or CANopen (X10)
	Real-time bus interface	SERCOS interface (16 MBaud) (X6, X7)
	PacNet interface	1 PacNet interface (X5)
	Master encoder interface	1 SinCos master encoder or 1 incremental master encoder (X11)
	HMI interface	User display devices: RS485 (Modbus or PROFIBUS DP) HMI software tools: OPC server (for Windows NT/2000/XP or Windows CE)
	Diagnostic interface for remote maintenance	Modem
Communications protocols	http, ftp, SMTP (email)	

	Parameters	Value
	integrated trace recorder (software oscilloscope)	8 channels resolution 1 ms
	integrated data logger for diagnostic messages	27 kB
Output	Actuator power	4 servo axes: SERCOS cycle time 2 ms 8 servo axes: SERCOS cycle time 4 ms max. of 255 parallel motion profiles possible
	PLC output	Time for 1000 Bit instructions: 90 µs unlimited number of PLC processes type of PLC processes: continuous, periodic or event-driven Cycle time fast task: 1 ms nominal I/O response time: 2 ms (read in data, process, set output)
Cam switch group	Cam switch group	max. 256 cams dynamic switch group Outputs: Memory or digital outputs Inputs: external master encoder, virtual master encoder, axis position Processing time: 1 ms
I/Os	digital inputs	none
	analog inputs	none
	interrupt inputs	none
	Touchprobe inputs (X4)	Number: 6 (IEC61131-2) Range $U_{IN\ 0}$ Voltage: DC 0 ... 6 V Range $U_{IN\ 1}$ voltage: DC 20 ... 33 V input current: $I_{IN} = 5$ mA at $U_{IN} = 24$ V polarized: yes input filter TP0 to TP15: 100 µs resolution TP0 to TP15: 10 µs for a cycle time of 1, 2, 4 ms
	digital outputs	none
	analog outputs	none
	additional digital and analog I/Os	via field bus max. 3,584 bytes digital/analog inputs and max. 3,584 bytes digital/analog outputs max. number of stations: 126 (PROFIBUS)
	additional fast digital I/Os	via PacNet max. 64 inputs and 64 outputs
	additional Touchprobe inputs	via PacNet max. 16 Touchprobe inputs
Power supply	Power supply unit	DC 24 V (-15% / +25%) / max. 0.5 A (without master encoder)
	Power consumption	max. 12 W
	Uninterruptible Power Supply (UPS)	external
Dimensions and ambient conditions	Dimensions Dimensions packaging	see chapter Dimensions Width: 90 mm height: 400 mm depth: 300 mm

CPX-LIITÄNTÄMODUULI

	Field bus node/FEC	Addressing see
1.	CPX field bus node with Remote I/O operating mode, e.g.: – CPX-FB11, DeviceNet – CPX-FB13, PROFIBUS – CPX-FB14, CANopen – CPX-FB23, CC-Link	Section 1.2.2
	CPX front end controller with Stand Alone or Remote Controller operating mode: – CPX-FEC	
	CPX field bus node for Interbus with operating mode Remote I/O, e.g.: – CPX-FB6	Section B.1.1

Tab. 1/3: Addressing

1.1 Overview of the CPI system

Festo can assist you in solving your automation task at the machine level with the aid of valve terminals. Due to its modular structure, the CPI system from Festo enables you to integrate valve terminals and I/O modules optimally in your machines and systems.

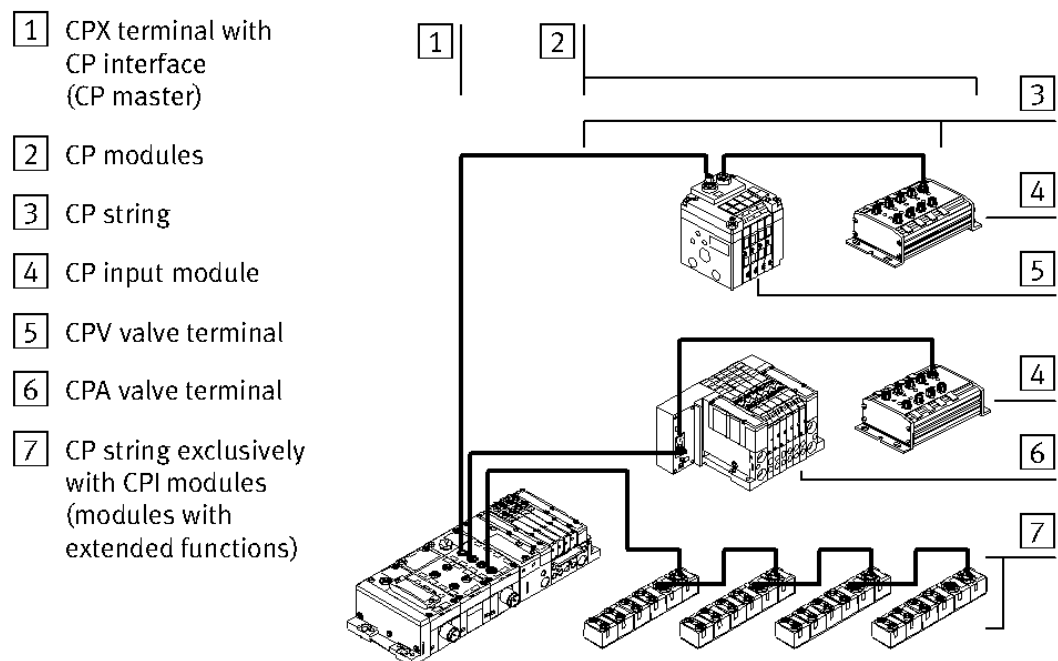


Fig. 1/1: Principle of CPI networking (example)

PACDRIVE PS-5 -TEKNISET TIEDOT

PacDrive PS-5

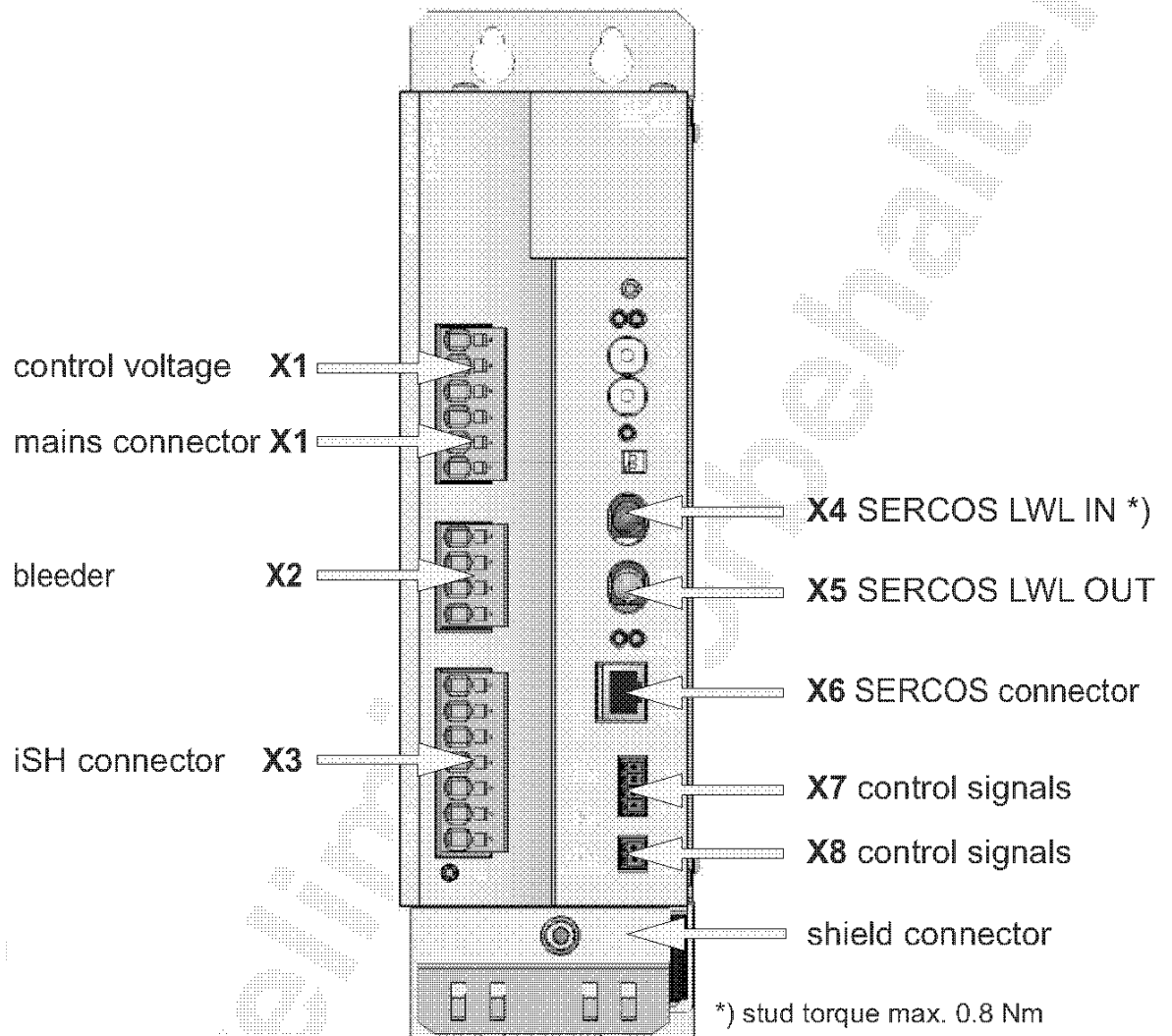
General

Technical data for PacDrive PS-5

Parameter	Value
Item name	PS-5 POWER SUPPLY ISH
Order number	13 13 02 65
Power supply - Rated supply voltage - Mains frequency - Control voltage / control current	Three-phase current 3 AC / 1 AC 220 V (-10%) to 480 V (+10%) 48 .. 62 Hz DC 24 V (-15%..+25%) / max 12 A Own consumption max. 1 A
DC bus - DC-bus voltage - Capacity - UBleeder ON - UBleeder OFF - Excess voltage	DC 270 V to 680 V 700 μ F DC 830 V DC 810 V DC 860 V
Brake resistor (internal) - Resistance - Permanent power - Peak power	23 ohm 200 W 28 kW
Brake resistor (external) - Resistance - Permanent power - Peak power	
Motor connection - DC-bus voltage - DC-bus permanent current - DC-bus peak current (1s) - Control voltage - Permanent current - Peak current (1 s) - Number of connectable DB-5	DC 270 V to 680 V 20 A (for power supply of 3 AC...) 10 A (for power supply of 1 AC...) 40 A DC 24 V (like input voltage) 12 A 24 A max. 6
Stray power - Electronics - Power unit	25 W 300 W
Inputs ie + / ie - (X7) - Input voltage / input current - Input filter	DC 20..30 V / 1 A 0.3 ms See "PacDrive Safety Manual"

Parameter	Value
Outputs ie1 / ie2 (X8) - Output voltage / output current	AC 10..15 V _{eff} / 2 A / 100 kHz See "PacDrive Safety Manual"
Outputs rdy (X7) - Relay outputs	DC 20..30 V / 2 A See "PacDrive Safety Manual"
Weight	4.2 kg
Ventilation	Internal fan
Ambient conditions - Protection class - Ambient temperature during operation - During storage and transport - Insulation - Excess voltage category - Excess voltage resistance - Degree of radio interference	IP 20 +5 ..+45 °C (+55 °C during reduced power -2% per K for INC and ISC) -25 .. +70 °C Degree of pollution 2..., dewing not permitted K III, T2 (DIN VDE 0110) Class 1 (DIN VDE 0160) Class A EN 55011 / EN 61800 - 3
Approval	CE, cULus (in preparation)

Table 7-1: Technical data for PacDrive PS-5



Optional module iSH-DIO8

Features:

- 8 bidirectional floating inputs/outputs (configurable in the control configuration)
- Connection via two M12 connectors (8-pin), each with 4 inputs/outputs
- Floating internal power supply of outputs up to 0.1 A total current for 8 inputs/outputs
- Maximum 2 A total output current via 8 outputs when using external supply voltage
- 0.5 A output current max. per output when using external supply
- Short-circuit detection and open-circuit detection on outputs
- Two inputs with special functions (touch probe, counter)

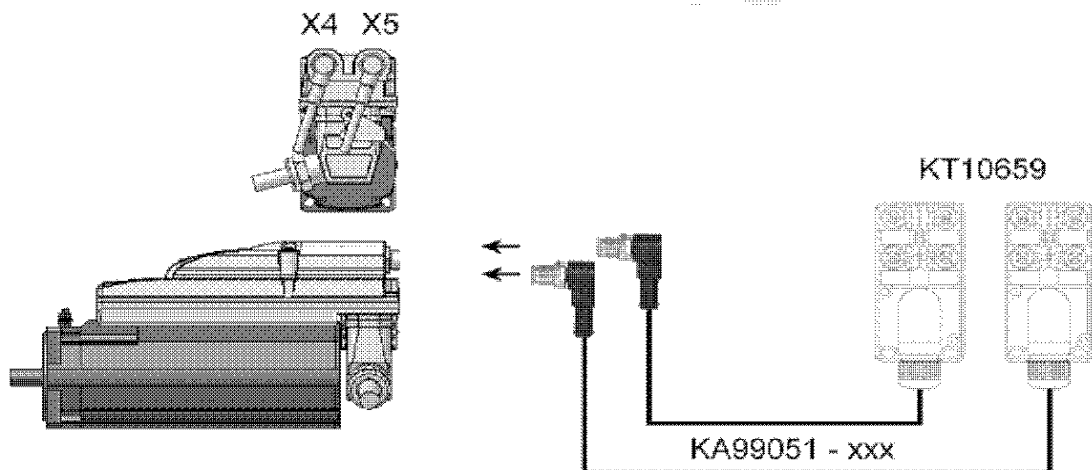


Figure 8-1: Connecting the DIO-4 M12 distributor to the iSH-DIO8 optional module

Technical data

Parameter	Value
Item name	iSH-DIO8 I/O module
Order number	13 13 02 67
iSH-DIO8 supply - Control voltage / control current	DC 24 V (-15% / +20%) When using internal I/O supply: max. 300 mA when using external I/O supply: max. 80 mA
Digital inputs - Number - Voltage in U_{IN} 0 range - Voltage in U_{IN} 1 range - Input current - Electrical isolation - Protected against reverse polarity - Input filter	8 (IEC61131-2 type I) DC -3 ... 5 V DC 15 ... 30 V $I_{IN} = 2$ mA when $U_{IN} = 15$ V 500 V floating opposite PE Yes 1 or 5 ms, configurable

ISH-SERVOMOOTTORIT

iSH-070

Technical data for PacDrive iSH-070

Reference data	Abbreviation [unit]	ISH-070 60 011	ISH-070 60 017	ISH-070 60 022
General data				
Standstill torque	M_0 [Nm]	1.1	1.7	2.2
Peak torque	M_{max} [Nm]	3.5	7.6	8.7
Rated motor speed	n_N [min ⁻¹]	6000	6000	6000
Rated torque	M_N [Nm]	0.5	1.15	1.15
Rated power	P_N [kW]	0.31	0.72	0.72
Electrical data				
Pole pair number	p	3	3	3
Wiring of motor winding		Y	Y	Y
Torque constant (120°C)	k_T [Nm/A _{rms}]	0.71	0.76	0.76
Winding resistance Ph-Ph (20°C)	$R_{U-V, 20}$ [Ω]	10.40	4.20	2.70
Winding resistance Ph-0 (120°C)	R_{120} [Ω]	7.23	2.92	1.88
Winding inductance Ph-Ph	L_{U-V} [mH]	38.8	19.0	13.0
Winding inductance Ph-0	L [mH]	19.4	9.5	6.5
Voltage constant Ph-Ph (20°C)	k_E [V _{rms} /kmin ⁻¹]	46	48	49
Standstill current	I_0 [A _{rms}]	1.55	2.5	3.0
Rated current	I_N [A _{rms}]	0.60	1.5	1.5
Peak current	I_{max} [A _{rms}]	5.7	11.8	12.0
Mechanical data				
Moment of inertia of the rotor	J_V [kgcm ²]	0.25 (0.35)	0.41 (0.51)	0.58 (0.88)
Maximum shock (all directions)	S [m/s ²]			
Maximum vibration (radial)	V_R [m/s ²]			
Maximum vibration (axial)	V_A [m/s ²]			
Weight	m [kg]	2.7 (3.0)	3.4 (3.7)	4.2 (4.7)
Thermal data				
Thermal time constant	T_{th} [min]	35	38	51
Response limit for thermal contact	T_{TK} [°C]	130	130	130
Brake data				
Holding brake		optional	optional	optional

Table 2-1: Technical data for iSH-070 without (with) brake

Technical data

General

Definitions

Ab- brevi- ations	Unit	Explanation
I_0	[A _{rms}]	Motor standstill current Effective value of the motor current at standstill torque M_0
I_N	[A _{rms}]	Rated current of the motor. Effective value of the motor current at rated torque M_N
I_{max}	[A _{rms}]	Peak current of the motor Effective value of the motor current at peak torque M_{max}
J_M	[kgcm ²]	Rotor moment of inertia The rotor moment of inertia refers to a motor with a rotor position encoder.
J_{tot}	[kgcm ²]	Moment of inertia Total moment of inertia (motor and load)
k_T	[Nm/A _{rms}]	Motor torque constant Quotient from standstill torque M_0 and standstill current I_{0M} (e.g. K_{T20} for 20 °C).
m	[kg]	Mass Motor mass without brake and without fan
M_0	[Nm]	Standstill torque of the motor Permanent torque (100% ED) when motor speed $< 5 \text{ min}^{-1}$. Depending on the thermal motor time constant, the motor winding will reach an overtemperature of 80 °C.
t_{th}	[min]	Thermal time constant
M_N	[Nm]	Rated torque of the motor. Permanent torque (100% ED) at rated torque n_N . As a result of speed-dependent losses, it is less than M_0 . Depending on the thermal motor time constant, the motor winding will reach an overtemperature of 80 °C.
M_{max}	[Nm]	Peak torque of the motor at I_{max} The torque at which the k_T value of the motor drops to $0.8 \times K_{T120}$ when the winding temperature is 120 °C.
n_N	[1/min ⁻¹]	Rated speed of the motor Motor speed useable at rated torque The idle running speed n_L and the mechanical limit velocity n_{limit} of the servomotor are higher.
P_N	[kW]	Mechanical rated power Mechanical rated power of the servo motor in the rated point at rated speed n_N and rated torque M_N .
R_{20}	[Ω]	Resistance of a motor winding Phase-phase winding resistance (e.g. R_{20} for a winding temperature of 20 °C).

