

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

TUTKINTOTYÖ

Jussi Kynäslahti

SEULAMODUULIN TESTAUS

Työn valvoja
Työn teettäjä
Tampere 2006

DI Mikko Numminen
Metso Minerals (Tampere), ohjaajana DI Hannu Heman

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Automaatiotekniikka

Kynäslahti, Jussi Antero

Tutkintotyö

Työn valvoja

Työn teettäjä

Työn ohjaaja

Maaliskuu 2006

Hakusanat

Seulamoduulin testaus

44 sivua + 3 liitesivua

DI Mikko Numminen

Metso Minerals (Tampere) Oy

DI Hannu Heman

CAN-väylä, seula, testaus

TIIVISTELMÄ

Murskaimien kanssa käytettävät seulayksiöt erittelevät kiviaineksen sen raekoon mukaan. Uusi seulamoduuli on kehitetty isoihin tela-alustaisiin murskauslaitoksiin itsenäiseksi moduuliksi, joka sopii moneen nykyiseen ja tulevaan murskainmalliin. Seulamoduuli saa voimansa ja ohjauksensa murskaimelta, joten tähän mennessä se on pystytty testaamaan täydellisesti kokoonpanon jälkeen vasta asiakkaan luona murskauslaitokseen kiinnitettynä. Työn tarkoituksena on kehittää testausjärjestelmä, joka mahdollistaa seulamoduulin täydellisen testauksen jo tehtaalla.

Työssä kehitettiin laitteisto, johon kuuluu hydraulikkakoneikko sekä ohjausyksikkö, jolla seulamoduulia ohjataan. Testauskäytäntöjä selvitettiin haastattelemalla testauksen tehneitä ihmisiä.

Lopullinen testauslaitteisto mahdollistaa seulamoduulin täydellisen testauksen jo valmistusvaiheessa. Laitteisto jäljittelee CAN-väylään liitettyjen komponenttien osalta täydellisesti murskauslaitoksessa olevaa järjestelmää. Moduulit on asennettu sähkökaappiin, jonka kannessa on käyttöliittymän sisältävä näyttö ja painikkeita, joista ohjaukset ja mittaukset suoritetaan.

TAMPERE POLYTECHNIC

Electrical Engineering

Automation Engineering

Kynäslahti, Jussi Antero

Thesis

Supervisor

Orderer

Instructor

March 2006

Keywords

Screen module testing

44 pages + 3 additional pages

MSc Mikko Numminen

Metso Minerals (Tampere) Oy

MSc Hannu Heman

CAN-bus, screen, testing

ABSTRACT OF THE THESIS

Screen units are used to screen rock material according to its granular size. This new screen module has been developed for large mobile crusher units as an independent module that is compatible with several present and future crusher models. The screen module gets its power supply and controls from the mobile crusher unit. Because of this, the complete testing of the screen module has only been possible after it has been mounted onto the final customer's mobile crusher unit. The purpose of this thesis is to develop a testing unit that makes it possible to test the screen module completely before it is sent to the final customer.

The result of this thesis was an installation which includes a hydraulic power unit and a control unit. The power unit supplies power to the screen module and the control unit is used to control the screen module. When designing the control unit, the testing routines were charted by interviewing the personnel that performed the testing.

The final testing equipment will make it possible to do a complete test on the screen module after its assembly. The equipment in the control unit is connected to the CAN-bus and it perfectly imitates the mobile crusher unit's automation system. The modules are installed in a cabinet. The GUI (Graphic User Interface) is on the front door of the cabinet, from which all controls and measurements are performed.

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENTEIDEN JA TERMIEN SELITYKSET	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tarkoitus	7
1.2 Yritys	7
1.3 Työn tavoitteet	9
2 LAITTEISTO	10
2.1 Murskaimet ja murskauslaitokset.....	10
2.2 Seulat	13
2.3 Automaatiojärjestelmä.....	14
2.3.1 IC700-järjestelmä	15
2.3.2 IC700-järjestelmän moduulit	16
2.4 CAN-väylä	20
2.4.1 Historia.....	20
2.4.2 Perusominaisuudet.....	20
2.4.3 Fyysinen kerros	20
2.4.4 Siirtoyhteyskerros.....	21
2.4.4.1 Kehysrakenne	22
2.4.4.2 Kilpavaraus.....	23
2.4.4.3 Virheiden käsittely	23
2.4.5 CANopen	24
3 SEULAMODUULIN TESTAUKSEN VALMISTELU	25
3.1 Testauksen tavoitteet	25
3.2 Seulamoduulin liitynnät.....	26
3.3 Seulamoduulin hydraulijärjestelmän tilavuusvirtoja säättävät ja ohjaavat venttiilit.....	27
3.3.1 Tilavuusvirtaa säättävät venttiilit	27
3.3.2 Tilavuusvirtaa ohjaavat venttiilit.....	28
3.4 Testaajien haastattelu.....	29
4 TESTAUSLAITTEISTON SUUNNITTELU	30
4.1 EETU (Electrical Enclosure Test Unit).....	30
4.2 Murskauslaitos simulaattori.....	31
4.3 Pienen seulamoduulin testaus	34

5 TESTAUSLAITTEISTON TOTEUTUS.....	35
5.1 Komponentit	35
5.2 Väylä.....	36
5.3 Tehonsyöttö	36
5.4 IO-liittynät.....	37
5.5 Hydrauliiikkakoneikon käyttökeskus	38
6 TULOKSET.....	40
7 TULOSTEN TARKASTELU	41
LÄHDELUETTELO.....	42
LIITTEET	

LYHENTEIDEN JA TERMIEN SELITYKSET

J1939	CAN-väylän ylemmän tason protokolla. Määritetty standardissa SAE1939.
LT	Lokotrack, Metson nimitys tela-alustaiselle murskauslaitokselle.
Hub	Keskitin.
IO	Input/Output.
CAN	Controller Area Network. Kenttäväyläprotokolla.
IC	Intelligent Control. Tela-alustaisissa murskauslaitoksissa käytettävä automaatiojärjestelmä.
AMPSEAL	Vesi- ja ilmatiivis liitintyyppi.
PWM	Pulse Width Modulation. Pulssin leveyden modulointi.
Terminointivastus	Päätevastus.
CiA	CAN in Automation. CAN-väylän ylemmän tason protokollien kehitystä tukeva järjestö.
ISO	International Standards Organization. Maailmanlaajuinen standardointijärjestö.
OSI	Open Systems Interconnection. ISO:n standardoima tietoliikennejärjestelmän kerrosmalli.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus

Murskauslaitoksien kanssa käytettävät seulayksiöt erittelevät kiviaineksen raekoon mukaan. Uusi seulamoduuli on kehitetty isoihin LT-murskauslaitoksiin itsenäiseksi moduuliksi, joka sopii moneen nykyiseen ja tulevaan LT-murskauslaitosmalliin. Seulamoduuli saa voimansa ja ohjauksensa murskaimelta, joten tähän mennessä se on pystytty testaamaan täydellisesti kokoonpanon jälkeen vasta asiakkaan luona murskauslaitokseen kiinnitettynä. Työn tarkoituksena on kehittää testausjärjestelmä, joka mahdollistaa seulamoduulin täydellisen testauksen jo tehtaalla.

1.2 Yritys

Metso-konserni

Metso syntyi, kun Valmet Oy ja Rauma Oy yhdistyivät 1.7.1999. Valmet oli paperi- ja kartonkikonevalmistaja ja Rauman toiminta keskittyi kuituteknologiaan, kivenmurskaukseen ja virtauksensäätöratkaisuihin. Sulautumisesta syntyi maailmanlaajuinen prosessiteollisuutta palveleva laitetoimittaja. Metso-konserniin kuuluu neljä liiketoiminta-aluetta: Metso Paper, Metso Minerals, Metso Automation ja Metso Ventures.

Metso Paper on paperin-, pehmopaperin-, kartongin- ja sellunvalmistuslinjojen johtavia toimittajia maailmassa. Sen tuotevalikoimat ja palvelut kattavat asiakkaiden koko tuotantoketjun massanvalmistuksesta valmiiden paperirullien pakkaukseen.

Metso Minerals toimittaa kiven- ja mineraalienkäsittelyjärjestelmiä louhoksille, kaivosteollisuudelle, murskeentuottajille ja maanrakennusteollisuudelle.

Metso Automation toimittaa kone- ja prosessiautomaatoratkaisuja maailmanlaajuisesti sellu- ja paperiteollisuudelle sekä energia- ja prosessiteollisuudelle.

Metso Ventures koostuu Metso Panelboardista (puulevyteollisuuden tuotantolinjoja), Metso Powdermetista (konetekniikan komponentteja Metso Automationille ja Mineralsille), Metson valimoista sekä Valmet Automotivesta (autojen valmistus).

/10/

Metso Minerals

Metso osti Svedala Industri AB:n syyskuussa 2001. Siitä lähtien Metso Minerals on koostunut yksiköistä, jotka yhdistyivät Nordberg-Lokomo Oy:n ja Svedalan yhteenliittymisessä. Metso Mineralsilla on toimipisteitä yli sadassa maassa ja tuotantolaitoksia kahdessakymmenessä maassa.

Koko Metson 23 000:sta työntekijästä 8000 kuuluu Metso Mineralsiin. Koko Metson liikevaihto vuonna 2004 on n. 4 miljardia euroa, josta Metso Mineralsin osuus on 33%.

Metso Minerals tarjoaa laitteita, palveluja ja prosessiratkaisuja louhinta- ja kiviaineksen käsittelyyn, kaivostoimintaan ja mineraalien käsittelyyn, yhdyskuntarakentamiseen sekä kierrätykseen ja jätteenkäsittelyyn.

Tuotevalikoima koostuu erilaisista kiinteistä ja liikkuvista murskauslaitoksista, murskaimista, kuljettimista, seuloista, rikastuslaitoksista sekä vara- ja kulutusosista edellä mainittuihin tuotteisiin. /10/

Metso Minerals (Tampere Oy)

Metso Mineralsin (Tampere Oy) edeltäjä Oy Lokomo Ab perustettiin 1915. Kivenmurskainten valmistus alkoi 1921. Nykyinen nimi Metso Minerals (Tampere) syntyi Valmetin Oy ja Rauman Oy:n fuusion yhteydessä vuonna 2001. Metso Mineralsin Tampereen henkilöstömäärä oli v. 2004 498 henkilöä ja liikevaihto samana vuonna oli 180 milj. euroa. Viennin osuus on n. 88% tuotannosta. Päämarkkina-alueet ovat Pohjoismaat, Eurooppa, Kaakkois-Aasia ja Pohjois-Amerikka. Tampereella valmistetaan ja suunnitellaan leuka- ja karamurskaimia, tela- ja pyöräalustaisia murskainyksiköitä, kiinteitä ja siirrettäviä murskauslaitoksia sekä syöttimiä, seuloja ja kuljettimia sekä näiden vara- ja kulutusosia. /10/

1.3 Työn tavoitteet

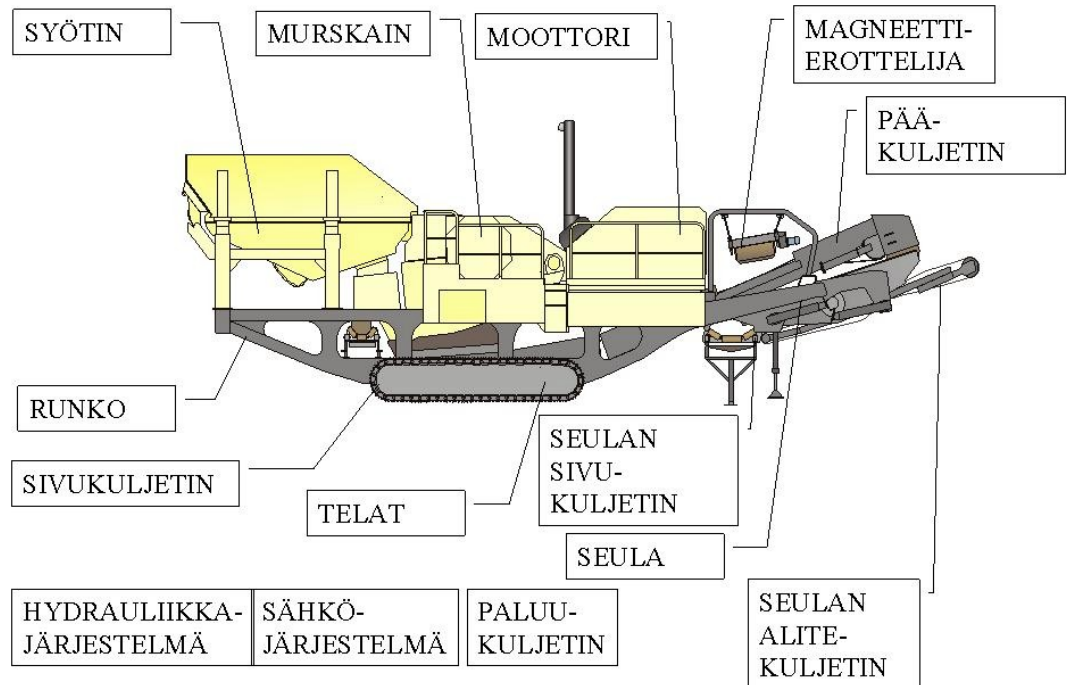
Louhoslaitoksiin luokitettaville, isoille tela-alustaisille murskauslaitoksille (LT60T-tuoteperhe) on alettu valmistaa erillistä seulamoduulia, jonka asiakas voi ostaa murskauslaitokseen jälkeensä tai uuden murskauslaitoksen hankinnan yhteydessä. LT60T-murskauslaitoksissa käytetään IC700-automaatiojärjestelmää. Automaatiojärjestelmä perustuu Epec Oy:n valmistamiin näyttö-, Hub- ja IO-moduuleihin.

Työn tavoitteena oli suunnitella ohjausyksikkö seulamoduulin testausta varten. Seulamoduuli ei voi toimia yksistään, koska se saa käyttövoiman ja ohjauksen murskauslaitokselta. Ohjausyksikön tulisi pystyä simuloimaan murskauslaitosta mahdollisimman tarkasti eli sen tulisi pystyä tekemään samat mittaukset ja ohjaukset kuin murskauslaitoksen logiikka. Ohjausyksikköön kuuluu käyttövoiman tuottava hydraulikoneikko. Valmis ohjausyksikkö mahdollistaa testauksen, joka ei ole ennen ollut mahdollista seulamoduulin ollessa tehtaalla.

Työssä on keskitytty lähinnä testauksen sähkö- ja automaatiopuoleen, mutta seulamoduulin rakenteen ja laitteiden ominaisuuksien takia on tarvittu myös perehtymistä hydraulikkaan ja konetekniikkaan.

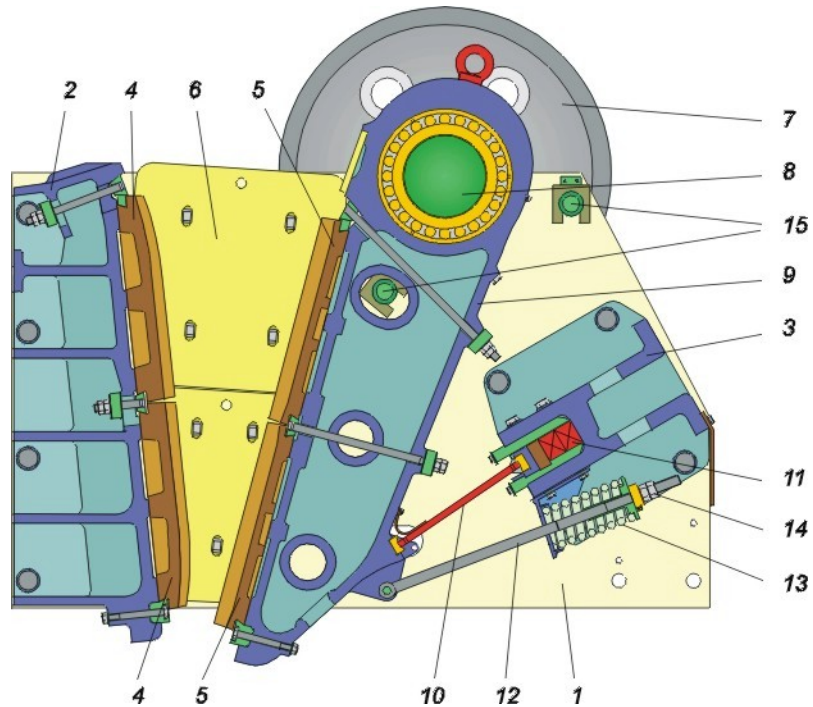
2 LAITTEISTO

2.1 Murskaimet ja murskauslaitokset



Kuva 1 Tela-alustainen murskauslaitos ja seulamoduuli

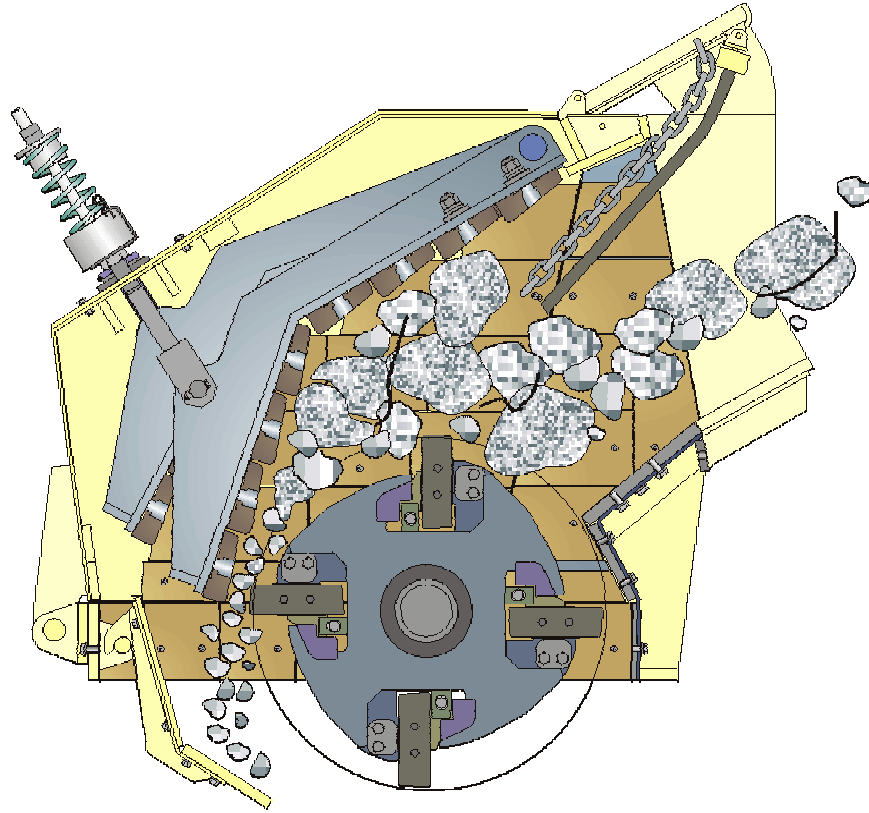
Metso Minerals (Tampere Oy) valmistaa kivenmurskauksessa käytettäviä leuka- ja karamurskaimia, tela- ja pyörialustaisia murskainyksiköitä, kiinteitä ja siirrettäviä murskauslaitoksia sekä syöttimiä, seuloja ja kuljettimia sekä niiden vara- ja kullusosia. LT60T (60 tonnin painoluokka) on Metson Tampereella valmistettavien isojen tela-alustaisten murskauslaitosten mallisarja. Siihen kuuluvat murskauslaitosmallit LT1315, LT1415, LT110 ja LT3054. LT1315 ja LT1415 ovat iskupalkkimurskaimia (kuva 3), joissa mallimerkinnän kaksi ensimmäistä numeroa kertovat roottorin halkaisijan ilman iskupalkkeja ja kaksi jälkimmäistä numeroa iskupalkkien pyörimiskehän ulkoradan halkaisijan. Kummatkin mitat ovat desimetreinä. LT110 ja LT3054 ovat leukamurskaimia (kuva 2). Mallimerkintä LT110 tarkoittaa leukamurskaimen leukojen leveyttä senttimetreinä.



Kuva 2 Leukamurskaimen periaatekuva /3/

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1. Sivulevy | 9. Heiluri |
| 2. Etupääty | 10. Työnninlaatta |
| 3. Takapäätty | 11. Säätekiilat |
| 4. Kiinteä leuka | 12. Palautintanko |
| 5. Liikkuva leuka | 13. Palautinjousi |
| 6. Sivukiilat | 14. Jousen lukitusosa |
| 7. Vauhtipyörä | 15. Välitanko |
| 8. Epäkeskoakseli | |

Leukamurskaimessa murskaus tapahtuu puristamalla. Murskaimessa on kaksi leuka, joista kuvassa 2 vasemmalla puolella oleva on kiinteä ja oikeanpuoleinen on kiinnitetty epäkeskoakseliin. Vauhtipyörän pyöriessä epäkeskoakseliin kiinnitetty leuka liikkuu edestakaisin ja kivet puristuvat leukojen väliin. Leukojen alareunan etäisyyttä muuttamalla pystytään säätämään kivimurskan maksimiraekoko. Tämä murskaustapa soveltuu iskupalkkimurskainta paremmin kuluttaville kivilaaduille.



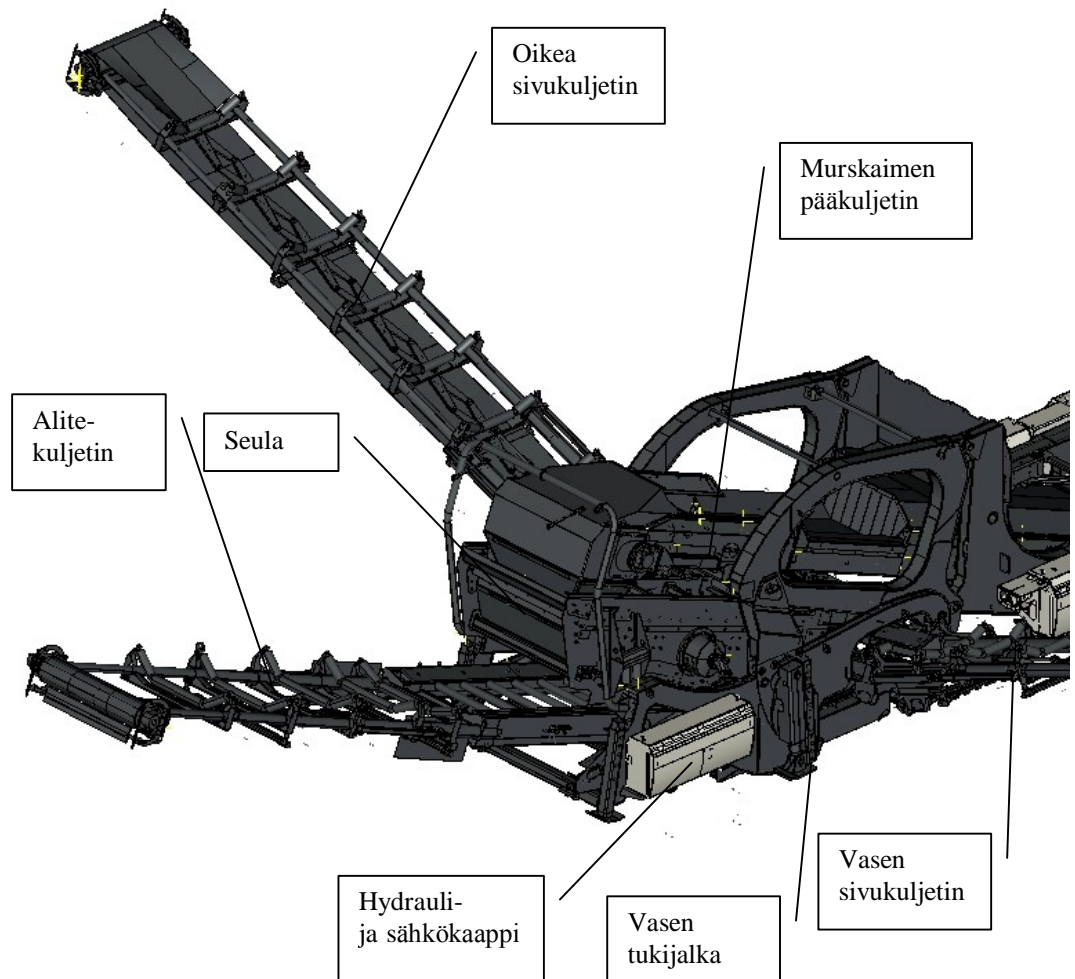
Kuva 3 Iskupalkkimurskaimen periaatekuva /3/

Iskupalkkimurskaimessa (Kuva 3) syötin kuljettaa kiviainesta murskaimeen kuvas-
sa oikealta suunnalta. Kivet osuvat rottorin iskupalkkeihin ja törmäyksen voi-
masta ne sinkoutuvat iskulevyihin. Murskautumisesta 60 % aiheutuu iskupalkin
törmäyksestä, 30 % iskulevyihin osumisesta ja loput kivien törmäilystä toisiinsa.

Lisäksi tela-alustaisissa murskainyksiköissä käytetään karamurskaimia, mutta kos-
ka niiden ohjaamiseen käytetään automaatiojärjestelmän eri versiota, niiden tarkka
esittely ei ole tarpeellista tämän työn puitteissa.

2.2 Seulat

Seulojen tarkoitus on erotella kivimurskaa raekoon mukaan haluttuun paikkaan. Seulan pääosia ovat seulaverkot ja kuljettimet. Seulaverkkoja voi olla useita, jolloin saadaan monta eri lopputuotetta. Jokaiselle lopputuotteelle on oma hihnakuljetin, joka kuljettaa kiviaineksien kasaan tai jatkoprosessiin. Seulaverkot ovat valmistettu kumista, muovista tai metallista. Hydraulimoottoriin kytketty epäkeskoakseli tärnistää seulaa ja saa kivimassan liikkumaan eteenpäin verkon päällä. Pienikokoinen rae joko putoaa verkon läpi alemmalle, pienisilmäiselle seulaverkolle (2-tasoseula) tai kuljettimelle. Seulaverkon silmien koko valitaan lopputuotteen haluttuun raekoon mukaan. Seuloja valmistetaan tela-alustaisiin murskauslaitoksiin kiinnitettäväksi sekä itsenäisiksi, kiinteiksi tai liikkuviksi yksiköiksi.



Kuva 4 Seulamoduulin rakenne

Seulamoduuli on LT60T-sarjan murskauslaitoksiin liitettävä optio, joka voidaan moduulirakenteensa ansiosta liittää uuteen murskauslaitokseen tai asentaa jo käytössä olevaan. Se ei voi toimia yksin, koska se saa voimansa murskauslaitoksen hydraulijärjestelmästä ja ohjauksen murskauslaitoksen logiikalta. Seulamoduulissa on kaksitasoseula eli kaksi seulaverkkoa. Vakiona seulassa on alite- ja sivukuljetin. Lisäksi siihen voidaan liittää toinen sivukuljetin tai paluukuljetin takaisin prosessiin. Alitekuljettimelle päättyy seulaverkkojen läpi putoava raekooltaan pieni kiviaines. Sivukuljettimelle päättyvä kiviaines on ensimmäisen tai toisen seulatason verkkoa läpäisemätöntä, isokokoisempaa kiviainesta. Toisen sivukuljettimen tilalla voi olla myös paluukuljetin, joka ohjaa kiviaineksen takaisin murskaimelle uudelleen murskattavaksi.

2.3 Automaatiojärjestelmä

IC700-ohjausjärjestelmän komponentit ovat seinäjokelaisen Epec Oy:n valmistamia. Epec on erikoistunut suunnittelemaan ja valmistamaan liikkuvien työkoneiden koneenohjausjärjestelmiä sekä näihin liittyviä informaatiojärjestelmiä ja toimistosovelluksia. Samoihin moduuleihin perustuvia järjestelmiä käytetään mm. metsäkoneissa, kaivosteollisuuden koneissa ja muissa raskaissa työkoneissa.

Ohjausjärjestelmä perustuu itsenäisiin ja älykkäisiin moduuleihin. Moduulit on liitetty toisiinsa standardoidun CAN-väylän avulla, jolloin ne muodostavat muuntautumiskykyisen kokonaisjärjestelmän. Moduuleiden I/O-rajapinta on avoin, minkä ansiosta niihin voidaan liittää eri valmistajien hydraulii- tai sähkökomponentteja. Tämä takaa sen, että järjestelmä on helppo rakentaa ja päivittää jos tarve vaatii. /6/

2.3.1 IC700-järjestelmä

IC700-järjestelmä on kehitetty LT-sarjan murskauslaitoksiin, jotka on varustettu iskupalkki- tai leukamurskaimella. Numerot IC:n perässä erottelevat automaatiojärjestelmän eri murskauslaitostyyppisiin käytetyt versiot. Yleisnimitys näille kaikille on pelkkä IC. IC700-järjestelmän tärkeimpiä toimintoja ovat:

- käyttäjien ja koneen suojaus
- ohjausjärjestelmän ja koneen vianmääritys
- ohjausjärjestelmän ja koneen valvonta
- koneen ja prosessin ohjaus
- tiedonsiirto muihin LT-sarjan koneisiin.

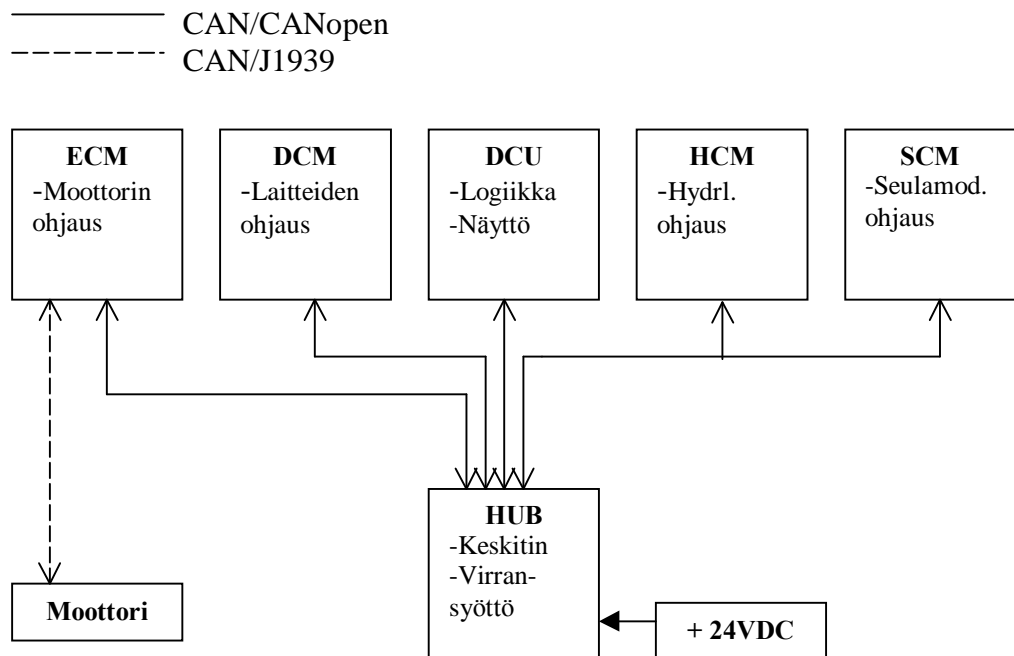
IC700 on kenttäkäyttöön suunniteltu sulautettu tietokonejärjestelmä, joka muodostuu seuraavista osista:

- laitteen ohjausmoduuli (DCM)
- virtalähde ja keskitin (Hub)
- hydrauliiikan ohjausmoduuli (HCM)
- moottorin ohjausmoduuli (ECM)
- seulan ohjausmoduuli (SCM) (lisävaruste)
- yksikön ohjausnäyttö (DCU)
- CAN-väylä.

IC700-järjestelmä valvoo seuraavia kohteita:

- lämpötilat
- paineet
- pyörimisnopeudet
- polttoaine- ja öljymäärät
- venttiilien asennot
- turva- ja hätäkytkimet
- moottorin toiminta
- generaattorin hälytykset

- suodattimien kunto
- käyttötunnit
- hälytykset ja koodit. /4/

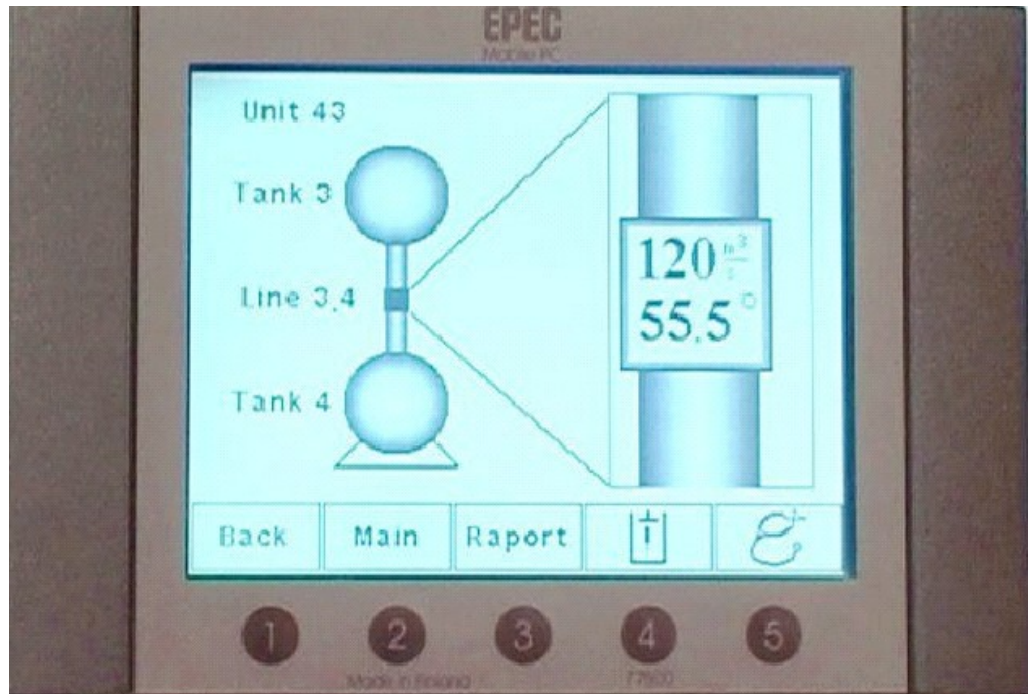


Kuva 5 Automaatiojärjestelmän lohkokaavio

2.3.2 IC700-järjestelmän moduulit

Moduulit ovat yhteydessä toisiinsa CAN-väylän avulla, jonka ylempänä protokollana toimii CANopen. Moduulien tiedonsiirto PC:lle tai PC:ltä hoidetaan Epecin omalla E-tools-ohjelmalla. Tietokone yhdistetään USB-CAN-muuntimen tai PCMCIA-kortin avulla CAN-väylään. Moduulien IO-rajapinta sisältää digitaali-, pulssi- ja analogiatuloja sekä PWM- ja digitaalilähtöjä. Kaikissa moduuleissa on mahdollista ottaa väylän terminointivastus (päättää väylän) ohjelmallisesti käyttöön.

Näyttömoduuli 2025 DCU



Kuva 6 Näyttömoduuli /2/

Näyttömoduuli on suunniteltu erityisesti mobiilikäyttöön. Tämän johdosta laite on suunniteltu kestävämmän suuria lämpötilan vaihteluita, tärinää ja kosteutta. Laitteen suojausluokka on IP65. Suositeltu käyttöjännite on 24 VDC, mutta laite toimii jännitteillä välillä 10 - 30 VDC. Prosessorina on sulautettu 486-prosessori ja käyttöliittymänä on viisi näppäintä etupuolella, joiden toiminta näkyy näytön alareunassa. Näyttö on tarkkuudella 320 x 240 toimiva harmaasävyinen LCD-näyttö. Takaseinällä on 8- ja 24-napaiset ja vesitiiviit AMPSEAL-liittimet. Näihin on mahdollista kytkeä kaksi CAN-väylää ja kaksi RS232/485 tiedonsiirtoporttia. Näyttöön on myös mahdollista liittää näppäimistö tai hiiri. /2/

IO-Moduuli 2024 SCM (Screen Control Module)



Kuva 7 IO-moduuli /1/

IO-moduulin koteloinnin suojausluokka on IP67. Käyttöjännite on sama kuin näyttömoduulilla. Moduuliin voi tallentaa 248 16-bittistä parametria. Moduulissa on sisäänrakennettuna ylijännite ja -kuumentumissuoja. 8-napaisella AMPSEAL-liittimellä voidaan kytkeä moduuli kahteen CAN-väylään. Moduuli on valmiiksi yhteensopiva CANopen-protokollan kanssa. Kolme 23-napaista AMPSEAL-liitintä on tarkoitettu lähtöjen ja tulojen kytkentään. IO:t koostuvat digitaali-, pulssi- ja analogiatuloista sekä PWM- ja digitaalilähdöistä. Näitä on yhteensä 52 kpl ja niiden tyyppi pystyy asettamaan ohjelmallisesti. IC700-järjestelmässä käytetyt IO-moduulit on nimetty seuraavasti: ECM = Engine Control Module, HCM = Hydraulics Control Module, DCM = Device Control Module ja SCM = Screen Control Module (ks. kuva 5). /1/

Keskittinmoduuli 2021 Hub



Kuva 8 Hub-moduuli /11/

Hub-moduulia käytetään kuvan 5 mukaisesti automaatiojärjestelmän keskittimenä. Virransyöttö muille moduuleille hoidetaan hubin kautta. Moduuli pystyy syöttämään maksimissaan 34 A lyhytaikaista ja 17 A jatkuvaa virtaa. Muut moduulit maadoitetaan keskitetysti hubille. Jos käytetään suojattuja väyläkaapeleita, jätetään moduulin puoleisen kaapelin suojavaipan pää kytkemättä ja hubin puoleinen pää maadoitetaan hubiin. Hub-moduulin koteloinnin suojausluokka on IP67 eli sama kuin IO-moduulilla. Moduulissa on sisäänrakennettuna ylikuumentumissuoja. Hubilla on yksi 23-napainen AMPSEAL-liitin IO:iden kytkentää varten. IO:iden tyytit ovat samat kuin IO-moduulilla, mutta hubilla liittymöitä on 16 kpl ja jokaisen tyyppi pystytään samoin asettamaan ohjelmallisesti. Neljä 8-napaista AMPSEAL-liitintä on tarkoitettu CAN-väylien kytkentään. Hub-moduulin pystytään liittämään 2 - 8 CAN-väylää väylän nopeudesta ja tyypistä riippuen. Hub tukee CANopen protokollaa. /11/

2.4 CAN-väylä

2.4.1 Historia

CAN-väylän kehitti alunperin 1980-luvulla Robert Bosch GmbH. Se on autojen säätöjärjestelmien väliseen viestintään kehitetty sarjaväylä. Elektroniikan ja säätöjärjestelmien lisääntyessä ja monimutkaistuessa perinteiset johdotukset ja liitännät tulivat liian monimutkaisiksi ja tilaa vieviksi. Lisäksi jonkin mittauksen tuottamaa tietoa voidaan tarvita monessa eri paikassa. Ensimmäisiä käyttökohteita olivat lukkiintumattomat jarrut ja luistonestojärjestelmä. Autoteollisuudesta CAN-väylä on levinnyt maatalouskoneisiin, metsäkoneisiin ja muihin työkoneisiin, kulkuvälineisiin sekä hisseihin, lääkintälaitteistoihin ja koneteollisuuteen. /7/

2.4.2 Perusominaisuudet

CAN-väylällä monta solmua voi lähettää tietoa yhtäaikaan. Viesteillä on tunniste, joka sisältää myös prioriteettiarvon. Muihin väyliin verrattuna CAN-väylän viestit eivät tarvitse vastaanottajan osoitetta (node-id) vaan viesti lähetetään kaikille solmuille, joista jokainen päättää tunnisteen perusteella tarvitsevatko ne viestiä. Jos kaksi solmua lähettää yhtäaikaan viestin väylälle, niin vain ylempiarvoinen pääsee läpi ja alempiarvoinen jää odottamaan väylän vapautumista. /7/

2.4.3 Fyysinen kerros

CAN on topologialtaan bus-tyyppiä eli väyläkaapeli kulkee jokaisen solmun kautta ja se päätetään kummastakin päästä terminointivastuksin. Väylään liitettävien asemien maksimimäärä riippuu solmujen lähetin-vastaanotin-kytkennöistä. Loogista solmujen maksimimäärää ei ole. Käytännössä valmiilla piireillä toteutetuissa väylissä maksimimäärä on 100-200 asemaa. Toistimien käytöllä voidaan asemien määrää lisätä, mutta tämä vähentää enimmäispituutta, koska siirtotien viive kasvaa.

Maksimitiedonsiirtonopeus on 1 Mbit/s väylän pituuden ollessa 25 m. Tiedonsiirtonopeudella 50 kbit/s väylän pituus on 1000 m. /7/

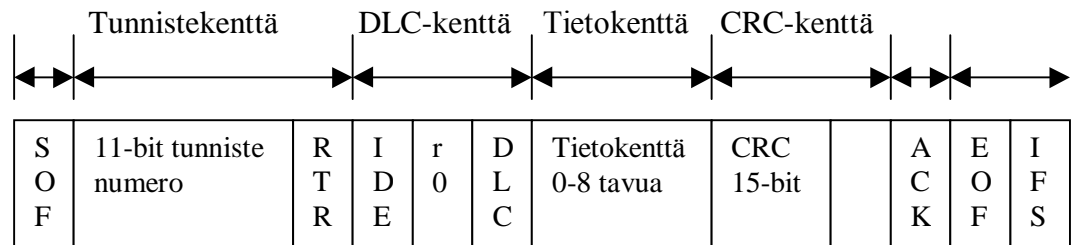
Bitit koodataan väylälle siten, että nollabitti kumoaa ykkösbitin. Kahden solmun kirjoittaessa väylälle yhtäaikaan ykkös- ja nollabittin, niin vain nollabitti näkyy väylällä. Ykkösbitin kirjoittanut solmu saa tiedon, että sen kirjoittama bitti on hylätty. Tätä sanotaan kilpavarausperiaatteeksi, jossa nollabitti on dominoiva ja ykkösbitti on resessiivinen.

ISO:n CAN-standardissa vaaditaan CAN-väylälle parikaapeli (ISO 11898). Pienillä matkoilla ja tiedonsiirtonopeuksilla riittää normaali parikaapeli, mutta suurilla tiedonsiirtonopeuksilla ja matkoilla, varsinkin häiriöisissä ympäristöissä, suositellaan kierrettyä ja suojattua parikaapelia. Liitintä ei ole standardoitu, mutta siltä vaaditaan tiettyjä sähköisiä ominaisuuksia. /8/

2.4.4 Siirtoyhteyserros

CAN protokolla käyttää objektiorientoitunutta tiedonvälitystä. Tämä tarkoittaa, että asemilla ei ole muista väylätyypeistä poiketen osoitetta, vaan viestit numeroidaan ja lähetetään väylälle yleisesti vastaanotettavaksi. Asemat lukevat viestin tunnistenumeron ja päättävät tarvitsevatko ne viestin tietoa. Tunnistenumeron pituus on standardiformaatissa 11 bittiä ja laajennetussa 29 bittiä. ”*CAN Specification 2.0*” määrittää tarkemmin CAN-väylän siirtoyhteyserroksen. /9/

2.4.4.1 Kehysrakenne

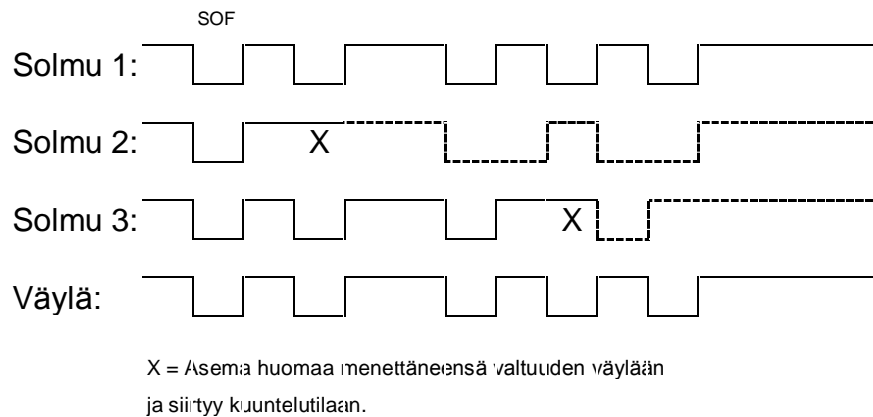


Kuva 9 CAN-protokollan mukainen tietokehys /9/

CAN-protokollan perusviesti alkaa SOF-bitillä (Start Of Frame), joka ilmaisee dominoivalla bitillä viestikehyksen alkavan. Tätä seuraa kaksiosainen tunniste-kenttä. Tunnistenumero ilmaisee viestin prioriteetin ja yksilöi viestin. RTR-bitin (Remote Transmission Request) arvo kertoo, onko kyseessä tietokehys vai kysely-kehys. DLC-kenttä (Data Length Code) on kolmiosainen. IDE-bitti (IDentifier Extension) ilmaisee käytetäänkö standardipituista vai laajennettua kehystä. Seuraava r0-bitti on varattu tulevaisuuden sovelluksia varten. DLC-osa kertoo tietokentän tavumäärän (0 - 8) neljällä bitillä. Tietokenttä sisältää 0 - 8 tavua dataa. CRC-kenttä (Cyclic Redundancy Check) sisältää 15-bittisen tarkastussumman, joka kertoo viestin oikeellisuuden. Tätä summaa seuraa aina yksi resessiivinen bitti. ACK-bitti (Acknowledge) kertoo lähettäjälle viestin vastaanoton onnistumisesta. Lähetettäessä ACK-bitti on resessiivinen, mutta vastaanottaja kirjoittaa siihen dominantin bitin. Tällöin lähettäjä huomaa, onko viesti vastaanotettu vai onko se jäänyt käsittelemättä. EOF-kenttä (End Of Frame) ilmaisee kehyksen loppumisen seitsemällä peräkkäisellä, resessiivisellä bitillä. Kehyksien välillä on oltava vähintään kolme resessiivistä bittiä, ennen kuin väylä on vapaa. IFS-kenttä (Intermission Frame Space) sisältää nämä kolme bittiä. /9/

2.4.4.2 Kilpavaraus

Sanoman tunnistenumero määrää myös sanoman prioriteetin. Kuvasta 10 selviää, että pienimmän binäärisen tunnistenumeron omaava asema saa etuoikeuden väylälle. Muut alemman prioriteetin viestiä lähettävät asemat siirtyvät vastaanottajiksi ja odottavat väylän vapautumista ennen kuin lähettävät uudestaan.



Kuva 10 CAN-väylän kilpavarausperiaatteen esimerkki /8/

Kuvassa 10 esimerkkinä käsitelty väylänkäyttöperiaate eroaa esim. Ethernetin vastaavasta siten, että CAN-väylällä törmäyksen sattuessa dominoiva asema jatkaa lähetystä, kun taas Ethernetissä kummatkin lopettavat ja yrittävät satunnaisen ajan kuluttua uudestaan. CAN-väylän deterministinen ja ennustettava käytös mahdollistaisi periaatteessa 100% kaistanleveyden, vaikkakaan sitä ei suositella. Periaate on myös tarpeellinen ylikuormitustapauksissa, jolloin voidaan taata tärkeimpien viestien perille meneminen. /9/

2.4.4.3 Virheiden käsittely

Virheentarkistukseen käytetään pääasiassa CRC-summaa. Käytössä on myös seuraavia virheentarkistusmenetelmiä:

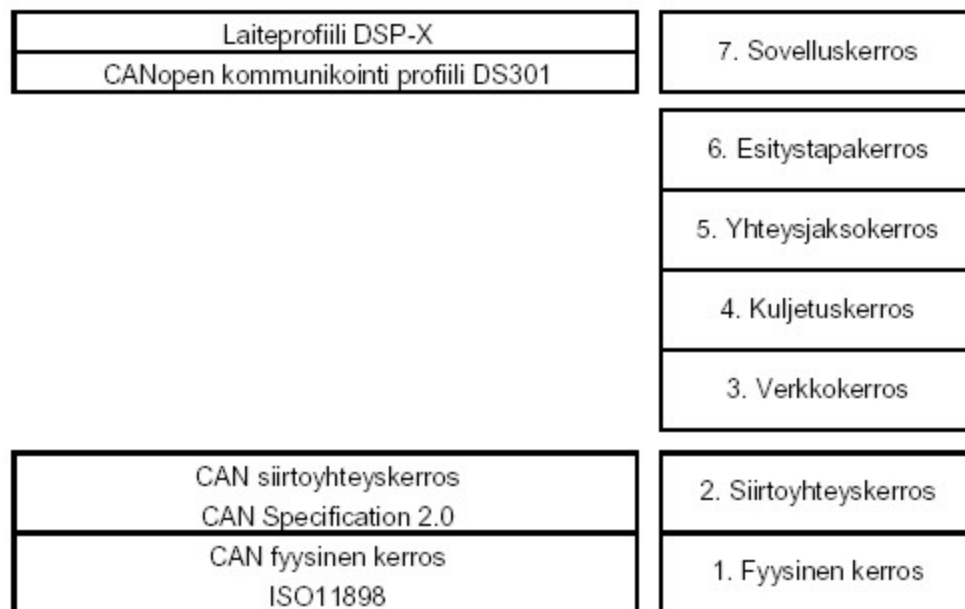
- Lähetetyn viestin monitorointi (ks. ACK-bitti kpl 2.4.4.1).
- Bit-stuffing säännön rikkominen eli lähettäjä lähettää stuff-bitin viiden samanmerkkisen bitin jonon jälkeen. Stuff-bitti on vastakkaismerkkinen. Jos saman-

merkkisiä bittejä on kuusi peräkkäin, niin muut solmut tietävät hylätä viestin ja ilmoittavat, että vastaanotossa on tapahtunut virhe.

- Kehyksien rakennetta vertaillaan jatkuvasti kiinteään mallikehykseen ja eroavaisuuksien ilmentyessä ilmoitetaan virheellisestä kehyksestä. /9/

2.4.5 CANopen

OSI on ISO:n standardoima tiedonsiirtojärjestelmää kuvaava malli. Se koostuu seitsemästä kerroksesta. Periaatteena on, että jokainen taso on tekemisissä vain ylä- ja alapuolella olevien tasojen kanssa muiden kerroksien ollessa näkymättömiä.



Kuva 11 OSI-malli ja CAN /9/

CAN-väylä määrittelee OSI-mallin kaksi alinta kerrosta eli siirtoyhteyserroksen sekä fyysisen kerroksen. CANopen-kommunikointiprotokolla määrittää ylimmän tason. Kerrokset 3-6 ovat CAN-väylän kannalta merkityksettömiä väylän erityispiirteiden takia. Sovelluskerroksen standardoiminen helpottaa suunnittelijoiden työtä ja mahdollistaa plug&play -komponenttien liittämisen CAN-väylään.

CANopen on avoin protokolla, jolle on varsinkin Euroopassa laaja valikoima toimilaitteita ja kehitysympäristöjä. CANopen sovelluskerros tukee suoraa pääsyä aikakriittisiin prosessitietoihin ja laiteparametreihin. CANopen sisältää kaikki hajautetuissa järjestelmissä käytettävät kommunikointipalvelut ja protokollat. /9 ; 8/

3 SEULAMODUULIN TESTAUKSEN VALMISTELU

3.1 Testauksen tavoitteet

Testauksen tarkoitus on varmistaa, että asiakas saa ostamansa koneen tai laitteen mahdollisimman virheettömänä ja hyvin toimivana. Lisäksi varsinkin nollasarjan ja prototyyppien kohdalla testaus auttaa löytämään suunnittelun virheitä ja korjaamaan ne seuraaviin laitteisiin. Testaus on myös viimeinen tilaisuus löytää ja korjata laitteen mahdolliset viat ennen toimitusta asiakkaalle.

Testaus on ennen tehty Metso Mineralsilla perinteiden mukaan ja testauksen kehitys ja tutkimus on jäänyt vähemmälle. Tällä hetkellä organisaatiossa muillakin osastoilla selvitetään, kuinka kehitettäisiin testausmenetelmiä ja testauksen laatua. Samaan aikaan kun murskauslaitoksen kokoamiseen käytetty aika on joidenkin mallien kohdalla puolittunut, niin testaukseen käytetyn ajan määrä on jopa lisääntynyt laatuvaatimuksien tiukentumisen ja tekniikan monimutkaistumisen johdosta (mm. lisääntynyt automaatio).

Testauksessa käydään läpi jokaiselle murskauslaitosmallille tehtyjä koekäyttöohjeita. Koekäyttöohje käydään kohta kohdalta läpi ja samalla täytetään koekäyttöpöytäkirja. Lisäksi mm. sähkökaappeja testattaessa tulostetaan loppuraportit, mutta niitä ei dokumentoida tai tarkasteta jälkikäteen järjestelmällisesti.

Tuotannossa on meneillään muitakin testauksen kehitysprojekteja. Eri ryhmien täytyy olla ajan tasalla muidenkin projekteista, jotta päällekkäisyyksiä tulisi mah-

dollisimman vähän. Jokaisella projektilla on sama päämäärä eli nopeuttaa ja tehostaa testaamista. Testauksen osuus ajasta eli siitä, jolloin rakentaminen aloitetaan, siihen saakka, jolloin valmis tuote lähetetään maailmalle, on suhteellisen suuri. Toiminnan nopeutuessa testauksen tarkkuus ja laatu pitäisi vähintään pyrkiä säilyttämään nykyisellä tasolla.

3.2 Seulamoduulin IO-liitynnät

Aluksi selvitettiin, mitä tuloja ja lähtöjä seulamoduulilla on. Selvityksessä käytettiin apuna murskauslaitoksien ja seulamoduulin IO-luetteloita, koekäyttöohjeita, toimintakuvauksia sekä sähköpiirikaavioita. Tietoa oli siis runsaasti, mutta dokumenteissa oli myös pieniä ristiriitaisuuksia, koska ne olivat monen eri ihmisen tekemiä ja eri versioita. Lisäksi seulamoduuliin tehdään muutoksia koko ajan. Taulukkoon 1 on kerättyä seulamoduulin liitynnät, joista suurin osa käydään läpi lopullisessa testauksessa.

Taulukko 1 Seulamoduulin testauskohteet

		S-MODUULIN TESTAUSKOHTEET									
		MITTAUS				OHJAUS			TYYPPI		HUOM.
		AI	DI	FB	PI	AO	DO	PWM	SAHK.	HYDR.	
SEULA (täristin)	seula vastapäivään							X	X	X	
	seula myötäpäivään							X	X	X	
	sylinterin venttiili						X		X	X	
	takaisinkytkentä seualta			X					X		
	seulan nopeus				X				X		
	sylinterin venttiili kytketty		X						X	X	
HÄLYTYKSET	paluukuljettimen vasen turvakytkin		X						X		
	paluukuljettimen oikea turvakytkin		X						X		
	alitekuljettimen vasen turvakytkin		X						X		
	alitekuljettimen oikea turvakytkin		X						X		
	vasemman sivukulj. vas. turvakytk.		X						X		
	vasemman sivukulj. oik. turvakytk.		X						X		
	oikean sivukulj. vasen turvakytkin		X						X		
	oikean sivukulj. oikea turvakytkin		X						X		
KULJETTIMET	paluukuljettimen nopeus				X				X		
	alitekuljettimen nopeus				X				X		
	vasemman sivukuljettimen nopeus				X				X		
	oikean sivukuljettimen nopeus				X				X		
	takaisinkytkentä, sivukuljettimet			X					X		
	takaisinkytkentä, alitekuljetin			X					X		
	paluukuljetin, ON/OFF						X		X	X	
	sivukuljettimien nopeus(suhde)							X	X	X	
alitekuljettimen nopeus(suhde)							X	X	X		
AUTOM.KÄYNT.	tukijalcojen paineistus						X		X	X	
MUUT	seulamoduulin käyttö-/kulj.kuntoon								X	X	NAPEILLA
	sivukuljettim(i)en kääntäminen								X	X	"
	sivu- ja alitekulj. teleskoopkaus								X	X	"
	moduulin tunnistus	X							X	X	
	huoltokytkin		X						X		

3.3 Seulamoduulin hydraulijärjestelmän tilavuusvirtoja säättävät ja ohjaavat venttiilit

3.3.1 Tilavuusvirtaa säättävät venttiilit

Seulaverkkoa täristää hydraulimoottori, jolle kaksi proportionaaliventtiiliä säättää öljyn tilavuusvirran. Tässä yhteydessä venttiilillä tarkoitetaan venttiilin solenoidia. Venttiilit eivät toimi yhtäaikaan. Toinen venttiili pyörittää seulaa myötäpäivään ja toinen vastapäivään. Alussa seula käynnistetään miniminopeuteen, jolla se pyörii

20 sekunnin ajan, jotta seulan jouset eivät alkaisi resonoida. Sen jälkeen nopeus nostetaan 20 sekunnin ajaksi maksiminopeuteen, jotta laakerit lämpiävät. Proportionaaliventtiilien aukeama on suoraan verrannollinen sitä ohjaavan PWM-lähdön virran tehollisarvoon, joten toimiakseen ne tarvitsevat aina takaisinkytkennän ohjausmoduulin feedback-tuloon.

Toimintaperiaatteeltaan proportionaaliventtiilit ovat jatkuvatoimisia vahvistimia, joissa ohjaus- eli tulosignaali muunnetaan ja vahvistetaan hydrauliseksi lähtösignaaliksi. Jatkuvatoimisuus tässä tarkoittaa sitä, että lähtösignaali eli oloarvo seuraa jatkuvasti ja portaattomasti tulosignaalia eli asetuseroa. /5/

Sivukuljettimilla ja alitekuljettimella on kummallakin proportionaaliventtiili. Nämä venttiilit jakavat saman öljyvirran (tilavuusvirran). Kiviaineksen kokojakauman mukaan toisille kuljettimille menee enemmän kuljetettavaa kiviainesta ja kuljetin tarvitsee entistä enemmän tehoa. Käyttäjä voi logiikan näytöltä säätää öljyvirran suhteen haluamukseen.

3.3.2 Tilavuusvirtaa ohjaavat venttiilit

IC ohjaa kolmea seulamoduulissa olevaa ON/OFF-venttiiliä. Jos paluukuljetin on asennettu, ohjataan sitä ON/OFF-venttiilillä. Lisäksi ON/OFF-venttiileillä ohjataan jalkojen paineistusta ja seulan hydraulisynterilohkon venttiiliä. Kun viimeksi mainittu ohjataan auki, on mahdollista käyttää käsiohjauskapulalla käytettäviä toimintoja. Niitä ovat alitekuljettimen huoltoasentoon ohjaus, alitekuljettimen teleskooppaus, sivukuljettimien teleskooppaus, sivukuljettimien taitto kuljetusta varten ja kummankin tukijalan ohjaus ylös- tai alaspäin.

3.4 Testaajien haastattelu

Tärkeä osa testauksen käytännön toteutuksen suunnittelua on testauksessa pitkään mukana olleiden ihmisten haastattelu. Nämä henkilöt ovat pääosin testauksen suorittavia hydraulikka- ja sähköasentajia. Seulamoduulin testauksessa on toivottavaa, että testausyksiköllä pystytään tekemään vähintään samat asiat, jotka pystytään tekemään seulamoduulin ollessa kiinnitettynä murskauslaitokseen.

Alitekuljettimella on aina nopeusanturi ja muilla kuljettimilla se on optiona. Nämä pitäisi pystyä testaamaan lähettämällä nopeuden ohjaus ja saamalla siitä mittaus testausyksikölle. Nopeus tarkistetaan myös suoraan hihnalta rullanopeusmittarilla.

Seulamoduulille on toivottu värinätaajuuden mittausta. Sellaiselle on varaus IC:llä, mutta sitä ei käytännössä tulla tulevaisuudessa asentamaan. Anturi mittaa seulan värinän taajuutta sitä pyörittävän hydraulimoottorin hammaskehän pyörimisnopeudesta. Anturi on lähestymiskytkin ja sen tulo logiikalle on pulssitulo. Tähän asti tehtaalla on pystytty testaamaan vain ilman logiikkaa käsiohjauksella ohjattavat toiminnot. Nämä on lueteltu taulukossa 1 lisähuomautuksella "NAPEILLA". Kaikki seulamoduuliin suunnitellut optiot on testattava liityntäpintaan saakka, vaikka niitä ei asenneta.

Seulamoduulissa on myös ollut joitakin teknisiä vikoja, esim. seulaverkkoa täristävä hydraulimoottori on ryntäillyt sitä käynnistettäessä. Moottorin käynnistyminen on tehtävä pehmeämmäksi lisäämällä ramppi nopeuden ohjaukseen.

Seulamoduulia pystytään testaamaan täysipainoisesti vasta, kun uusi hydraulikoneikko saadaan tehtaalle. Tämän hetkinen koneikko ei pysty antamaan tarpeeksi painetta ja tilavuusvirtaa, jotta kaikki ominaisuudet pystyttäisiin käymään läpi. Seulamoduulia testattaessa se on kiinnitettävä johonkin telineeseen, jotta se ei kaatuisi painopisteen muuttuessa kuljettimien pidennyksen yhteydessä tai tärisisi seulaverkkoa pyöritettäessä.

4 TESTAUSLAITTEISTON SUUNNITTELU

Testauslaitteiston lopullista kokoonpanoa piti suunnitella huolellisesti, jotta se täyttäisi sille asetetut vaatimukset. Testauslaitteiston tärkeimmät vaatimukset olivat:

- testauslaitteiston tulee pystyä pyörittämään useampaa kuljetinta yhtäaikaan
- seulamoduulin IO-moduulin (SCM) parametrien arvoja tulee pystyä muokkaamaan ja tallentamaan CAN-väylän kautta
- seulamoduulin kaikkia lähtöjä tulee pystyä ohjaamaan pakko-ohjauksella erikseen ja yhtäaikaan
- testauslaitteistolla tulee pystyä ohjaamaan myös pientä seulamoduulia.

Testauslaitteistoa suunniteltaessa käytettiin apuna seulamoduulisimulaattoria. Simulaattori sisältää seulamoduulin IO-moduulin ja CAN-väyläliitännän siihen. IO-liitännät oli toteutettu ledeillä ja kytkimillä (DI ja DO). PWM-lähdöillä ohjattavat proportionaaliventtiilit oli korvattu tehovastuksilla. Pulssituloja varten oli liittimet, joihin voi kytkeä esim. signaaligeneraattorin simuloimaan nopeusanturia. Automaatiojärjestelmään liitettynä seulamoduulisimulaattorilla voidaan simuloida seulan toimintaa.

4.1 EETU (Electrical Enclosure Test Unit)

Aluksi lähdettiin selvittämään eri tapoja toteuttaa seulan ohjausta. Ensimmäiseksi tutkittiin Epec Oy:n ja Metso Mineralsin kehittämää näyttömoduuliin asennettavaa sähkökeskusten testaamiseen suunniteltua ohjelmaa EETU:a (Electrical Enclosure Test Unit). EETU:un kirjoitetaan reseptejä tekstitiedosto-muodossa esim. notepad-ohjelmalla, jotka sitten lähetetään tietokoneelta näyttömoduuliin USB-CAN-sovittimella. Näyttömoduuli kytketään IO-moduuliin CAN-väylän avulla, minkä jälkeen näytöltä käynnistetään resepti. Reseptissä pystytään määrittämään digitaalilähtöjä, joiden tilaa muutetaan 0 → 1 tai päinvastoin sekä lukemaan vastaavia muutostiloja tuloista. Tiedostoa luetaan rivi riviltä ja yhdellä rivillä määritellään

yksi tulo tai lähtö tai kummastakin muodostuva pari, jota halutaan ohjata tai lukea sekä käyttäjälle samaan aikaan näytöllä näkyvä lyhyt teksti esim. kehoitus tai ilmoitus. Ohjelma siirtyy seuraavalle riville automaattisesti, kun tulon muutos on tapahtunut oikein tai käyttäjä kuitannut näytön painikkeella oikean lähdön muuttumisen halutuksi. EETU:lla pystyy ohjaamaan seulan lähtöjä vain yksi kerrallaan. Testauksessa kuitenkin vaaditaan esim. kuljettimien samanaikaista käyttöä, joten testauskäyttöön se ei sellaisenaan sovellu. Ohjelmistoon voisi tilata muutoksia, jolloin esim. samanaikainen kuljettimien ohjaus onnistuisi, mutta se on alihankkijan työkuormituksesta johtuen aikaa vievää sekä kallista.

4.2 Murskauslaitossimulaattori

Kokoonpano 1:

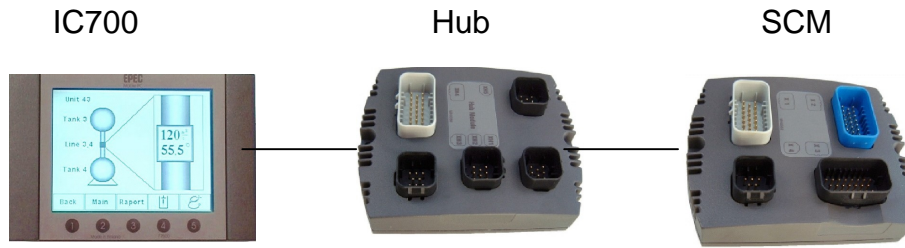


Kuva 12 Kokoonpano 1.

Koska keskustestausohjelma ei soveltunut seulamoduulin ohjaukseen, täytyi alkaa tutkia muita vaihtoehtoja. Esille nousi vaihtoehto tehdä CAN-väylään liitettävien komponenttien osalta murskauslaitoksen automaatiojärjestelmää jäljittelevä laitteisto.

Aluksi koitettiin yksinkertaisinta mallia eli näyttömoduulia, jossa on IC700-ohjelma liitettynä seulasimulaattoriin (kuva 12). Tällöin näyttömoduuli ei saanut yhteyttä seulamoduulisimulaattorin IO-moduuliin. Virransyöttö IO-moduulille ei toiminut kun hub-moduulia ei ollut kytketty, jolloin yhteyttä ei syntynyt.

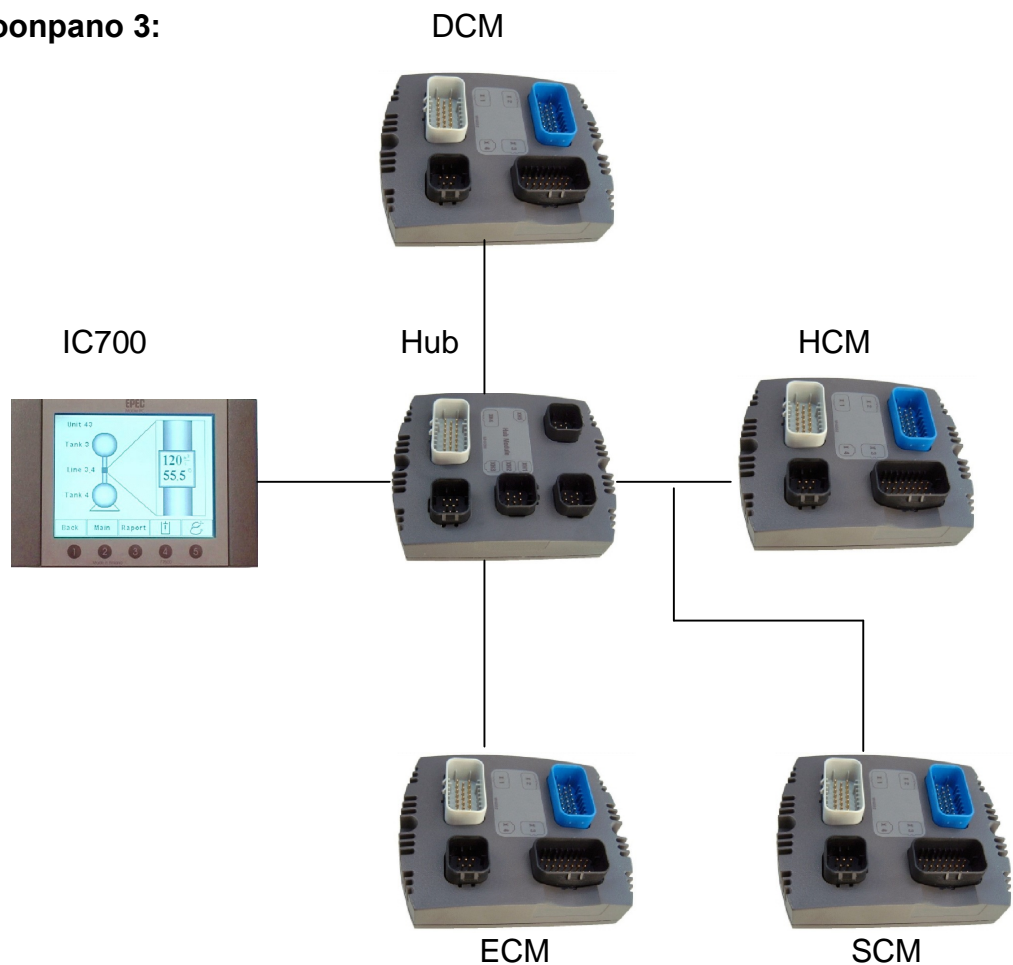
Kokoonpano 2:



Kuva 13 Kokoonpano 2.

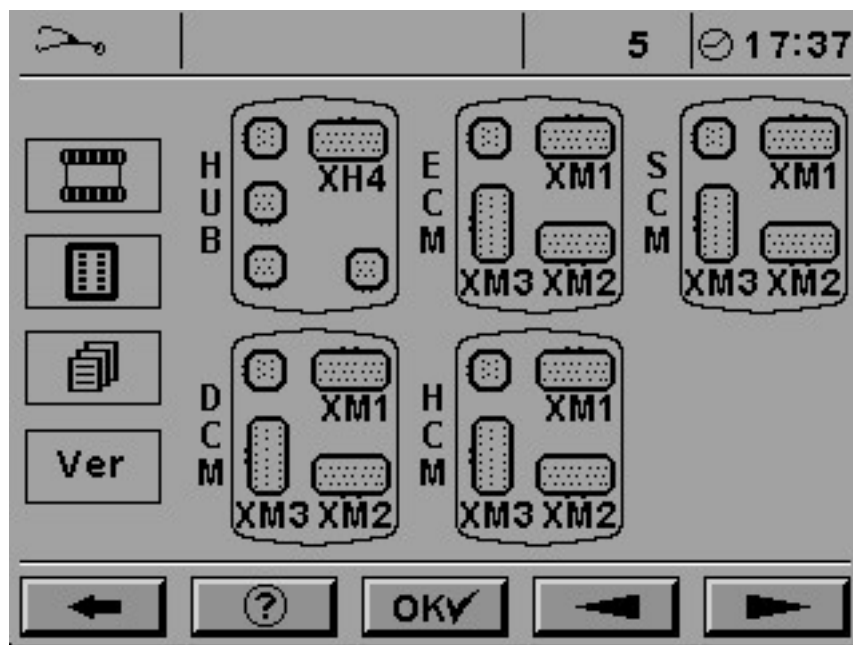
Seuraava kokeiltava yhdistelmä oli IC700-näyttö ja hub-moduuli, josta hätä-seis-tulot ovat ohitettuna (kuva 13) ja IO-moduuli. Koska IO-liityntöihin ei kytketä mi-tään pitää ne ohittaa, jotta ei tulisi turhia hälytyksiä. Tässä kokoonpanossa IO-moduuli (SCM) näkyi näyttömoduulin kautta väylällä (ks. kuva 15 sivulla 33), mutta lähtöjä ei pystynyt kytkemään päälle. Tämä on luultavasti ohjelmallisesti es-tetty automaatiojärjestelmän ollessa moduulien osalta vaillinainen.

Kokoonpano 3:



Kuva 14 Kokoonpano 3.

Kolmannessa kokoonpanossa (kuva 14) kytkettiin väylään näyttö-, hub- ja IO-moduulit. Tällöin kokoonpano on väylän osalta identtinen murskauslaitoksen vastaavaan (ks. kuva 5). Tällä kokoonpanolla seulamoduulin laitteita voidaan pakko-ohjata normaalisti. Parametrit voidaan muuttaa ja tallentaa. Tällöin mm. proportionaaliventtiileille pystytään testauksessa määrittelemään aukeaman 0–100 % virta-ohjauksen virran arvot ja tallentamaan ne seulan IO-moduuliin parametreinä. Käyttöliittymä on sama, kuin jos seula testattaisiin murskauslaitokseen kiinnitettynä. Tämä helpottaa testaajien toimintaa, koska toiminta on samankaltaista kuin ennen, paitsi että näyttö on nyt kiinni testausyksikössä eikä murskauslaitoksessa. Ohjelma pystytään myös päivittämään kuten normaali murskauslaitoksen käyttöjärjestelmä. Tämä pidentää testauslaitteiston ikää uusien murskainmallien ja ohjelmapäivitysten ilmestyessä. Käytön pitäisi olla häiriötöntä, kun seulamoduuliin liitettävät hälytykset asetetaan parametreilla pois päältä.



Kuva 15 IC700-ohjelman vianmääritysikkuna.

4.3 Pienen seulamoduulin testaus

Ohjauskeskuksen suunnitteluvaiheessa keskuksen päätettiin lisätä mahdollisuus pienen seulamoduulin testaukseen. Pieni seulamoduuli on rakenteeltaan pienempi ja yksinkertaisempi kuin iso seulamoduuli (tutkintotyössä käsitellään pääasiassa isoa seulamoduulia, jota kutsutaan pelkästään ”seulamoduuliksi”. Jos on kyse pienestä seulamoduulista, käytetään ilmaisua ”pieni seulamoduuli”). Pientä seulamoduulia käytetään pienemmissä urakoitsijakokoluokan murskauslaitoksissa (telaalustaiset murskauslaitokset jaetaan urakoitsija- tai louhoskokoluokkaan koon mukaan).

Taulukko 2 Pienen seulamoduulin testauskohteet

AI=ANALOG INPUT
DI=DIGITAL INPUT
PI=PULSE INPUT
AO=ANALOG OUT
DO=DIGITAL OUT
PWM=PULSE WIDTH MODULATION

PIENEN S-MODUULIN TESTAUSKOhteET

	TOIMINTA	TYYPPI				TYYPPI		HUOM.
		AI/AO	DI/DO	FB	PI	SÄHK.	HYDR.	
OHJAUKSET	seula vastapäivään		X			X	X	
	seula myötäpäivään		X			X	X	
	kuljettimien pyörintä		X			X	X	
MITTAUKSET	ylitekuljettimen turvakytin		X			X		
	alitekuljettimen turvakytin		X			X		
	moduulin tunnistus		X			X		
	kuljettimen pyörintävahti		X			X		

Taulukossa 2 on lista pienen seulamoduulin IO-liitynnöistä. Verrattuna taulukkoon 1 (sivu 27) huomataan pienen seulamoduulin liityntöjen olevan paljon suppeammat. Pienessä seulamoduulissa on yksi tai kaksi kuljetinta, joiden nopeutta ei pysty säätämään. Kuljettimen tiloja on vain kaksi: PYÖRII / EI PYÖRI). Se ei sisällä CAN-väylää ja liitynnät ovat ON/OFF-tuloja ja lähtöjä. Pienessä seulamoduulissa ei ole ollenkaan säädettäviä proportionaaliventtiilejä, vaan kaikki venttiilit ovat ON/OFF-venttiilejä. Pikkuseulan ollessa kytkettynä murskauslaitokseen sen liitynnät on kytketty murskauslaitoksen hydrauliiikan ohjausmoduulin (HCM) IO-liityntöihin.

5 TESTAUSLAITTEISTON TOTEUTUS

5.1 Komponentit

Seulamoduulin ohjauskeskusta aloitettiin suunnitella kappaleen 4.2 määrittelyjen pohjalta. Hydrauliiikkakoneikon (kuva 18 sivulla 38) alustalle tulee vierekkäin kaksi keskusta: Toinen hydrauliikkakoneikon moottorin käyttämiseen (hydrauliikkakoneikon käyttökeskus) ja toinen seulamoduulien ohjaukseen (seulamoduulin ohjauskeskus). Tarkemmat kytkennät selviävät liitteenä olevista piirikaavioista. Piirikaaviot on piirretty E3-suunnitteluohjelmalla.

Ohjauskeskuksen sisälle asennetaan kolme IO-moduulia (DCM, HCM ja ECM) ja hub-moduuli. Näyttömoduuli asennetaan keskuksen kanteen siten, että liitännät jäävät kaapin sisäpuolelle ja näyttö ulkopuolelle. Näyttöön kiinnitetään kiinteästi huoltoavain. Ilman huoltoavainta osaa parametreista ei pysty muuttamaan, koska ne on lukittu tavallisilta käyttäjiltä. Keskukseen asennetaan tarvittava määrä riviliittimiä kytkentöjä varten sekä tarvittavat sulakkeet ja johdonsuojat. Pienen seulamoduulin ohjauksessa tarvittavat kytkimet ja merkkivalot sijoitetaan keskuksen kanteen. Seulamoduulit liitetään ohjauskeskukseen 12-johtoosella monijohdinkaapelilla. Kummallekin seulamoduulille on oma liitin.

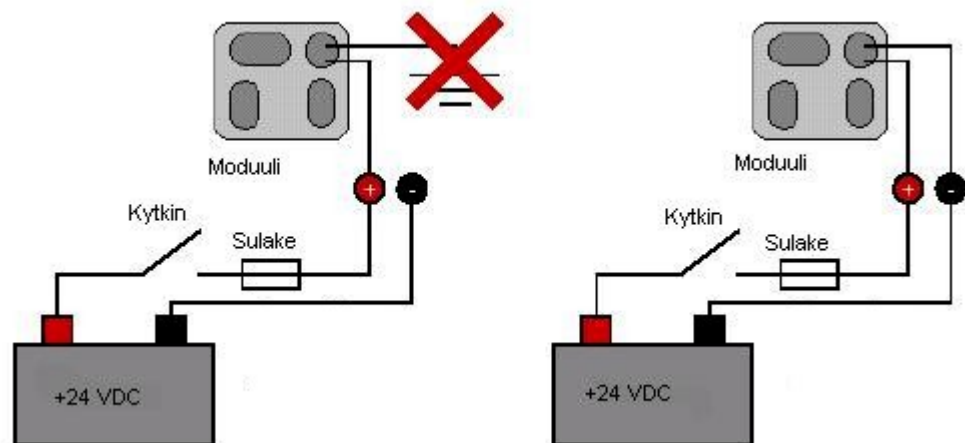
Ohjauskeskukseen tuodaan 230 VAC, joka muunnetaan hakkurivirtalähteen avulla tasajännitteeksi (230 VAC / 24 VDC). Hakkurivirtalähteen valinnassa on otettu huomioon sen sähkömagneettinen yhteensopivuus eli se täyttää EMC-standardit. Keskuksen kanteen tulee pääkytkin. Pääkytkin katkaisee jännitteen kaikilta komponenteilta kaapin sisällä. Murskauslaitoksessa hätä-seis-painikkeen painallus katkaisee jännitteen IO-moduuleilta, mutta jättää hubille ja näytölle jännitteen. Tämä siksi, että voidaan helpommin paikallistaa ja analysoida vika, joka aiheutti painalluksen. Tällainen toiminta ei ole välttämätön testausvaiheessa. Testauslaitteistossa hätä-seis-painike sijoitetaan hydrauliikkakoneikon käyttökeskukseen, jolloin painettaessa se katkaisee hydrauliikkakoneikolta tehon aiheuttaen voiman häviämisen seulamoduulilta. Ohjauskeskuksen kannesta jätettiin hätä-seis pois, jotta vierekkäin ei olisi kahta hätä-seis-painiketta, joilla on eri toiminta.

5.2 Väylä

Väyläkaapeleiden asennuksessa on joitakin erityispiirteitä, esim. kytkennät moduulilta toiselle pyritään johdottamaan siten, ettei väylä kaapelia johdoteta riviliittimen kautta. Myös liittimien määrä kaapelissa moduulien välissä yritetään pitää vähäisenä. Väylän johdottamiseen käytettävä parikaapeli tulee olla samantyyppistä kaikkialla järjestelmässä. Alle kymmenen metrin kaapeloinneissa käytetään normaalia kierrettyä parikaapelia, mutta pidemmillä matkoilla tulee käyttää suojattua kierrettyä parikaapelia. Kaapelit tulee asentaa siten, että ne eivät kulje lähellä suurivirtaisia tehokaapeleita. /12/

5.3 Tehonsyöttö

CAN-väylään liitettävien moduulien 24 voltin tehonsyötössä sovelletaan yhden maapisteen periaatetta (kuva 16). Tällöin kaikkien moduulien maadoitus kytketään samaan pisteeseen, eikä esim. koneen runkoon. Tämä parantaa häiriökestävyyttä, koska se estää rungon eri osissa mahdollisesti olevien jännite-erojen siirtymisen laitteisiin.

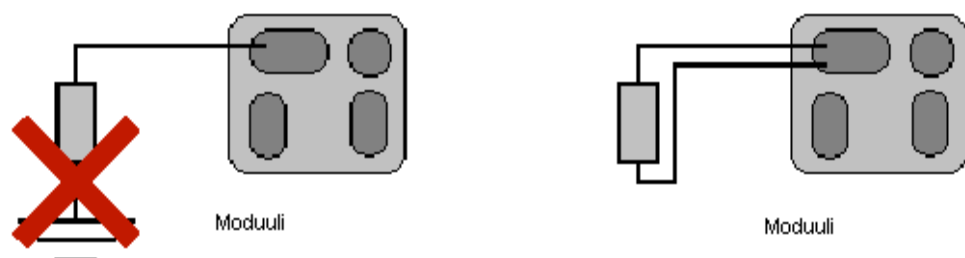


Kuva 16 Periaatekuva yhden maapisteen käyttämisestä /12/

Kuvan 16 jännitelähde on testauskeskuksen hub-moduuli, jonka kautta tapahtuu keskitetty tehonsyöttö moduuleille. Jännite hub-moduulille tulee murskauslaitoksessa akulta. Testauslaitteistossa hakkurivirtalähteeltä. Murskauslaitokselle joudutaan ajan mittaan tekemään paljon huoltotöitä ja korjauksia. Osa korjauksista vaatii rungon tai runkoon kiinnitettyjen osien hitsaamista. Hitsauksen aikana rungossa kulkee suuria virtoja sekä jännitepiikkejä. Moduulin tai CAN-väylän läpi kulkieksaan ne voivat aiheuttaa laitteille vikoja tai täydellisen toimimattomuuden. Keskitetty tehonsyöttö takaa sen, että riittää kun, kaapelit irrotetaan yhdestä paikkaa eikä esim. jokaiselta moduulilta erikseen.

5.4 IO-liitynnät

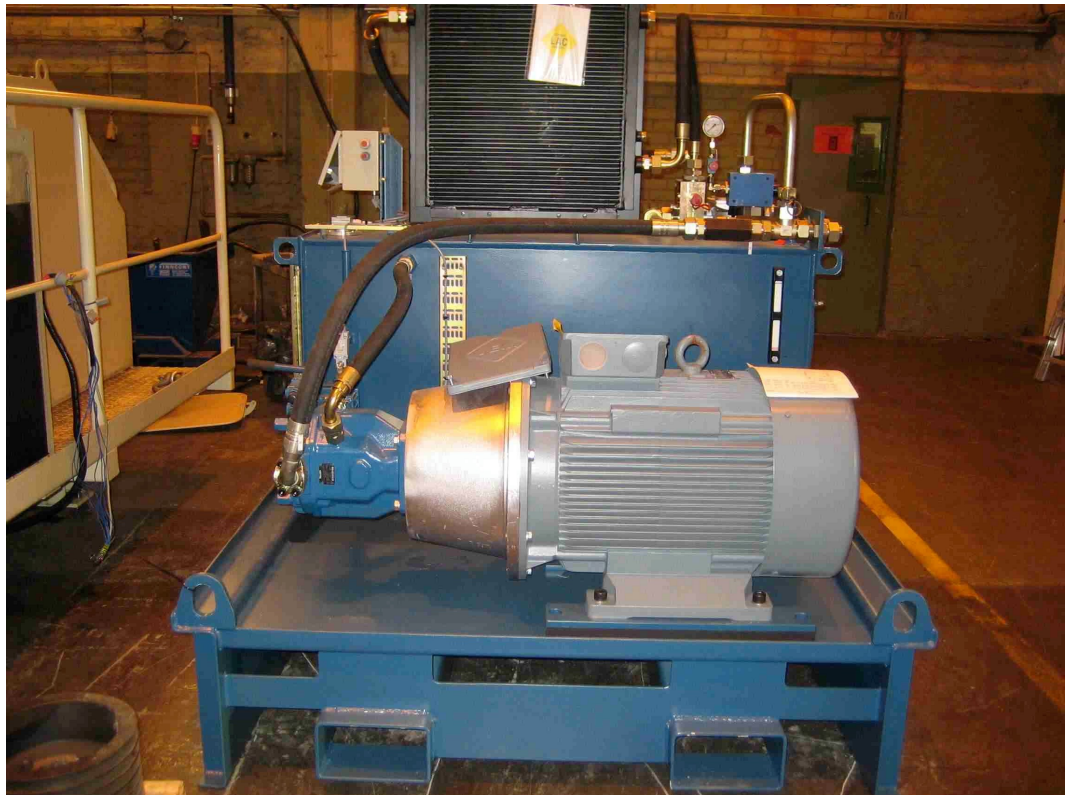
IO-liitynnät johdotetaan suljettuina silmukoina kuvan 14 mukaisesti. Moduuleilla on lukuisia GROUND-liittimiä tätä tarkoitusta varten. IO-moduuleiden mA-sisääntuloissa on sisäänrakennettu suodatuskondensaattori, joka vähentää häiriöitä mittauksissa. Testauskeskuksessa suurin osa IO-liitynnöistä jätetään kytkemättä. Hub-moduulilla IO-liitynnöistä kytketään ainoastaan hätä-seis-sisääntulot. DCM- ja HCM-moduulilla kytketään kummastakin yksi moduulintunnistus-sisääntulo. DCM-moduulissa tunnistusliitin johdotetaan maihin ja HCM-moduulilla tunnistusliittimeen kytketään + 24 VDC. Näytön IO-liityntöihin on kytketty huoltoavain.



Kuva 17 Periaatekuva IO-liitynnän suljetusta silmukasta /12/

Kaikki moduuleiden liittimet ovat AMPSEAL-liittimiä, jotka ovat ilmatiiviitä ja vedenkestäviä. Liittimien käyttämättömät reiät on tulpattu.

5.5 Hydrauliikkakoneikon käyttökeskus



Kuva 18 Hydrauliikkakoneikko

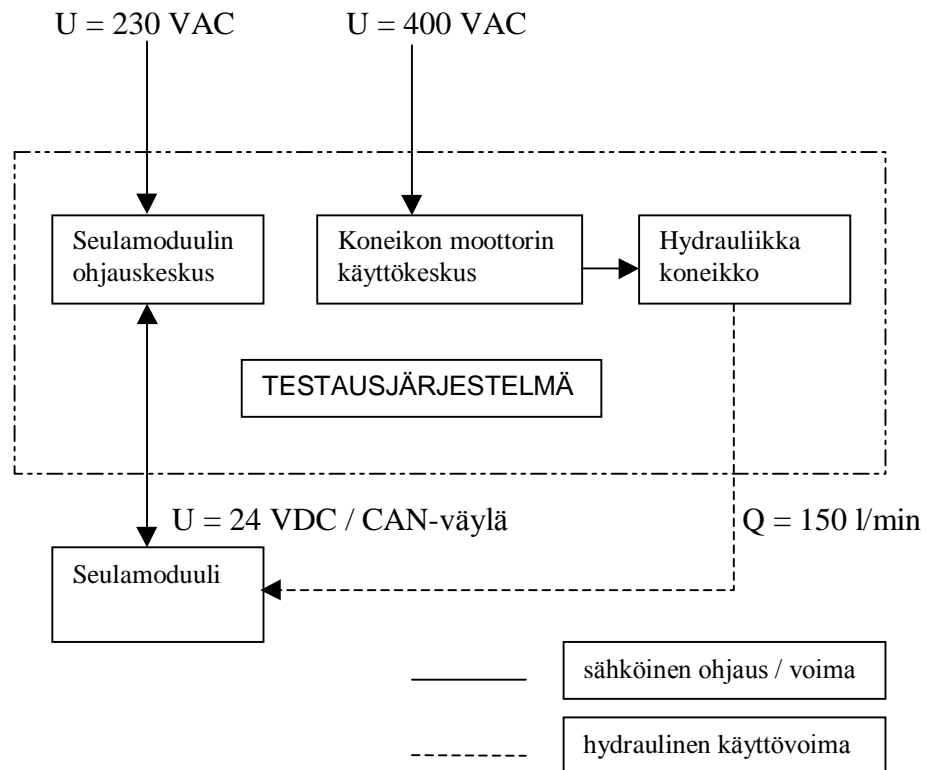
Hydrauliikkakoneikon tarkoituksena on tuottaa käyttövoimaa seulamoduulin hydrauliikkajärjestelmälle. Hydrauliikkakoneikon (kuva 18) pääosat ovat öljysäiliö ($V = 560 \text{ l}$), sähkömoottori ($P = 75 \text{ kW}$) ja alusta. Lisäksi se sisältää välttämättömiä osia, kuten aksiaalimäntäpumppu (tehonsiirto sähkömoottorin akselilta hydrauliöljysäiliöön), öljynlauhdutin, venttiileitä ja suodattimia.

Suuritehoisen sähkömoottorin takia koneikko vaatii tähti-kolmiokäynnistimen, jotta käynnistysvirta ei tulisi liian suureksi. Tähti-kolmiokäynnistin sijoitetaan omaan keskukseseen hydraulikkakoneikon (kuva 18) öljysäiliön taakse. Keskuksen kanteen asennetaan myös koko testausjärjestelmän päävirtakytkin, merkkivalot ja hätä-seis-painike.

Keskuksen syöttö on kolmivaiheinen, $U = 400 \text{ V}$ ja $I = 160 \text{ A}$. Keskukselta lähtee syöttö hydraulikkakoneikon tuulettimelle, joka käynnistyy, kun koneikon öljyn lämpötila nousee määritettyä arvoa suuremmaksi. Koneikko sisältää oman lämpötila-anturin, jonka mittaus tulee moottorinohjauskeskukselle. Koneikon tuottama maksimitilavuusvirta $Q = 150 \text{ l/min}$ ja maksimipaine $P = 280 \text{ bar}$.

6 TULOKSET

Tuloksena on testauslaitteisto, jolla seulamoduulit pystytään tulevaisuudessa testaamaan. Testauslaitteisto kootaan kaikkien osien saavuttua maaliskuussa 2006 ja otetaan käyttöön välittömästi, kun seuraava seulamoduuli on testausvaiheessa.



Kuva 19 Testauslaitteiston kaavio

Laitteiston piirustukset ja osaluettelot dokumentoidaan Metso Mineralsin tietokantaan. Lisäksi laitteistolle laaditaan käyttöohje testausta suorittavia henkilöitä varten.

7 TULOSTEN TARKASTELU

Omalta kannalta

Seulamoduulin testaus on aiheena ollut mielenkiintoinen. Seulamoduulin rakenne on sähkö- ja hydraulikkakomponenttien osalta yksinkertaistettu malli murskauslaitoksesta. Työssä on oppinut myös paljon liikkuvien työkoneiden väylätekniikasta ja niiden sähköistyksestä, jotka kummatkin eroavat hieman muun teollisuuden vastaavista järjestelmistä. Myös konetekniikan ja hydraulikan tietämys on kasvanut huomattavasti. Työssä on pystynyt hyvin näkemään koulussa opittuja asioita käytännön sovelluksissa ja itse soveltamaan opittuja asioita.

Metso Minerals työpaikkana on tarjonnut mahdollisuuden nähdä käytännön vaiheet tarpeesta valmiiksi sovellukseksi. Lisäksi on ollut mahdollista oppia prototyyppien ja vakiotuotteiden testauksen ja valmistuksen eroista sekä suunnittelun ja tuotannon yhteistyöstä uuden tuotteen valmistuksen kehityksessä. On ollut mahdollista nähdä ison organisaation tuomat edut ja haitat projektin toteutuksen osalta.

Metson Mineralsin kannalta

Työn aikataululle asetettu tavoite saavutettiin ajallaan. Testauslaitteiston osat on tilattu ja laitteisto tulee käyttöön keväällä 2006. Testauslaitteistolle on ollut todellinen tarve ja työn aikataulua on sovitettu sen mukaan. Valmis testauslaitteisto helpottaa ja nopeuttaa seulamoduulien testausta ja vähentää kuluja, koska seulamoduulia ei tarvitse lähteä testaamaan asiakkaan luokse, usein ulkomaille. Testauslaitteiston hydraulikkakoneikko on mitoitettu tarpeeksi suureksi tulevaisuuden uusia malleja silmällä pitäen. Ohjausjärjestelmää voidaan päivittää uusien automaatiojärjestelmien kehityksen mukaan.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet:

- 1 Kauranne, Kalaste, Vilenius, Hydraulitekniiikan perusteet. WSOY. Porvoo 1999, s. 354.
- 2 M. Farsi, M. Barabosa, CANopen Implementation: applications to industrial networks. Research Studies Press Ltd. SRP. Exeter 2000, s. 210.

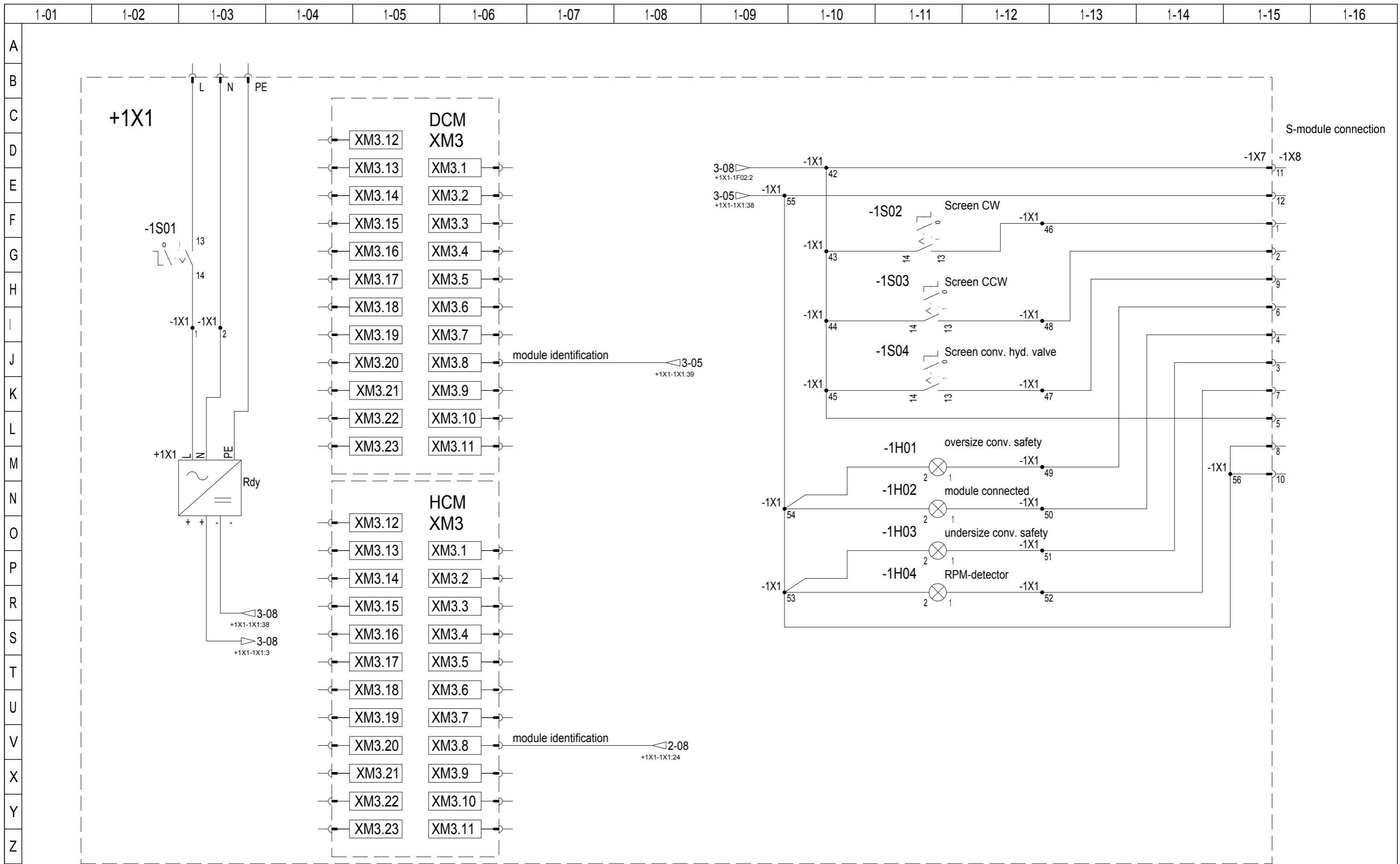
Sähköiset lähteet:

- 3 Epec Oy, Epec CAN module Family: I/O MODULE. [PDF-dokumentti]. Seinäjoki 2004, s. 29.
- 4 Epec Oy, Epec 3G CAN Module Family: 3G+ GRAPHIC DISPLAY MODULE. [PDF-dokumentti]. Seinäjoki 2001, s. 5.
- 5 Metso Minerals (Tampere) Oy, Ilpo Teittinen. Murskausprosessin laitteet, [Powerpoint-diaesitys]. Tampere 2003.
- 6 Metso Minerals (Tampere) Oy, Toni Kujala. IC700 Käyttöohje. [PDF-dokumentti]. Tampere 2005, s. 95.
- 7 Epec Oy. [www-sivu]. [viitattu 3.1.2006] Saatavissa: <http://www.epec.fi/>

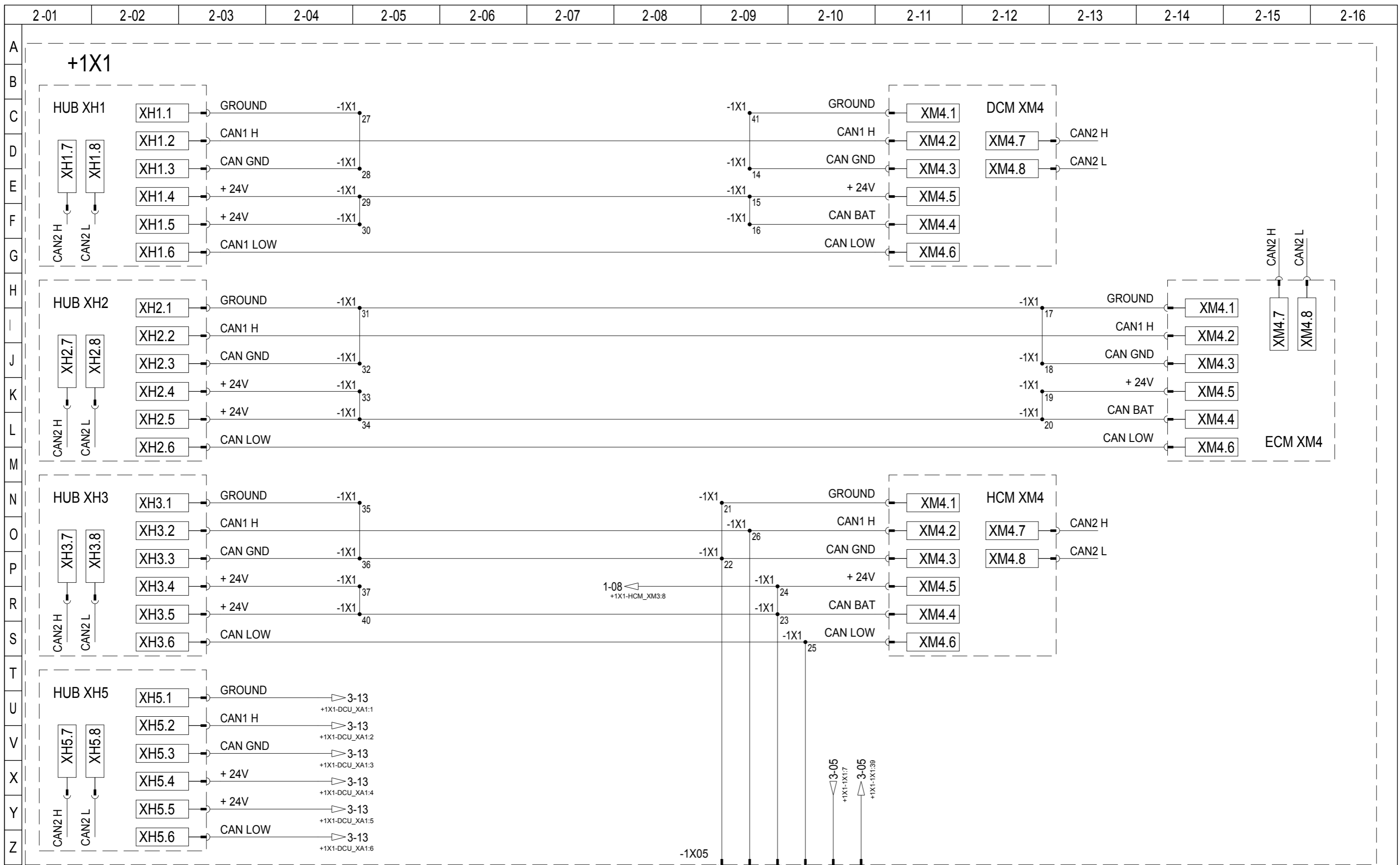
- 8 VTT AUTOMAATIO, Koneautomaatio, Jarmo Alanen. CAN – ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisväylä: CAN-väylän perusteet. [PDF-dokumentti]. Tampere 2000, s. 17.
- 9 CAN in Automation (CiA). [www-sivu]. [viitattu 10.1.2006] Saatavissa: <http://www.can-cia.org/can/>
- 10 Metso-konserni. [www-sivu]. [viitattu 18.1.2006] Saatavissa: http://www.metso.com/corporation/home_fin.nsf/FR?ReadForm
- 11 Epec Oy, Epec 3G CAN Module Family: 3G+ 2021 HUB MODULE. [PDF-dokumentti]. Seinäjoki 2001, s. 14.
- 12 Epec Oy, Epec 3G CAN Module Family: General Mounting and Cabling Instructions. [PDF-dokumentti]. Seinäjoki 2002, s. 19.

LIITTEET

Piirikaavio, 3 sivua.

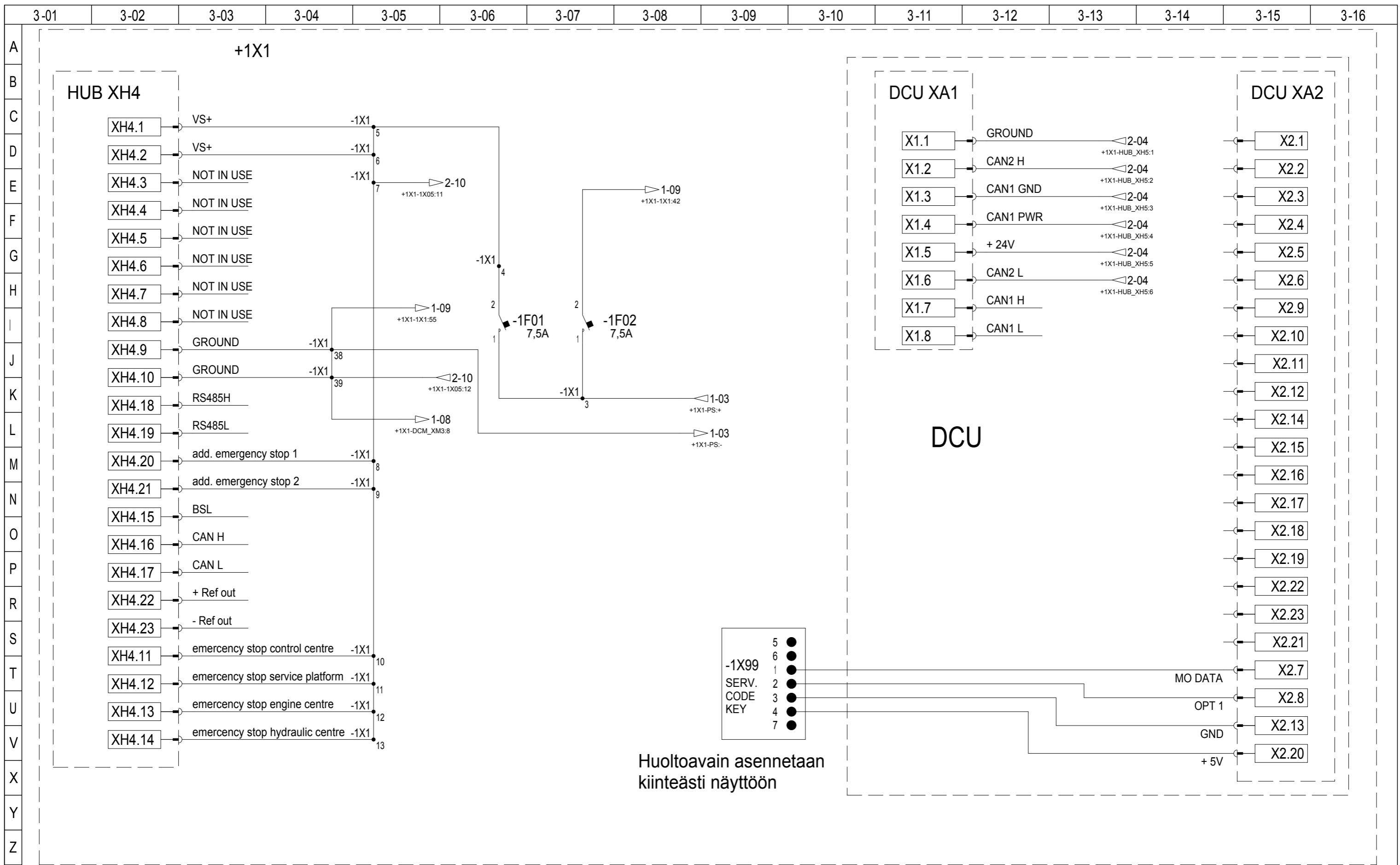


Rev.	No of	Date	Name	Description	Location
Used on			Work no		Project seulatesteri
Module		Drawn	13.2.06	JKY	Approved for production
Mass		Checked			for serial production
Type		Title CIRCUIT DIAGRAM S-MODULE TEST UNIT			for license production
Page/Of pages					1/3



LT60T
S-module connection

Rev.	No of	Date	Name	Description	Location
Used on			Work no		Project seulatesteri
Module		Drawn 13.2.06	JKY	Approved for production	Drawing No
Mass kg		Checked		for serial production	
Type		Title		for license production	Page/Of pages
		CIRCUIT DIAGRAM			2 / 3
		S-MODULE TEST UNIT			



Rev.	No of	Date	Name	Description	Location
Used on				Work no	Project seulatesteri
Module	Drawn	13.2.06	JKY	Approved for production	Drawing No
Mass	kg			for serial production	
Type	Title	CIRCUIT DIAGRAM S-MODULE TEST UNIT			Page/Of pages 3 / 3

