

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

Tutkintotyö

Ossi Kangasluoma

TAAJUUSMUUTTAJIEN KUORMITUSLAITTEISTON LOGIIKKAOHJAUS

Työn valvoja
Työn teettäjä
Tampere 2007

DI Jukka Falkman
Konecranes Oy, Ohjaajana DI Ismo Ylenius

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Automaatiotekniikka

Kangasluoma Ossi

Tutkintotyö

Työn valvoja

Työn teettäjä

Toukokuu 2007

Hakusanat:

Taajuusmuuttajien kuormituslaitteiston logiikkaohjaus

49 sivua, 13 liitesivua

DI Jukka Falkman

Konecranes Oy, DI Ismo Ylenius

ohjelmoitava logiikka, taajuusmuuttaja, kuormituslaitteisto

TIIVISTELMÄ

Konecranesin Hyvinkäällä sijaitsevalla sähkölaitetehtaalla on nostureissa käytettävien taajuusmuuttajien korjauspaja. Korjauspajalla korjataan ja testataan korjattuja taajuusmuuttajia. Korjauspajalle suunniteltiin uusi taajuusmuuttajien testipenkki, jotta korjatut taajuusmuuttajat voidaan testata entistä testimenetelmää varmemmin ja luotettavammin. Korjauksen jälkeen taajuusmuuttajat tulee testata, jotta niiden voidaan todeta toimivan oikein ja turvallisesti. Testipenkissä taajuusmuuttajia voidaan kuormittaa turvallisesti niiden nimellisvirralla.

Tässä työssä on esitelty, miten testipenkin ohjaus on toteutettu ohjelmoitavalla logiikalla ja operointipaneelilla. Logiikkaohjaus on toteutettu Siemensin S7-300-sarjan logiikalla ja pääosin Profibus DP -kenttäväylällä. Logiikkasovellus on tehty Siemensin SIMATIC STEP7-ohjelmalla. Kuormituslaitteiston ohjaus tapahtuu kosketusnäytön kautta, joka on liitetty Profibus DP -kenttäväylään. Kosketusnäytön ohjausnäytöt on tehty SIMATIC ProTool-ohjelmistolla.

Tulevaisuudessa testilaitteiston ominaisuuksia kehitetään laitteiston ja logiikkasovelluksen osalta. Suunnitelmassa on kehittää edelleen testattavien laitteiden testisekvenssejä ja erilaisia testiohjelmia. Laitteiston monitorointi ja raportointiominaisuuksia mahdollisesti kehitetään edelleen liittämällä laitteistoon PC.

TAMPERE POLYTECHNIC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCE

Degree Programme in Electrical Engineering

Specialisation in Automation Engineering

Kangasluoma Ossi	Programmable logic control of frequency converters loading bench
Bachelor of Science Thesis	49 pages, 13 appendices
Supervisor	MSc Jukka Falkman
Commissioning Company	Konecranes PLC, Supervisor: MSc Ismo Ylenius
April 2007	
Keywords	frequency converter, programmable logic control, loading bench

ABSTRACT

Konecranes has a frequency converters repairing unit at their electrics factory in Hyvinkää. At the repairing unit Konecranes repairs and test runs repaired frequency converters that are used in their cranes. New frequency converters loading bench was designed to the electrics factory for more reliable testing. After the frequency converters are repaired they must be tested to ensure a successful repairing. The frequency converters can be tested with their nominal current in the loading bench.

In this engineering thesis is represented the programmable logic control of the loading bench. The programmable logic control is executed with Siemens S7-300 series programmable logic and by Profibus DP field bus. The logic application is made with Siemens SIMATIC STEP7 software. All the operations of the loading bench are controlled through operation panel. Control screens of the loading bench are made with SIMATIC ProTool software.

In the near future the features of the loading bench will be developed.

The test sequences and test programs will be developed further. Also test monitoring and test reporting system could be developed further with adding a PC to the hardware.

ALKUSANAT

Tämä tutkintotyö on tehty Konecranes Oy:lle loppuvuoden 2006 ja kevään 2007 aikana. Valitessa aihetta työlle päädyin juuri tähän aiheeseen pääosin kahdesta syystä: aihe oli mielenkiintoinen ja hyödyllinen myös Konecranes Oy:lle.

Haluan kiittää Konecranes Oy:n Lauri Niemistä, joka on ollut suureksi avuksi logiikkasovellusta tehdessä. Lisäksi haluan kiittää työn ohjaajana toiminutta Ismo Yleniusta ja kaikkia, jotka ovat olleet avuksi työn eri vaiheissa.

Haluan myös kiittää vanhempiani, jotka ovat tukeneet minua koko opiskeluideni ajan.

Tampereella 10. toukokuuta 2007

Ossi Kangasluoma

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	6
2 OHJELMOITAVA LOGIIKKA (PLC).....	7
3 TAAJUUSMUUTTAJEN OHJAUS PROFIBUS-KENTTÄVÄYLÄLLÄ	8
3.1 Profibus-kenttäväylä.....	8
3.2 PROFIDRIVE-profiili /2/	9
3.3 DynAHoist Vector II (D2H), DynAC Vector II (D2C) ja Profibus /2/	9
4 KUORMITUSLAITTEISTON KUVAUS	11
4.1 DynAReg Vector II (D2R) /3/	11
4.2 DynAC Vector II (D2C) ja DynAHoist Vector II (D2H).....	12
4.3 Induktiomoottorit.....	14
4.4 Kosketusnäyttö	15
4.5 Ohjelmoitava logiikka Siemens SIMATIC S7-300.....	16
5 KUORMITUSLAITTEISTON TOIMINNAN KUVAUS	17
5.1 Automaattinen testitila.....	18
5.2 Automaattisen testisekvenssin kuvaus	18
5.3 Manuaalinen testitila	21
5.4 Operointipaneelin näyttöjen hierarkia	21
5.4.1 TestSelection-näyttö	22
5.4.2 AutoTest-näyttö	23
5.4.3 MonitorAutoTest-näyttö.....	24
5.4.4 ManualTest-näyttö.....	25
5.4.5 MonitorManualTest-näyttö.....	26
6 KUORMITUSLAITTEISTON LOGIIKKASOVELLUS.....	27
6.1 Siemens SIMATIC STEP 7-ohjelmisto /5/	27
6.2 SIMATIC ProTool 6.0 SP3-ohjelmisto	28
6.2.1 Uuden kosketusnäytön luominen ja liittäminen Profibus-kenttäväylään	28
6.2.2 Kosketusnäytön ohjausnäyttöjen luominen	31
6.3 Logiikkasovelluksen rakenne	36
6.4 Manual-testin logiikkasovellus.....	37
6.4.1 Nopeuden ohjaus lohko FC221, NW1.....	38
6.4.2 Nopeuden ohjaus lohko FC221, NW2.....	39
6.4.3 Nopeuden ohjaus lohko FC221, NW3.....	40
6.4.4 Nopeuden ohjaus lohko FC221, NW4.....	42
6.5 Auto-testin logiikkasovellus	43
6.6 Logiikkasovelluksen toiminnan testaus.....	46
7 YHTEENVETO	47
LÄHTEET	48
LIITELUETTELO.....	49

1 JOHDANTO

KONE Oy:n sähkömoottoreiden korjauspaja aloitti toimintansa vuonna 1910. KONE Oy aloitti siltanostureiden valmistuksen vuonna 1933 ja perusti nostureita valmistavan KONE Cranes -divisioonan vuonna 1988. Vuonna 1994 KCI Konecranes irtautui KONE Oy:stä itsenäiseksi yhtiöksi. Nykyään yhtiö tunnetaan nimellä Konecranes. Tässä työssä käytetään Konecranes Oy:stä nimitystä Konecranes. Konecranes on yksi maailman johtavista nostolaitteiden valmistajista. Konecranesin tärkeimpiin asiakkaisiin kuuluvat koneenrakennus- ja prosessiteollisuus, telakat ja satamat. Konecranes toimittaa asiakkailleen toimintaa tehostavia nostoratkaisuja ja huoltopalveluita kaikkien nosturimerkkien osalta. Vuonna 2006 Konecranesin liikevaihto oli yhteensä 1 482,5 milj. euroa. Yrityksellä on yli 7200 työntekijää 41 maassa. Konecranes on maailman suurin nosturihuolto-yhtiö. Yhtiön vuosituotantoon sisältyy 14 000 teollisuusnosturia ja nostinta, 400 raskasta prosessi-, satama-, telakka- ja terminaalinosturia, 340 trukkia ja konttikurottajaa sekä 30 000 sähköistä ohjausjärjestelmää. Konecranesin huoltosopimuskannassa on 250 000 nosturia. /1/

Konsernin pääkonttori sijaitsee Hyvinkäällä, samoin kuin kolme tuotantotehdasta. Hyvinkäällä sijaitsevat vaihdetehtas, komponenttitehtas ja sähkölaitetehtas. Sähkölaitetehtaalla sijaitsee taajuusmuuttajien korjauspaja. Korjauspajalla korjataan ja testataan vioittuneita taajuusmuuttajia. Taajuusmuuttajia käytetään nostureissa mm. nosturin siirtoliikkeen ja nostoliikkeen ohjauksessa. Konecranesin nostureissa käytetyt taajuusmuuttajat ovat erityisesti nosturikäyttöön suunniteltuja.

Korjauspajalle rakennetaan taajuusmuuttajien kuormituslaitteisto pajalla korjattujen taajuusmuuttajien testausta varten. Laitteisto rakennetaan, jotta taajuusmuuttajien toimintaa voitaisiin testata entistä testausmenetelmää luotettavammalla menetelmällä. Laitteistolla on tarkoituksena kyetä ajamaan taajuusmuuttajia niiden nimellisvirralla, jotta niiden toimintaa voidaan testata luotettavasti korjaustoimien jälkeen. Kuormituslaitteiston tulee kyetä PLC-ohjauksessa suorittamaan taajuusmuuttajia ohjaava testisekvenssi automaattisesti. Nostureissa käytetään erikokoisia taajuusmuuttajia, joten testattavan taajuusmuuttajan kokoluokka tulee voida määrittää PLC-järjestelmään kenttäväylän välityksellä liitetyllä

operointipaneelilla. Laitteistoa ohjataan operointipaneelin kautta. Järjestelmässä on mahdollisuus laitteiston manuaaliseen ajoon, jotta testattaville laitteille voidaan tehdä alustava testiajo ennen automaattista testiajoa. Kuormituslaitteistoa suunniteltaessa on myös kiinnitetty huomiota laitteiston turvallisuusnäkökohtiin, kuten hallitsemattomiin ajotilanteisiin ja laitteiston pyöriin osiin. Tässä työssä keskitytään testilaitteiston PLC-ohjaukseen ja operointipaneelin ohjausnäyttöjen luontiin.

2 OHJELMOITAVA LOGIIKKA (PLC)

Ohjelmoitava logiikka (engl. Programmable Logic Controller, PLC) on laite, joka kehitettiin korvaamaan releillä toteutetut ohjauspiirit. PLC toimii siten, että ensin luetaan signaalitulot, jotka voivat olla analogisia tai digitaalisia tuloja. Tulojen luvun jälkeen suoritetaan logiikkasovellus ohjelmamuistista. Tämän jälkeen ohjataan PLC:n lähdöt päälle logiikkasovelluksen mukaisesti.

PLC:n peruskokoonpano koostuu yleensä virtalähteestä, keskusyksiköstä ja tulo- ja lähtökorteista. Tulo- ja lähtökortit muodostavat liittymisrajapinnan PLC:n ja ohjattavan järjestelmän välillä.

Edellä mainitut yksiköt kiinnitetään asennuskiskoon ja yksiköt yhdistyvät väylällä toisiinsa. Lisäksi peruskokoonpanoa voidaan laajentaa sovelluskohtaisesti erilaisilla laajennusyksiköillä. Laajennusyksiköiden avulla on esimerkiksi mahdollista hyödyntää sarjaliikennettä tiedonsiirrossa sekä suorittaa raskasta laskentaa vaativia säätöjä.

Ohjelmoitavan logiikan käyttö nostureissa

Aluksi ohjelmoitavia logiikoita käytettiin nostureissa yksinkertaistamaan sähköisiä ohjauksia ja johdotuksia. Näiden etujen lisäksi on saavutettu paljon muitakin etuja hajautetun I/O:n ja kenttäväyläteknologian avulla. Ohjelmoitavien logiikoiden

laskentakapasiteetin lisääntyä voidaan nostureissa käytettävien ohjelmistojen ominaisuuksia edelleen kehittää ja näin parantaa nostureiden suorituskykyä.

Toteutettaessa nosturin ohjaus ohjelmoitavalla logiikalla pystytään nostureihin lisäämään monia toimintoja ja ominaisuuksia, jotka eivät ole mahdollisia tavallisessa releohjatussa nosturissa. Nykyään monet manuaalisesti ja automaattisesti operoitavat nosturit, joilla on monimutkaiset ohjaustoiminnot perustuvat PLC-ohjaukseen. On olemassa monia syitä käyttää ohjelmoitavaa logiikkaa pääelementtinä nosturin ohjausjärjestelmässä:

- Saavutetaan entistä yksinkertaisempi sähköinen järjestelmä luomalla monimutkainen ohjauslogiikka PLC:n sovellukseksi, sen sijaan että käytettäisiin releitä ja johdottamalla niitä ohjauspaneeliin.
- Saavutetaan entistä lyhyempi suunnittelu-aika ja ohjauspaneelien rakennusaika.
- Entistä edistyneemmät ominaisuudet voidaan helposti sisällyttää alkuperäiseen toimitukseen tai lisätä myöhemmin päivityksinä.
- Ohjelmoitavien logiikoiden laitteisto on pääosin puolijohdekomponenteista koottu, jolloin monet lyhyemmän käyttöiän omaavat osat jäävät pois laitteistosta.

3 TAAJUUSMUUTTAJIEN OHJAUS PROFIBUS-KENTTÄVÄYLÄLLÄ

3.1 Profibus-kenttäväylä

Profibus-väylä on kenttäväylä, joka perustuu eurooppalaiseen EN 50170-standardiin. Profibus-väylä kommunikoi kenttälaitteiden kanssa master-slave-periaatteella, jossa PLC:n CPU-yksikkö on tyypillisesti Profibus master- ja taajuusmuuttaja slave-yksikkö. Profibus-protokolla määrittää, kuinka käyttäjätiedot välitetään yksiköiden välillä kenttäväylän kautta.

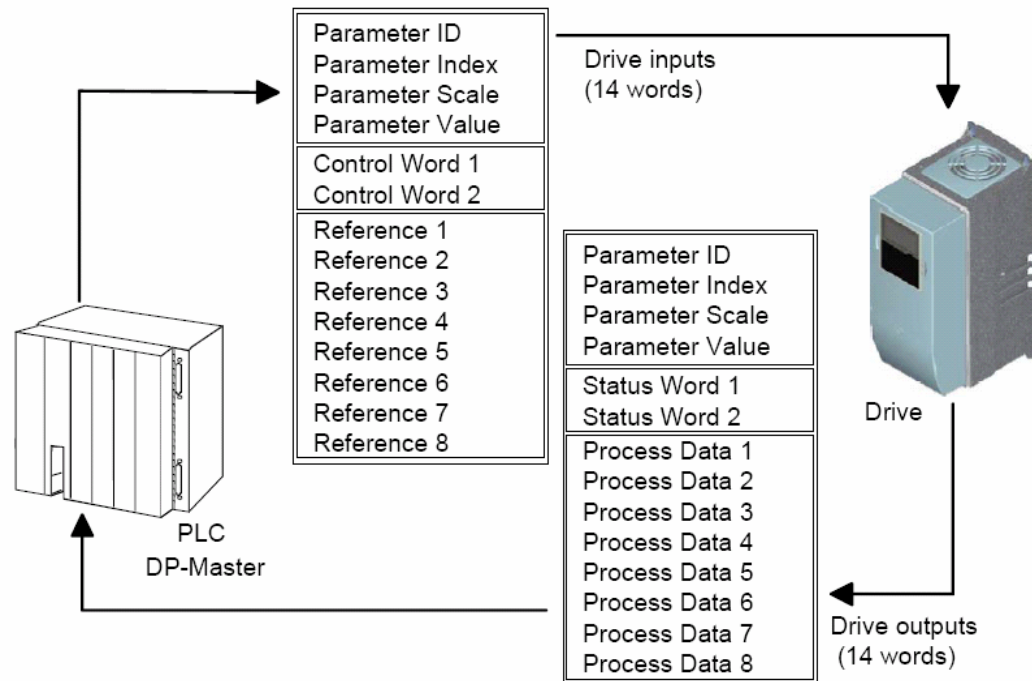
3.2 PROFIDRIVE-profiili /2/

Moottorikäyttöjen valmistajat ovat yhdessä määritelleet PROFIDRIVE-profiilin, jota hyödynnetään taajuusmuuttajien ohjauksessa. Profiili määrittelee perusajotoiminnot, mutta jättää kuitenkin riittävästi vapautta sovelluksen laajentamiseksi ja edelleen kehittämiseksi.

3.3 DynAHOist Vector II (D2H), DynAC Vector II (D2C) ja Profibus /2/

DynAHOist Vector II (D2H) ja DynAC Vector II (D2C) taajuusmuuttajat voidaan liittää Profibus-kenttäväylään taajuusmuuttajaan liitettävän valinnaisen kenttäväyläkortin kautta. D2H:ssa ja D2C:ssä voidaan käyttää kenttäväylänä ainoastaan Profibus DP-väylää. Kommunikointi Profibusin ja taajuusmuuttajien välillä perustuu PROFIDRIVE-profiiliin, mutta ei täytä profiilin spesifikaatiota täydellisesti. Erityisesti status- ja control-sanojen sisältö on määritelty nosturisovelluksia varten. Jotta D2H- tai D2C-taajuusmuuttajaa voitaisiin ohjata Profibus-väylän kautta, täytyy sen parametrit asetella väyläohjaukseen soveltuviksi. Lisäksi taajuusmuuttaja täytyy konfiguroida osaksi Profibus-väylää Siemens SIMATIC STEP 7 -ohjelmistolla.

PROFIDRIVE-profiili määrittelee datan viiteen eri PPO-tyyppiin (Parameter Process Data Object). D2H- ja D2C-taajuusmuuttajan sovelluksissa on aina käytössä PPO5. Taajuusmuuttajien PPO-tyyppiä ei voi vaihtaa eri PPO-tyyppiin. Samoin kuin PPO-tyyppi, on myös Profibus-väylän tiedonsiirtonopeus aina sama. Tiedonsiirtonopeuden muuttamista varten ei ole parametria, jonka arvon voisi muuttaa halutuksi.



Kuva 1 PPO5-kommunikointikehykset nosturisovelluksissa /2/

Kuvassa 1 on esitetty miten taajuusmuuttaja lähettää digitaaliset tilatiedot (Status Word 1 ja 2) ja valittujen analogiamuuttujien (Process Data 1...8) arvot PPO5-kommunikointikehyksen mukaisesti Profibus-masterille (PLC). Vastaavasti PPO5-kommunikointikehyksen mukaisesti, valittaessa taajuusmuuttajalta bus control - parametri aktiiviseksi, taajuusmuuttaja ottaa vastaan ohjaukset (Control Word 1 ja 2) ja referenssiarvot (Reference 1...8) Profibus-väylän kautta.

Taajuusmuuttajalta PLC:lle luettavat 16 bitin mittaiset Status Word 1 ja 2 sisältävät mm. taajuusmuuttajan terminaalien tilatietoja, kuten siihen kytketyn moottorin tilan ja pyörimissuunnan. Process Data 1 sisältää aina tiedon moottorin nopeudesta ja Process Data 2 sisältää aina moottorin virran arvon. Process Data 3...8:n sisältö voidaan valita eri vaihtoehdoista. Vaihtoehtoina on mm. moottorin taajuus, momentti ja jännite. Taajuusmuuttaja päivittää Status Word- ja Process Data-arvot 10 ms välein Profibus-liityntäkortille.

PLC:ltä taajuusmuuttajalle Profibus-kenttäväylän välityksellä lähetettävät Control Word 1 ja 2 sisältävät mm. ohjaukset moottorin pyörimissuunnasta ja ohjaukset vikakoodien resetoinnista. Reference-sanoilla voidaan lähettää taajuusmuuttajalle halutut referenssi-arvot, joilla ohjataan mm. moottorin

pyörimisnopeutta. Reference-sanat 1...5 on varattu nopeudelle, momentille, nopeuden korjaukselle, ohjausramppien ajalle ja momentin rajoitukselle. Reference-sanat 6...8 voidaan valita muutamasta eri vaihtoehdosta, joista löytyy mm. nopeuden rajoitus.

PPO5:n sisältämät Status Word 1 ja 2, Process Data 3...8, Control Word 1 ja 2, sekä Reference-sanat ovat liitteinä 2...5.

4 KUORMITUSLAITTEISTON KUVAUS

Kuormituslaitteisto koostuu pääosin seuraavista laitteista:

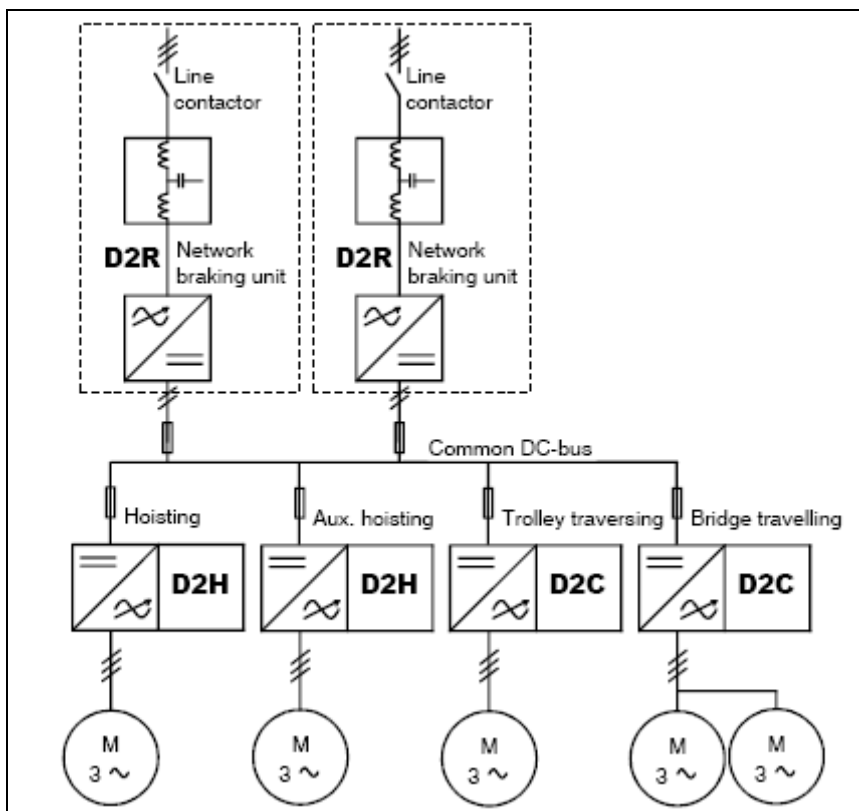
- ohjelmitava logiikka
- LCL-suodatin
- D2R-verkkoonjarrutuslaite
- D2H-taajuusmuuttaja
- induktiomoottorit 2 kpl
- operointipaneeli
- jarruvastukset
- DAV/D2V-taajuusmuuttaja

Liitteenä 1 on periaatekuva laitteiston rakenteesta.

4.1 DynAReg Vector II (D2R) /3/

DynAReg Vector II-verkkoonjarrutuslaite (D2R) kuuluu DynA Vector II -tuoteperheeseen, johon kuuluu myös taajuusmuuttajat DynAC Vector II (D2C) ja DynAHOist Vector II (D2H). Tuoteperhe on täydellinen nosturin liikkeenohjausjärjestelmä. Ohjausjärjestelmä soveltuu jokaiseen nosturin liikkeeseen ja mahdollistaa dynaamisen ja turvallisen nosturin toiminnan.

Nosturin toiminta edellyttää jatkuvia liiketoimintojen käynnistyksiä ja pysäytyksiä. Liikkeiden jarrutusjakson aikana, kuten myös suoritettaessa nostettavan kuorman laskua, tuotetaan energiaa. Tuotettu energia täytyy joko tuhjata jarruvastuksiin tai siirtää takaisin syöttävään sähköverkkoon D2R:n avulla.



Kuva 2 Verkkoonjarrutuslaitteen D2R ja taajuusmuuttajien D2C ja D2H periaatteellinen kytkentä /3/

Kuvassa 2 on esitetty periaate miten verkkoonjarrutuslaite on yhteydessä D2H- ja D2C-taajuusmuuttajiin.

4.2 DynAC Vector II (D2C) ja DynAHoist Vector II (D2H)

DynAC Vector II (D2C) ja DynAHoist Vector II (D2H) ovat erityisesti nostureihin suunniteltuja taajuusmuuttajia. D2C on tarkoitettu nosturin siirtoliikkeiden ohjaukseen ja D2H on tarkoitettu nosturin nostoliikkeiden ohjaukseen.

Taajuusmuuttajat D2C ja D2H kuuluvat samaan tuoteperheeseen DynAReg Vector II-verkkoonjarrutuslaitteen (D2R) kanssa.

Teholuokkia näissä taajuusmuuttajissa on 2,2 kW:sta 800 kW:iin saakka.

Taajuusmuuttajat sisältävät mm. jarrukontaktorin ulkoista levyjarrua varten.

Sähköistä jarrutusta varten molemmissa taajuusmuuttajissa on jarrutransistoreita.

Jarrutransistorit on mitoitettu sopimaan jokaiseen nosturisovellukseen. Vastuksen avulla tapahtuvaa jarrutusta varten on D2H ja D2C varustettu ulkoisella

jarruvastuksella. Taajuusmuuttajiin on myös sisäänrakennettu hidastus- ja

seisrajakytkintoimintoja. D2H sisältää myös nopeudenvälvontayksikön, joka on

mahdollista asentaa haluttaessa D2C:hen. Nopeudenvälvontayksikkö on erillinen laite, joten se ei ole riippuvainen taajuusmuuttajan ohjelmistosta.

Nopeudenvälvontayksiköllä valvotaan ohjattavan moottorin nopeutta. D2H ja D2C sisältävät myös moottorin lämpösuojan. Lämpösuojan toiminta perustuu moottorin lämpötilan mittaamiseen.

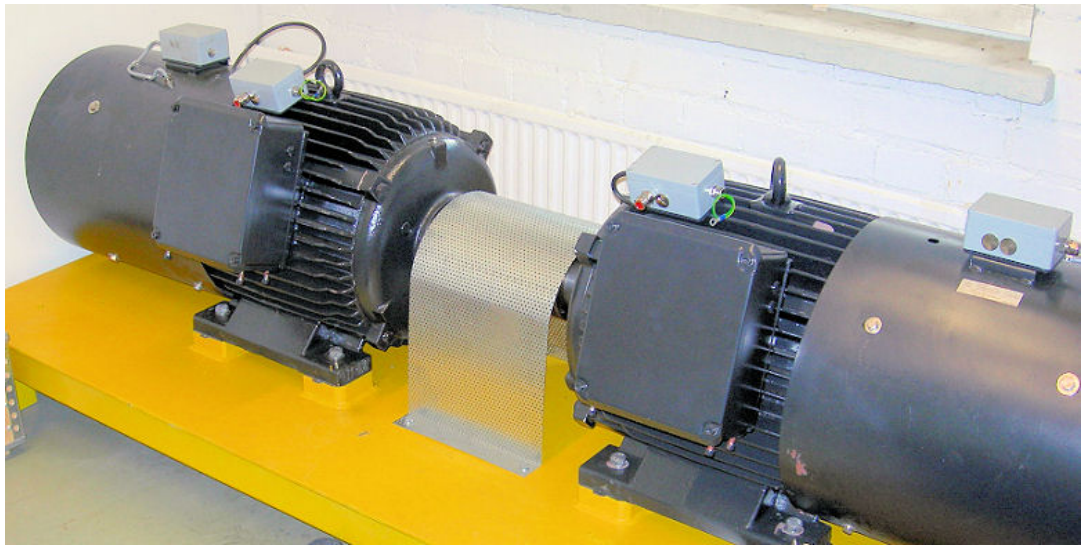


Kuva 3 D2C007F-taajuusmuuttaja

Kuvassa 3 on D2C007F-taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttajan teho 400:n voltin jännitteellä on 7,5 kW.

4.3 Induktiomoottorit

Kuormituskoneistossa käytettävät moottorit ovat Konecranesin valmistamia induktiomoottoreita. Induktiomoottoreista käytetään yleisesti nimeä oikosulkumoottori. Moottorit on aseteltu niitä varten rakennetulle alustalle. Moottorit on sijoitettu siten, että ne ovat vastakkain ja niiden akselit ovat kiinnitettyinä toisiinsa.



Kuva 4 Kuormituskoneiston moottoreiden asettelu

Kuvassa 4 on kuormituskoneiston moottorit, jotka ovat aseteltu toisiaan vasten ja kiinnitetty toisiinsa akseleistaan.

Kun moottoreiden akselit ovat kiinnitettyinä toisiinsa, ne pyrkivät vastustamaan toistensa pyörimisliikettä yrittäessään pyöriä eri suuntiin. Tästä pyörimisliikkeen vastustamisesta syntyy testattavan taajuusmuuttajan kuormitus. Koestettaessa korjattua taajuusmuuttajaa pyörii sen ohjaama moottori esim. myötäpäivään. Kuormittavan taajuusmuuttajan ohjaama moottori pyrkii pyörimään myös myötäpäivään, jolloin syntyy pyörimisliikettä vastustava momentti. Moottori voi toimia joko generaattorina tai moottorina, riippuen akselilla vaikuttavan vääntömomentin suunnasta.

3-MOTOR NR 1187200		INS.CL. F	
TYPE MT22MC300K150Z31118N-IP54			
90 /	kW		S3-404MIN ON 6 OFF
973 /	r/min	0.84 /	COS φ
500 - D /	145 /	A	50 Hz
525 V D /	145 /	A	I _o 55 A
/	/	/	COS φ
/	/	/	50 Hz
/	/	/	EU

Kuva 5 Kuormituskoneiston moottoreiden leimausarvot

Kuvassa 5 on moottoreiden leimausarvot. Moottorit ovat ominaisuuksiltaan samanlaisia.

4.4 Kosketusnäyttö

Kosketusnäyttönä kuormituslaitteistossa käytetään Siemensin Touch Panel TP 170B Color -kosketusnäyttöä. Kosketusnäytöltä ohjataan kuormituslaitteiston toimintaa Profibus-kenttäväylän kautta. Kosketusnäytön näyttöjen sisältö tehdään ProTool 6.0 -ohjelmalla.



Kuva 6 Siemens Touch Panel TP 170B Color -kosketusnäyttö

Kuvassa 6 on kuormituslaitteistossa käytetyn kosketusnäytön kuva. Kosketusnäyttö toimii 24 V DC syöttöjännitteellä, joka syötetään PLC:n jännitelähteeltä.

4.5 Ohjelmoitava logiikka Siemens SIMATIC S7-300

Ohjelmoitavana logiikkana kuormituskoneistossa käytetään Siemensin SIMATIC S7-300-sarjan logiikkaa. Logiikka koostuu seuraavista moduuleista:

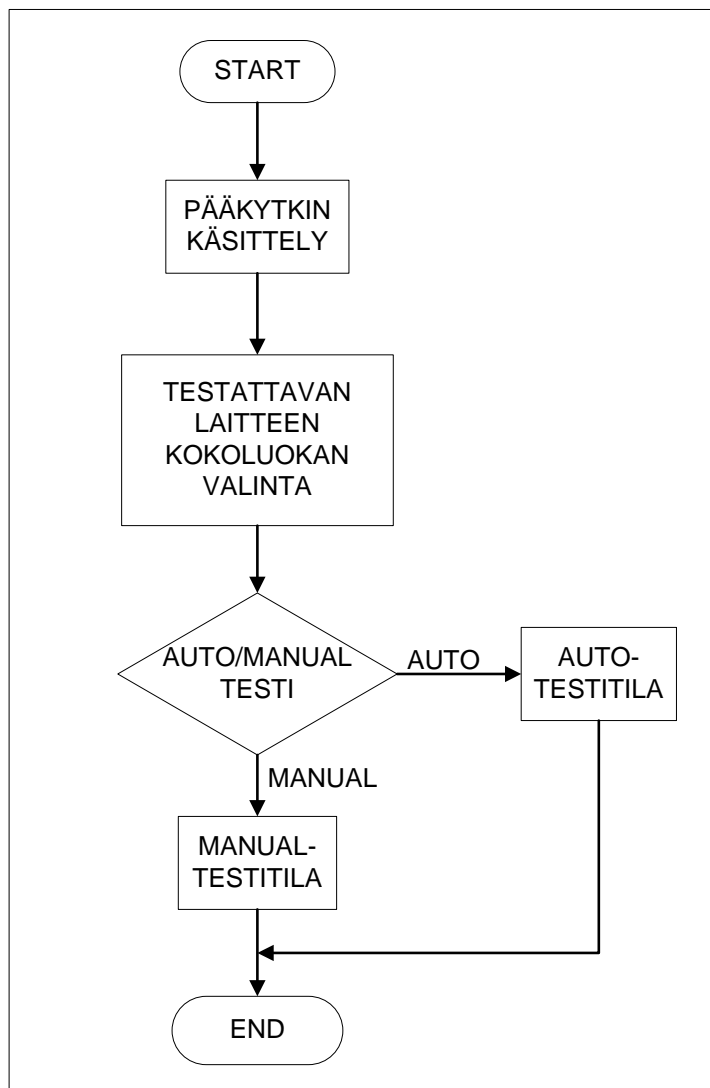
- PS307 5A, virtalähde
- CPU315-2 DP, Profibus-CPU
- SM321 DI 16xDC24V, digitaalisisääntulo
- SM322 DO 16xAC120/230V, digitaaliulostulo
- SM334 AI4/AO2x8BIT, analogia sisään- ja ulostulo



Kuva 7 Kuormituslaitteiston Siemens SIMATIC S7-300-sarjan PLC-moduulit

Kuvassa 7 on kuormituslaitteistossa käytetyn Siemens SIMATIC S7-300-sarjan PLC-moduulit.

5 KUORMITUSLAITTEISTON TOIMINNAN KUVAUS



Kuva 8 Vuokaavio kuormituslaitteiston toiminnasta

Kuvassa 8 on esitetty vuokaavio kuormituslaitteiston toiminnasta. Aluksi pääkytkin käsittelyssä käynnistetään laitteisto ja odotetaan, että kaikki laitteet ovat toimintavalmiita. Seuraavaksi valitaan operointipaneelilta testattavan taajuusmuuttajan kokoluokka. Kokoluokan valinnan jälkeen valitaan automaattinen testitila tai manuaalinen testitila.

5.1 Automaattinen testitila

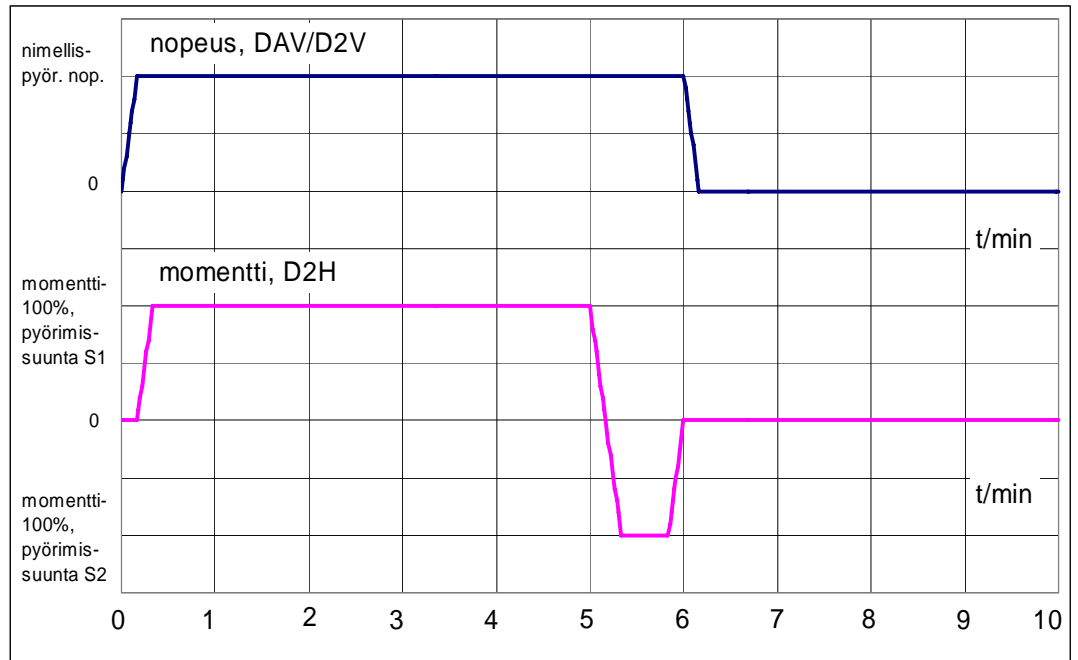
Automaattisessa testitilassa suoritetaan automaattinen koeajo korjatulle, testattavana olevalle taajuusmuuttajalle. Aluksi operointipaneelin kautta valitaan testisekvenssiin haluttu ED-% ja testin pituuden kesto. Oletuksina laitteistossa on ED 60 % ja testin pituutena 1 h.

ED-% määrittelee, kuinka kauan testattavaa taajuusmuuttajaa ajetaan nimellisvirralla ja ajan, jonka laite on pysähdyksissä ennen seuraavaa sekvenssin kiertoa. Esim. ED:n ollessa 20 % kiihdytetään laitteisto ensin nimellisoopeuteen ja kuormitetaan nimellisvirralla. Tätä nopeutta ajetaan 2 min:n ajan, jonka jälkeen laitteisto pysäytetään 8 min:n ajaksi. Yhden tunnin kestoisessa testissä kuormitetaan testattavaa taajuusmuuttajaa siis nimellisvirralla 12 min ajan, joka on 20 % 60:stä minuutista.

5.2 Automaattisen testisekvenssin kuvaus

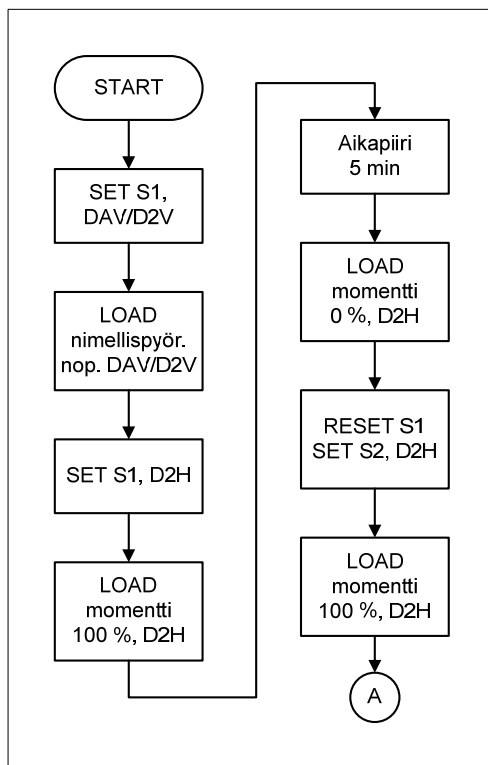
Taajuusmuuttajien kuormituslaitteiston tulee pystyä PLC-ohjauksessa ajamaan tietty testisekvenssi automaattisesti. Testisekvenssin alkaessa kiihdytetään testattavan taajuusmuuttajan pyörimisnopeus nimellipyörimisnopeuteen. Testattavan taajuusmuuttajan saavutettua nimellipyörimisnopeutensa lisätään pyörimistä vastustavan taajuusmuuttajan momenttiohjetta. Momentti asetetaan arvoon, jossa testattava taajuusmuuttaja saavuttaa nimellisvirran. Taajuusmuuttajia ajetaan nimellisvirralla ED-%:n mukainen aika.

Testisekvenssin lopussa testattavaa taajuusmuuttajaa kuormittavan taajuusmuuttajan momenttiohje muutetaan vastakkaiseksi, jolloin testattavan laitteen moottori toimii generaattorina. Tätä jatketaan 1 min:n ajan, jonka jälkeen momenttiohjeeksi annetaan nolla. Momenttiohjeen ollessa nolla hidastetaan testattavan laitteen nopeus pysähdyksiin. Laitteisto on pysähdyksissä ED-% mukaisen ajan, jonka jälkeen sekvenssi toistetaan. Oletusaikana testisekvenssi kestää 1 h:n ajan, 10 min:n osina.



Kuva 9 Nopeuden ja momentin kuvaajat automaattisessa testisekvenssissä

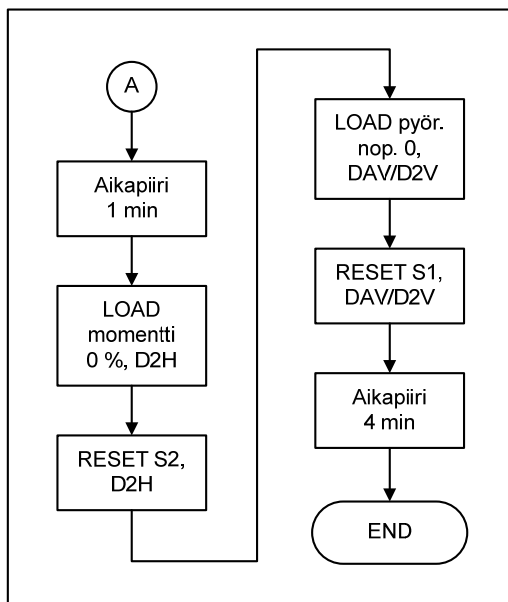
Kuvassa 9 ylempi kuvaaja esittää testattavan taajuusmuuttajan nopeutta ja alempi kuvaaja sitä kuormittavan taajuusmuuttajan momenttia automaattisessa testisekvenssissä. Kuvassa olevan testin ED-% on 60 %.



Kuva 10 Automaattisen testisekvenssin vuokaavion ensimmäinen osa

Kuvassa 10 on automaattisen testisekvenssin vuokaavion ensimmäinen osa. Vuokaavion toinen osa on kuvassa 11. Vuokaaviossa testisekvenssin ED-% on 60 %.

Käynnistyskäskyn jälkeen asetetaan testattavan taajuusmuuttajan ohjaaman moottorin pyörimissuunnaksi S1. Pyörimissuunnan asetuksen jälkeen ladataan testattavalle taajuusmuuttajalle nopeusohjeeksi nimellipyörimisnopeus. Nimellipyörimisnopeuden jälkeen asetetaan kuormittavan taajuusmuuttajan ohjaaman moottorin pyörimissuunnaksi S1. Pyörimissuunnan asettelun jälkeen ladataan kuormittavalle taajuusmuuttajalle momenttiohje. Tämän jälkeen ajetaan testattavaa taajuusmuuttajaa kuormittaen 5 min ajan. 5 min:n kuormituksen jälkeen vaihdetaan kuormittavan taajuusmuuttajan ohjaaman moottorin pyörimissuunta vastakkaisesti. Tämä tapahtuu lataamalla aluksi momenttiohjeeksi 0 %. Momentin ollessa nolla resetoidaan pyörimissuunta S1 ja asetetaan pyörimissuunnaksi S2. Pyörimissuunnan asettelun jälkeen ladataan kuormittavalle taajuusmuuttajalle momenttiohje.



Kuva 11 Automaattisen testisekvenssin vuokaavion toinen osa

Kuvassa 11 on automaattisen testisekvenssin vuokaavion toinen osa. Momenttiohjeen lataamisen jälkeen ajetaan testattavaa laitetta generaattorina 1 min ajan. Tämän ajan kuluttua ladataan momenttiohjeeksi 0 %. Momenttiohjeen ollessa

nolla resetoidaan kuormittavan taajuusmuuntajan pyörimissuunta S2. Seuraavaksi ladataan testattavalle taajuusmuuttajalle pyörimisnopeudeksi nolla.

Pyörimisnopeuden ollessa nolla resetoidaan pyörimissuunta S1. Tässä vaiheessa laitteisto on seis-tilassa ED-% mukaisen ajan, 4 min. Tämän ajan kuluttua aloitetaan sekvenssi alusta.

5.3 Manuaalinen testitila

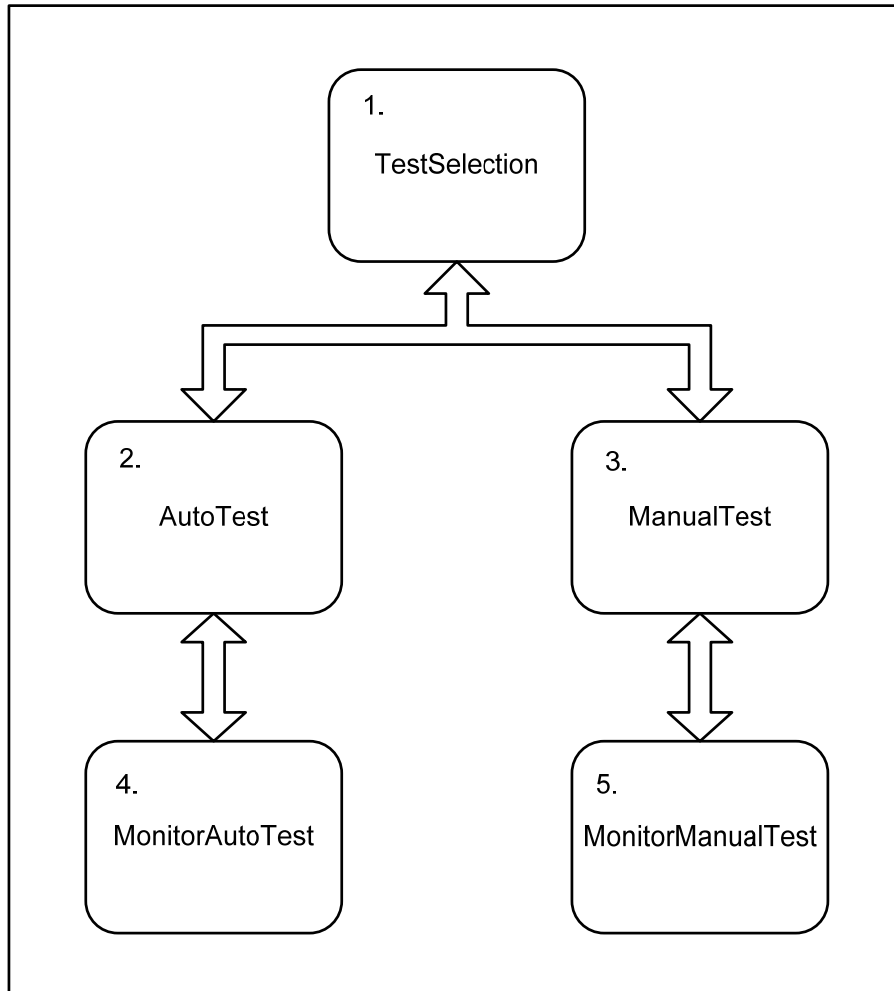
Kuormituslaitteiston ollessa manuaalisessa testitilassa sillä tulee voida ajaa käsin operointipaneelin kautta haluttu vapaamuotoinen testiajo. Manuaalisessa testitilassa testattavaa taajuusmuuttajaa tulee voida kuormittaa 0...150 % nimellisvirrasta.

Manuaalinen testiajo käynnistetään valitsemalla manuaalinen testitila TestSelection-näytöltä. Valinta tapahtuu painamalla operointipaneelilta Manual-painiketta. Testin alkaessa testattavaa taajuusmuuttajaa ei kuormiteta. Testattavan taajuusmuuttajan nopeutta ja sitä kuormittavan taajuusmuuttajan momenttiohjetta voidaan säätää portaattomasti 1 %:n resoluutiolla. Testiajon ollessa käynnissä operointipaneelin näytöltä tulee voida nähdä testattavan laitteen virta- ja nopeusarvot.

5.4 Operointipaneelin näyttöjen hierarkia

Kuormituskoneiston operointipaneelin näyttöjen hierarkia on esitetty kuvassa 12. Liikkuminen eri näyttöjen välillä tapahtuu kuvassa olevien nuolien mukaisesti. TestSelection-näyttö on aloitusnäyttö, joka tulee operointipaneelin näytölle ensimmäisenä kytkettäessä laitteistolle virta. TestSelection-näytöstä voidaan siirtyä joko AutoTest- tai ManualTest-näyttöön. AutoTest- ja ManualTest-näytöistä voidaan siirtyä takaisin TestSelection-näyttöön. AutoTest-näytöstä voidaan myös siirtyä MonitorAutoTest-näyttöön. MonitorAutoTest-näytöstä voidaan siirtyä takaisin AutoTest-näyttöön. ManualTest-näytöstä voidaan siirtyä

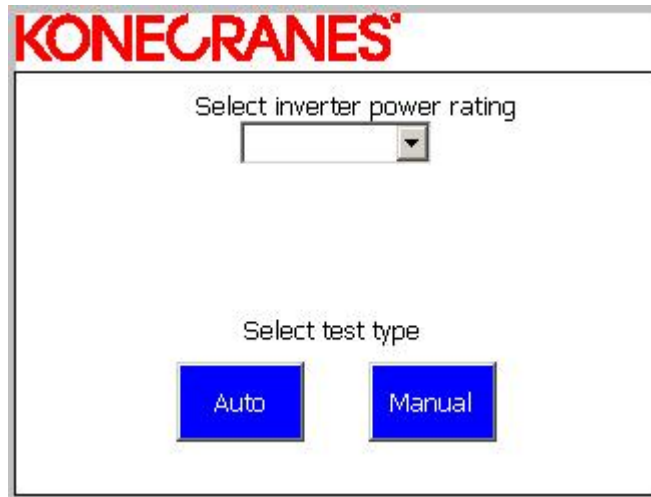
MonitorManualTest-näyttöön. MonitorManualTest-näytöstä voidaan siirtyä takaisin ManualTest-näyttöön.



Kuva 12 Kuormituskoneiston operointipaneelin näyttöjen hierarkia

5.4.1 TestSelection-näyttö

Operointipaneelin TestSelection-näytöstä valitaan testattavan taajuusmuuttajan teholuokka. Teholuokka valitaan alasvetovalikon vaihtoehdoista. Teholuokan valinnan jälkeen valitaan joko automaattinen testi tai manuaalinen testi.

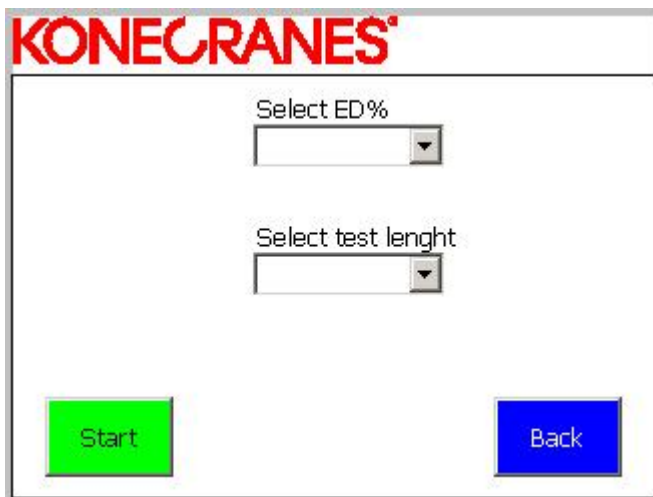


Kuva 13 Operointipaneelin TestSelection-näyttö

Kuvassa 13 on Operointipaneelin TestSelection-näyttö. Käynnistettävän testin valinta tapahtuu Auto- tai Manual-painikkeella. Painettaessa Auto-painiketta siirrytään AutoTest-näyttöön. Manual-painiketta painettaessa siirrytään ManualTest-näyttöön.

5.4.2 AutoTest-näyttö

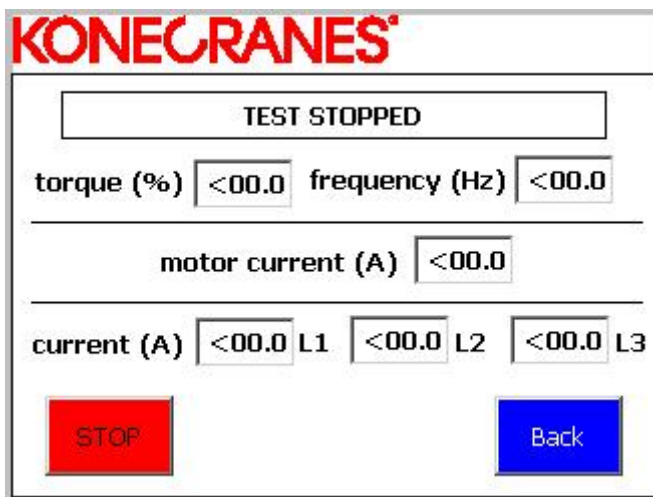
Operointipaneelin AutoTest-näytöstä valitaan automaattisen testisekvenssin ED-% ja testisekvenssin kesto. ED-%:n valinta tapahtuu alasvetovalikosta. Vaihtoehtoina valikossa on ED-%: 20, 40, 60 ja 100. Oletusarvona valikoissa on ED-% 60. Automaattisen testisekvenssin kesto valitaan alasvetovalikosta. Vaihtoehtoina valikossa on ajat: 10 min, 20 min, 30 min, 40 min, 50 min ja 60 min. Oletusarvona valikossa sekvenssin kesto on 60 min.



Kuva 14 Operointipaneelin AutoTest-näyttö

Kuvassa 14 on operointipaneelin AutoTest-näyttö. Näytön vihreällä Start-painikkeella käynnistetään automaattinen testisekvenssi. Start-painiketta painettaessa siirrytään MonitorAutoTest-näyttöön. Back-painikkeella siirrytään takaisin edelliseen näyttöön, joka on TestSelection-näyttö.

5.4.3 MonitorAutoTest-näyttö



Kuva 15 Operointipaneelin MonitorAutoTest-näyttö

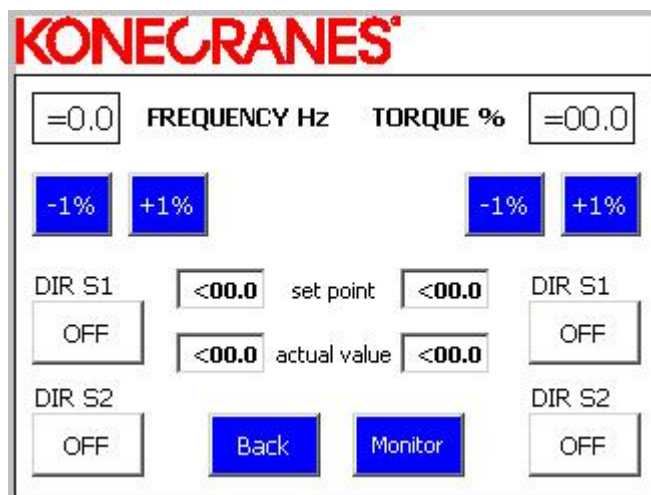
Kuvassa 15 on operointipaneelin MonitorAutoTest-näyttö. Näytöltä voidaan nähdä automaattisen testiajon ollessa käynnissä testattavan taajuusmuuttajan taajuus

(frequency (Hz)) ja kuormittavan taajuusmuuttajan momentti (torque (%)). Näiden lisäksi näytöltä voidaan nähdä moottorin vaihevirrat L1, L2, L3 (current(A)), sekä testattavan taajuusmuuttajan mittaama moottorin virta (motor current (A)).

Näytön vasemmassa alakulmassa olevalla STOP-painikkeella voidaan keskeyttää automaattinen testi. Oikeassa alakulmassa olevalla Back-painikkeella voidaan palata takaisin edelliseen näyttöön, joka on AutoTest-näyttö. Näytön yläreunassa on suorakaiteen muotoinen palkki, jossa lukee testin ollessa käynnissä TEST DRIVE IN PROGRESS. Testin ollessa käynnissä palkki vilkkuu vaihtuen mustan tekstin ja punaisen pohjan väriä siten että, teksti muuttuu punaiseksi ja pohja mustaksi. Testin ollessa pysäytettynä palkissa lukee valkoisella pohjalla mustalla tekstillä TEST STOPPED.

5.4.4 ManualTest-näyttö

Operointipaneelin ManualTest-näytöstä voidaan ohjata taajuusmuuttajan manuaalista testiä.



Kuva 16 Operointipaneelin ManualTest-näyttö

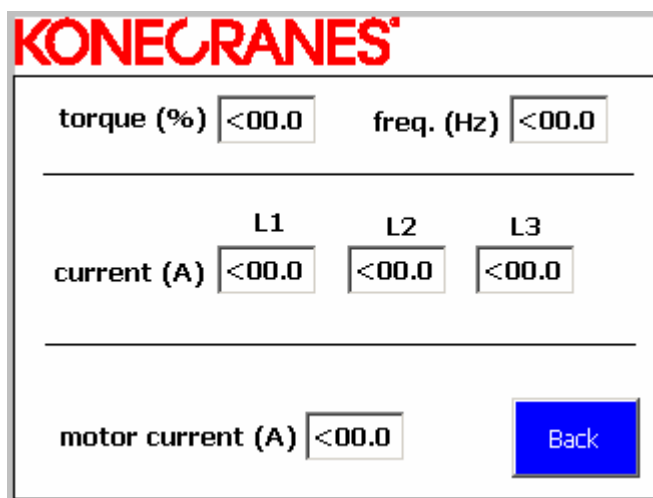
Kuvassa 16 on operointipaneelin ManualTest-näyttö. Näytön vasemmalla laidalla on testattavana olevan taajuusmuuttajan ohjaaman moottorin nopeuden ja pyörimissuunnan ohjaukset. Näytön vasemmassa yläkulmassa olevasta input field-

kentästä voidaan asetella moottorin pyörimisnopeus. Painikkeista -1% ja +1% voidaan lisätä tai vähentää moottorin pyörimisnopeutta 1 % resoluutiolla. Suurin nopeus joka input field-kentästä voidaan asetella on 50 Hz. Painikkeilla DIR S1 ja DIR S2 määritellään moottorin pyörimissuunta.

ManualTest-näytön oikealla laidalla on testattavaa taajuusmuuttajaa kuormittavan taajuusmuuttajan momentin ja pyörimissuunnan ohjaukset. Kuvassa 16 olevan ManualTest-näytön oikeassa yläkulmassa olevasta input field-kentästä voidaan asetella momenttiohje. Momenttiohjeella ohjataan moottoria, joka kuormittaa testattavana olevaa taajuusmuuttajaa. Oikean laidan -1%- ja +1%-painikkeilla voidaan momenttiohjetta lisätä tai vähentää 1 % resoluutiolla. Suurin mahdollinen momenttiohje on 100 %. Pienin mahdollinen momenttiohje on 0 %. Painikkeilla DIR S1 ja DIR S2 määritellään moottorin pyörimissuunta.

Set point output field-kentistä nähdään nopeus- ja momenttiohjeen asetusarvot. Actual value output field-kentistä nähdään moottoreiden sen hetkinen todellinen pyörimisnopeus ja momentti. ManualTest-näytön Back-painikkeella voidaan palata takaisin TestSelection-näyttöön. Monitor painiketta painettaessa siirrytään MonitorManualTest-näyttöön.

5.4.5 MonitorManualTest-näyttö



Kuva 17 Operointipaneelin MonitorManualTest-näyttö

Kuvassa 17 on operointipaneelin MonitorManualTest-näyttö. Näytöltä voidaan nähdä manuaalisen testin aikana testattavan taajuusmuuttajan taajuus (freq. (Hz)) ja kuormittavan taajuusmuuttajan momentti (torque (%)). Näiden lisäksi näytöltä voidaan nähdä moottorin vaihevirratt L1, L2, L3 (current(A)), sekä testattavan taajuusmuuttajan mittaama moottorin virta (motor current (A)).

6 KUORMITUSLAITTEISTON LOGIIKKASOVELLUS

Kuormituslaitteiston logiikkasovellus on tehty Siemensin SIMATIC STEP 7-ohjelmistolla. Kosketusnäytön ohjelmointi ja näytöt on tehty SIMATIC ProTool 6.0 SP3-ohjelmistolla.

6.1 Siemens SIMATIC STEP 7-ohjelmisto /5/

STEP 7-ohjelmisto on Siemensin SIMATIC-automaatiojärjestelmän perusohjelmointi- ja konfigurointiohjelmisto. STEP 7 koostuu useista erilaisista sovelluksista, jotka suorittavat tiettyä osaa ohjelmoitaessa automaatio-sovellusta. Ohjelmistolla voidaan konfiguroida ja määritellä parametreja hardware-laitteistolle, luoda ja etsiä vikoja käyttäjän luomista sovelluksista sekä konfiguroida tietoverkkoja ja niiden liityntöjä.

SIMATIC Manager on STEP 7-ohjelmiston graafinen käyttöliittymä, jonka avulla voidaan hallita edellä mainittuja toimintoja projektin muodossa. SIMATIC Manager kokoaa tarvittavat asetukset ja datan eri sovelluksista ja järjestellee ne toimintojen mukaan yhdeksi projektiksi.

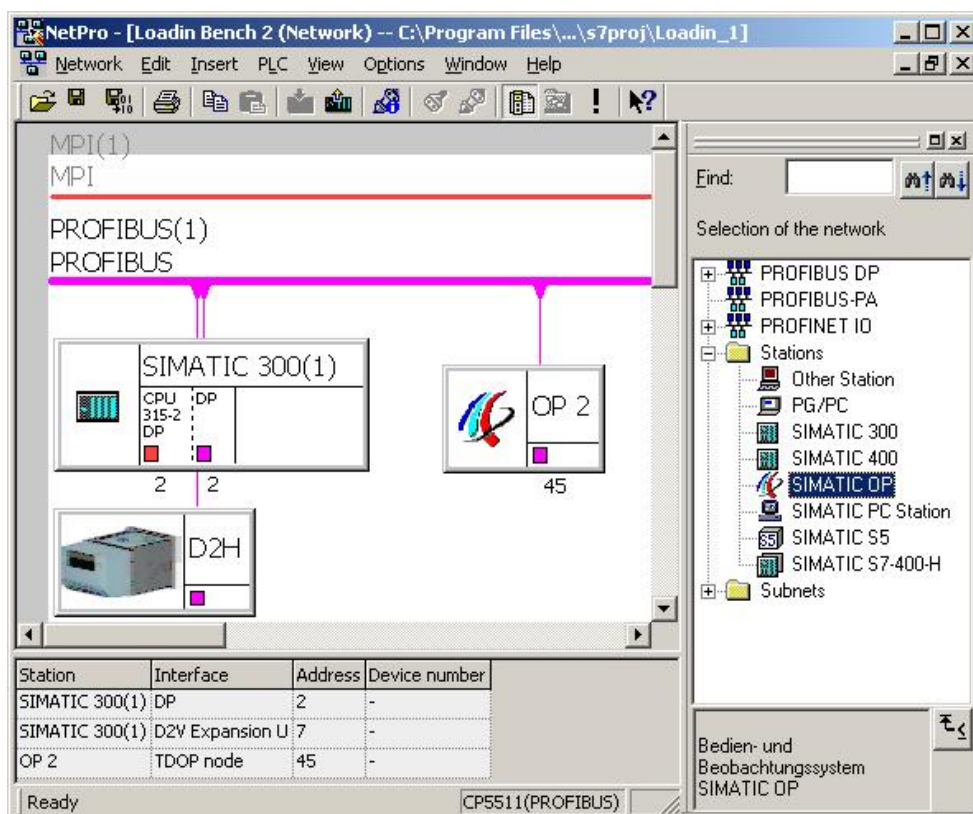
6.2 SIMATIC ProTool 6.0 SP3-ohjelmisto

SIMATIC ProTool 6.0 SP3-ohjelmistolla voidaan konfiguroida erilaisia SIMATIC Panel-ohjauspaneeleita, Multi Panel-ohjauspaneeleita sekä PC-pohjaisia järjestelmiä. /6/

ProTool-ohjelmistolla tehdään kosketuspaneelin näytöt ja määritellään näytön ja PLC:n välinen kommunikointi.

6.2.1 Uuden kosketusnäytön luominen ja liittäminen Profibus-kenttäväylään

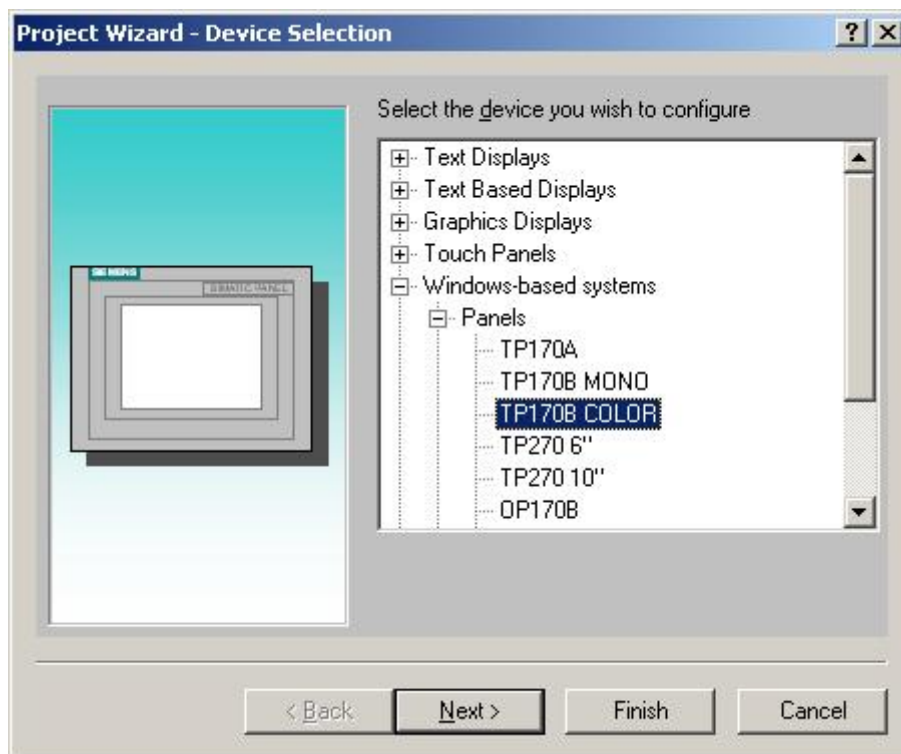
Uuden kosketusnäytön luominen aloitetaan SIMATIC Manager-ohjelmiston configure network-toiminnolla. Tämä toiminto käynnistää SIMATIC:in NetPro-ohjelman, jolla voidaan konfiguroida SIMATIC Manager-ohjelmistolla luotuja tietoverkkoja.



Kuva 18 SIMATIC NetPro-ohjelman näytön kuva

Kuvassa 18 on SIMATIC NetPro-ohjelman näyttö, josta näkee miten kosketusnäyttö liittyy Profibus-kenttäväylään. Uusi näyttö lisätään järjestelmään valitsemalla näytön oikealla laidalla sijaitsevasta Stations-valikosta SIMATIC OP. Valinnan jälkeen SIMATIC OP siirretään näytön vasempaan laitaan, jossa sijaitsevat järjestelmän tietoverkot ja niihin liitetyt laitteet.

Kaksoispainalluksella SIMATIC OP:n kuvasta näytöllä, avautuu SIMATIC ProTool-ohjelmisto ja sen Project Wizard-toiminto. Aluksi ProTool-ohjelmistossa valitaan haluttu näytön malli, jolle myöhemmässä vaiheessa luodaan ohjausnäytöt.



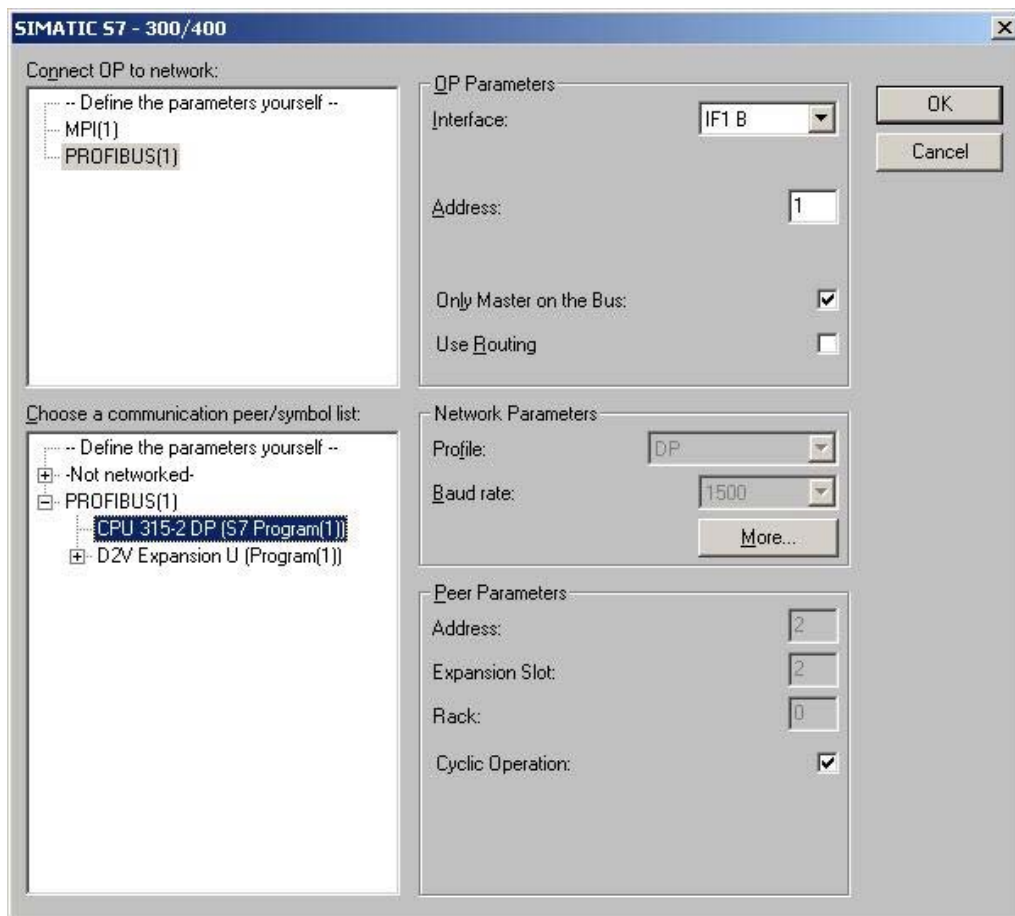
Kuva 19 Kosketusnäytön valinta SIMATIC ProTool-ohjelmassa

Kuvassa 19 on esitetty oikean kosketusnäytön valinta SIMATIC ProTool-ohjelman Project Wizard-toiminnossa. Kosketusnäytön valinnan jälkeen siirrytään next-painikkeella valintaikkunaan, jossa määritellään PLC:n nimi johon kosketusnäyttö halutaan liittää. Lisäksi valitaan protokolla, jota PLC:ssä käytetään.



Kuva 20 PLC:n nimen määrittely ja protokollan valinta ProTool-ohjelmassa

Kuvassa 20 on valinta ikkuna, jossa määritellään käytettävän PLC:n nimi ja käytettävä protokolla. PLC:n nimen ja protokollan valinnan jälkeen asetellaan protokollan parametrit. Parametrien asettelussa valitaan tietoverkko (network), johon kosketusnäyttö liitetään. Tietoverkoksi valitaan Profibus, koska kosketusnäytön ja PLC:n välinen kommunikointi tapahtuu Profibus-väylän kautta. Lisäksi valitaan Profibus-väylän CPU, jonka kanssa näyttö kommunikoi sekä portti, johon Profibus-väylä liitetään ja kosketusnäytön osoite Profibus-väylässä.

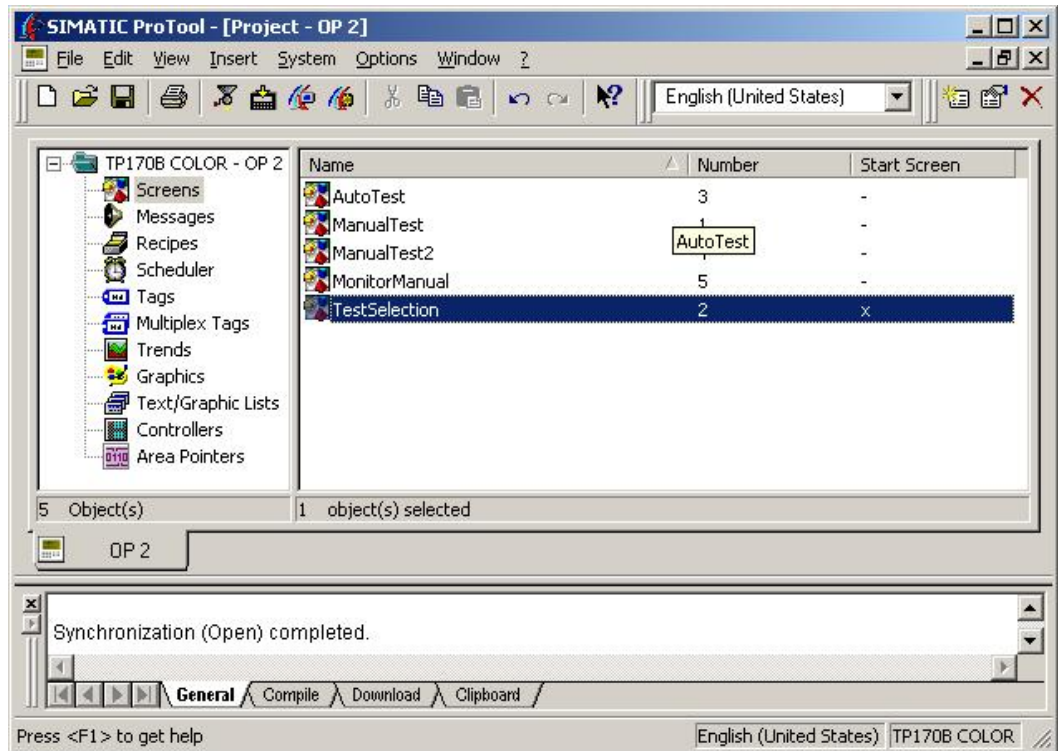


Kuva 21 Protokolla parametrien määrittely ProTool-ohjelmassa

Kuvassa 21 on esitetty protokollaparametrien määrittely ProTool-ohjelmassa. Parametrien määrittelyn jälkeen on kosketusnäyttö konfiguroitu ja liitetty Profibus-kenttäväylään. Profibus-väylään liittynän voi todeta SIMATIC NetPro-ohjelmassa, jossa näkyy koko Profibus-väylä ja siihen liitetyt laitteet. Konfiguroinnin jälkeen voidaan kosketusnäytölle luoda ohjausnäyttöjä.

6.2.2 Kosketusnäytön ohjausnäyttöjen luominen

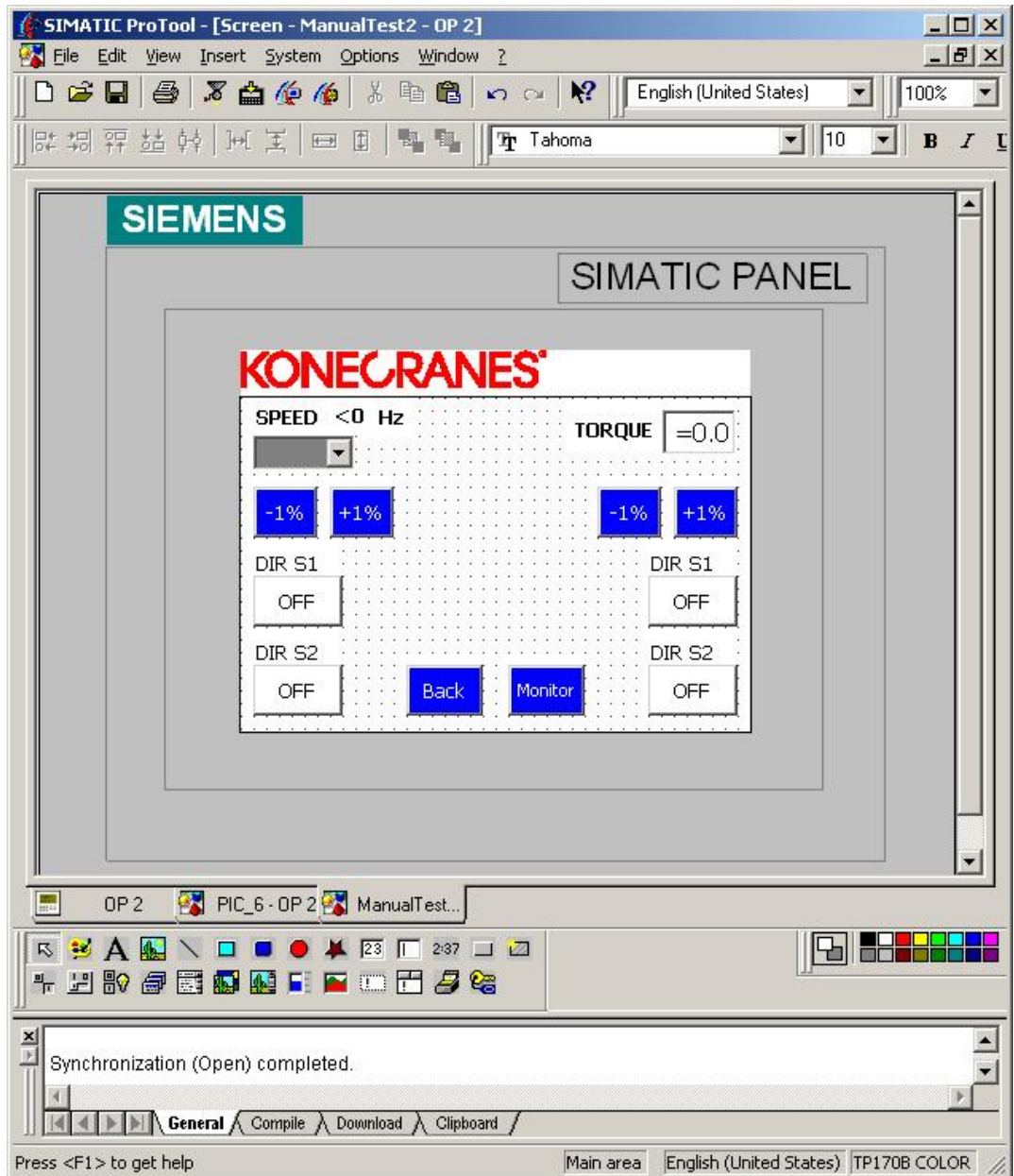
Kosketusnäytön ohjausnäyttöjen (screens) luominen aloitetaan SIMATIC ProTool-ohjelmiston päänäytöltä valitsemalla insert-valikko ja sieltä screens vaihtoehto näytön ylälaidasta.



Kuva 22 SIMATIC ProTool-ohjelmiston päänäyttö

Kuvassa 22 on SIMATIC ProTool-ohjelmiston päänäyttö, jonka ylälaudasta insert-valikosta lisätty ohjausnäytön nimi näkyy näytöllä, valittaessa Screens-valikko näytön vasemmasta laidasta.

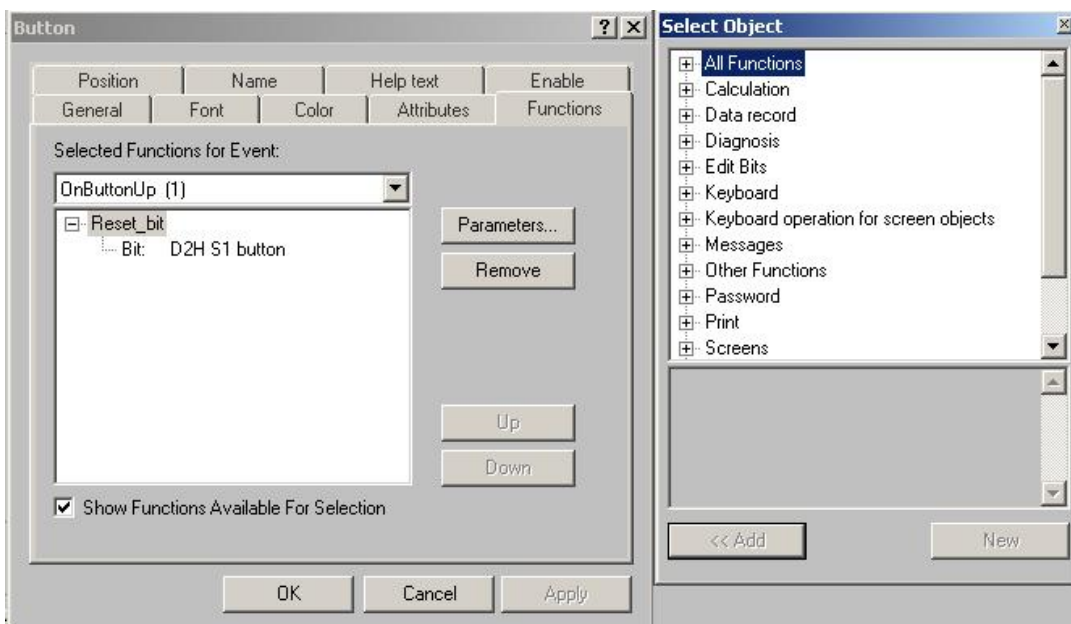
Luotaessa uusi näyttö avautuu samalla ProTool-ohjelmaan uusi ikkuna ja siihen uuden ohjausnäytön layout. Tyhjään näyttöön voidaan lisätä erilaisia toimintoja kuten painonappeja, alasetusvalikoita, osoitinnäyttöjä, tekstiä, kytkimiä ja erilaisia syöttökenttiä.



Kuva 23 SIMATIC ProTool-ohjelman ohjausnäyttöjen luontitila

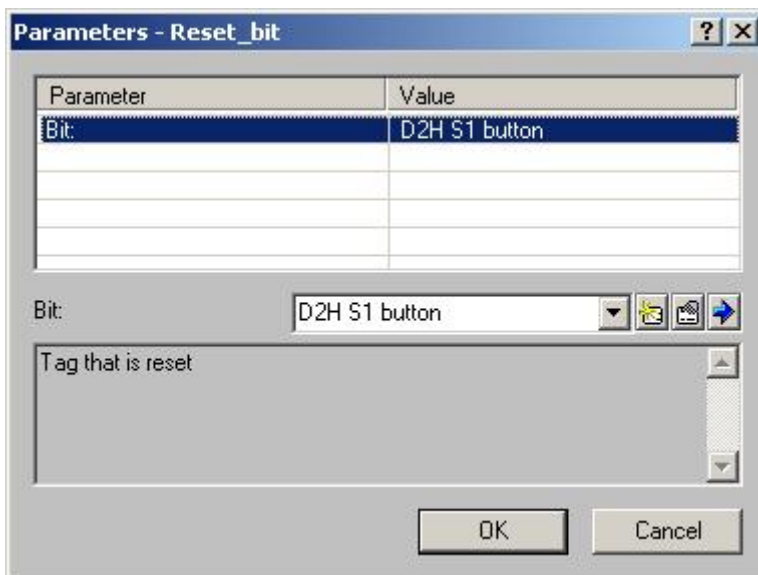
Kuvassa 23 on SIMATIC ProTool-ohjelman ohjausnäyttöjen luontitila, jossa tyhjiin näytön layout-kuvaan voidaan luoda erilaisia ohjauselementtejä.

Luotaessa ohjausnäyttöön painonappi, valitaan näyttöjen luontitilassa button-työkalu näytön alaosasta. Ensimmäiseksi näytölle piirretään halutun kokoinen nappi, jonka jälkeen sen parametreja voidaan muokata toimintaan sopiviksi. Parametreissa voidaan muuttaa esim. napin väriä, tekstiä, tekstin fonttia ja monia muita ominaisuuksia.



Kuva 24 Painonapin Functions-parametrin määrittely

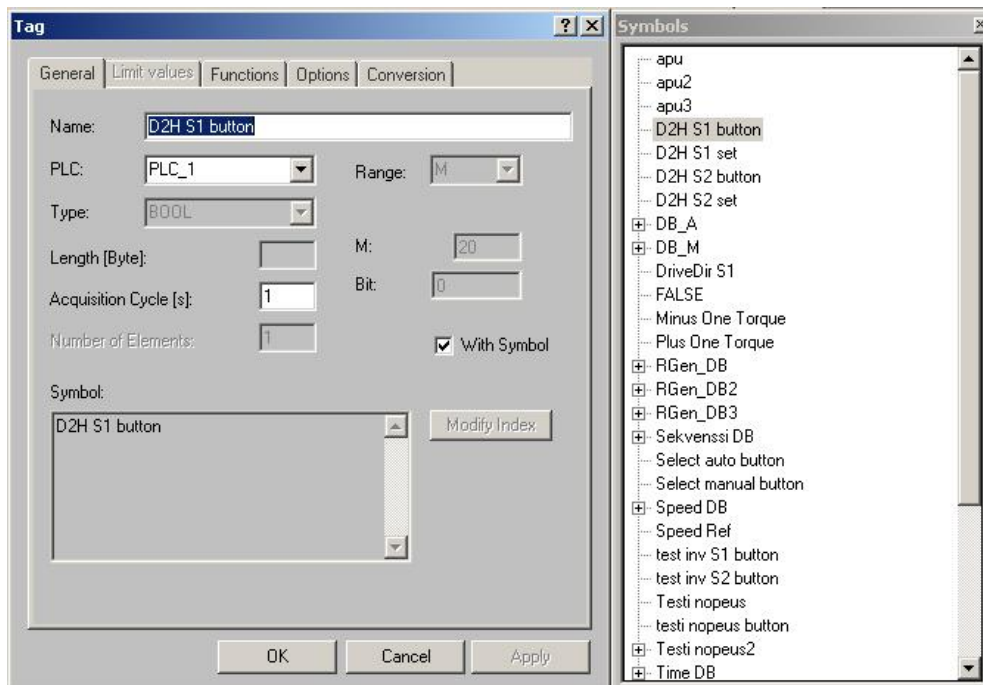
Tärkein muokattava ominaisuus painonapilla on functions-parametri. Kuvassa 24 painonapin toiminnaksi on määritelty bitin ”D2H S1 button” reset-toiminto. Painettaessa nappia bitti ”D2H S1 button” resetoidaan. Bitti, johon painonapin toiminnot vaikuttavat voidaan määrittellä Parameters-valikosta.



Kuva 25 Painonapin Parameters-valikko

Kuvassa 25 on painonapin Parameters-valikko. Valikosta voidaan määrittellä bitti, johon painonapin toiminnot kohdistuvat. Bitti, johon painonapin toiminnot

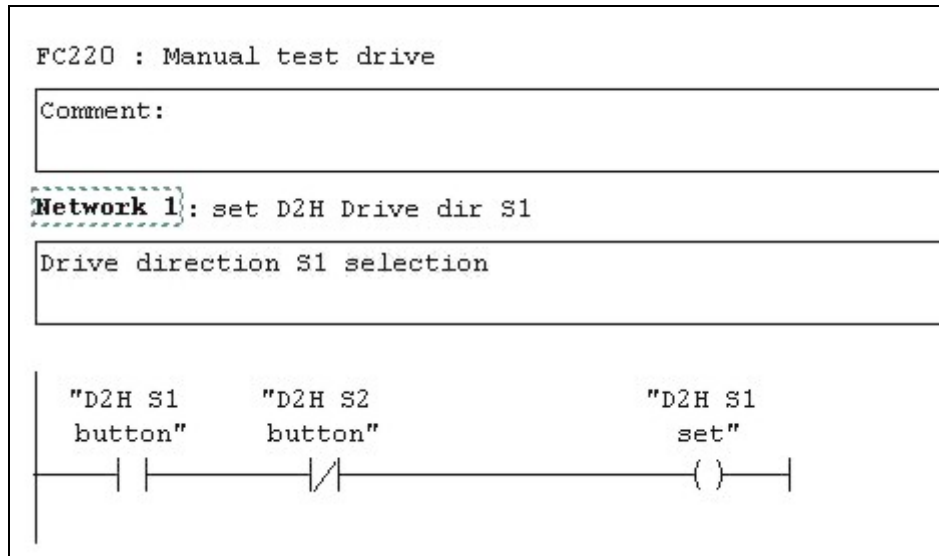
kohdistuvat luodaan Parameters-valikon new-painikkeen kautta tai valitaan aiemmin määritelty bitti alasettovalikosta.



Kuva 26 Ikkuna jossa määritellään painonapin toimintojen kohde

Kuvassa 26 on ikkuna, jossa määritellään painonapin toimintojen kohde.

Vaihtoehdon With Symbol ollessa valittuna voidaan käyttää SIMATIC Manager-ohjelmistolla luotua Symbol Tablea ja Data Blokkeja, jotka näkyvät kuvan 26 oikeassa laidassa. Ikkunassa määritellään myös PLC, johon kyseinen symboli on tallennettu. Symboleista, joita käytetään kosketusnäytöllä sekä PLC:llä erilaisten toimintojen suorittamiseen nimitetään yhteisnimityksellä tag. Tägeja voidaan määrittellä käytettäväksi kosketusnäytöllä, jolloin ne toimivat samoin kuin esim. mekaaninen PLC:n DI-korttiin kytketty painonappi.

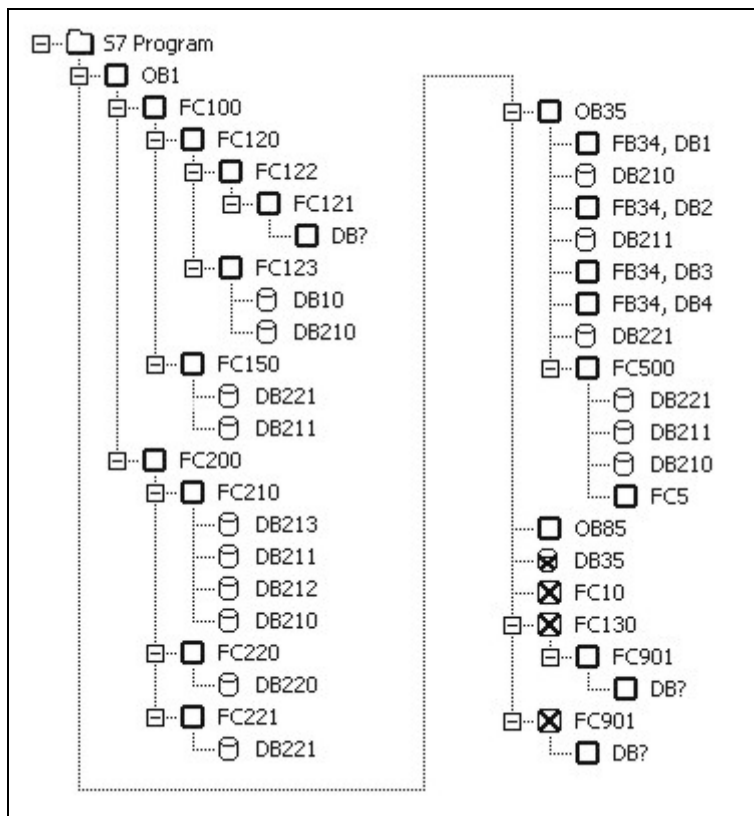


Kuva 27 Esimerkki bitin "D2H S1 button":in käytöstä PLC-sovelluksessa

Kuvassa 27 on esimerkki siitä miten kosketusnäytön painonapiksi määritelty "D2H S1 button" on käytössä PLC-sovelluksessa. Painettaessa kosketusnäytöltä painonappia asettuu bitti "D2H S1 button".

6.3 Logiikkasovelluksen rakenne

Kuormituskoneiston logiikkasovellus koostuu useista eri lohkoista. Pääosin Function-, Function Block- ja Data Block-lohkoista. Näiden lisäksi käytössä on myös aikakeskeytyslohko OB35.



Kuva 28 Kuormituslaitteiston logiikkasovelluksen rakenne

Kuvassa 28 on kuormituslaitteiston logiikkasovelluksen rakenne. Rakenne, johon on lisätty lohkojen symboliset nimet on liitteenä 6. Rakenne alkaa tavallisen logiikkasovelluksen tapaan OB1-lohkosta.

Seuraavaksi rakenteessa tulee taajuusmuuttajien, kenttäväylän ja muiden laitteiden kontrolli-lohkot, joissa esim. luetaan ja kirjoitetaan laitteiden ohjaus tietoja (esim. FC123). Näiden jälkeen rakenteessa tulevat automaattisen testisekvenssin ja manuaaliohjauksen lohkot (FC210, FC220 ja FC221). Rakenteeseen kuuluu myös useita DB-lohkoja. DB-lohkoja käytetään monissa paikoissa tallentamaan sovelluksessa tarvittavia tietoja.

6.4 Manual-testin logiikkasovellus

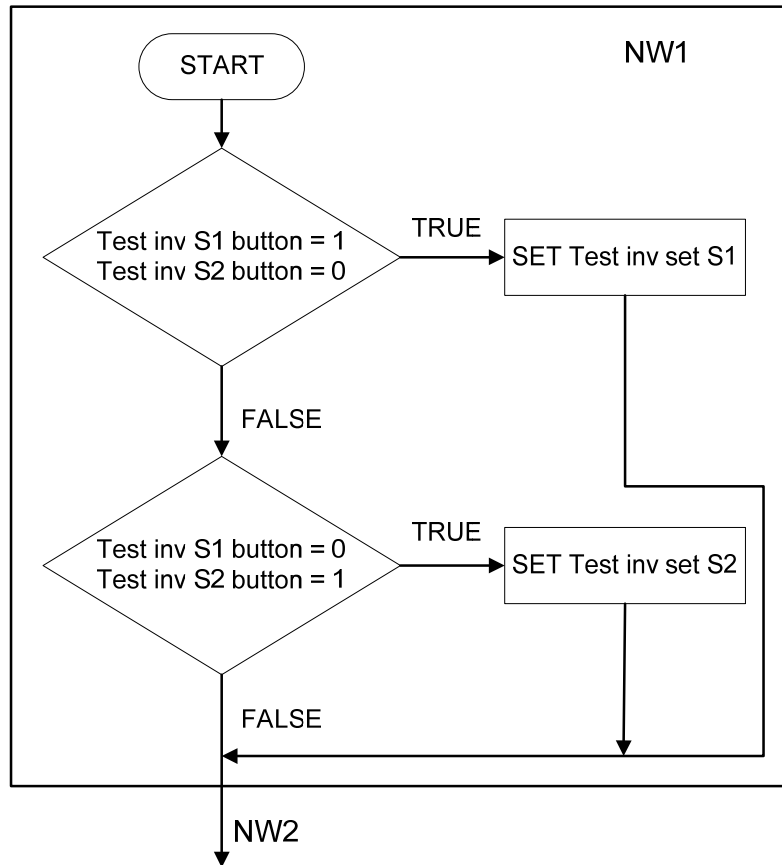
Manual-testin logiikkasovellus jakautuu pääosin kahteen lohkoon, nopeuden (FC221) ja momentin (FC220) ohjaukseen. Sovellus molemmissa lohkoissa on

lähes samanlainen. Manual-testin logiikkasovellus koostuu neljästä net work:ista. Net work:sta käytetään lyhennettä NW. Lohkon FC221 logiikkasovellus on liitteenä 7.

6.4.1 Nopeuden ohjaus lohko FC221, NW1

Lohkossa FC221 ohjataan manuaalitestissä testattavan taajuusmuuttajan nopeutta. Lohkon NW1 on kuvattu vuokaavion muodossa kuvassa 29.

Ensimmäiseksi sovelluksessa vertaillaan onko bitti ”test inv S1 button” tilassa 1 ja onko bitti ”test inv S2 button” tilassa 0. Bitit ”test inv S1 button” ja ”test inv S2 button” vastaavat operointipaneelin näytöllä olevia pyörimissuunnan valintapainikkeita DIR S1 ja DIR S2. Molempien ehtojen täytyessä asetetaan bitti ”test inv set S1” tilaan 1. Tämä bitti ohjaa edelleen taajuusmuuttajan asettamaan moottorin pyörimissuunnaksi S1. Pyörimissuunnan asettamisen jälkeen siirrytään NW2:een. Jos ensimmäisen kyselyn ehdot eivät täyty, siirrytään seuraavaan kyselyyn. Kyselyssä tutkitaan onko bitti ”test inv S1 button” tilassa 0 ja bitti ”test inv S2 button” tilassa 1. Ehtojen täytyessä asetetaan bitti ”test inv set S2” tilaan 1. Tämä bitti ohjaa edelleen taajuusmuuttajan asettamaan moottorin pyörimissuunnaksi S2. Pyörimissuunnan asettamisen jälkeen siirrytään NW2:een. Jos kummankaan kyselyn ehdot ei täyty siirrytään NW2:een.



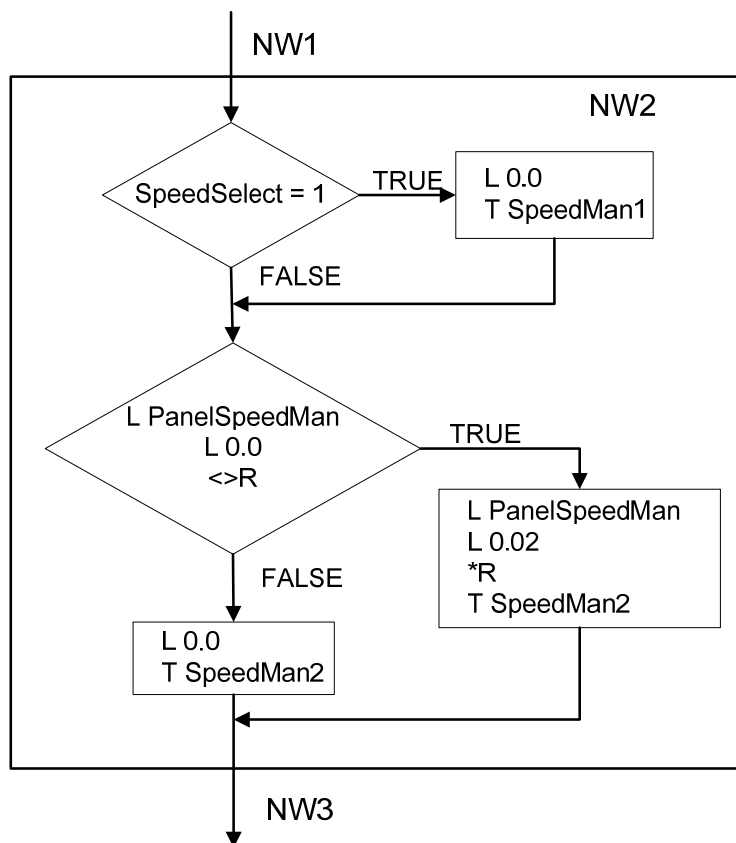
Kuva 29 Vuokaavio, manuaalitestin nopeuden ohjaus NW1

6.4.2 Nopeuden ohjaus lohko FC221, NW2

Lohkossa FC221 ohjataan manuaalitestissä testattavan taajuusmuuttajan nopeutta. Lohkon NW2 on kuvattu vuokaavion muodossa kuvassa 30.

NW2:ssa ensimmäiseksi tutkitaan onko bitti "SpeedSelect" tilassa 1. Bitti "SpeedSelect" asetuu tilaan 1 valittaessa operointipaneelilta nopeuden input field-kenttä. Bitin "SpeedSelect" ollessa tilassa 1, ladetaan reaalityttö 0,0 DB6:den muistipaikkaan "SpeedMan1". Latauksen jälkeen tai bitin "SpeedSelect" ollessa tilassa 0, ladetaan operointipaneelilta arvo, joka on syötetty nopeuden input field-kenttään. Arvo ladetaan DB6:den "PanelSpeedMan" muistipaikkaan. Tämän jälkeen ladetaan reaalityttö 0,0. Reaalityttöä 0,0 ja "PanelSpeedMan" muistipaikan lukua verrataan toisiinsa. Lukujen ollessa erisuuria ladetaan "PanelSpeedMan" ja kerrotaan luvulla 0,02. Kertolaskun tulos siirretään DB6:den muistipaikkaan

”SpeedMan2”. Kertolaskun jälkeen siirrytään NW3:een. Verrattaessa reaalityttöä 0,0 ja ”PanelSpeedMan” muistipaikan lukua, lukujen ollessa yhtä suuria, siirretään reaalityttöä 0,0 DB6:den muistipaikkaan ”SpeedMan2”. Reaalityttövun siirron jälkeen siirrytään NW3:een.



Kuva 30 Vuokaavio, manuaalitestin nopeuden ohjaus NW2

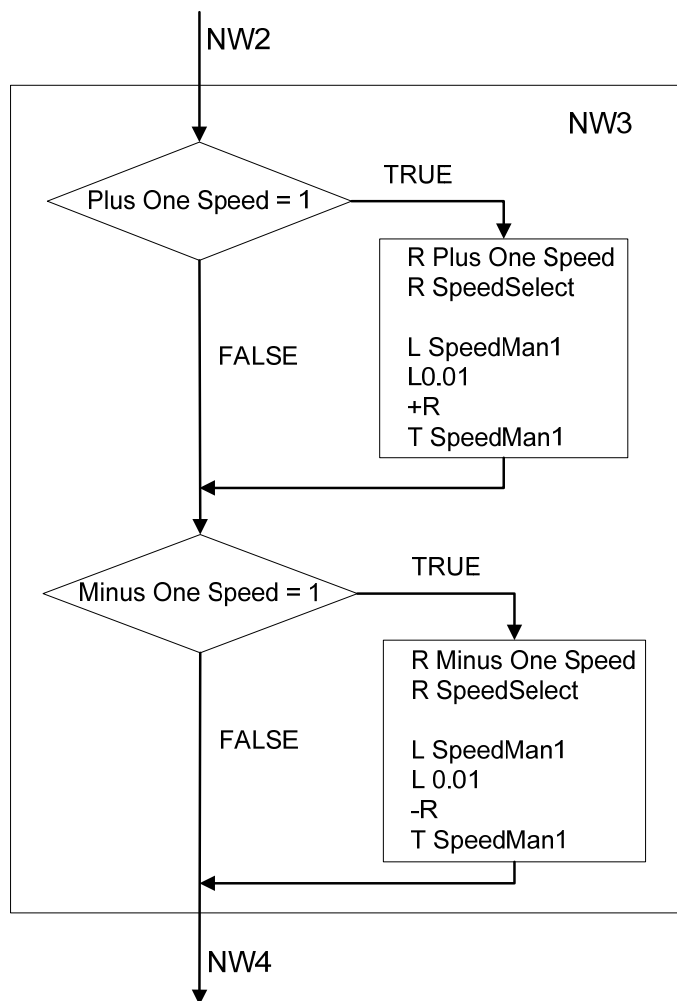
6.4.3 Nopeuden ohjaus lohko FC221, NW3

Lohkossa FC221 ohjataan manuaalitestissä testattavan taajuusmuuttajan nopeutta. Lohkon NW3 on kuvattu vuokaavion muodossa kuvassa 31.

Ensimmäiseksi NW3:ssa tutkitaan onko bitti ”Plus One Speed” tilassa 1. Bitti on tilassa 1, kun operointipaneelilta on painettu painiketta +1%. Tätä painiketta painettaessa lisätään nopeusohjeeseen 1 %. Seuraavaksi bitit ”Speed Select” ja ”Plus One Speed” resetoidaan, eli asetetaan tilaan 0. Bittien resetoinnin lisäksi

ladataan muistista "SpeedMan1":n arvo, johon lisätään luku 0,01. Tällä yhteenlaskulla saadaan lisättyä nopeusohjeeseen 1 %.

Yhteenlaskun jälkeen tai bitin "Plus One Speed" ollessa tilassa 0, tutkitaan bitin "Minus One Speed" tilaa. Bitti on tilassa 1, kun operointipaneelilta on painettu painiketta -1%. Tätä painiketta painettaessa vähennetään nopeusohjeesta 1 %. Seuraavaksi bitit "Speed Select" ja "Minus One Speed" resetoitetaan, eli asetetaan tilaan 0. Bittien resetoinnin lisäksi ladataan muistista "SpeedMan1":n arvo, josta vähennetään luku 0,01. Tällä vähennyslaskulla saadaan vähennettyä nopeusohjeesta 1 %. Vähennyslaskun tai bittien "Plus One Speed" ja "Minus One Speed" ollessa tilassa 0, siirrytään NW4:ään



Kuva 31 Vuokaavio, manuaalitestin nopeuden ohjaus NW3

6.4.4 Nopeuden ohjaus lohko FC221, NW4

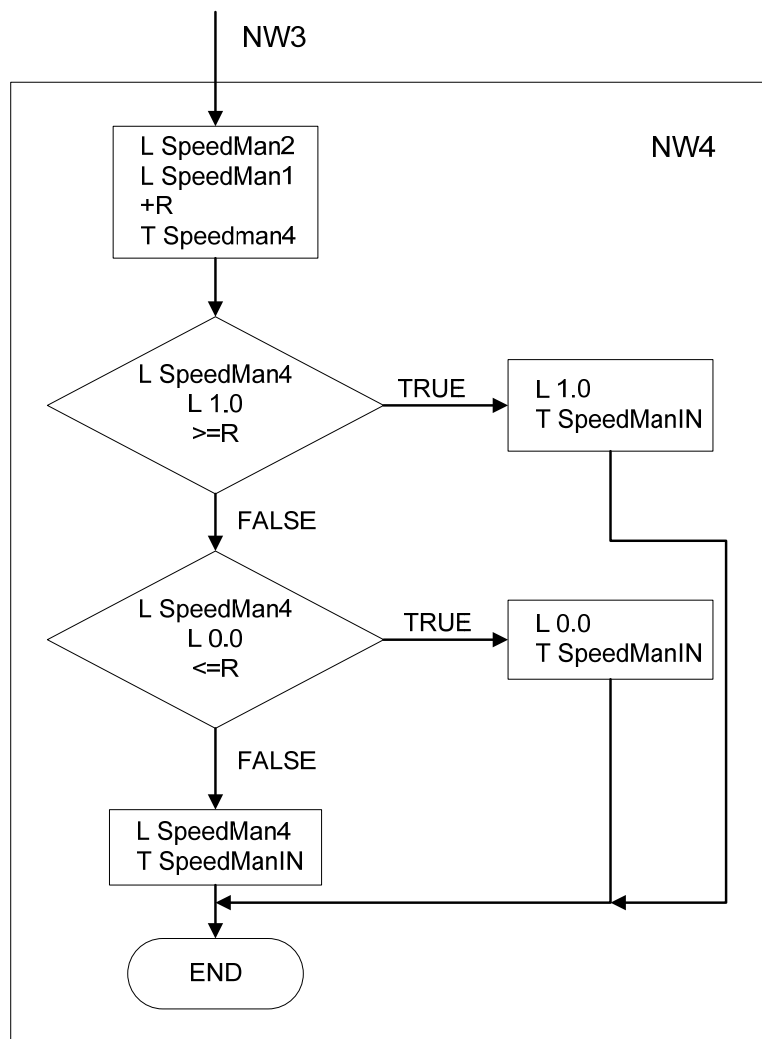
Lohkossa FC221 ohjataan manuaalitestissä testattavan taajuusmuuttajan nopeutta. Lohkon NW4 on kuvattu vuokaavion muodossa kuvassa 32.

Siirryttäessä NW3:sta NW4:ään ladataan DB6:sta muistipaikkojen ”SpeedMan2” ja ”SpeedMan1” lukuarvot. Latauksen jälkeen nämä lukuarvot lasketaan yhteen. Yhteenlaskun tulos siirretään DB6:n muistipaikkaan ”SpeedMan4”. Seuraavaksi verrataan ”SpeedMan4”:n arvoa reaalilukuun 1,0. Luvun ollessa yhtä suuri tai suurempi kuin 1,0 siirretään muistipaikkaan ”SpeedManIN” luku 1,0. Siirron jälkeen poistutaan lohkoista.

”SpeedMan4”:n ollessa pienempi kuin 1,0 vertaillaan onko se yhtä suuri tai pienempi kuin reaaliluku 0,0. Luvun ollessa yhtä suuri tai pienempi kuin 0,0 siirretään muistipaikkaan ”SpeedManIN” luku 0,0. Siirron jälkeen poistutaan lohkoista.

”SpeedManIN” on lukuarvo joka siirretään lohkon OB35 ramppigeneraattorille, eli nopeusohje testattavalle taajuusmuuttajalle. Vertaamalla lukuja 1,0 ja 0,0 saadaan nopeusohje rajoitettua 0..100 % välille.

”SpeedMan4”:n ollessa pienempi kuin 1,0 ja suurempi kuin 0,0 ladataan sen arvo muistipaikkaan ”SpeedManIN”. Tämän jälkeen on kaikki lohkon toiminnot on suoritettu ja lohkoista poistutaan.



Kuva 32 Vuokaavio, manuaalitestin nopeuden ohjaus NW4

6.5 Auto-testin logiikkasovellus

Auto-testin logiikkasovellus on toteutettu tilakone periaatteella. Tilakone perustuu Siemensin STL-ohjelmointikielessä olevaan jump label (JL)-komentoon.

```
Network 1 : Title:
Comment:

      SET
      L      "AutoTestLength".ATestState
      JL     s000
      JU     s000
      JU     s010
      JU     s020
      JU     s030
      JU     s040
      JU     s050
      JU     s060
      JU     s070
      JU     s080
      JU     s090
      JU     s100
      JU     s110
      JU     s120
      JU     s130
      JU     s140
s000: JU     end
```

Kuva 33 Tilakoneen ensimmäisen kontrolliosan hyppylista

Tilakoneen alkuun luodaan hyppylista, jonka mukaan liikutaan tilojen välillä. Kuvassa 33 on Siemensin STL-ohjelmointikielellä tehty hyppylista, joka toimii tilakoneen ensimmäisenä kontrolliosana. Hyppylistaan on mahdollista tehdä 255 eri osoitetta, joihin listalta voidaan siirtyä. Hyppylista alkaa ensimmäisestä osoitteesta, joka on JL-komennon jälkeen (JU s000) ja päättyy osoitteeseen, joka on liitetty JL-komentoon (s000). Jokaiseen hyppyosoitteeseen siirrytään käskyllä JU (Jump Unconditional). Hyppylistassa liikutaan "AutoTestLenght" Data Block:in "AtestState"-muistipaikkaan ladatun INT-luvun mukaan. Luvun ollessa 1 hypätään tilaan s010, luvun ollessa 2 hypätään tilaan s020 jne.

```
to11: L    11
        JU  new
to12: L    12
        JU  new
to13: L    13
        JU  new
to14: L    14
        JU  new
new:   T    "AutoTestLength".ATestState
end:   O    BR
        ON  BR
        SAVE
        BEC
```

Kuva 34 Tilakoneen toisen kontrolliosan hyppylistan loppuosa

Kuvassa 34 on tilakoneen toisen kontrolliosan hyppylistan loppuosa. Lista kertoo mikä luku ladataan suoritettun tilan jälkeen "ATestState"-muistipaikkaan. Esim. osoitteessa s111 suoritettujen toimintojen jälkeen hypätään osoitteeseen to12 ja ladataan "ATestState"-muistipaikkaan luku 12. Tämän luvun mukaan siirrytään taas uuteen tilaan kuvassa 33 olevan hyppylistan mukaisesti.

```
Network 4 : Set tested inverter drive dir S1
Comment:

s020: NOP  0
      SET
      A    "Start Auto Test"
      JC   s021

      JU   end
//-----
s021: NOP  0
      S    "test inv set S1"
      L    "Speed DB".SpeedNominal
      T    "Speed Ref"

      L    "Time DB".SpeedAccel
      CLR
      SE   T    1
      SET
      SE   T    1

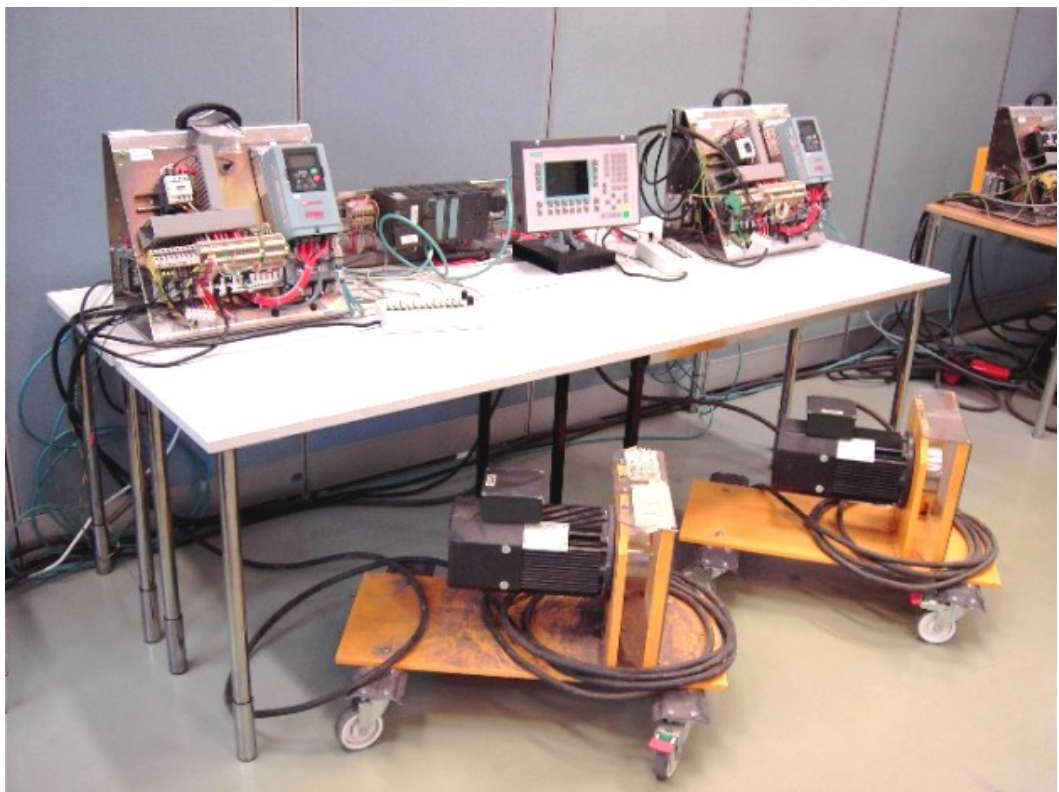
      JU   to3
//-----
```

Kuva 35 Tilakoneen tilan suoritusehto osoitteessa s020 ja suoritusaosa s021

Kuvassa 35 on tilakoneen suoritusehto hyppyosoitteessa s020 ja sen jälkeinen suoritusosa s021. ”Start Auto Test”-painikkeen ollessa tilassa 1 hypätään suoritusosaan s021. Suoritusosassa asetetaan bitti ”test inv set S1” tilaan 1, minkä jälkeen ladataan taajuusmuuttajalle nopeusohje. Lisäksi kuvassa ladataan aikapiirille T1 aika ja käynnistetään aikapiiri. Näiden toimintojen jälkeen hypätään osoitteeseen to3, jossa ladataan kuvan 34 mukaisesti seuraavan tilan osoittava INT-luku ”ATestState”-muistipaikkaan. Ohjelmointiesimerkki automaattitestin logiikkasovelluksesta on liitteenä 8.

6.6 Logiikkasovelluksen toiminnan testaus

Logiikkasovelluksen toimintaa testattiin Konecranesin sähkölaitetehtaalla sijaitsevassa koulutus- ja simulointitilassa. Simulointitilassa voidaan testata laitteiden, kuten taajuusmuuttajien toimintaa erilaisissa tilanteissa. Simulointitilassa voidaan turvallisesti tutkia ja kokeilla esim. uusia logiikkasovelluksia.



Kuva 36 Konecranesin sähkölaitetehtaan koulutus- ja simulointitila

Kuvassa 36 on Konecranesin sähkölaitetehtaalla sijaitseva koulutus- ja simulointitila. Tilan vakiolaitteistoon kuuluu taajuusmuuttajia 6 kpl, Ethernet liitännällä varustettu PLC, oikosulkumoottoreita 5 kpl, operointipaneeli ja 2 kpl nosturin ohjauksessa käytettäviä joystick-ohjaimia. Taajuusmuuttajat ja operointipaneeli ovat liitetty logiikkaan Profibus DP-kenttäväylällä.

Kuormituslaitteiston logiikkasovelluksen toiminta on testattu simulointitilassa olevilla taajuusmuuttajilla ja moottoreilla. Logiikkasovelluksen testauksessa on käytetty lisäksi NCDrive-ohjelmoistoa. Liitettäessä tietokone taajuusmuuttajaan voidaan NCDrive-ohjelmistolla tarkkailla taajuusmuuttajan toimintoja erilaisten käyrien muodossa, sekä määritellä sen parametreja.

7 YHTEENVETO

Tutkintotyön tuloksena syntyi logiikkasovellus, jota tullaan käyttämään kuormituslaitteiston logiikkaohjauksessa. Tässä työssä on esitetty taajuusmuuttajien kuormituslaitteiston logiikkasovellus, kuormituslaitteisto, laitteiston toiminta, eri testitilat, taajuusmuuttajien ohjaus Profibus-kenttäväylällä, operointipaneelin näytöt ja niiden luonti SIMATIC ProTool-ohjelmistolla. Logiikkasovellus on tehty Siemensin SIMATIC STEP 7-ohjelmistolla.

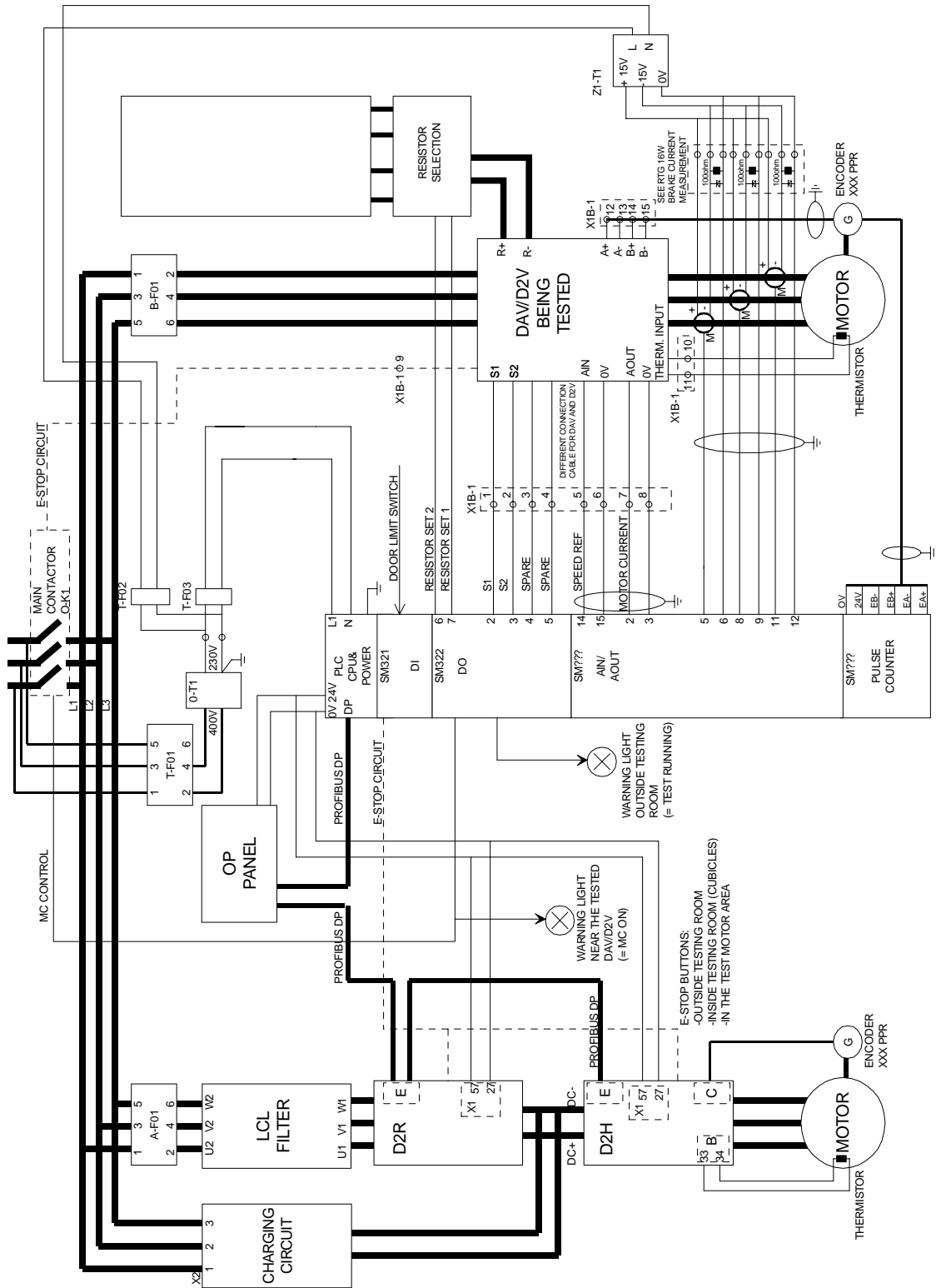
Logiikkasovellusta ei ole testattu kuormituslaitteistolla, sen ollessa vielä tuotantovaiheessa. Tämän vuoksi sovellus on testattu vain Konecranesin koulutus- ja simulointitilassa olevilla moottoreilla ja taajuusmuuttajilla.

LÄHTEET

- 1 Konecranes Oy [www-sivu]. [viitattu 5.1.2007] Saatavissa:
<http://www.konecranes.fi/>
- 2 Konecranes Oy, D2H/D2C rev 5.6B Pro2V080, Profibus-DP Manual 24.04.2006
- 3 Konecranes Oy, D2RPF50BEN, Dynareg vector II product file 16.02.2006
- 4 Konecranes Oy, D2H/D2C rev 5.6 Pro2V080, Service manual 24.05.2006
- 5 Siemens AG, SIMATIC Manager V5.4, Help on SIMATIC manager, help-tiedosto
- 6 Siemens AG [www-sivu]. [viitattu 9.3.2007] Saatavissa:
<http://www.automation.siemens.com/hmi/>

LIITELUETTELO

- 1 Kuormituslaitteiston periaatekuva
- 2 PPO5, Status Word 1 ja 2 /2/
- 3 PPO5, Process Data 3...8 /2/
- 4 PPO5, Control Word 1 ja 2 /2/
- 5 PPO5, Analog reference /2/
- 6 Kuormituskoneiston logiikkasovelluksen rakenne kuva
- 7 Manuaalisen testin nopeuden ohjauslohkon FC221 logiikkasovellus
- 8 Automaattisen testin tilakoneen logiikkasovelluksen esimerkki



Status Word 1			
	Bit	Name	Description
LSB	0	S1	The status of the terminal input X1:8, 1=input active
	1	S2	The status of the terminal input X1:9, 1=input active
	2	DIA3	The status of the terminal input X1:10, 1=input active
	3	DIA4	The status of the terminal input X1:11, 1=input active
	4	DIA5	The status of the terminal input X1:12, 1=input active
	5	OK	The status of the terminal input A:16, 1=input active
	6	DID1	The status of the terminal input X1:38, 1=input active
	7	DID2	The status of the terminal input X1:39, 1=input active
	8	DID3	The status of the terminal input X1:40, 1=input active
	9	DID4	The status of the terminal input X1:41, 1=input active
	10	DID5	The status of the terminal input X1:42, 1=input active
	11	Run	1 = current is fed to the motor
	12	Ready	1 = drive is ready for operation
	13	K7	1 = brake contactor K7 is energized
14	Fan	1 = brake resistor fan is controlled to operate	
MSB	15	Bus control	1 = control through Profibus is active

Status Word 2			
	Bit	Name	Description
LSB	0	Motor Set 2	1 = motor set 2 parameters are ready to operate
	1	Rotating	1 = current is fed to the motor except
	2	Load Floating	1 = Load floating is active
	3	Speed ready	1 = drive is ready for speed changes
	4	Run S1	1 = the motor is rotating to the direction S1
	5	Run S2	1 = the motor is rotating to the direction S2
	6	Fault Inverted	Drive is not in fault state
	7	Reserved	Reserved
	8	Disable S1	1 = running to the direction S1 is not allowed
	9	Disable S2	1 = running to the direction S2 is not allowed
	10	Fault	1 = the drive is at the fault state
	11	Brake Slip	1 = mechanical brake is not able to hold the load
	12	F1 or F12	1 = the fault F1 or F12 is active
	13	Motor Over Temp	1 = running is prevented because of motor over temperature
14	Sway Control On	1 = Sway Control is ON	
MSB	15	Sway Control Run	1 = Sway control calculation is in RUN state

Process data 3 ... 8 contents				
No.	Name	Scale or reference	Min	Max
1	Motor Frequency	$\pm 10\ 000 =$ motor nominal frequency	-32 000	32 000
2	Motor Torque 1	2 Motor Torque 1 $\pm 10\ 000 =$ motor nominal torque. Torque sign is positive when motoring and negative when generating.	-32 000	32 000
3	Motor Voltage	10 000 = motor nominal voltage	0	32 000
4	Motor Power	$\pm 10\ 000 =$ nominal power of the drive	-32 000	32 000
5	DC-link Voltage	1 = 1V	0	32 000
6	Unit Temperature	1 = 1C (heat sink temperature)	0	32 000
7	Frequency Reference	$\pm 10\ 000 =$ motor nominal frequency	-32 000	32 000
8	Encoder Pos. m	1 = 1m	-	-
9	Encoder Pos. mm	1 = 1mm	-	-
10	Motor Torque 2	Motor Torque 2 $\pm 10\ 000 =$ motor nominal torque. Torque sign is positive when to direction S1 and neg. when to direction S2. Motor Torque 2 is only available in closed loop control mode. In open loop the value is zero.	-32 000	32 000
11	Act. Fault Code 1+2	Actual Fault Code 1+2 Fault1 (MSB), Fault2 (LSB)	0000Hex	FFFFHex
12	Act. Fault Code 3+4	Actual Fault Code 3+4 Fault3 (MSB), Fault4 (LSB)	0000Hex	FFFFHex
13	Ain1 Voltage	10 000 = 10V	0	10 000
14	Ain2 Voltage	10 000 = 10V	0	10 000
15	D/A Board Chan. 1	Scale depends on selected variable	0000Hex	FFFFHex
16	D/A Board Chan. 2	Scale depends on selected variable	0000Hex	FFFFHex
17	D/A Board Chan. 3	Scale depends on selected variable	0000Hex	FFFFHex
18	D/A Board Chan. 4	Scale depends on selected variable	0000Hex	FFFFHex
19	Status Word 3	See the separate table below	0000Hex	FFFFHex
20	Status Word 4	See the separate table below	0000Hex	FFFFHex
21	Stop distance	1 = 1mm. This value indicates the stopping distance on each moment if the direction signal is turned off. Stop distance calculation operates with and without sway control.	-32 000	32 000
22	Sway angle	10 000 = 1rad	-10 000	10 000
23	PLC Parameter 1	Value of parameter P3.9.1. PLC parameters can be activated and get visible via Control word bit 1. The purposes of PLC parameters are monitor and adjust parameters inside the PLC software via the drive keypad.	-	-
24	PLC Parameter 2	Value of parameter P3.9.2	-	-
25	Encoder Speed	$\pm 10000 =$ Motor synch. Speed	-32 000	32 000
26	Ramp Gen. Output	$\pm 10000 =$ Motor nominal freq	-32 000	32 000
27	Speed Limit S1	+ 10000 = Motor nominal freq	0	32 000
28	Speed Limit S2	- 10000 = Motor nominal freq	-32 000	0
29	ESR Speed	+ 10000 = Motor nominal freq. Max allowed ESR speed resulted by drive internal automated ESR function calculation.	-32 000	32 000
30	Swing time	1 000 = 1s	0	32 000
31	Angular speed	10 000 = 1rad/s	-10 000	10 000
32	Temp word	Heat sink temperature (LSB), 1=1C IGBT temperature rise (MSB), 1=1C	0000Hex	FFFFHex

Control Word 1			
	Bit	Name	Description
LSB	0	S1	1 = direction request upwards / forward
	1	S2	1 = direction request downwards / reverse
	2	MotorSet2	1 = select motor set 2 parameters
	3	SSL	0 = maximum speed limited to second speed limit
	4	ESR	1 = extended speed range (field weakening) allowed
	5	AltControlMode	1 = select alternative control mode
	6	BrakeFeedback	1 = brake open
	7	Ramp2	1 = select second ramps
	8	TorqueLimit	1 = select limited torque
	9	AP	1 = acceleration in EP control
	10	S11	0 = speed limited to slow down speed in direction S1
	11	S21	0 = speed limited to slow down speed in direction S2
	12	S12	0 = stop limit, no run allowed in direction S1
	13	S22	0 = stop limit, no run allowed in direction S2
14	BrakePedal	1 = off, 0 = brake pedal stop is activated.	
MSB	15	-	Reserved

Control Word 2			
	Bit	Name	Description
LSB	0	Bus Control	1 = control through Profibus if P3.5.3.1 Control Mode=Terminal/Bus (1) and P3.2.1.6 Profibus Control = Not used (0), otherwise this bit has no effect
	1	Fault Reset	When the actual reason for the fault has disappeared, the requests S1 and S2 are zero and this bit changes from zero to one, the fault situation is cleared. Note, however, that some faults (F7 and F64) can not be reset with this bit because they need power off reset.
	2	Ssu bypass	1 = bypass the speed difference and stall supervisions of SSU but not the overspeed supervision.
	3	EP-mode	1 = EP control mode selected
	4	Fault Code Reset	The rising edge clears the fault codes in the process data selections 11 and 12
	5	Inching	When direction request and inching request are active, the drive runs for the set time (P3.3.6.9) with the set speed (P3.3.6.1)
	6	S curve inhibit	6 S curve inhibit 1 = S curve function is neglected
	7	Tare	The tare function if the load operation is selected (see G3.3.14)
	8	Slack cable byb.	8 Slack cable bypass Bypass slack cable condition.
	9	Speed limit active	Activate speed limit (REF6-REF8).
	10	Set position	Rising edge will set the calibration position (REF6-REF8) in to the encoder position process data.
	11	Ramp reference active	Activate ramp reference (REF4).
	12	Synchronization	Activate synchronization. Not in the Pro2V080
	13	Brake pedal2	0=Off, 1=On. Brake Pedal 2 will stop the motion with ramp and when the zero frequency is reached it will close the mechanical brake. If the brake pedal is released and the direction signal is active the drive starts to follow the direction and reference signal again.
14	Sway control act.	Activate sway control.	
MSB	15	Run disabled	Rising edge will stop running, de-energize the K7 brake contactor and close the mechanical brake. Ready signal will be set off. Drive does not indicate a fault code. Driving is prevented when bit is 1.

Analog references				
Name	Description	Scaling	Min	Max
Reference 1	Speed reference	10 000 = motor synchronous frequency. Scaling according Ramp Scale Sel = 0 / MotorNomFreq (default)	0	32 000
Reference 2	Torque reference	10 000 = motor nominal torque	-30 000	30 000
Reference 3	Speed correction	10 000 = motor synchronous frequency. Scaling according Ramp Scale Sel = 0 / MotorNomFreq (default). Note that speed correction effects directly to the output frequency. Therefore step changes are not allowed in the speed correction signal.	-2 000	2 000
Reference 4	Ramp reference	10 = 1s, 0 = inverter ramps are used	0	30 000
Reference 5	Torque limit	10 000 = motor nominal torque	0	30 000
Reference 6-8	Speed limit	10000 = Motor synchronous frequency. Scaling according Ramp Scale Sel = 0 / MotorNomFreq (default)	0	32 000
Reference 6-8	Load feedback	10000 = Nominal load	0	32 000
Reference 6-8	Sway control hieght	height 100 = 1m	0	6 000
Reference 6-8	Calibration position	100 = 1m	-32 000	32 000
Reference 6-8	Control Word 3	See separate table	0	65 535

Program structure (call structure)

Block(symbol), Instance DB(symbol)	Local data (in path)	Language (call)	Location	Local data (for blocks)
<input type="checkbox"/> S7 Program	[22]			[22]
<input type="checkbox"/> OB1 (Main Cycle) [maximum: 30]				
<input type="checkbox"/> FC100 (Read)	[24]	STL	NW 2 Sta 1	[2]
<input type="checkbox"/> FC120 (D2H Read)	[26]	STL	NW 1 Sta 1	[2]
<input type="checkbox"/> FC122 (D2H Control)	[30]	STL	NW 1 Sta 1	[4]
<input type="checkbox"/> FC121 (D2H Bus Control)	[30]	FBD	NW 1 Sta 1	[0]
<input type="checkbox"/> DB?	[30]	STL	NW 1 Sta 1	[0]
<input type="checkbox"/> FC123 (D2H_A_Control)	[26]	STL	NW 2 Sta 1	[0]
<input type="checkbox"/> DB10 (DB_A)	[26]	STL	NW 1 Sta 2	[0]
<input type="checkbox"/> DB210 (ATestTorqDB)	[26]	STL	NW 1 Sta 20	[0]
<input type="checkbox"/> FC150 (DAV/D2V control)	[24]	STL	NW 3 Sta 1	[0]
<input type="checkbox"/> DB221 (ManTestSpeedDB)	[24]	STL	NW 1 Sta 7	[0]
<input type="checkbox"/> DB211 (ATestSpeedDB)	[24]	STL	NW 1 Sta 12	[0]
<input type="checkbox"/> FC200 (Test selection)	[24]	STL	NW 3 Sta 1	[2]
<input type="checkbox"/> FC210 (Auto test)	[24]	STL	NW 1 Sta 3	[0]
<input type="checkbox"/> DB213 (AutoTestLength)	[24]	STL	NW 1 Sta 2	[0]
<input type="checkbox"/> DB211 (ATestSpeedDB)	[24]	STL	NW 4 Sta 8	[0]
<input type="checkbox"/> DB212 (ATestTimerDB)	[24]	STL	NW 4 Sta 10	[0]
<input type="checkbox"/> DB210 (ATestTorqDB)	[24]	STL	NW 6 Sta 10	[0]
<input type="checkbox"/> FC220 (Manual Test Torque)	[24]	STL	NW 1 Sta 6	[0]
<input type="checkbox"/> DB220 (ManTestTorqDB)	[24]	STL	NW 3 Sta 4	[0]
<input type="checkbox"/> FC221 (Manual Test Speed)	[24]	STL	NW 1 Sta 7	[0]
<input type="checkbox"/> DB221 (ManTestSpeedDB)	[24]	STL	NW 2 Sta 4	[0]
<input type="checkbox"/> OB35 (CYC_INT5)	[26]			[26]
<input type="checkbox"/> FB34 (Ramp Generator), DB1 (RGen_DB)	[26]	FBD	NW 1 Sta 1	[0]
<input type="checkbox"/> DB210 (ATestTorqDB)	[26]	FBD	NW 1 Sta 1	[0]

Block(symbol), Instance DB(symbol)	Local data	Language	Location	Local data
<input type="checkbox"/> FB34 (Ramp Generator), DB2 (RGen_DB2)	[26]	FBD	NW 2	[0]
<input type="checkbox"/> DB211 (ATestSpeedDB)	[26]	FBD	NW 2	[0]
<input type="checkbox"/> FB34 (Ramp Generator), DB3 (RGen_DB3)	[26]	FBD	NW 3	[0]
<input type="checkbox"/> FB34 (Ramp Generator), DB4 (RGen_DB4)	[26]	FBD	NW 4	[0]
<input type="checkbox"/> DB221 (ManTestSpeedDB)	[26]	FBD	NW 4	[0]
<input type="checkbox"/> FC500 (RG Math op)	[50]	FBD	NW 5	[24]
<input type="checkbox"/> DB221 (ManTestSpeedDB)	[50]	STL	NW 2 Sta 1	[0]
<input type="checkbox"/> DB211 (ATestSpeedDB)	[50]	STL	NW 3 Sta 1	[0]
<input type="checkbox"/> DB210 (ATestTorqDB)	[50]	STL	NW 4 Sta 1	[0]
<input type="checkbox"/> FC5 (INT_To_REAL)	[66]	STL	NW 5 Sta 1	[16]
<input type="checkbox"/> OB85 (OBNL_FLT)	[20]			[20]
<input checked="" type="checkbox"/> DB35 (D2R_DB)	[0]			[0]
<input checked="" type="checkbox"/> FC10 (Main Contactor)	[0]			[0]
<input checked="" type="checkbox"/> FC130 (D2R Bus control)	[4]			[4]
<input type="checkbox"/> FC901 (D2R_Bus_Control)	[6]	FBD	NW 1	[2]
<input type="checkbox"/> DB?	[6]	STL	NW 1 Sta 3	[0]
<input checked="" type="checkbox"/> FC901 (D2R_Bus_Control)	[2]			[2]
<input type="checkbox"/> DB?	[2]	STL	NW 1 Sta 3	[0]

Network: 3 Speed selection from TP

```

s13: NOP 0
      A "Plus One Speed" //If Plus One Speed is
      JCN s14 //pressed in touch panel
      R "Plus One Speed"
      R "SpeedSelect"
      L "ManTestSpeedDB".SpeedMan1 //load speed from DB221
      L 1.000000e-002 //and add 0.01 to value
      +R
      T "ManTestSpeedDB".SpeedMan1 //Transfer new value to DB221
s14: NOP 0

      A "Minus One Speed" //If Minus One Speed is
      JCN s15 //pressed in touch panel
      R "Minus One Speed"
      R "SpeedSelect"
      L "ManTestSpeedDB".SpeedMan1 //load Speed from DB221
      L 1.000000e-002 //and decrease 0.01 from value
      -R
      T "ManTestSpeedDB".SpeedMan1 //Transfer new value to DB221
s15: NOP 0

```

Network: 4

```

      L "ManTestSpeedDB".SpeedMan2
      L "ManTestSpeedDB".SpeedMan1
      +R
      T "ManTestSpeedDB".SpeedMan4

      L "ManTestSpeedDB".SpeedMan4
      L 1.000000e+000
      >=R
      JC s16

      L "ManTestSpeedDB".SpeedMan4
      L 0.000000e+000
      <=R

      JC s17
      L "ManTestSpeedDB".SpeedMan4
      T "ManTestSpeedDB".SpeedManIN
      BEU

s16: L 1.000000e+000
      T "ManTestSpeedDB".SpeedManIN
      BEU

s17: L 0.000000e+000
      T "ManTestSpeedDB".SpeedManIN

```


Network: 2

```

to2: L 2
      JU new
to3: L 3
      JU new
to4: L 4
      JU new
to5: L 5
      JU new
to6: L 6
      JU new
to7: L 7
      JU new
to8: L 8
      JU new
to9: L 9
      JU new
to10: L 10
      JU new
to11: L 11
      JU new
to12: L 12
      JU new
to13: L 13
      JU new
to14: L 14
      JU new
to15: L 15
      JU new
new: T "AutoTestLength".ATestState
end: O BR
      ON BR
      SAVE
      BEC

```

Network: 3

```

s010: NOP 0
      SET
      JU to2

```

Network: 4	Set tested inverter drive dir S1
------------	----------------------------------

If "start auto test" is pressed in TP, set dirve dir S1 to inverter being tested and load nominal speed to speed reference.

```

s020: NOP 0
      SET
      A "Start Auto Test"
      JC s021
      JU end

```

```

//-----
s021: NOP 0
      S "test inv set S1" //set drive dir S1 for inverter being tested

```

```

L   "ATestSpeedDB".SpeedNominal //Load nominal speed
T   "Speed Ref" //Transfer SpeedNominal to RGEN

L   "ATestTimerDB".SpeedAccel
CLR
SE  T    1
SET
SE  T    1

JU  to3
//-----

```

Network: 5	Set tested inverter drive dir S1
------------	----------------------------------

```

s030: NOP  0
      SET
      AN   "Start Auto Test"
      JC   s031

      AN   T    1
      JC   s032

      A   "test inv set S1"
      A(
      L   "ATestSpeedDB".SpeedNominal
      L   "ATestSpeedDB".SpeedAOut
      ==R
      )
      JC   s033
      JU   end
//-----
s031: NOP  0
      JU   to2
//-----
s032: NOP  0
      R   "test inv set S1" //reset drive dir S1 for inverter being tested
      L   0.000000e+000 //Load 0.0 to speed reference
      T   "Speed Ref"
      JU   to2
//-----
s033: NOP  0
      JU   to4
//-----

```

Network: 6	set D2H Drive dir S1
------------	----------------------

```

s040: NOP  0
      SET
      L   "ATestSpeedDB".SpeedNominal
      L   "ATestSpeedDB".SpeedAOut
      ==R
      JC   s041
      JU   end
//-----
s041: NOP  0
      S   "D2H S1 set"
      L   "ATestTorqDB".Torque1
      T   "Torque Ref"
      JU   to5

```

//-----

Network: 7

```
s050: NOP 0
      SET
      A "D2H S1 set"
      A(
      L "ATestTorqDB".Torque1
      L "ATestTorqDB".TorqAoutReal
      ==R
      )
      JC s051
      JU end
```

//-----

```
s051: NOP 0
      L "ATestTimerDB".Time1
      CLR
      SE T 1
      SET
      SE T 1
      JU to6
```

//-----

Network: 8

```
s060: NOP 0
      SET
      AN T 1
      JC s061
      JU end
```

//-----

```
s061: NOP 0
      L "ATestTorqDB".Torque0
      T "Torque Ref"
      JU to7
```

//-----

Network: 9	set D2H drive dir S2
------------	----------------------

```
s070: NOP 0
      SET
      L "ATestTorqDB".Torque0
      L "ATestTorqDB".TorqAoutReal
      ==R
      JC s071
      JU end
```

//-----

```
s071: NOP 0
      S "D2H S2 set"
      JU to8
```

//-----