

Pasi Nevalainen

Testausjärjestelmän suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Elektroniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
4.5.2011

Tekijä(t) Otsikko	Pasi Nevalainen Testausjärjestelmän suunnittelu
Sivumäärä Aika	47 sivua + 4 liitettä 4.5.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	elektroniikka
Suuntautumisvaihtoehto	elektroniikkasuunnittelu
Ohjaaja(t)	vanhempi tuoteinsinööri Vesa Vanhatalo lehtori Janne Mäntykoski
<p>Tässä insinöörityössä on suunniteltu uusiutuvalle taajuusmuuttajatuotantolinjalle uusi testausjärjestelmä. Suunnittelun tavoitteena oli luoda järjestelmä, joka täyttää tarvittavat vaatimukset nykyisen sekä tulevan taajuusmuuttajatuoteperheen testaukseen. ABB Oy:n kannalta tavoitteena oli parantaa vian löytämistä tuotteista ja lyhentää korjaukseen käytettävää aikaa.</p> <p>Suunnittelutyön pohjaksi tutkittiin nykyisen järjestelmän rakennetta ja uuden tuoteperheen ominaisuuksia. Uuden tuotteen eroavaisuudet vanhaan tuoteperheeseen otettiin huomioon järjestelmää suunniteltaessa.</p> <p>Insinöörityössä testausjärjestelmästä saatiin yhtenäisempi kokonaisuus ja näin helpotettua sen käyttöä. Järjestelmän mittauspaikkojen määrää ja mittalaitteita lisäämällä parannettiin vikojen löytämisen mahdollisuutta.</p> <p>Lisäksi insinöörityössä suunniteltiin mittalaite paletin testausta varten. Insinöörityötä käytetään apuna myös korjausaseman suunnittelussa ja testausjärjestelmän valmistuksessa.</p>	
Avainsanat	taajuusmuuttaja, testausjärjestelmä, testeri, mittaus

Author(s) Title	Pasi Nevalainen Designing a Testing System
Number of Pages Date	47 + 4 April 19, 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electronics Engineering
Specialisation option	Electronics Design
Instructor(s)	Vesa Vanhatalo, Senior Product Engineer Janne Mäntykoski, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final project was to design a new testing system for the production line that is currently being renewed. The design goal was to create a system that can be used to test both the current as well as the future frequency converter product family. For ABB Oy, the aim was to facilitate finding faults in the products and also to shorten the repair time.</p> <p>This design work is based on exploring the current system structure and the features of the new product family. Moreover, the differences between the new and old products were examined when designing the system.</p> <p>It was found that the testing system needs to be integrated into a much more compact form in order to make it easier to operate. The system was also improved significantly by adding more measurement points and increasing the amount of measuring equipment in the system.</p> <p>In addition, the new instrument was designed for testing the functionality of the palette. This study also serves in the design work of a repair station and the manufacture of the testing system.</p>	
Keywords	frequency converter, testing system, tester, measure

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	ABB-yhtymä	2
2.1	ABB Oy:n yleisesittely	2
2.2	ABB Drives -tuotantoyksikkö	4
3	Taajuusmuuttaja	6
3.1	Taajuusmuuttajan lohkokaavio	6
3.1.1	Tasasuuntaaja	7
3.1.2	Välipiiri	7
3.1.3	Vaihtosuuntaaja	7
3.1.4	Ohjaus- ja säätöpiiri	8
4	Testattavat taajuusmuuttajatuoteperheet	9
4.1	Ohjelmoitavat ohjausliitännät	9
4.2	Testattavien taajuusmuuttajien eroavaisuudet	11
5	Taajuusmuuttajien testaaminen	12
5.1	Testaamisen tavoite	12
5.2	Taajuusmuuttajien testauksen turvallisuus	12
5.3	Taajuusmuuttajien luotettavuus	12
5.4	Standardinmukaisuus	13
5.4.1	EN-standardit ja CE-merkki	13
5.4.2	UL- ja CSA -standardit	14

5.5	Taajuusmuuttajien viat	15
6	Taajuusmuuttajien testausjärjestelmä	17
6.1	Nykyinen testausjärjestelmä	17
6.2	Nykyisen testausjärjestelmän rakenne	18
7	Järjestelmän signaalit ja mittalaitteet	20
7.1	Telakointiliitin	20
7.2	Jännitteensyöttö ja mittalaitteet	21
7.2.1	DC-teholähde	21
7.2.2	Korjauspaikan yleismittari	22
7.2.3	High Potential Test -mittaus	22
7.2.4	Paletti-testeri	23
8	Suoritettavat testit ja mittaukset	25
8.1	Repairing Controller Station -ohjelma	25
8.2	Ohjaustaulu	26
8.2.1	Analogiatulot	27
8.2.2	Analogialähdöt	28
8.2.3	Digitaalitulot	29
8.2.4	Apujännitelähtö	30
8.2.5	Relelähdöt	30
8.2.6	Safe Torque Off -toiminto	32
8.3	Välipiirin mittaus	33
8.4	Lähtövaiheiden virran mittaus	34
8.5	Moottorien ajaminen	35
8.6	Taajuusmuuttajan ohjaus	36
8.6.1	Testausjärjestelmän ohjauspaneelit	37
8.6.2	DriveWindow Light 2 -ohjelma	39
8.6.3	Drive Composer -ohjelma	43
8.7	Testausjärjestelmän toteutus	44
9	Yhteenveto	45
	Lähteet	46

Liitteet

Liite 1. Paletti-testerin piirikaavio

Liite 2. Ohjaustaulun ulkomuoto

Liite 3. Ohjaustaulun piirikaavio

Liite 4. Korjausaseman rakennus- ja koekäyttösuunnitelma

Lyhenteet ja käsitteet

ABB	Asea Brown Boveri; ruotsalais-sveitsiläinen teollisuuskonserni
AC	Alternating Current; vaihtovirta
CE	Communauté Européenne; merkintä osoittaa, että tuote vastaa eurooppalaisista teknistä standardia
CSA	Canadian Standards Association; testaus- ja sertifiointijärjestö
DC	Direct Current; tasavirta
EMC	Electromagnetic Compatibility; sähkömagneettinen yhteensopivuus
EN	European Norm; eurooppalaiset tuotenormit
HIPOT	High Potential Test; jännitekoestus
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor; eristehila-bipolaaritransistori
KNX	Kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi
PDS	Power Drive System; sisältää taajuusmuuttajan, syöttöyksikön, moottorit, anturit ja muut komponentit joita tarvitaan PDS-käyttöä varten
Paletti	Alusta jonka päälle taajuusmuuttaja kasataan. Paletin liittimen kautta laite saa yhteyden tuotannollisissa testeissä
PWM	Pulse Width Modulation; pulssinleveysmodulaatio
RS232	Tietoliikenteeseen tarkoitettu sarjaväylä
RS485	Differentiaaliseen tiedonsiirtoon perustuva kaksisuuntainen sarjaväylä
STO	Safe Torque Off; taajuusmuuttajan turvatoiminto
UL	Underwriters Laboratories Inc; itsenäinen organisaatio, joka kehittää testaukseen liittyviä standardeja
USA	United States of America; Yhdysvallat

1 Johdanto

Tämä insinööriyö tehtiin ABB Oy:n Drives-liiketoimintayksikön Power AC -yksikön tuoteylläpitoon. Osana uuden tuoteperheen tuotekehitystoimintaa yritys joutuu tehostamaan taajuusmuuttajien testaamista ja testausprosessia. Testaus on iso osa taajuusmuuttajien valmistusprosessia ja tuotekehitystyötä.

ABB tehostaa valmistusprosessia uusimalla tuotantolinjan ja tulevalle tuoteperheelle tarvitaan uusi testausjärjestelmä laitteen perusteellista testausta varten. Nykyisessä järjestelmässä ei ole tarvittavia mittalaitteita tai toimintoja, joilla uuden taajuusmuuttajatuoteperheen saisi testattua. Korjausaseman testausjärjestelmää kehittämällä tehostetaan testaamista ja parannetaan taajuusmuuttajien luotettavuutta.

Työssä esitellään nykyisen testausjärjestelmän tilalle suunniteltu uusi, kehittyneempi järjestelmä ja pohditaan, miten testaamisesta saataisiin tehokkaampaa. Työssä pyritään kehittämään nykyisen järjestelmän pohjalta uusi järjestelmä, joka täyttää tarvittavat vaatimukset tulevan tuoteperheen testaukseen. Tavoitteena on myös saada järjestelmästä yhtenäisempi kokonaisuus ja parantaa testaamisen turvallisuutta.

Tuotantolinjaston viereen tulevalle korjausasemalle on myöhemmin tarkoituksena kehittää taajuusmuuttajapaletin testaamiseen tarkoitettu mittalaite. Laitteella on tarkoitus testata paletista taajuusmuuttajalle menevien johtojen toimivuus. Valmis insinööriyö toimii ohjeena, jonka perusteella korjauspaikan testausjärjestelmä rakennetaan.

2 ABB-yhtymä

2.1 ABB Oy:n yleisesittely

ABB, Asea Brown Boveri Ltd. on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka tuotteet ja järjestelmät pyrkivät parantamaan teollisuus- ja energiayhtiöasiakkaiden kilpailukykyä ympäristöystävällisesti.

Kesällä 1986 Asea Ab osti Kymi-Strömbergin sähköteollisen osan, joka oli syntynyt vuonna 1982, kun Kymi Oy ja Tampella Ab Oy fuusioituivat. ABB syntyi vuoden 1988 tammikuussa, kun sveitsiläinen Brown Boveri & Cie ja ruotsalainen Asea Ab yhdistyivät. Yritys tunnetaan nykyisin nimellä ABB ja yrityksen pääjohtajana toimii Joseph Hogan. Hän tuli entisen pääjohtajan Michel Demarén tilalle 1. syyskuuta 2008. ABB on pörssiyritys, jonka pääkonttori sijaitsee Sveitsissä, Zürichissa. Henkilöstöä yrityksellä on yli 120 000, ja toimintaa on noin sadassa maassa. [1, s. 2–3; 2.]

ABB:n toiminta jakaantuu viiteen divisioonaan:

- 1 sähkövoimatuotteet
- 2 sähkövoimajärjestelmät
- 3 sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio
- 4 pienjännitetuotteet
- 5 prosessiautomaatio.

Sähkövoimatuotteet-divisioona jakaantuu kolmeen liiketoimintayksikköön. Yksiköiden toimintoihin kuuluu mm. muuntajat, suur- ja keskijännitekojeistoja, kaapelit, releet, katkaisijoita sekä näihin liittyviä palveluja.

ABB:n Sähkövoimajärjestelmät auttavat valvomaan ja suojaamaan sähkönsiirtoa ja -jakelua. Lisäksi järjestelmät parantavat sähkön laatua ja takaavat, että asiakkaat pysyvät jakamaan sähköä tehokkaasti. Sähkövoimajärjestelmät tarjoavat voimansiirto- ja sähköjakelujärjestelmiä sekä niihin liittyviä palveluja. Divisioona jakaantuu neljään liiketoimintayksikköön.

Sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio jakaantuvat energia- ja tuotantotehokkuutta lisääviin tuotteisiin ja järjestelmiin. Tuotteisiin kuuluu mm. moottoreita, generaattoreita, taajuusmuuttajia, tehoelektroniikkaa ja robotteja. Divisioona tarjoaa myös kattavan valikoiman ratkaisuja tuulivoima- ja aurinkoenergiamarkkinoille.

Pienjännitetuotteet-divisioonaan kuuluvat katkaisijat, kytkimet, ohjaus- ja valvontakojet, asennustarvikkeet sekä kotelo- ja kaapelijärjestelmät. Tuotteisiin kuuluvat myös KNX-järjestelmät, jotka yhdistävät rakennuksen kaikki sähköiset toiminnot yhtenäiseksi älykkääksi verkoksi.

Prosessiautomaatio tarjoaa tuotantoprosessien energiatehokkuutta ja tuottavuutta parantavia tuotteita ja järjestelmiä. Järjestelmiä on kehitetty öljy- ja kaasu, kemian- ja lääke, metsä-, metalli- ja meriteollisuuden tarpeisiin. Prosessiautomaatio tehostaa tuotantolaitosten toimintaa ja lisää turvallisuutta IT-tekniikan ja ohjelmistosuunnittelun avulla. [3.]

ABB-yhtymän liikevaihto oli vuonna 2010 noin 32 miljardia USA:n dollaria. Liikevaihto putosi viimevuodesta prosenttiin, ja tilaukset nousivat 6 prosenttia (taulukko 1).

Taulukko 1. ABB-yhtymän avainluvut 2010 [4]

Koko vuoden avainluvut 2010				
	Koko vuosi 2010	Koko vuosi 2009	Muutos	
			<i>USD</i>	<i>Paik.</i>
<i>MUSD ellei toisin mainittu</i>				
Tilaukset	32.681	30.969	6%	4%
<i>Tilaukanta (31.12.)</i>				
Liikevaihto	31.589	31.795	-1%	-2%
EBIT	3.818	4.126	-7%	
% liikevaihdosta	12,1%	13,0%		
Nettotulos	2.561	2.901	-12%	
Osakekohtainen nettotulos (\$)	1,12	1,27		
Osinko per osake (CHF) *	0,60	0,51		
Operatiivinen kassavirta	4.197	4.027	4%	
Vapaa kassavirta	3.397	3.089	10%	
% nettotuloksesta	133%	106%		
Pääoman tuotto	21%	27%		

ABB on yksi maailman globaaleimmista yrityksistä sekä yksi suurimmista taajuusmuuttajien valmistajista. Säädettyjen sähkökäyttöjen ja kappaletavara-automaation liikevaihto kasvoi 5,6 miljardiin dollariin vuonna 2010 (taulukko 2).

Taulukko 2. Sähkökäyttöjen ja kappaletavara-automaation liikevaihto vuonna 2010 [4]

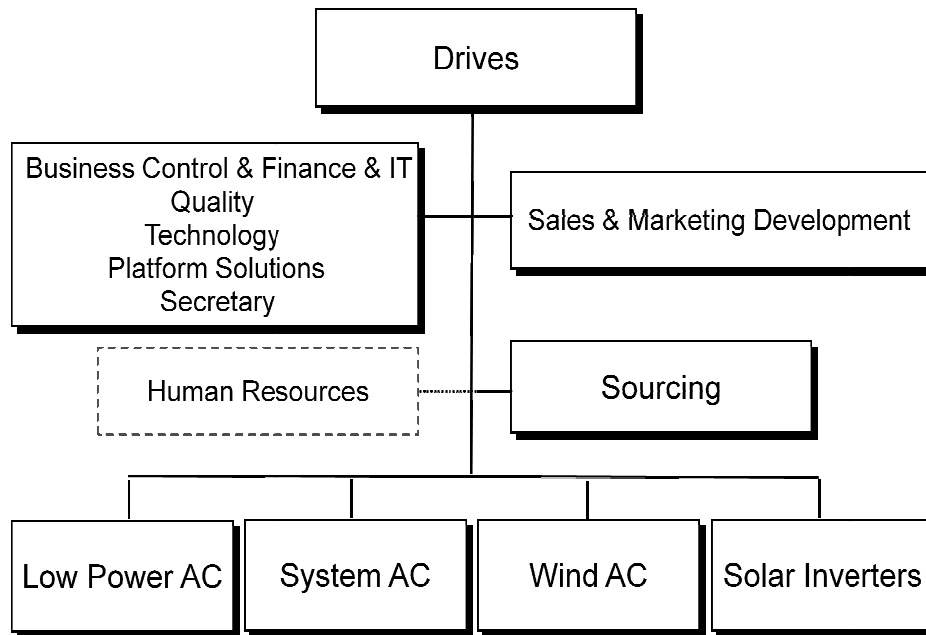
Sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio				
	Koko vuosi 2010	Koko vuosi 2009	Muutos	
<i>MUSD ellei toisin mainittu</i>			<i>USD</i>	<i>Paik.</i>
Tilaukset	5.862	4.702	25%	23%
<i>Tilaukanta (31.12.)</i>				
Liikevaihto	5.617	5.405	4%	3%
EBIT	926	557	66%	
% liikevaihdosta	16,5%	10,3%		
Operatiivinen kassavirta	573	745		

ABB:n panostus tutkimukseen ja tuotekehitykseen on vuosittain yli miljardi dollaria. Maailmanlaajuiseen T&K-henkilöstöön kuuluu noin 6 000 henkilöä, ja ABB tekee yhteistyötä 70 yliopiston kanssa. [5, s. 13–16.]

2.2 ABB Drives -tuotantoyksikkö

Drives-yksikkö on osa sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio -divisioonaa. Yksikön tuotteet luokitellaan kolmeen ryhmään: pienjännitetaajuusmuuttajat (0,18–5 600 kW), keskijännitetaajuusmuuttajat (315 kW–100 MW) ja tasavirtakäytöt (9 kW–18 MW).

Drives-yksikön organisaatio jakaantuu neljään eri tuloyksikköön (ks. kuva 1, seur. s.). Tuloyksiköt jakautuvat taajuusmuuttajien käyttötarkoituksen ja koon mukaan.



Kuva 1. Drives-yksikön organisaatiokaavio [6]

Helsingin Drives-yksikössä työskentelee noin 970 henkilöä, joista 13 prosenttia on koulutukseltaan insinöörejä ja 22 prosenttia diplomi-insinöörejä. [7; 8, s. 7.]

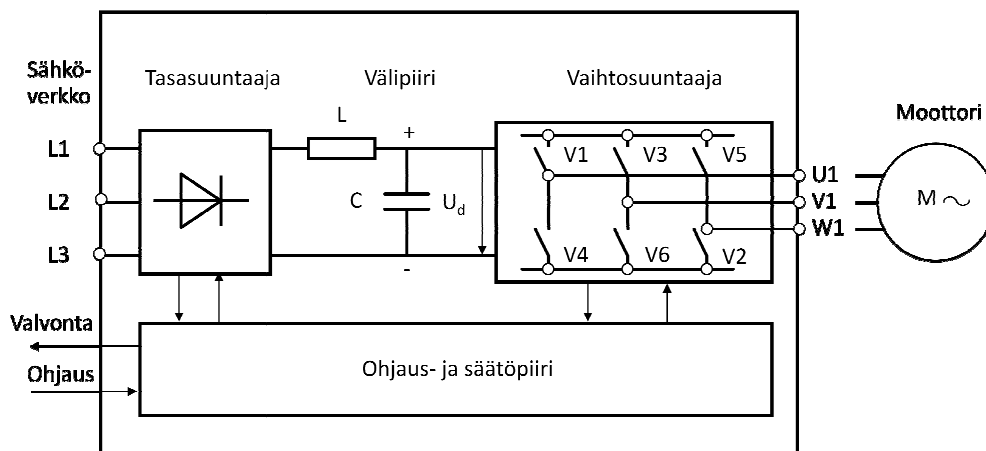
3 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on sähkölaite, joka säätelee portaattomasti moottorin pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia. Taajuusmuuttaja kytketään kahden erillisen sähköverkon välille, joiden taajuus ja amplitudi voivat poiketa toisistaan. Yleisin käyttökohte on sen kytkeminen sähkömoottorin tai -generaattorin ja valtakunnallisen sähköverkon väliin. Sähkölaite muuttaa valtakunnallisen sähköverkon vakiotajuuisen sinimuotoisen vaihtojännitteen halutun taajuiseksi ja suuruiseksi jännitteeksi, joka sitten syötetään sähkömoottorille. Taajuusmuuttajan ja sähkömoottorin yhdistelmää kutsutaan nimellä sähkömoottorikäyttö.

Taajuusmuuttajia on kahta päätyyppiä: suoria ja välipiirillisiä. Suorissa taajuusmuuttajissa vaihtosähköverkon jännite pilkotaan puolijohdekytkimillä halutun taajuiseksi ja jännitteiseksi vaihtosähköksi. Sen sijaan välipiirilliset perustuvat vaihtosähkön muuttamiseen ensin tasasähköksi ja sitten taas vaihtosähköksi. Näistä kahdesta tyyppistä välipiirilliset taajuusmuuttajat ovat yleisempiä. [9; 10.]

3.1 Taajuusmuuttajan lohkokaavio

Taajuusohjatuissa oikosulkumoottorikäytöissä käytetään välipiirillisiä taajuusmuuttajia. Kuvasta 2 selviää yksinkertaistetun välipiirillisen taajuusmuuttajan päälohkot:



Kuva 2. Jännitevälipiirillisen taajuusmuuttajan periaatekaavio [11, s. 12]

Välipiirillinen taajuusmuuttaja koostuu neljästä osasta: tasasuuntaaja, välipiiri, vaihtosuuntaaja ja ohjaus- ja säätöpiiri.

3.1.1 Tasasuuntaaja

Verkon puolella taajuusmuuttajan ensimmäisenä pääosana on tasasuuntaaja. Tasasuuntaaja muuttaa sähköverkosta tulevan kolmivaiheisen vaihtojännitteen tasajännitteeksi. Tavallisesti tasasuuntaaja on dioditasasuuntaussilta tai tyristorisilta. Tasasuuntaaja voi olla täysin ohjattu, puoliksi ohjattu tai ohjaamaton.

3.1.2 Välipiiri

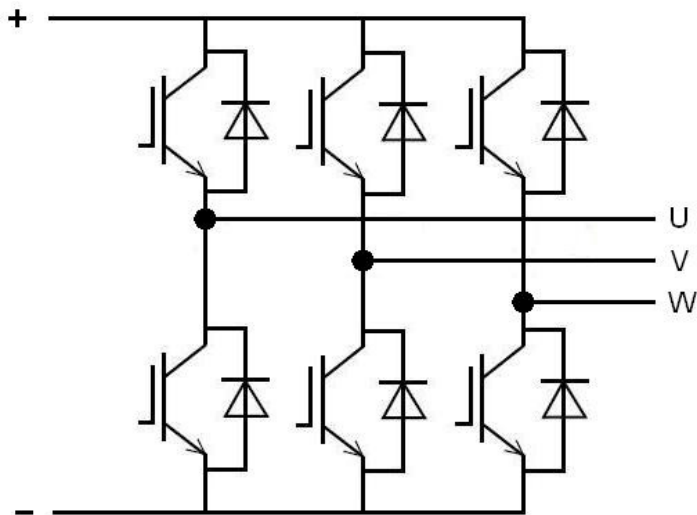
Välipiirissä tasasuuntaajalta tuleva tasajännite suodatetaan LC-alipäästösuodattimella tai muutetaan tasavirraksi tasoituskuristimella. Välipiirin rakenteen perusteella taajuusmuuttajat voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: jännite- ja virtavälipiirillisiin.

Tasajännitevälipiirillä varustetussa taajuusmuuttajassa välipiiri koostuu LC-alipäästösuodattimesta. Lähtöjännitteen amplitudia säädetään joko välipiirin jännitettä säätämällä tai muuttamalla lähtöjännitteen pulssikuviota pulssinleveysmodulaatiolla (PWM).

Välipiirin muodostuessa tasoituskuristimesta taajuusmuuttajaa kutsutaan tasavirtavälipiirillä varustetuksi. Taajuusmuuttaja toimii tällöin virtalähteenä, ja virran amplitudi määrätään ohjatulla tasasuuntaajalla tai tasasähköpiiriin sarjaan kytketyllä tasavirtakatkojalla. Moottoriin syötetty virta määrittää moottorin napoihin halutun jännitteen.

3.1.3 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaaja muodostaa välipiirin tasajännitteestä halutun taajuista vaihtojännitettä, joka syötetään oikosulkumoottorille. Vaihtosuuntaaja on yleensä toteutettu IGB-transistoreilla sekä niiden rinnalla olevista vastasuuntaan kytketyistä diodeista (ks. kuva 3, seur. s.).



Kuva 3. Vaihtosuuntaajan rakenne

IGBT-transistorien rinnalla olevat estosuuntaiset diodit suojaavat kytkinkomponentteja liian suurelta estosuuntaiselta jännitteeltä. Lisäksi ne muodostavat virtatien induktiivisen kuorman aiheuttamalle virralle kytkimen ollessa suljettuna.

3.1.4 Ohjaus- ja säätöpiiri

Ohjaus- ja säätöpiiri ohjaa taajuusmuuttajan puolijohteita sekä hoitaa viestien välityksen ja vastaanottamisen muiden ympärillä olevien laitteiden kanssa. Viestejä voi antaa laitteen ohjauspaneelista tai ylemmän tason säätö- ja ohjausjärjestelmästä. [9; 10.]

4 Testattavat taajuusmuuttajatuoteperheet

Testattavat taajuusmuuttajaperheet kuuluvat ABB:n Standard Drives -pienjännitetaajuusmuuttajiin. ABB:n Standard Drive -taajuusmuuttajat on tarkoitettu käyttöön monilla eri teollisuudenaloilla. Tyypillisimpiä käyttökohteita ovat pumppu-, puhallin- ja vakiomomenttikäytöt.

Nykyisen tuoteperheen taajuusmuuttajia on kahdeksaa eri runkokokoa (R1–R8), ja tehoalue kattaa 0,75–355 kW:iin. Taajuusmuuttajia rakennetaan kahdelle eri 3-vaiheiselle jännitealueelle, jotka ovat 280–480 V ja 208–240 V sekä 1-vaiheiselle jännitealueelle 208–240 V. Tuoteperheen taajuusmuuttajia rakennetaan seinälle tai lattialle asennettavaksi. Laitetta valmistetaan kahdella eri kotelointiluokalla, jotka ovat IP21 ja IP54. Halutessaan asiakas saa taajuusmuuttajalle IP54-suojausluokituksen lisävarusteena. [12.]

Uutta taajuusmuuttajatuoteperhettä on tarkoitus alkaa valmistamaan vuonna 2011. Laitteen tehoalue kattaa 0,55–250 kW:iin ja laitetta rakennetaan yhdeksää eri runkokokoa (R1–R9). Uudet taajuusmuuttajat tulee käytettäväksi samoille jännitealueille kuin nykyisen sarjan taajuusmuuttajat. Lisäksi IP21- ja IP55 -kotelointiluokat ovat asiakkaan saatavissa. [13].

4.1 Ohjelmoitavat ohjausliitännät

Molemmissa taajuusmuuttajaperheissä on ohjelmoitavat ohjausliitännät, jotka ovat seuraavanlaiset:

- kaksi analogiatuloa
 - jänniteohjaus 0(2)–10 V, $R_{in} > 312 \text{ k}\Omega$
 - virtaohjaus 0(4)–20 mA, $R_{in} = 100 \Omega$
 - potentiometrin apujännite 10 V $\pm 2 \%$ maks. 10 mA, $R < 10 \text{ k}\Omega$
 - maksimiviive 12–32 ms
 - asettelutarkkuus 0,1 %

- tarkkuus ± 1 %
- kaksi analogialähtöä
 - 0(4)–20 mA, kuorma $< 500 \Omega$
 - tarkkuus ± 3 %
- apujännite
 - 24 V DC ± 10 %, maks. 250 mA
- kuusi digitaalituloa
 - 12–24 V DC sisäisellä tai ulkoisella teholla, PNP ja NPN
 - tuloimpedanssi 2,4 k Ω
 - maksimiviive 5 ms ± 1 ms
- kolme relelähtöä
 - maksimikytkentäjännite 250 V AC/30 V DC
 - maksimikytkentävirta 6 A/30 V DC; 1500 V A/230 V AC
 - jatkuva maksimivirta 2 A rms
- *Safe Torque Off*-toiminto
 - SIL3/PLC-standardi
- sarjaliikenne
 - RS485 Modbus -protokolla.

Ainoana erona ohjausliitännöissä on, että uudessa tuoteperheessä on *Safe Torque Off*-toiminto (STO). Nykyisissä taajuusmuuttajissa tätä toimintoa ei ole, mutta osassa yrityksen valmistamissa tuoteperheissä on jo kyseinen turvatoiminto. [14, s. 5.]

4.2 Testattavien taajuusmuuttajien eroavaisuudet

Seuraavan sukupolven tuotetta suunniteltaessa on otettu huomioon laitteen yhteensopivuus nykyisen sarjan kanssa. Tämä helpottaa asiakkaan siirtymistä uuden sukupolven taajuusmuuttajiin. Uudessa tuotteessa on keskitytty laitteen hyötysuhteeseen ja luotettavuuteen. Lisäksi seuraavan sukupolven taajuusmuuttajat ovat kevyempiä ja sisältävät enemmän ominaisuuksia.

Edeltävään tuoteperheeseen verrattuna yhtenä suurimpana erona uudessa taajuusmuuttajassa on laitteen kestoplaneettakuristin. Nykyisen sarjan laitteet käyttävät yhteismuotoista kuristinta välipiirinä. Lisäksi uudessa taajuusmuuttajassa elektrolyyttikondensaattorit ovat erillisellä kortilla, kun vastaavasti nykyisessä tuoteperheessä ne ovat pääpiirikortilla. Myös laitteen ulkonäkö on hiukan muuttunut, ja jäähdytyspuhaltimen paikka on vaihtunut laitteen päältä laitteen alapuolelle jäähdytystehon parantamiseksi.

5 Taajuusmuuttajien testaaminen

5.1 Testaamisen tavoite

Testaus on suunnittelun ja laadun varmistamista sekä sillä mahdollistetaan kehitettävän tuotteen vaatimustenmukaisuus. Valmistettavan tuotteen tavoitevaatimukset perustuvat mm. turvallisuusvaatimuksiin, standardeihin, direktiiveihin sekä toivottuihin laiteominaisuuksiin. Testaaminen on myös virheiden löytämistä, minkä avulla yritys säästää kustannuksissa sekä parantaa mainetta yritysmaailmassa.

5.2 Taajuusmuuttajien testauksen turvallisuus

Testauksen tärkeimpiin tavoitteisiin kuuluu tuotteen turvallisuuden varmistaminen. Tuote ei saa olla vaarallinen missään vaiheessa sitä asentavalle tai käyttävälle henkilölle. Tuotetta pitää pystyä käyttämään turvallisesti koko tuotteen elinkaaren ajan.

Taajuusmuuttajan testaajan tulee noudattaa turvallisia työtapoja ja käyttää vaadittuja suojavaatteita. Testaajan täytyy myös noudattaa laadittuja turvaohjeita, ettei hän aiheuta itselleen tai muille henkilövahinkoja. Lisäksi testaajan täytyy koko ajan tietää, mitä hän on tekemässä ja suorittaa toimenpiteet turvallisesti.

Lopullisen tuotteen turvallisuusvaatimuksista määrätään standardeissa. Tuotteen täytyy olla direktiiveissä määriteltyjen EN-standardien turvallisuusvaatimusten mukainen Euroopan Unionin alueella. Jos tuotetta myydään myös EU:n ulkopuolelle, tuotteen täytyy olla näiden kolmansien maiden turvallisuusvaatimusten mukainen.

5.3 Taajuusmuuttajien luotettavuus

Turvallisuuden lisäksi testauksella on myös tarkoitus varmistaa, että tuote toimii luotettavasti. Tuote toimii luotettavasti, kun se ei häiriinny ulkopuolisista häiriötekijöistä,

kuten saman sähköverkon muista laitteista tai lyhyistä verkkokatkoksista. Laitteen täytyy myös toimia luotettavasti, vaikka asiakkaan käyttöympäristö ei olisi täysin puhdas tai kuiva.

Taajuusmuuttajan luotettavuutta testataan esimerkiksi rasittamalla laitetta määritellyllä maksimikuormalla, verkkokatkoilla ja maasuluilla. Laitteelle on suunniteltu määrätty elinkaari, joka laitteen pitää kestää, kun valmistajan määrittämiä huoltovälejä on noudatettu. Laitteen luotettavuutta ylläpidetään varaosa- ja korjauspalveluilla sekä kenttähuoltopalveluilla. Tyypillisiä huollon yhteydessä tehtäviä toimenpiteitä taajuusmuuttajissa ovat jäähdytyspuhaltimien vaihto, jäähdytyslementin puhdistus ja kondensaattorien elvytys.

Testaamisella pyritään myös aina laadun parantamiseen. Laitteen hyvä suunnittelu, toteutus ja testaus varmistavat, että lopullinen tuote on laadukas. Taajuusmuuttajan laatu osoitetaan asiakkaalle testaamalla laitteen toiminta erilaisissa testeissä ja toimitamalla tuotteen mukana tuloste, joka kertoo asiakkaalle laitteen läpäisseen hyväksyttävästi kaikki testit.

5.4 Standardinmukaisuus

Valmiin tuotteen täytyy olla tiettyjen standardien mukainen, jotta sen myynti on mahdollista. Erilaisia standardeja on olemassa paljon, ja niiden lukumäärä lisääntyy jatkuvasti. Lisäksi eri puolilla maailmaa käytetään erilaisia standardeja, mikä monimutkaistaa tuotteen myyntiä.

5.4.1 EN-standardit ja CE-merkki

Euroopassa ovat käytössä EN-standardit ja CE-merkintä. Tuotteessa täytyy olla CE-merkki, jotta se pystyy liikkumaan Euroopan talousalueella. CE-merkki on tuotteen valmistajan vakuutus, että tuote täyttää sitä koskevien EU:n direktiivien vaatimukset. Se on myös merkki siitä, että tuote on läpikäynyt mahdollisesti vaaditut tarkastukset.

Merkintä on pakollinen tietyissä tuoteryhmissä, kuten sähkölaitteissa ja koneissa. Taajuusmuuttajia koskevat CE-merkin pienjännitedirektiivi, konedirektiivi ja EMC-direktiivi.

Pienjännitedirektiivin on tarkoitus suojata käyttäjää mahdollisilta palo-, sähkö- ja säteilyvaaroilta. Direktiivi koskee sähkölaitteita, joiden nimellisjännite on välillä 50 V–1 kV AC ja 75 V–1,5 kV DC. Direktiivin avulla pyritään varmistamaan, että markkinoilla ei ole tuotteita, joista olisi vaaraa käyttäjälle. Valmistajan on osoitettava laitteen yhdenmukaisuus vaatimustenmukaisuusvakuutuksella. Sillä vakuutetaan, että tuote täyttää pienjännitedirektiivissä annetut vaatimukset. Tuote varustetaan CE-merkinnällä, jos se on direktiivin mukainen, ja sillä on vaatimustenmukaisuusvakuutus.

Konedirektiivi koskee koneita, joissa on mekaanisesti liitettyjen komponenttien yhdistelmiä. Vähintään yhden koneen osista on liikuttava, ja sen on sisällettävä tarvittavat ohjauslaitteet sekä ohjaus- ja syöttöpiirit. Taajuusmuuttajalle ei voida antaa CE-merkkiä konedirektiivin perusteella, mutta valmistajan tulee vakuuttaa taajuusmuuttajan olevan tiettyjen konedirektiivissä määriteltyjen standardien mukainen. Konevalmistaja, joka kokoaa koneen, on vastuussa konedirektiivissä määritellystä koneen mekaanisesta ja sähköisestä turvallisuudesta. Kone voidaan varustaa CE-merkinnällä vasta, kun konevalmistaja on varmistanut, että PDS-käyttö on konedirektiivin mukainen.

EMC-direktiivin tarkoitus on saavuttaa EMC-yhteensopivuus muiden tuotteiden ja järjestelmien kanssa. Direktiivin tarkoituksena on varmistaa, että tuotteen häiriöpäästöt ovat niin pieniä, etteivät ne häiritse toisen tuotteen toimintaa. EMC-yhteensopivuus otetaan huomioon tuotetta suunniteltaessa. CE-merkintää ei voida antaa taajuusmuuttajalle tämän direktiivin perusteella, koska käyttö ei ole asiakkaalle toiminnallinen lopputuote vaan aina osa prosessia tai konetta. Konevalmistajalla on lopullinen vastuu siitä, että kone täyttää EMC-vaatimukset. [15.]

5.4.2 UL- ja CSA -standardit

Pohjois-Amerikassa on useita organisaatioita ja yhdistyksiä, jotka vakuuttavat tuotteiden olevan turvallisia käyttämällä omaa merkintää. Esimerkkeinä luotetuista järjestöistä ovat Underwriters Laboratories (UL) USA:ssa ja Canadian Standards Association (CSA) Kanadassa.

Näiden järjestöjen merkit eivät ole lakisääteisiä, ja järjestöt ovat määritelleet omat standardinsa, joiden mukaan tuotteet testataan. Jos testattu tuote on standardien mukainen, järjestö myöntää tuotteelle sertifiointitunnuksen tai merkin.

UL on itsenäinen organisaatio, joka kehittää testaukseen liittyviä standardeja ja testaa tuotteiden turvallisuutta. Organisaatio on kehittänyt yli 800 turvallisuuteen liittyvää standardia, ja miljoonat tuotteet sekä komponentit testataan näiden standardien mukaan.

Saadakseen UL-merkinnän valmistajan on ensin lähetettävä hakemus ja useita näytekappaleita, joille Underwriters Laboratories suorittaa testauksen. Kaikkien näytteiden on läpäistävä testit, jotta tuote saa UL-merkinnän. Merkintä myönnetään kuitenkin vasta, kun valmistaja sitoutuu UL:n seurantamenettelyyn. Seurantamenettelyssä edustaja vierailee valmistajan tuotantolaitoksessa ja valitsee satunnaisen tuotteen uusintatestiin. Tuotteet, joiden todetaan olevan yleisen turvallisuuden mukaisia ja ovat täyttäneet testikriteerit, saavat käyttää UL-merkintää.

Canadian Standards Association on perinteikäs testaus- ja sertifiointijärjestö. Yhdistys tarjoaa tuotetestaus- ja sertifiointipalveluja erityyppisille tuotteille ympäri maailmaa. CSA:n sertifiointitunnus osoittaa, että tuote on testattu Kanadan tai USA:n standardien mukaisesti, ja se täyttää soveltuvan CSA-standardin. CSA-sertifiointin saaminen on tärkeää, jos tuotteita on tarkoituksena myydä Yhdysvaltojen ja Kanadan markkinoilla. [16.]

5.5 Taajuusmuuttajien viat

Taajuusmuuttajien viikoittainen valmistusmäärä on noin 1 000 kappaletta nykyisellä tuotantolinjalla. Näistä laitteista viikoittain noin 30 kappaletta vikaantuu testeissä. Testeissä vikaantuneet laitteet päätyvät korjauspaikalle, jossa vika paikannetaan ja korjataan.

Vian korjaaminen kestää keskimääräisesti noin 15–20 minuuttia. Aikaan vaikuttaa muun muassa korjaushenkilöstön määrä sekä vian laatu.

Jos vikaa joudutaan etsimään ja vian aiheuttajaa ei ennestään tiedetä, korjaus voi kestää kauankin. Jotkin viat ovat helposti havaittavissa, ja korjaus hoituu alle viidessä minuutissa. Vialliset piirikortit lähetetään laboratorioon tutkittavaksi ja korjattavaksi. Kortit, jotka ovat rikkoutuneet juotosrobotissa tai tuhoutuneet testeissä läpilyönnin takia käyttökelvottomaksi, lajitellaan elektroniikkaromuksi.

6 Taajuusmuuttajien testausjärjestelmä

6.1 Nykyinen testausjärjestelmä

Nykyinen korjauspaikan testausjärjestelmä sijaitsee tehtaalla taajuusmuuttaja-linjaston alueella. Korjauspaikka, jossa vikaantuneita taajuusmuuttajia korjataan, on kokoonpanolinjaston ja varustelun välissä. Testausjärjestelmällä pystytään tutkimaan, toimiiko taajuusmuuttaja oikein sekä havaitaan laitteen mahdolliset toimintavirheet.

Vikaantuneet laitteet tulevat toiminnallisen testausjärjestelmän kautta korjauspaikalle, jossa laitteen vika etsitään korjauspaikan testausjärjestelmän ja vikakoodin avulla. Lisäksi taajuusmuuttajalle suoritetaan visuaalinen tarkastelu, jonka avulla havaitaan juotosvirheet ja mahdolliset läpilyönnit. Kuvassa 4 näkyy korjauspaikan testausjärjestelmä, jota kutsutaan usein myös nimellä *Pömpeli*:



Kuva 4. Korjauspaikan testausjärjestelmä

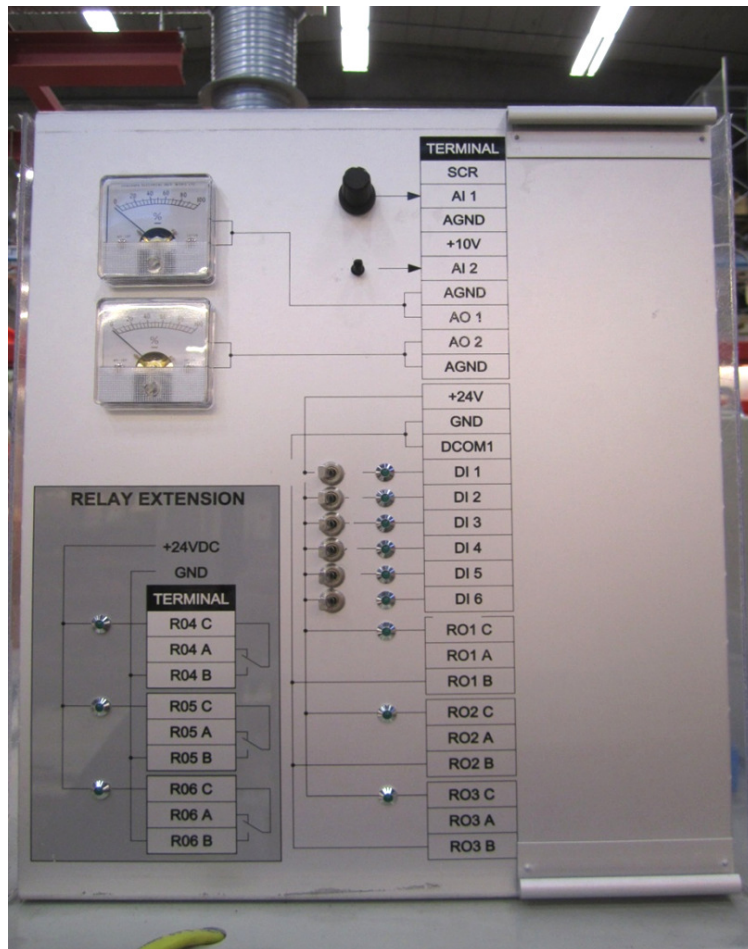
Korjauspaikan testausjärjestelmään kuuluu jännitteenkesto- ja eristysvastusmittaus (HiPot), ohjelmoitavien ohjausliitäntöjen testaus, välipiirinmittaus ja moottorien ajaminen.

6.2 Nykyisen testausjärjestelmän rakenne

Korjauspaikan testausjärjestelmässä laitetta voidaan syöttää vaihto- tai tasajännitteellä. Vaihtojännitepuolella on valittavissa 240 V sekä 480 V. Tasajännite taajuusmuuttajalle saadaan tasajännitelähteellä, jossa säätöalue ulottuu 500 volttiin asti. HiPot-testeri on testikaapin päällä, jotta taajuusmuuttajaa päästään tutkimaan visuaalisesti eristysvastusmittauksen aikana. Usein on myös tarve purkaa taajuusmuuttajaa mittauksen aikana, jotta laitteen vika havaittaisiin.

Taajuusmuuttaja työnnetään linjastoa pitkin testikaapin sisään ja paletti, jonka päällä laite on, lukitaan järjestelmän sisään metallisilla tangoilla. Tangot nousevat paletin takapuolelle tarkoitettujen reikien kohdalle napin painalluksesta ja lukitsevat paletin paikoilleen. Paletin edessä oleva liitin kytkeytyy testausjärjestelmän sisällä olevaan liittimen vastakappaleeseen, kun paletti työnnetään järjestelmän sisään.

Seuraavaksi taajuusmuuttajalle syötetään vaihto- tai tasajännitettä. Käyttäjä valitsee kytkimistä halutun syöttöjännitteen ottaen huomioon laitteen teholuokan. Tämän jälkeen korjaaja käyttää taajuusmuuttajan ohjaukseen joko taajuusmuuttajan ohjauspaneelia tai järjestelmän päällä olevaa ohjaustaulua. Ohjaustaululla voidaan testata taajuusmuuttajan ohjausliitännät ja tarkkailla analogialähtöjä. Kuvassa 5 on testausjärjestelmän ohjaustaulu (ks. seur. s.).



Kuva 5. Testausjärjestelmän ohjaustaulu

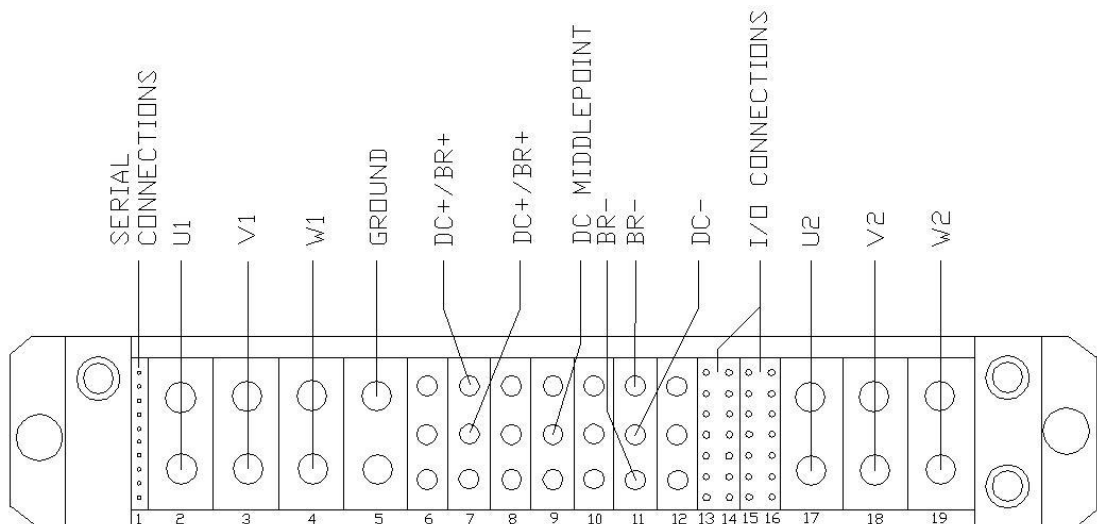
Ohjaustaulussa on tarvittavat kytkimet ja potentiometrit digitaali- ja analogiatulojen ohjaukseen. Lisäksi taajuusmuuttajan relelähtöjen tilat näkyvät ledien avulla. Taulusta nähdään myös kahden analogialähdön arvot virtamittareilla.

Lopuksi ennen kuin laite otetaan pois testikaapista, sen välipiirin kondensaattorien jännite puretaan DC-purku-napilla. Tämän jälkeen taajuusmuuttajalle voidaan tarvittaessa aloittaa korjaustoimet turvallisesti ilman sähköiskun vaaraa.

7 Järjestelmän signaalit ja mittalaitteet

7.1 Telakointiliitin

Taajuusmuuttajan testauksessa käytetään telakointijärjestelmää, jonka avulla siirretään signaaleja, suuria virtoja ja jännitteitä. Linjaston ja paletin uudistuessa myös paleteilla käytettävä liitin uudistuu. Uudessa paletissa käytetään urosliittintä, kun vastaavasti nykyisessä on naarasliitin. Testausjärjestelmän vaihtuessa uuteen malliin myös telakointiliitin on muutettava samalla urosliittimestä naarasliittimeen. Telakointiliittimen kautta testausjärjestelmä ja taajuusmuuttaja saavat yhteyden toisiinsa. Kuvassa 6 näkyy nykyinen ODU MAC 400-liitin:



Kuva 6. ODU MAC 400-liitin

ODU-liittimen itseohjautuvat rakenteet ohjaavat liitäntäkontaktit oikeille paikoille.

Nykyisessä ODU-liitimessä on seuraavat liittynät:

- kolme vaihetta sähköverkon puolelle U2, V2 ja W2
- kolme vaihetta moottorisytölle U1, V1 ja W1
- maapotentiaali
- välipiirin korkeampi potentiaali DC+/BR+

- DC-välipiste
- jarruvastuksen matalampi potentiaali BR-
- välipiirin matalampi potentiaali DC-
- sarjaväylä
- taajuusmuuttajan ohjelmoitavat ohjausliitännät.

Taajuusmuuttajalinjaston viimeisessä kasausvaiheessa laitteeseen kytketään paletin liittimen kaapelit, jotta laite saa yhteyden toiminnallisissa testeissä. Testien jälkeen varustelussa irrotetaan kaapelit laitteesta, ja laite pakataan ohjekirjan sekä asennusosien kanssa pahvilaatikkoon.

Uusi liitin, joka tunnetaan nimellä SOL 2, poikkeaa hieman nykyisestä ODU MAC -liittimestä. Nykyiseen liittimeen verrattuna siinä on enemmän liitäntöjä, sekä liitäntöjen paikat ovat vaihtuneet.

7.2 Jännitteensyöttö ja mittalaitteet

Testattavalle laitteelle saadaan tasajännite DC-teholähteestä ja vaihtojännite sähköverkosta. Jännitteen valinta sekä muut tarvittavat kytkimet ja napit on sijoitettu uuden testikaapin yläreunaan. Testausjärjestelmän mittalaitteisiin kuuluu oskilloskooppi, yleismittari, Paletti-testeri sekä HiPot-testeri.

7.2.1 DC-teholähde

DC-teholähteestä saadaan syötettyä eri kokoluokan taajuusmuuttajille tarvittava jännite testausta varten. DC-teholähde on Agilent 6035A, jossa ulostulojännite on säädettävissä 0–500 V:iin ja ulostulovirta 0–5 A:iin. Teholähteen maksimiteho on 1 050 W, ja se asetetaan uuden testausjärjestelmän päälle, mistä sitä on helppo käyttää.

Tapauksissa, joissa taajuusmuuttaja on vikaantunut testissä, eikä laitteelle ole vielä syötetty vaihtojännitettä, on turvallisempaa kokeilla laitteen toimivuus ensin

tasajännitteellä ja vasta tämän jälkeen syöttää laitteelle vaihtojännite, koska laitteen sisälle on saattanut tippua metallinen ruuvi, tai jokin ryömintäväleistä on liian pieni.

7.2.2 Korjauspaikan yleismittari

Korjauspaikan työntekijöillä on käytettävissään yleismittari. Nykyisessä testausjärjestelmässä voidaan joutua mittaamaan yleismittarilla taajuusmuuttajan 24 voltin apujännitelähdön toimivuus. Uudessa testerissä apujännitettä ei tarvitse mitata yleismittarilla, vaan jännitteen näkee suoraan uuden ohjaustaulun jännitemittarista. Yleismittaria käytetään myös taajuusmuuttajan pääpiirikortin sulakkeen mittaamiseen sekä erilaisten komponenttien toiminnan varmistamiseen. Käytössä oleva yleismittari on Fluke 175.

7.2.3 *High Potential Test* -mittaus

HiPot-termi on annettu tietyille elektroniikan mittauslaitteistoille, joita käytetään laitteiden sähköisen eristyksen tarkastamiseen. HiPot-testerillä voidaan suorittaa taajuusmuuttajalle jännitteenkesto- ja eristysvastusmittaus. Testin tarkoituksena on tarkastaa, että taajuusmuuttajan osien ja komponenttien välillä on vaadittava eristys. HiPot-testi auttaa löytämään vaurioituneet tai huonot eristykset ja liian pienet kontaktivälit. Nykyisellä korjausasemalla oleva tester on Kikusui TOS8850 W/I auto tester, jolla voidaan suorittaa mittaukset joko automaattisesti tai manuaalisesti. HiPot-testerin maksimiteho on 500 VA, ja sen antamaa jännitettä voidaan säätää 0–5 kV:iin AC.

Jännitteenkestomittauksessa testataan laitteen jännitteen kestoa tietyn ajan verran. Jännitteenkestomittaus tunnetaan myös nimellä *High Potential Test*. Vaihtojännitettä syötetään 2,5 kilovoltia tietyn ajan verran ja mittarista katsotaan, kuinka paljon vuotovirta syntyy. Vuotovirran pitää olla asetetun raja-arvon alapuolella, jotta laite läpäisee testin. Nykyisen tuoteperheen laitteiden teholuokan mukaan vuotovirrat ovat 4,0–21,2 mA. Jännitteenkestomittaus ei vahingoita taajuusmuuttajaa, ja testi vaaditaan suoritettavaksi kaikille taajuusmuuttajille, ennen kuin ne lähtevät tehtaalta asiakkaalle.

Eristysvastusmittauksen tarkoituksena on mitata taajuusmuuttajan resistanssi. Eristysvastusmittauksessa taajuusmuuttajaan syötetään vaihtojännitteen sijasta tasajännitettä. Mitatun virran ja syötetyn jännitteen avulla voidaan laskea taajuusmuuttajan eristyksen resistanssi $R=U/I$. Taajuusmuuttajien mittauksessa minimiresistanssi tulee olla $>10\text{ M}\Omega$.

HiPot-testerin paikka uudella korjausasemalla on toiminnallisen testausjärjestelmän ulostuloluukkaa vastapäätä olevassa protopaikkassa, johon laitteen voi liu'uttaa linjastoja pitkin. Tuleva testeri on nimeltään Kikusui TOS8870A. Testattava laite siirretään akryylimuovista tehdyn suojan sisälle, minkä jälkeen HiPot-testeriltä tuleva ODU-liitin kytketään paletilla olevaan telakointiliittimeen. ODU-liittimeen on tehty muovista kotelo ja kahva, jotka helpottavat liittimen laittamista sekä irrottamista paletin telakointiliittimestä. Tämän jälkeen laitteelle voidaan tehdä tarvittavat mittaukset, ja jos laitetta tarvitsee purkaa, akryylimuovisuojan saa käännettyä pois edestä saranoiden avulla. [17.]

7.2.4 Paletti-testeri

Korjausaseman tuleviin mittalaitteisiin kuuluu Paletti-testeri, jonka avulla varmistetaan, että paletin ODU-liittimestä laitteelle menevät johdot ovat kunnossa. Nykyisellä korjausasemalla ei ole erillistä mittalaitetta johtimien kunnan tarkastukseen, vaan tarvittaessa niiden eheys testataan yleismittarilla.

Joissain tapauksissa korjausasemalle tulevista vikaantuneista taajuusmuuttajista varsinainen laite on ehjä, mutta paletin johdotuksen oikosulku tai avoin johdin on aiheuttanut vikaantumisen. Paletti-testerillä voidaan kokeilla nopeasti ja turvallisesti, että mikään johtimista ei ole avoin. Tämä säästää huomattavasti aikaa, koska jokaisen johdinparin mittaaminen erikseen yleismittarilla on hidasta. Pienet viat, kuten eristeen vaihtaminen paletin johdoissa, korjataan korjausasemalla, mutta isomman vian tapauksessa paletti viedään Serviceen, jossa johtimet vaihdetaan tai huolletaan.

Testerin rakenne on yksinkertainen ja sen suunnittelussa on otettu huomioon liikuteltavuus. Tilan ahtauden ja käytettävyyden kannalta mittalaite asetetaan liikkuvan kärryn päälle, jotta sitä voidaan liikuttaa korjausaseman sivupöydän lähetyville johdotusten

testausten helpottamiseksi. Paletti-testerin sivussa on 47 kappaletta vihreitä LED-valoja ja mitattaessa ne palavat, mikäli johtimet ovat kunnossa. Mittalaitteeseen kuuluu myös 24 V:n jännitelähde sekä kaksi kytkintä. Ensimmäinen kytkin toimii *on/off*-katkaisijana, ja toisella kytkimellä testataan valojen toimivuus (liite 1).

Testattaessa mittalaitteeseen liitetään ensimmäiseksi kaikki paletin ODU-liittimeltä tulevat johdot. Johdot irrotetaan paletilla olevasta taajuusmuuttajasta ruuvinvääntimellä ja johdot kiinnitetään testerin päädyssä oleviin jousiliitimiin. Jousiliittimien avulla johtojen kiinnittäminen sujuu nopeasti ilman työkaluja. Tämän jälkeen mittalaitteen ODU MAC -telakointiliitin yhdistetään paletin liittimen kanssa. Telakointiliittimen kaapelit on oikosuljettu keskenään pienillä lenkeillä. Viimeisessä vaiheessa 24 V:n jännitelähteen virtajohto kytketään verkkoon ja *on/off*-kytkimestä käynnistetään mittaus.

Jos kaikki johdotukset ovat kunnossa, eikä mikään johdin ole avoin, kaikki valot palavat vihreinä. Viiallisen johtimen tapauksessa johtimen huomiovalo on sammuneena. Kun viallinen johdin on löydetty, mittalaitteen voi siirtää takaisin sivuun ja viiallisen johtimen korjaaminen voidaan aloittaa.

8 Suoritettavat testit ja mittaukset

Nykyisestä ja uudesta taajuusmuuttajatuoteperheestä testataan lähestulkoon samat asiat, sillä taajuusmuuttajien ohjelmoitavien ohjausliitäntöjen toiminta pitää pystyä tarkastamaan. Ainoana erona on, että uudessa taajuusmuuttajassa on STO-toiminto, jota nykyisessä tuoteperheessä ei ole. Taajuusmuuttajan käytön toiminta pitää pystyä kokeilemaan laitteen ohjauspaneelilla sekä tietokoneohjelmalla. Lisäksi laitteen käytännön testi täytyy suorittaa moottorin ajamisella. Taajuusmuuttajien ohjausliitännöissä on testausvaiheessa tehdasasetukset, joten laitteiden toiminta testataan niiden perusteella.

8.1 *Repairing Controller Station* -ohjelma

Korjausaseman tietokoneella on *Repairing Controller Station* -ohjelma, jolla vikaantuneet taajuusmuuttajat huomataan, ja korjaustoimet kirjataan tietokantaan. Ohjelmalla seurataan myös toiminnallisen testausjärjestelmän hyllyjä, joissa taajuusmuuttajille suoritetaan toiminnallinen testi (*System*) ja rasitusajo (*Burnin*). Toiminnallisessa testausjärjestelmässä sekä HiPot-testissä vikaantuneet taajuusmuuttajat tippuvat ohjelman vikaantuneiden laitteiden jonoon, josta laite tilataan korjausasemalle.

Automaattinen manipulaattori ottaa tilatun laitteen kelkkaansa ja tuo laitteen korjausasemalle. Laitteen sarjanumeron avulla nähdään missä hyllypaikassa ja testissä laite on vikaantunut. Ohjelma näyttää vikaantuneen testin kohdalla vikakoodia, jonka avulla vika on helpompi selvittää. Vikaantuneen testin tuloksista voidaan katsoa tarkemmat tiedot, missä kohtaa testiä laite vikaantui, ja mitkä arvot eivät ole testausrajojen sisällä.

Taajuusmuuttajaa lähdetään korjaamaan vikakoodin ja vikaantuneen testin tulosten perusteella. Ensimmäinen vaihe sisältää yleismittarilla mittauksen, millä varmistetaan laitteen kokoamisvaiheen oikeinkytkenät. Lisäksi tarkistetaan, että laitteesta paletin liittimelle kulkevat johdot ovat oikein ja kiinnitetty huolellisesti. Jos johdotukset ja vaiheet ovat kunnossa, laite voidaan siirtää korjauspaikan testikaappiin.

Mikäli vika on entuudestaan tuttu ja vian aiheuttaja tiedetään, laite pystytään suoraan purkamaan ja korjaustoimenpiteet voidaan suorittaa.

Testikaapissa korjattavaan laitteeseen syötetään DC-jännite ja tarvittavat testaukset suoritetaan, jotta vika saadaan löydettyä. Taajuusmuuttajaan voidaan myös tarvittaessa syöttää halutun suuruista AC-jännitettä. Vian löytyessä laite otetaan ulos testikaapistasta ja tarvittavien korjaustoimien suoritus aloitetaan. Usein taajuusmuuttajaa joudutaan purkamaan, jotta vialliset piirikortit saadaan vaihdettua tai huonot juotokset korjattua. Huonot juotokset korjataan korjauspaikan käsijuotosasemalla. Lopuksi laitteen toiminta testataan korjaustoimenpiteiden jälkeen korjauspaikan testikaapissa.

Repairing Controller Station -ohjelmaan kirjoitetaan laitteelle suoritettavat korjaustoimenpiteet ja vian tyyppi. Vian tyypit ovat valittavissa ohjelmasta, ja vika voi olla, esimerkiksi komponenttivika, asennusvika tai kuljetusjärjestelmästä johtunut vika. Korjatut laitteet tallentuvat vikalokitaulukkoon, josta nähdään kaikki vikaantuneet laitteet sekä vian tyyppi ja suoritettavat korjaukset. Vialliset piirikortit lähetetään laboratorioon tutkittavaksi ja kortteihin kiinnitetään ohjelmasta saatava tuloste, jossa on vikakoodi ja korjaajan kirjoittamat korjaustiedot. Jos sama vikakoodi esiintyy useasti, laitteen korjaus sujuu rutiinilla, ja laitteelle tehdään samat korjaustoimenpiteet kuten aiemminkin.

Mikäli laite on vikaantunut esimerkiksi toiminnallisissa testeissä liian korkean lämpötilan takia, tämä tarkoittaa lähestulkoon aina, että laitteen pääpuhallin ei toimi. Tässä tapauksessa puhaltimen kaapeli voi olla poikki tai kiinnittämättä paikoilleen. Vaihtoehtoisesti puhallin voi myös olla viallinen, tai pyöriä epätasaisesti. Korjaustoimenpiteenä laitteeseen vaihdetaan joko puhallin tai puhaltimen johto.

8.2 Ohjaustaulu

Suunnitteilla olevaan testausjärjestelmään tulee uusi ohjaustaulu, koska vanhassa ei ole kaikkia tarvittavia toimintoja uuden tuotteen testaamiseen. Ohjaustaulu kiinnitetään testausjärjestelmän sivuun muiden ohjausvalintojen lähelle, jotta sitä olisi mahdollisimman helppo käyttää. Taajuusmuuttajan ohjausliitäntöjen toiminta testataan ohjaustaulun avulla Apemin vipukytкимиä käyttämällä ja potentiometrejä säätämällä (liite 2).

8.2.1 Analogiatulot

Taajuusmuuttajan ohjausliitännöihin kuuluu kaksi analogiatulokanavaa. Laitteen ohjauskortissa on DIP-kytkin, jonka avulla valitaan, kumpi analogiatuloista on jänniteviesti ja kumpi virtaviesti. DIP-kytkimen vakioasennossa AI1 on jänniteviesti (0–10 V) ja AI2 on virtaviesti (0–20 mA).

Analogiatulokanavat testataan potentiometrillä, jota käytetään jännitteenjakoon. Sen avulla saadaan säädettävä ulostulojännite. Kymmenen kilo-ohmin potentiometrille syötetään taajuusmuuttajasta 10 V:n ohjejännite, ja liukukoskettimen kohdalta AI1:lle saadaan jänniteviesti seuraavan yhtälön mukaisesti:

$$V_L = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_s$$

V_L on potentiometrin ulostulojännite

V_s on potentiometrille tuleva ohjejännite

R_1 on keskinastan ja päätynastan välinen resistanssi

R_2 on keskinastan ja toisen päätynastan välinen resistanssi.

Liukua kääntämällä potentiometrin ulostulojännitteeksi voidaan säätää, mikä jännite tahansa ohjejännitteen ja maan väliltä.

Virtaviesti on toteutettu potentiometrillä, jonka kanssa on 390 ohmin sarjavastus. Kun Potentiometri on säädetty 0 ohmiin, kaikki virta menee 390 ohmin ja analogiatulon 100 ohmin sisäisen vastuksen läpi, ja virta on noin 20,4 mA. Kun potentiometri on säädetty 10 kilo-ohmiin, virtaviestin arvo noin 1 mA. Analogiatulokanavien potentiometriä säätönupit ovat ohjaustaulussa ja säätönuppien vieressä on jännite- ja virtamittari, joista pystytään tarkkailemaan syötetyn signaalin suuruutta.

Ohjaustaulussa on potentiometriä vieressä myös Apemin 3-kanavainen vipukytkin, jota käyttämällä voidaan vaihtaa virta- ja jänniteviestin paikkaa. Kun kytkimen asentoa muutetaan, jänniteviesti syötetään AI2:seen ja virtaviesti AI1:seen. Tämän lisäksi käyttäjän pitää vaihtaa laitteen ohjauskortissa olevan DIP-kytkimen asentoa ohjaustaulun

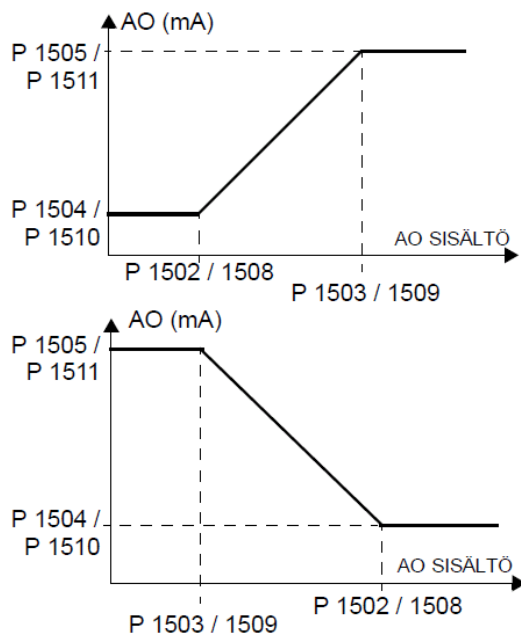
kytkimen asentoa muutettaessa. Ohjaustaulun potentiometrien yläpuolella olevat ledit vaihtavat tilaa kytkimen mukana, ja ne näyttävät käytössä olevan analogiatulokanavan.

Jännitemittarin mitta-alue on $\pm 0,01\text{--}19,99\text{ V/DC}$ ja näytteistysnopeus on 3 kertaa sekunnissa. Virtamittarin näytteistysnopeus on sama kuin jännitemittarissa ja mitta-alue on $\pm 0,01\text{--}19,99\text{ mA/DC}$. Mittarit ovat JY-TECK-merkkisiä, ja kummankin mittarin tarkkuus on $\leq 0,025\% \pm 1\text{ digit}$. [18, s. 119.]

8.2.2 Analogialähdöt

Taajuusmuuttajassa on kaksi analogialähtöä, jotka ovat virtasignaaleja 0–20 mA:iin. Analogialähtöjen kuorma on alle 500 ohmia ja tarkkuus $\pm 3\%$. Virtasignaalit kulkevat testerissä olevan telakointiliittimen läpi ohjaustaulun virtamittareille. Tehdasasetuksella AO1 näyttää lähtötaajuuden ja AO2 näyttää lähtövirran. Kummatkin virtamittarit ovat samanlaisia JY-TECK-merkkisiä mittareita kuin analogiatulon virtamittari.

Taajuusmuuttajan parametreja muuttamalla voidaan määrittää analogialähtöjen sisältö (kuva 7).



Kuva 7. Analogialähdön skaala- ja alkuarvoasetukset [18, s. 123]

Laitteessa on valmiita parametreja, joita valitsemalla analogialähdöt näyttävät, esimerkiksi lähtömomentin, moottorin nopeuden tai taajuusmuuttajan mittaaman moottoritehon. Analogialähdöille voi myös itse asettaa parametrien avulla sisällön minimi- ja maksimiarvon. Jos sisällön maksimiarvo asetetaan sisällön minimiarvoa pienemmäksi, saadaan käänteinen lähtö. Myös lähtövirran minimi- ja maksimiarvoa on mahdollista muuttaa. [18, s. 123.]

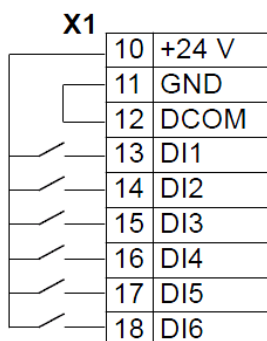
8.2.3 Digitaalitulot

Taajuusmuuttajien digitaalitulojen testaukseen käytetään ohjaustaulussa sijaitsevia vipukytkimiä, ja kytkimien vieressä olevat ledit näyttävät digitaalitulojen tilan. Digitaalitulojen impedanssi on 1,5 kilo-ohmia ja maksimijännite 30 V. Digitaalitulojen kytkemiseksi DCOM:n ja digitaalitulon arvon on oltava $\geq +10$ V. Syötöksi voidaan käyttää joko taajuusmuuttajan 24 V:n apujännitelähtöä tai ulkoista 12–24 V:n jännitettä (polariteetti + tai -).

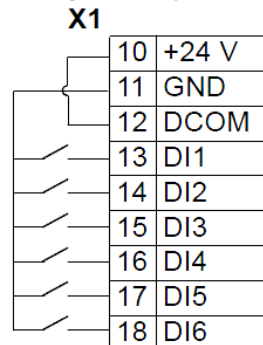
Uudessa testerissä kytkimille syötetään ulkoisesta jännitelähteestä 24 V ja ledeillä on 1,5 kilo-ohmin etuvastukset rajoittamassa virtaa (liite 3, s. 1). Myös taajuusmuuttajan 24 V:n apujännitelähtöä olisi ollut mahdollista käyttää digitaalitulojen syöttönä. Kuitenkin on luotettavampaa käyttää ulkoista jännitelähdettä, koska taajuusmuuttajan ohjauskortissa voi olla vikaa, ja apujännitelähtö ei tällöin välttämättä toimisi.

Ohjaustaulussa on käytetty PNP-kytkentää digitaalituloille. Kuvassa 8 esitellään PNP-kytkennän lisäksi myös toinen vaihtoehtoinen kytkentätapa, NPN-kytkentä.

PNP-kytkentä (lähde)



NPN-kytkentä (vastaanottaja)



Kuva 8. Digitaalitulojen kytkentätavat [18, s. 23]

Asiakas voi valita, käyttääkö digitaalitulojen kytkentänä PNP-kytkentää vai NPN-kytkentää. Digitaalituloille on asetettu tehtaalla oletusmakro, joka määrää ohjelmoitavien digitaalitulojen toiminnan.

Digitaalitulojen oletusarvot ovat seuraavat:

- digitaalitulo 1, käyntiin/seis
- digitaalitulo 2, eteen/taakse
- digitaalitulo 3, vakionopeuden valinta
- digitaalitulo 4, vakionopeuden valinta
- digitaalitulo 5, kiihdytys-/hidastusajan valinta
- digitaalitulo 6, ei ohjelmoitu.

Taajuusmuuttajissa on monia erilaisia valmiiksi ohjelmoituja makroja, joita käyttäjä voi halutessaan vaihtaa muuttamalla laitteen parametreja. [18, s. 22–23.]

8.2.4 Apujännitelähtö

Kummankin taajuusmuuttajatuoteperheen laitteilla on 24 V DC/250 mA:n apujännitelähtö ohjausliitännöissä. Apujännitelähtö on oikosulkusuojattu säädettävällä regulaattorilla. Laitteelta tuleva jännite saadaan testausjärjestelmän liittimen kautta ohjaustaulussa olevaan jännitemittariin, josta voidaan todeta apujännitelähdön toimivuus. Jännitemittarin mitta-alue on $\pm 0,1\text{--}199,99$ V/DC, ja mittaustarkkuus ja mittarinvalmistaja ovat samat kuin muillakin ohjaustaulun mittareilla. Asiakkaat käyttävät apujännitelähtöä yleensä digitaalitulojen, relelähtöjen tai anturien jännitelähteenä. [18, s. 22].

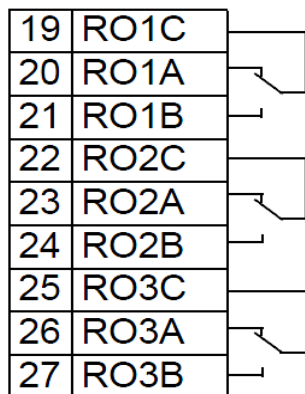
8.2.5 Relelähdöt

Taajuusmuuttajista täytyy myös testata ohjelmoitavat relelähdöt. Releet tarvitsevat minimissään 12 V ja 10 mA, jotta ne vetävät. Maksimi DC-jännite saa olla 30 V ja 2 A. Taajuusmuuttajien kolme relelähtöä on toteutettu syöttämällä ulkoisesta jännitelähteestä 24 V releille, ja niiden tilaa voi tarkkailla ohjaustaulun ledeistä. Taajuusmuuttajan relelähtöjen oletusarvot määräytyvät käytetyn makron mukaisesti.

Releiden arvot tehdasmakrolla ovat seuraavat:

- relelähtö 1, valmis
- relelähtö 2, käy
- relelähtö 3, vika (-1).

Kuvassa 9 on ohjaukskortin relelähtöjen kytkentä.



Kuva 9. Ohjaukskortin relelähdöt [18, s. 74]

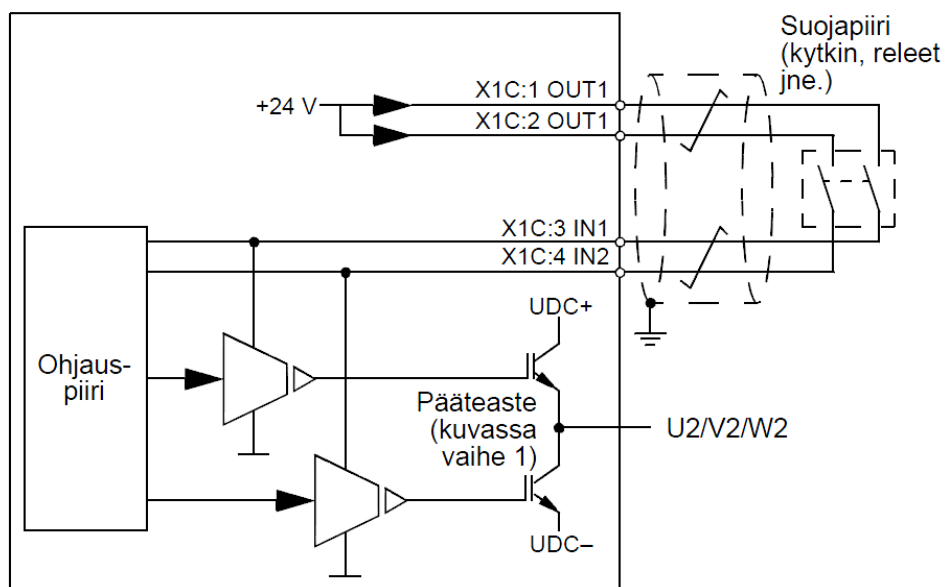
Relelähtö 1 näyttää tilaa valmis, kun 19 on kytketty 21:een. Tämä tarkoittaa, että taajuusmuuttaja on käyttövalmis. Relelähtö 2 näyttää tilaa käy, kun 22 on kytketty 24:ään. Rele 2 vetää, kun taajuusmuuttaja on käynnissä. Kun 25 on kytketty 27:ään, relelähtö 3 on tilassa vika (-1). Rele 3 vetää, kun jännite on kytkettynä laitteeseen. Rele ei vedä, mikäli taajuusmuuttajassa on vikatilanne. Vikarele indikoi ns. vikaa myös turvallisuussyistä, jos taajuusmuuttaja on jännitteetön.

Relelähdöt 4–6 ovat käytettävissä vain, jos OREL-01-relelähtölaajennusmoduuli on asennettuna. Laajennusmoduuli asennetaan laitteeseen varustelussa sen jälkeen, kun taajuusmuuttaja on käynyt kaikki testit läpi. Tämän vuoksi testausjärjestelmässä ei tarvitse testata relelähtöjä 4–6. [18, s. 23.]

8.2.6 Safe Torque Off-toiminto

Safe Torque Off -toiminto estää taajuusmuuttajan puolijohteita saamasta ohjausjännitettä. Kun puolijohteilla ei ole ohjausjännitettä, vaihtosuuntaaja ei pysty luomaan moottorin pyörittämiseen tarvittavaa jännitettä. Toiminnon ansiosta puhdistus- ja huoltotyöt on mahdollista suorittaa katkaisematta virran syöttöä taajuusmuuttajalta. *Safe Torque Off* -toiminto ei kytke pää- ja apupiirien jännitettä irti laitteesta, minkä vuoksi taajuusmuuttajan ja moottorin sähköosien huoltotyöt voidaan tehdä vasta, kun koko laitteisto on jännitteetön. Käynnissä oleva kone voidaan myös pysäyttää STO-toiminnolla, mutta tällöin taajuusmuuttaja pysähtyy vapaasti pyörien.

STO-toimintoon kuuluu kaksi riippumatonta reittiä, jotka lähtevät taajuusmuuttajan ohjauskortilta ja palaavat ohjauspiirille (kuva 10).



Kuva 10. STO-toiminnon kaavio [19, s. 406]

Kun molemmat STO-tulot vetävät, toiminto on valmiustilassa ja taajuusmuuttaja toimii normaalisti. Kun jompikumpi STO-tuloista päästää, tai vastaavasti molemmat tulot päästävät, laite ilmoittaa tapahtuneen vian. Vikana voi olla, että tulokanava 1 vetää, mutta tulokanava 2 ei vedä tai toisinpäin. Asiakkaan kytkemän suojapiirin koskettimien on avauduttava/sulkeuduttava 200 ms sisällä toisistaan. STO-aktivoinnin viive on alle

yksi millisekunti, ja jos jompikumpi STO-kanavista vaihtuu erittäin nopeasti, taajuusmuuttaja laukeaa oikosulkuun tai ylivirtaan.

Safe Torque Off -toiminnon testaaminen on toteutettu Apemin vipukytkimillä sekä ledeillä. Ohjaustaulussa on kolme kytkintä, joilla voidaan katkaista taajuusmuuttajalta tulevat STO-reitit (liite 3, s. 2). Ensimmäisellä ja toisella kytkimellä voidaan kontrolloida kumpaakin reittiä yksitellen ja katkaista STO-reitti reitinkohtaisesti. Kolmannella, 2-napaisella kytkimellä, saadaan katkaistua molemmat reitit samanaikaisesti. Ohjaustaulussa olevat ledit indikoivat reittien tilat. [20, s. 41.]

8.3 Välipiirin mittaus

Välipiirin mittaaminen nykyisessä testikaapissa tapahtuu ERMA-METER U 355 DC-mittareilla. Välipiirin jännite tuodaan taajuusmuuttajasta ODU-liittimelle, johon mittarit ovat kytketty. Ensimmäinen mittareista on kytketty ODU-liittimelle tulevan välipiirin korkeamman potentiaalin ja DC-välipisteen välille. Toinen mittari on kytketty liittimen DC-välipisteen ja välipiirin matalamman potentiaalin välille. Mittarit näyttävät välipiirin kondensaattorien väliset jännitteet.

R5-runkokoon laitteissa DC- ja DC+ -jännitteet tuodaan taajuusmuuttajan välipiirin DC-kiskoista. DC-välipiste tuodaan mittaruiskulla taajuusmuuttajan pääpiirikortilta paletin liittimelle. Runkokoon R1- ja R2-laitteissa välipiirin matalampi potentiaali tuodaan liittimelle mittaruiskulla. Pääpiirikortissa on valmis mittauspiste, johon linjastolla oleva taajuusmuuttajan kokooja kiinnittää mittaruiskun.

Uudessa järjestelmässä on kolme jännitemittaria, jotka ilmaisevat välipiirin jännitteet. Mittarit ovat JY-TECK A113AM0D DC-mittareita. Mittausalue on $\pm 1-1\ 200\ \text{V/DC}$, käyttöjännite on 230 V, mittaustarkkuus on $\leq 0,025\ \% \pm 1\ \text{digit}$ ja näytteistysnopeus on 3 kertaa sekunnissa. Kaksi mittaria on kytketty mittaamaan nykyisen järjestelmän tavalla välipiirin kondensaattorien välisiä jännitteitä. Kolmas DC-mittari on uutta tuoteperhettä varten, ja se on kytketty välipiirin korkeamman ja matalamman potentiaalin välille. Mittari osoittaa tällöin koko välipiirin jännitteen.

Tulevassa tuotepiheessä DC-välipistettä ei ole enää toteutettu mittaruiskulla, vaan välipiirin kondensaattorien välistä jännitettä pystytään seuraamaan uudella *Drive Composer* -ohjelmalla. Nykyisen tuotepiheen testaamista varten tarvitaan kuitenkin vielä nämä kaksi muuta DC-mittaria, jotka näyttävät kondensaattorien väliset jännitteet. Mittarit kiinnitetään testikaapin sivuseinälle jännite- ja moottorivalintakytkimien viereen.

8.4 Lähtövaiheiden virran mittaus

Lähtövaiheiden virran mittaus on toteutettu oskilloskoopilla, joka on testausjärjestelmän päällä. Oskilloskooppi on Tektronixin TDS2014C ja sen kaistanleveys on 100 Mhz. Lisäksi siinä on neljä mittauskanavaa ja näytteistystaajuus on 2 GS/s. Nelikanavaisen oskilloskoopin kolmeen kanavaan on kytketty virtaprobet, jotka mittaavat testattavan laitteen lähtövaiheiden virtaa. Niiden mallinumero on A622 ja ne ovat samalta valmistajalta kuin oskilloskooppi. Virtaprobet pystyvät mittaamaan AC/DC-virran ja mittausalue on 50 mA–100 A. Virtaprobe mittaa virran johdon ympärille syntyvästä magneettikentästä Ampéren lain perusteella.

Ampéren laki kuvaa johtimessa kulkevan virran ja johtimen ympärille muodostuvan magneettikentän matemaattista yhteyttä seuraavanlaisella yhtälöllä:

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{enc}$$

\mathbf{B} on magneettivuon tiheys

$d\mathbf{l}$ on infinitesimaalisen pieni alkio suljetusta käyrästä C

I_{enc} on käyrän C sisään sulkeman alueen läpi kulkeva virta

μ_0 on vapaan avaruuden permeabiliteetti

\oint_C on polkuintegraali suljettua käyrää S pitkin.

Ampéren lain kaavasta voidaan päätellä, että virran kasvaessa magneettivuo kasvaa.

[21.]

Oskilloskooppi näyttää testattavan taajuusmuuttajan lähtövaiheiden aaltomuodot näyttöllä, kun käyttäjä ajaa moottoria. Jos moottori pyörii epätasaisesti, tämä johtuu yleensä siitä, että jokin moottorille tulevasta vaiheista ei toimi oikein. Oskilloskoopin avulla käyttäjä huomaa paremmin vaiheiden viat. Jos käyttäjä huomaa, että jokin vaiheista ei toimi oikein, vikaa on helpompi lähteä selvittämään, kun tiedetään, mikä vaiheista on viallinen.

Lisäksi laboratorioon vietävät, oskilloskoopilla tutkitut, vialliset komponentit auttavat henkilökuntaa saamaan tarkempaa tietoa viasta. Lähtövaiheen toimimattomuus voi johtua esimerkiksi IGB-transistorien kontaktihäiriöstä. Kontaktihäiriö voi tulla joko juotosrobotin huonosta juotoksesta tai *Press-fit*-prosessista.

Press-fit-prosessissa komponenttien ylimitoitettuja jalat puristetaan piirilevyn reikiin niin ahtaalla sovituksella, että syntyy sähköinen kontakti. Liitokset voidaan tehdä automaattisilla tai käsikäyttöisillä puristimilla. *Press-fit*-tekniikkaa käytetään uusissa tulevan tuoteperheen taajuusmuuttajissa.

8.5 Moottorien ajaminen

Uudessa testausjärjestelmässä oikosulkumoottorien pyörittäminen on toteutettu samalla tavalla kuin nykyisessä järjestelmässä. Testikaapin sisälle tulee kaksi eri tehokkuusluokan moottoria, joiden käyttö voidaan määrätä moottorivalinta-kytkimen avulla. Kytkimellä valitaan pyörittääkö taajuusmuuttaja vain toista moottoria vai pyöritetäänkö molempia samanaikaisesti. Moottoreilla ei ole kuormaa, koska testattavien taajuusmuuttajien tehoalue on niin laaja (0,55–55 kW). Korjauspaikan moottorien kuorma ei ole välttämätön, koska laitteet testataan rasitusajossa korkeassa lämpötilassa, ja tällöin taajuusmuuttajan pyörittämillä moottoreilla on kuorma. Seuraavaksi esitellään kahden kolmivaiheisen oikosulkumoottorin tiedot:

- *moottori 1*
 - moottorin teho 1,5 kW
 - nimellisvirta 6,1/3,5 A
 - nimellisjännite 230/480 V

- *moottori 2*
 - moottorin teho 5,5 kW
 - nimellisvirta 11,1/19,2 A
 - nimellisjännite 230/480 V.

Turvallisuussyistä moottorien akselien ympärillä on akryylimuovista tehty suoja. Moottorien ajaminen tapahtuu joko ohjaustaululla, testikaapin ohjauspaneelilla tai tietokoneella.

Ohjaustaulun analogiatulojen potentiometreillä ohjataan moottorin nopeutta joko jännite- tai virtaviestillä. Digitaalitulojen kytkimillä voidaan käynnistää ja pysäyttää moottori, vaihtaa pyörimissuuntaa sekä valita moottorille vakionopeus.

Testikaapin ohjauspaneelilla pystytään ohjaamaan myös oikosulkumoottoria. Korjauspaikalla moottorien ajaminen tapahtuu suurimmaksi osaksi ohjauspaneelilla. Paneelilla moottoria pyöritetään ensin eteenpäin kasvattaen taajuutta 0–50 Hz:iin, minkä jälkeen moottorin pyörimissuunta vaihdetaan ja testi toistetaan. Paneelin avulla voidaan myös suorittaa ID-ajo, jolloin taajuusmuuttaja pyörittää moottoria ja suorittaa mittauksia tunnistaakseen moottorin ominaisuudet. ID-ajon aikana moottori pyörii eteenpäin nopeudella, joka on noin 50–80 % nimellinopeudesta. ID-ajo ei välttämättä toimi tilanteissa, joissa moottori on liian pieni.

Taajuusmuuttajille tarkoitetuilla tietokoneohjelmissa on mahdollista ohjata taajuusmuuttajaa sekä vaihtaa sen parametreja. Kun moottoria ajetaan käyttämällä ohjelmaa, käyttäjä voi valvoa taajuusmuuttajalta saatuja signaaleja graafisessa muodossa sekä numeroina. Signaalien arvoista voi päätellä, toimiiko testattava laite oikein.

8.6 Taajuusmuuttajan ohjaus

Korjauspaikan testikaapissa olevaa taajuusmuuttajaa ohjataan kolmella eri tavalla. Ohjaustaululla voidaan ohjata laitteen perustoimintoja ja ohjausliitäntöjä. Kahdella eri taajuusmuuttajan ohjauspaneelilla kontrolloidaan testattavaa laitetta ja muutetaan

laitteen parametreja. Tietokoneen käyttöönotto- ja ylläpito-ohjelmilla pystytään laitteen ohjauksen ja parametritietojen muuttamisen lisäksi tarkastella saatuja signaaleja.

8.6.1 Testausjärjestelmän ohjauspaneelit

Nykyiseen tuoteperheeseen on saatavana kaksi erilaista paneelia *Basic*- tai *Assistant*-ohjauspaneeli. Ohjauspaneelilla pystytään ohjaamaan taajuusmuuttajaa, asettamaan parametreja ja lukemaan tilatietoja. Paneeli saa yhteyden laitteeseen RJ-45-liittimellä, joka on paneelin takapuolella. Paneelin voi irrottaa ja liittää taajuusmuuttajaan ilman työkaluja, mikä tekee vaihtamisesta helppoa ja nopeaa.

Basic-ohjauspaneelissa on numeronäyttö ja suuret painikkeet. Siinä on pienempi näyttö kuin *Assistant*-paneelissa, sekä vähemmän toimintoja. *Assistant*-ohjauspaneeli on nykyisessä sarjassa vakiovarusteena. Paneelin toimintoihin kuuluvat ohjattu käyttöönotto ja vianetsintätoiminnot sekä monikielinen näyttö. Lisäksi reaaliaikainen kello helpottaa vianetsintää, ja käyttöä opastaa sisäänrakennettu *help*-toiminto.

Uuteen taajuusmuuttajaan tulee uusittu ohjauspaneeli, joka on hieman erilailla muotoiltu kuin nykyisessä tuoteperheessä oleva paneeli. Lisäksi siinä on päivitetty näyttö ja uudistetut painikkeet. Uuteen taajuusmuuttajatuoteperheeseen tulee myös saataville *Basic*- ja *Assistant*-ohjauspaneelit.

Basic-ohjauspaneeli on tapansa mukaan yksinkertaisempi ja halvempi versio. Siinä on yksirivinen numeronäyttö ja samat toiminnot kuin tämän hetkisen tuoteperheen *Basic*-ohjauspaneelissa. *Assistant*-ohjauspaneelin näytössä on korkeampi resoluutio ja lisänäppäimet, jotka helpottavat navigointia. Paneeli toimii myös EIA-485-USB muuntimena. [14, s. 8; 18 s. 33–72.]

Testausjärjestelmässä on molempien tuoteperheiden *Assistant*-ohjauspaneelit taajuusmuuttajan ohjausta varten (kuva 11).



Kuva 11. Testausjärjestelmän *Assistant*-ohjauspaneelit [14, s. 8; 13]

Paneeleita täytyy olla kaksi, koska tuoteperheiden ohjauspaneelit eivät ole yhteensopivia keskenään. Molemmat paneelit on kiinnitetty ohjauspaneelin asennussarjalla ohjaustaulun viereen testikaapin sivuseinään. Käytettävää paneelia ja taajuusmuuttajan kenttäväyläohjausta vaihdetaan niiden yläpuolella olevasta kytkimestä. Kenttäväylätilassa ei käytetä kumpaakaan paneelia, vaan käytössä ovat tietokoneohjelmat testattavan laitteen hallintaa varten. Lisäksi kytkimen vieressä on USB-portti, jolla voidaan tarvittaessa ottaa yhteys taajuusmuuttajaan.

Testikaapin paneelilla ohjataan testattavaa laitetta ja suoritetaan tarvittavat toimenpiteet oikeellisen toiminnan varmistamiseksi. Ohjauspaneelilla pyritetään testikaapin sisällä olevia oikosulkumoottoreita ja seurataan taajuusmuuttajalta tulevia signaaleja. Näytössä näkyy myös mahdollisen vikatilanteen vikakoodi, mikäli testattavassa laitteessa on jokin virhe. Kummassakin paneelissa on LED-valo, joka muuttuu vikatilanteessa vihreästä punaiseksi.

8.6.2 *DriveWindow Light 2* -ohjelma

DriveWindow Light 2 -ohjelma on nykyisen sarjan käyttöönotto- ja ylläpitotyökalu. Ohjelma sisältää monia valvonnassa, ohjelmoinnissa ja ylläpidossa tarvittavia ominaisuuksia. Sen avulla voidaan muokata ja tallentaa taajuusmuuttajan parametreja sekä ohjata ja valvoa laitteen toimintaa. *DriveWindow Light* -ohjelmalla pystytään valvomaan jopa neljää signaalia samanaikaisesti. Ohjelma käyttää PC:n RS232-porttia ja modbus-sarjaliikenneprotokollaa. Se toimii Windows 98 -käyttöjärjestelmässä ja sitä uudemmissa versioissa.

Ohjelman tärkeimmät ominaisuudet ovat

- taajuusmuuttajan ohjaus
- parametrien muokkaus, kopiointi, vertailu ja tallennus
- signaalien valvonta graafisessa muodossa
- *start-up wizard* -työkalu
- sekvenssiohjelmointi
- taajuusmuuttajan tilan valvonta
- I/O-taulukko.

Taajuusmuuttajan ohjaus tapahtuu *DriveWindow Light* -ohjelman ohjaustyökalurivillä, joka tulee käytettäväksi, kun laite saa yhteyden ohjelmaan.

Työkalurivistä valitaan *Local*-tila jolloin testattavaa laitetta pystytään kontrolloimaan ohjelmalla (kuva 12).

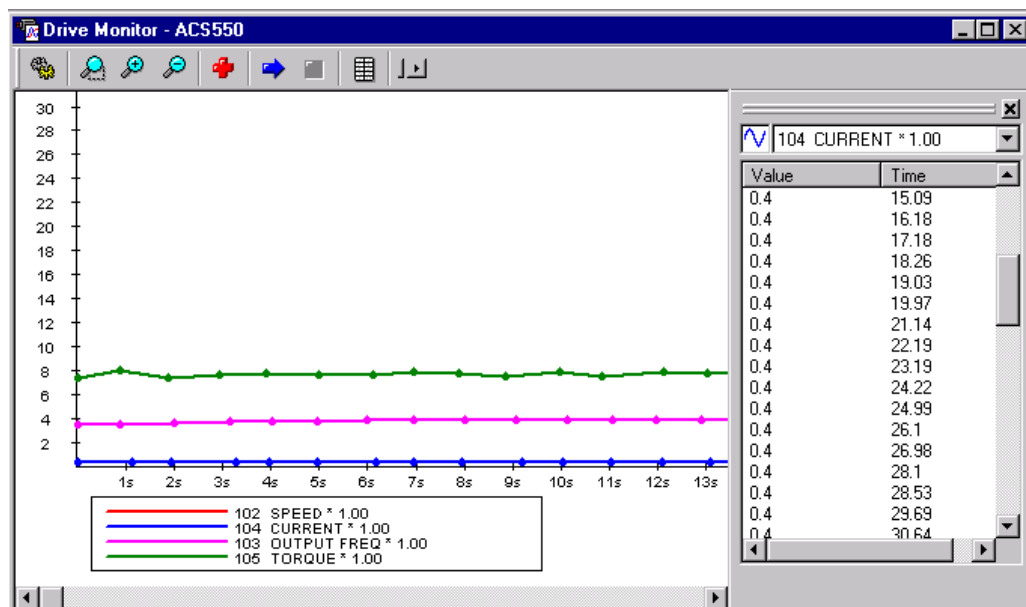


Kuva 12. *DriveWindow Light* -ohjelman ohjaustyökalurivi [22, s. 7]

Ohjelmasta pystytään käynnistämään ja sammuttamaan taajuusmuuttaja sekä vaihtamaan pyörimissuuntaa. Laitteen mahdolliset vikatilat voidaan myös resetoita työkalurivistä. Lisäksi laitteelle pystytään syöttämään haluttu referenssinopeus tai suorittamaan askeltoiminto.

DriveWindow Light -ohjelmalla saadaan parametrien muokkaamisen ohella myös tallennettua ja verrattua laitteen parametreja. Sen avulla nähdään vaivattomasti eri parametriasetukset, sekä tallennetut parametrit voidaan ladata uudelle käyttöön otetulle taajuusmuuttajalle.

Käyttäjä voi luoda ohjelmalla omia parametrisarjoja ja ladata ne taajuusmuuttajalle. Tarvittavat parametriasetukset voidaan myös tehdä toimistossa tietokoneella ennen varsinaista paikan päällä tapahtuvaa käyttöönottoa. Taajuusmuuttajalta tulevia signaaleja valvotaan ohjelmalla joko graafisessa muodossa tai numeroina. Ohjelman monitorointi-ikkunassa näkyvistä signaaleista valintaan korkeintaan neljä vaihtoehtoa (kuva 13).

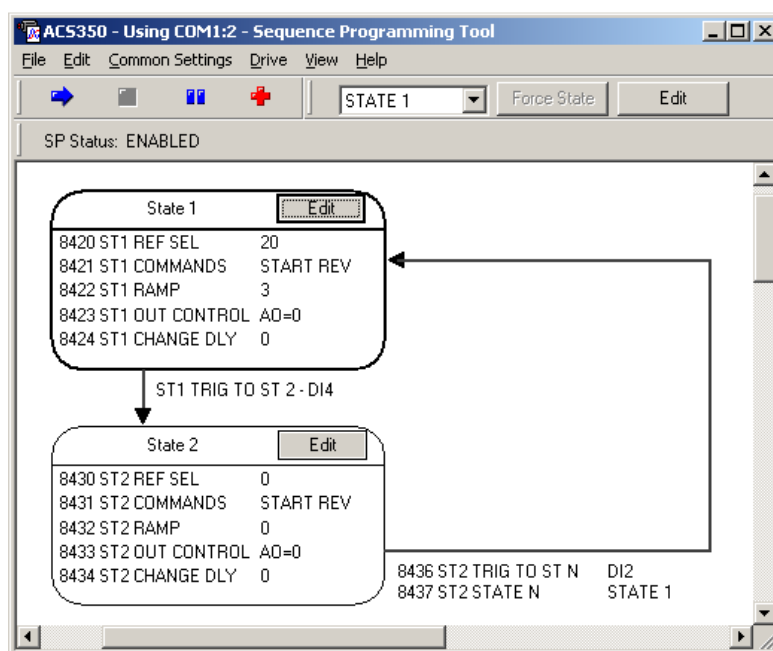


Kuva 13. *DriveWindow Light* -ohjelman signaalien monitorointi-ikkuna [22, s. 16]

Käyttäjä voi asettaa valituille signaaleille näytteistysvälin, näytteiden määrän ja tarvittaessa kertoimen, jolla signaali kerrotaan. Kuvaajan x-akselille pystytään asettamaan näytteistyksen pituus ja y-akselille minimi- ja maksimiarvot. Y-akseli on myös mahdollista asettaa automaattitilaan, jolloin ohjelma laskee y-akselin minimi- ja maksimiarvot automaattisesti. Lisäksi käyttäjä voi yksitellen asettaa pysäytysehdot jokaiselle signaalille, jolloin monitorointi lopetetaan, mikäli jokin signaalien ehdoista tulee todeksi. Saa-dun datan tallennuksella taajuusmuuttaja voidaan säätää toimimaan optimaalisella toimipisteellä.

Start-up wizard-työkalu opastaa käyttäjää taajuusmuuttajan parametrien asettamisessa. Työkalun ansiosta parametrien asettaminen tapahtuu nopeasti ja vaivattomasti. Käyttäjä käynnistää *wizard*-työkalun ja tilanteeseen sopivan ohjatun toiminnon, esimerkiksi analogialähtöjen asettamisen. Tämän jälkeen työkalu muodostaa näytölle kaikki toimintoon liittyvät parametrit ja ohjekuvat.

Sekvenssiohjelmointi tapahtuu graafisella työkalulla, jolla luodaan ja muokataan ohjelman sekvenssejä. Työkalu näyttää käytetyt tilat, aktiivisen tilan, siirtymäolosuhteet, mahdollisen siirtymäviiveen, sekä ohjearvon ja rampin (kuva 14).



Kuva 14. Sekvenssiohjelmointityökalu [22, s. 20]

Käyttäjä voi lisätä ohjelmaan uusia tiloja ja vaihtaa tilojen siirtymisehtoja. Ohjelman sekvenssiohjelmointi mahdollistaa sovelluskohtaisen ohjelmoinnin, ja näin ollen se vähentää ulkoisen ohjauslogiikan tarvetta. Yksinkertaisissa sovelluskohteissa ulkoinen ohjauslogiikka voidaan jättää pois. Sekvenssiohjelmointia voidaan käyttää monissa eri taajuusmuuttajatuoteperheissä.

Taajuusmuuttajan tilan valvontapaneeli on ohjelman vasemmalla puolella, ja sillä nähdään laitteen tila ja toiminnot. Paneeli näyttää taajuusmuuttajan tyyppin, laitteen valmistilan (käynnissä/pois päältä) ja moottorin pyörimissuunnan.

Mikäli laitteessa on jokin vika, paneeli ilmoittaa vian käyttäjälle vikatekstillä. Lisäasetuksista on myös mahdollista katsoa tila- ja ohjauskoodi, jotka näkyvät binääri- ja heksa-muodoissa.

AC-käytölle on näkyvissä seuraavat tiedot:

- ulostulotaajuus [Hz]
- virta [A]
- teho [kW]
- nopeus [rpm].

DC-taajuusmuuttajalle tiedot ovat muuten samat, paitsi ulostulotaajuuden sijasta näytetään tasavirtamoottorin ankkurijännite.

I/O-taulukon avulla käyttäjä voi tarkkailla taajuusmuuttajan ohjausliitäntöjen lähtökanavien tiloja sekä niiden parametreja, joilla konfiguroidaan lähdöt. Taulukossa näkyy myös, millä tulokanavilla on vaikutusta laitteen toimintoihin, ja mistä parametreista konfigurointi on tehty. I/O-taulukkoa on mahdollista tarkkailla monilla eri taajuusmuuttajasarjoilla.

Korjauspaikan tietokoneella on *DriveWindow Light 2* -ohjelma nykyisen tuoteperheen laitteita varten. Tarvittaessa korjauspaikan työntekijä kääntää ohjauspaneelien yläpuolella olevasta kytkimestä, jolloin laite saa yhteyden tietokoneeseen RJ-45-portin kautta. Tämän jälkeen käyttäjä käynnistää ohjelman ja valitsee *Online*-tilan. Tällöin ohjelma saa yhteyden testattavaan taajuusmuuttajaan, ja *Local*-tilan valinnalla testattavaa laitetta pystytään ohjaamaan.

Ohjelmaa käytetään usein korjaustapauksissa, joissa halutaan tarkastella laitteelta tulevia olosignaaleja laitteen pyörittäessä moottoria. Toisaalta suurinta osaa testattavista laitteista ohjataan testausjärjestelmän ohjauspaneelilla, koska tämä on nopeampaa. Paneelillaakin pystytään tarkkailemaan signaaleja, mutta vain numeerisesti. [14, s. 10; 22, s. 3–20.]

8.6.3 *Drive Composer* -ohjelma

Drive Composer -ohjelma on kahden uuden tuoteperheen käyttöönotto- ja ylläpitotyökalu. Ohjelmaa käytetään uuden tuoteperheen kanssa. Uuden ohjelman käyttöikkuna on päivitetty sekä toimintoja löytyy hieman enemmän kuin tämän hetkisestä *DriveWindow Light* -ohjelmasta. Laitteissa, joissa on *Assistant*-ohjauspaneeli, ohjelman saa toimimaan liittämällä tietokoneesta USB-kaapelin paneelissa olevaan USB-porttiin. Laitteisiin, joissa ei ole paneelia tai jotka sisältävät *Basic*-ohjauspaneelin, tarvitaan kaapeli tietokoneen USB-portista laitteen 485-porttiin tai kaapeli tietokoneen Ethernet-portista laitteen 485-porttiin. *Drive Composer* -ohjelmasta on kaksi eri versiota, joista toinen on ilmainen *Entry*-versio, ja toinen on maksullinen *Professional*-versio.

Ilmaisessa versiossa parametreja käsitellään yhtä monipuolisesti kuin *DriveWindow Light* -ohjelmassakin, ja versio tukee yhden taajuusmuuttajan ohjausta kerralla. Ohjelmalla seurataan kahta signaalia graafisesti yhden sekunnin väliajoin. Ilmainen versio ei tarvitse erillistä asennusta, joten ohjelmaa voidaan käyttää suoraan CD:ltä tai USB-muistilta.

Maksullisessa *Professional*-versiossa on paljon enemmän ominaisuuksia kuin ilmaisessa versiossa ja ohjelma vaatii asentamisen toimiakseen. Ohjelman ominaisuuksiin kuuluvat tiedonkeruumahdollisuus, makro-toiminnallisuus, energiansäästöraportointi ja turvatoiminto. Lisäksi *Professional*-versiossa voidaan seurata montaa taajuusmuuttajaa, jotka ovat samassa verkossa. Ohjelma sisältää myös *DriveAP*-lohkokaavio-ohjelmointi käyttömahdollisuuden tietyille tuoteperheille ja sekvenssiohjelmoinnin tuleville laitteille.

Verrattaessa *DriveWindow Light* -ohjelmaan *Drive Composer* sisältää uutena toimintona *DriveServiceSupport*-painikkeen, joka kerää laitteen tärkeimmät tiedot yhdellä kertaa. Kerätyt tiedot sisältävät muun muassa laitteen parametrin, sarjanumerot sekä lisämoduulien ja laitteen tiedot. *Drive Composer* on yhteensopiva kaikkien seuraavan sukupolven matala- ja korkeatehoisten taajuusmuuttajien kanssa.

Korjausaseman tietokoneelle tulee uuden korjausaseman myötä *Drive Composer* -ohjelman *Professional*-versio, jota voidaan tarvittaessa käyttää tulevan tuoteperheen

taajuusmuuttajien testauksessa. Ohjelman käynnistäminen ja käyttäminen korjausasemalla toimii samalla tavalla kuin *DriveWindow Light*-ohjelman käyttö. [23, s. 2–14.]

8.7 Testausjärjestelmän toteutus

Korjausaseman testausjärjestelmä sekä ympärille tuleva uusi linjasto rakennetaan Tuusulassa olevaan vuokrakiinteistöön. Alihankkija rakentaa korjauspaikalle tulevan testi-kaapin ABB:n työohjeiden mukaisesti (liite 4). Tarvittaessa ABB antaa listan käytettävisistä komponenteista tai määrää alihankkijalle osat, joita testerin rakentamisessa käytetään. Muut tarvittavat osat tulevat järjestelmän rakentajalta. ABB:n muut alihankkijat rakentavat uuden linjaston sekä toiminnallisen testausjärjestelmän ja siihen tarvittavat laitteistot.

Kun linjasto sekä testausjärjestelmä on saatu valmiiksi, ABB:n tehtaassa oleva nykyinen linjasto puretaan ja uusi siirretään tämän tilalle. Siirtymisen on tarkoitus tapahtua kuluvan vuoden aikana. Uuden linjaston ja toiminnallisen testausjärjestelmän testipaikkojen lisääntymisen myötä taajuusmuuttajatuotannon kapasiteetti kasvaa nykyistä suuremmaksi.

9 Yhteenveto

Insinööriyössä tavoitteena oli suunnitella nykyisen testausjärjestelmän tilalle uusi järjestelmä, joka täyttää tarvittavat vaatimukset uuden tuoteperheen testaamisessa. Lisäksi tarkoituksena oli kehittää testausjärjestelmän monipuolisuutta ja muodostaa siitä yhtenäisempi kokonaisuus.

Työ toteutettiin tutkimalla nykyisen testausjärjestelmän suoriutumiskykyä ja sen mittalaitteiden monipuolisuutta. Työtä varten tutustuttiin nykyisen ja uuden tuoteperheen taajuusmuuttajiin ja niihin kohdistuneisiin testausvaatimuksiin. Työssä tutkittiin myös eri tapoja uuden järjestelmän toteuttamiseksi. Lisäksi työssä osallistuttiin korjauspaikan suunnitteluun mittalaitteiden sijoittamiseksi. Mittalaitteiden ja testikaapin järjevä sijoittelu takaa, että niitä on mahdollisimman helppo käyttää ja huoltaa. Myös HiPot-testerin ja Paletti-testerin paikat suunniteltiin helpon käytettävyyden ja huoltotarpeiden mukaan.

Tämän työn ongelmana olivat vähäinen tieto uudesta tulevasta tuoteperheestä, koska tuote on vielä osittain kehitteillä. Lisäksi ongelmallisia ovat uudet ohjelmat, joiden käyttö vaati totuttelua ja harjoittelua, ennen kuin niiden käyttö alkoi tuntua luontevalta. Ongelmia aiheutti myös tulevan tuoteperheen käyttöönotto- ja ylläpitotyökalun keskenräisyys, minkä vuoksi suurinta osaa ohjelman toiminnoista ei voinut käyttää. Työssä jäi tutkimatta, kuinka paljon vaikutusta oikosulkumoottorien kuormalla olisi ollut laitteen epätoiminnallisuuden löytämiseksi. Tulevaisuudessa testausjärjestelmän moottorit olisi hyvä kuormittaa, jotta mahdolliset viat lähtövaiheissa saataisiin paremmin selville.

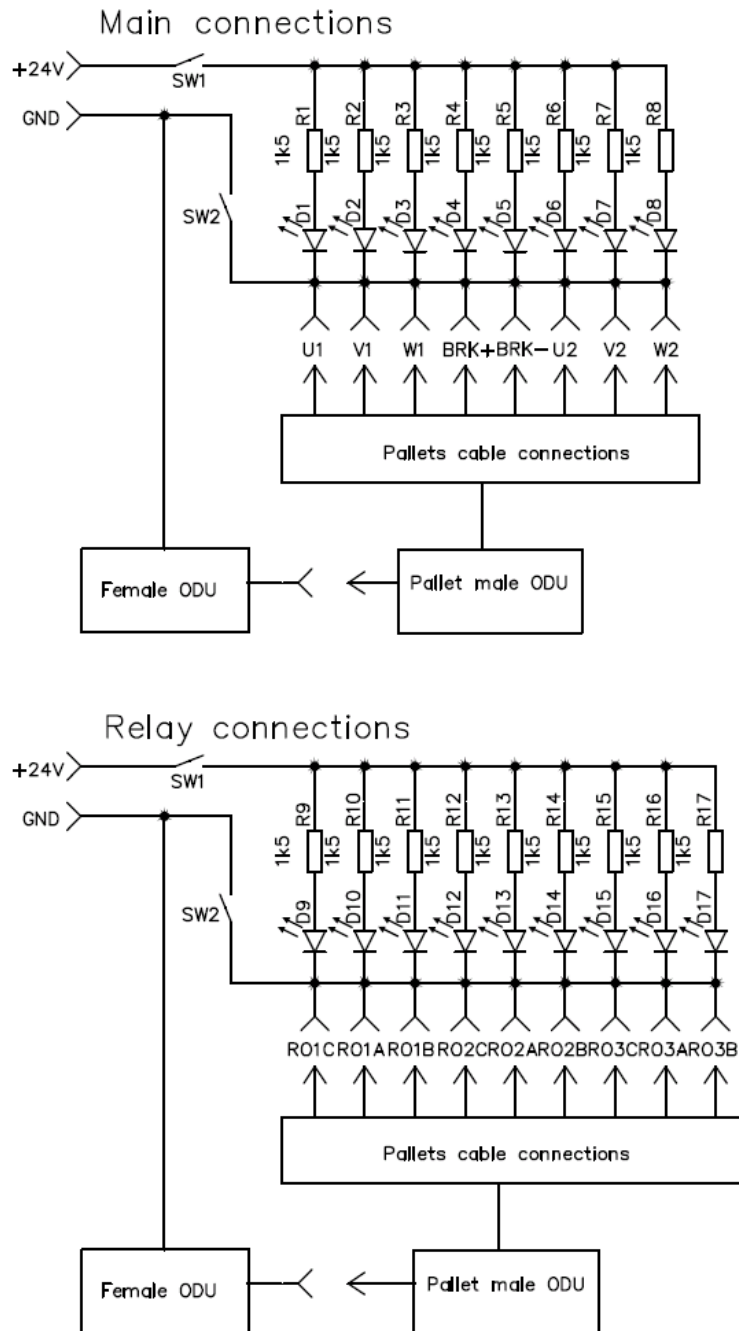
Testausjärjestelmän suunnittelu ja mittalaitteiden valinnat onnistuivat hyvin, ja järjestelmän rakentamiseen tarvittavat kuvat saatiin toteutettua. Suunnittelu eteni aikataulun mukaisesti, ja testikaappiin tulevat mittarit saatiin samalta valmistajalta. Paletti-testerin kehittäminen ja sijoittelu korjauspaikkaan onnistui mainiosti, koska liikutettava testeri ei lisää pienehkön korjauspaikan tilan ahtautta. Tehtyä insinööriyötä hyödynnetään testausjärjestelmän rakentamisessa ja sen mittalaitteiden käytössä.

Lähteet

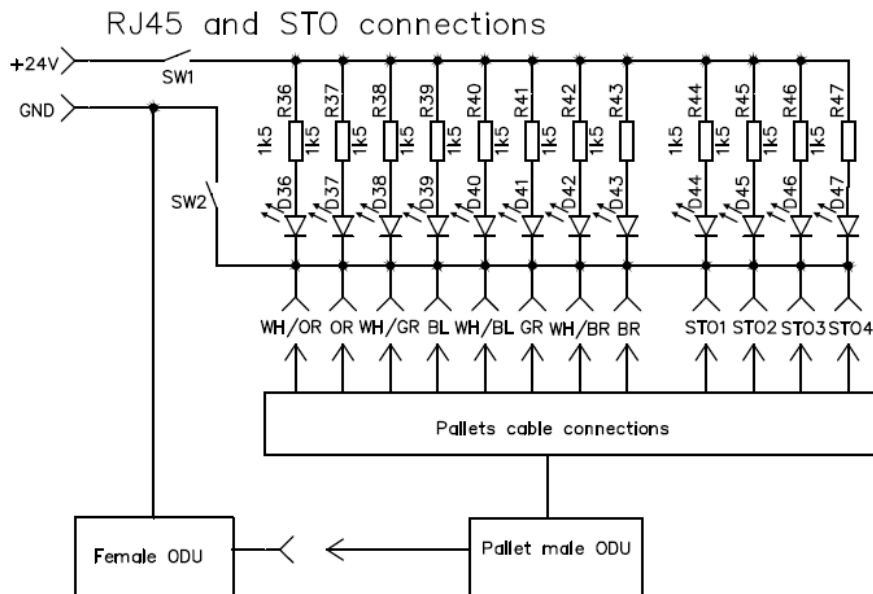
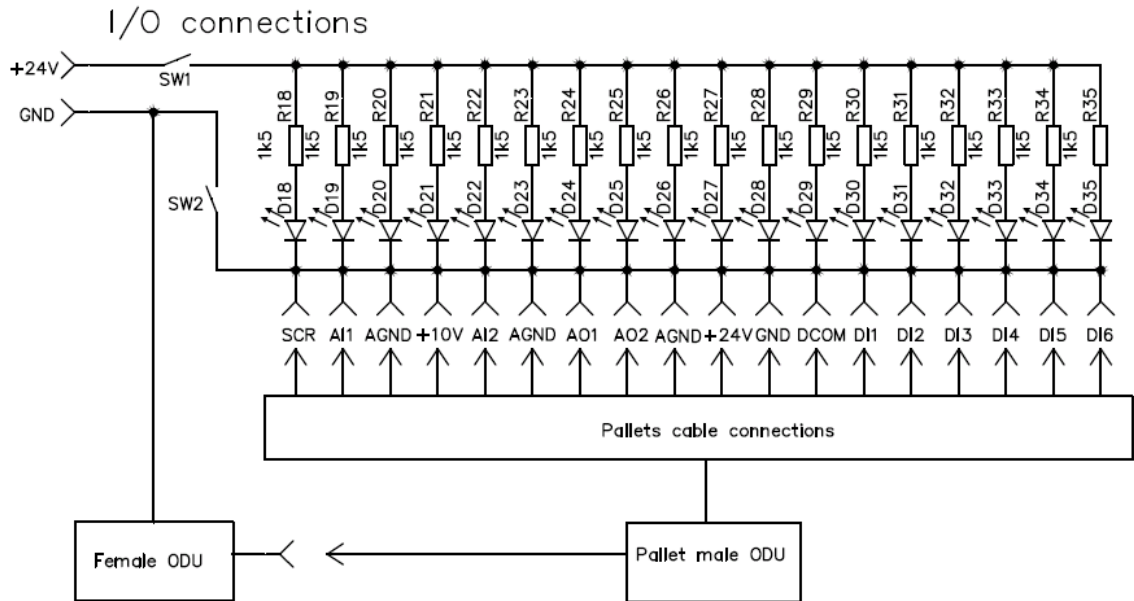
- 1 Laine, Jenni. 2009. Verkkodokumentti. ABB Asennustuotteet. <<http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00195/0a30c8ff355f0384c125760800228e35.aspx>>. Päivitetty 25.1.2010. Luettu 16.12.2010.
- 2 Safroskin, Erja. 2005. Verkkodokumentti. Yhden miehen unelmasta kasvoi menestyvä sähkökonetehtas. <<http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00195/4bdf7664c1e17ed1c12570220046945a.aspx>>. Päivitetty 24.4.2009. Luettu 16.12.2010.
- 3 Ydinliiketoiminnat. Verkkodokumentti. <<http://www.abb.com/cawp/fiabb251/5b3b47abc1e9e75dc2256b20003f96db.aspx>>. Päivitetty 24.4.2010. Luettu 17.12.2010.
- 4 ABB:n koko vuoden 2010 ja 4. Kvartaalin tuloraportti. 2011. Verkkodokumentti. <<http://fi.inside.abb.com/cawp/seitp202/a6f9ee7ef4989ec8c1257839003c057e.aspx>>. Päivitetty 17.2.2011. Luettu 24.2.2011.
- 5 ABB-yhtymä Yleisesittely. 2010. Verkkodokumentti. <[http://www300.abb.com/global/gad/gad00092.nsf/0/592abe281374f750c125728f00443b16/\\$file/ABB+Group+presentation_heinäkuu+2010_fi.ppt](http://www300.abb.com/global/gad/gad00092.nsf/0/592abe281374f750c125728f00443b16/$file/ABB+Group+presentation_heinäkuu+2010_fi.ppt)>. Luettu 21.12.2010.
- 6 Mansen, Kristiina. 2010. Verkkodokumentti. Drives organisaatiokaavio. <<http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00195/4396ea6e84b44893c12576c50031041d.aspx>>. Päivitetty 30.4.2010. Luettu 22.12.2010.
- 7 Taajuusmuuttajat ja tasavirtakäytöt. Verkkodokumentti. <<http://www.abb.com/drives>>. Luettu 22.12.2010.
- 8 Drives Henkilöstöavain 2009. Verkkodokumentti. <[http://www300.abb.com/global/gad/gad00742.nsf/0/72fac359b39765d8c125729e004d1dc8/\\$file/Drives+2009.ppt](http://www300.abb.com/global/gad/gad00742.nsf/0/72fac359b39765d8c125729e004d1dc8/$file/Drives+2009.ppt)>. Luettu 22.12.2010.
- 9 Taajuusmuuttaja. Verkkodokumentti. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Taajuusmuuttaja>>. Päivitetty 29.10.2010. Luettu 27.12.2010.
- 10 Hietanen, Tero. Automaatiotekniikka. Verkkodokumentti. <http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2009u.htm>. Luettu 27.12.2010.
- 11 Taajuusmuuttajat kansankielellä. Verkkodokumentti. <[http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot201.nsf/0/a48d103987093da2c12576b1003b6072/\\$file/taajuusmuuttajat_kansankielella.ppt](http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot201.nsf/0/a48d103987093da2c12576b1003b6072/$file/taajuusmuuttajat_kansankielella.ppt)>. Päivitetty 21.1.2010. Luettu 16.12.2010.

- 12 Standard drives. Verkkodokumentti. <<http://www.abb.fi/product/seitp322/9ec7d5cace729ed7c2256f1c0047ae55.aspx>>. Luettu 28.12.2010.
- 13 ABB standard drives. ABB:n sisäinen dokumentti. Luettu 5.1.2011.
- 14 Technical catalogue. Verkkodokumentti. <[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/7436f85c324a38ebc1257296004a7bcf/\\$File/Technical_catalogue_REV_J_FI.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/7436f85c324a38ebc1257296004a7bcf/$File/Technical_catalogue_REV_J_FI.pdf)>. Luettu 14.1.2011.
- 15 ABB Oy. 2008. Tekninen opas nro 2 – EU-direktiivit ja nopeussäädetyt PDS-käytöt. Luettu 8.2.2011.
- 16 UL, CSA, ETL and CE. Verkkodokumentti. <http://www.nbsc.com/certifications/_UL_CSA.aspx> . Luettu 9.2.2011.
- 17 Testing cables with high voltage. Verkkodokumentti. <http://www.cirris.com/testing/guidelines/hipot_testing.html>. Luettu 29.12.2010
- 18 ABB Oy. 2009. Käyttöopas. Luettu 11.1.2011.
- 19 ABB Oy. 2010. Käyttäjän opas. Luettu 13.1.2011.
- 20 ABB Oy. 2008. ACSM1-04 Laiteopas. Luettu 18.1.2011.
- 21 Ampéren laki. Verkkodokumentti. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Amp%C3%A8ren_laki>. Päivitetty 18.1.2011. Luettu 1.2.2011.
- 22 DriveWindow Light. Verkkodokumentti. <[http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/f34059ab55049d5cc125718600353dbf/\\$file/dwl_en.ppt](http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/f34059ab55049d5cc125718600353dbf/$file/dwl_en.ppt)>. Luettu 21.1.2011.
- 23 DriveUser Roadshow 2010. ABB:n sisäinen dokumentti. Luettu 25.1.2011.

Paletti-testerin piirikaavio

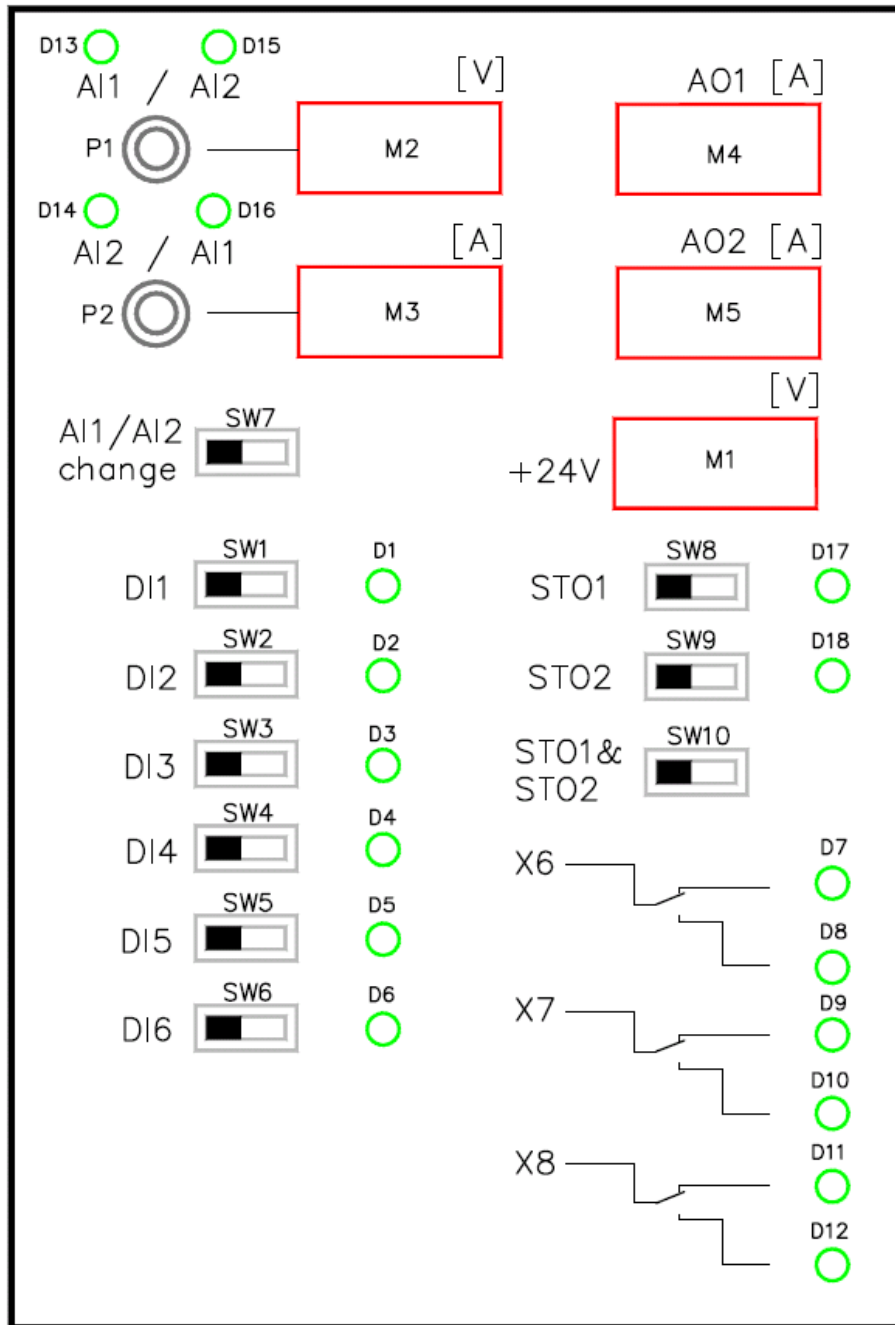


Kuva 1. Pää- ja releliitännät



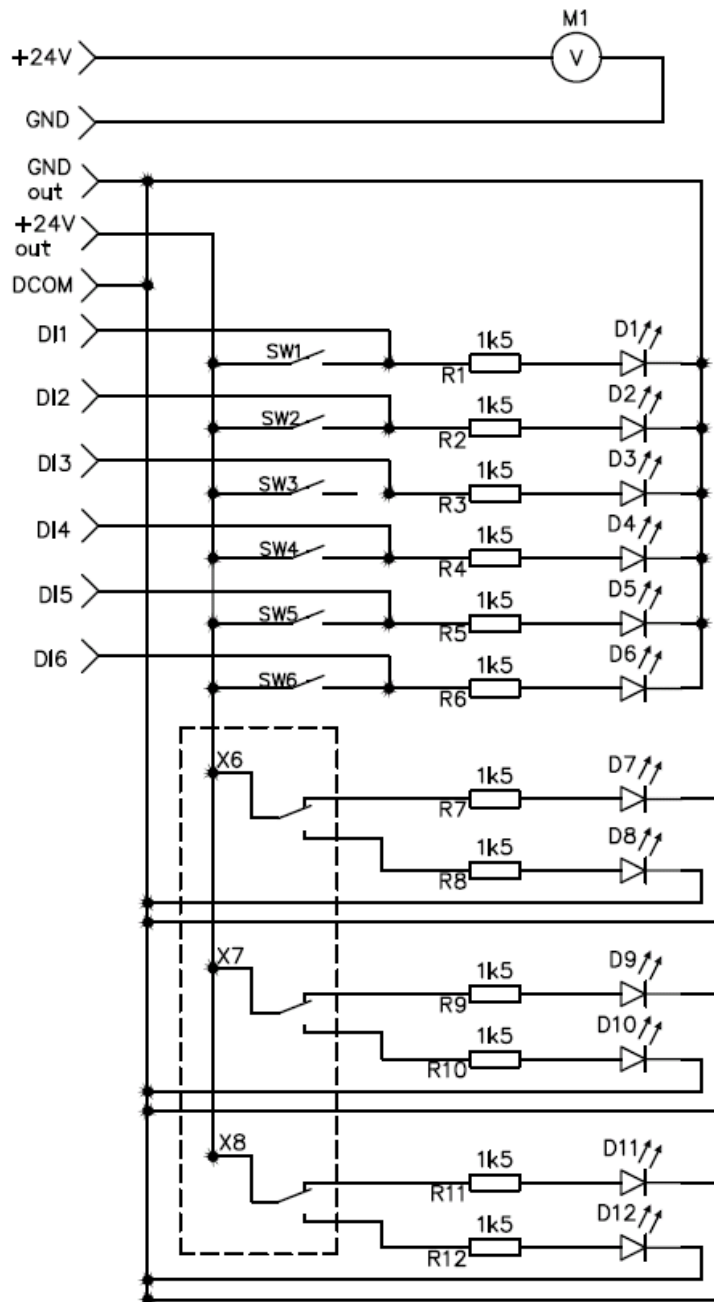
Kuva 2. I/O-liitännät, RJ45-liitännät ja STO-liitännät

Ohjaustaulun ulkomuoto

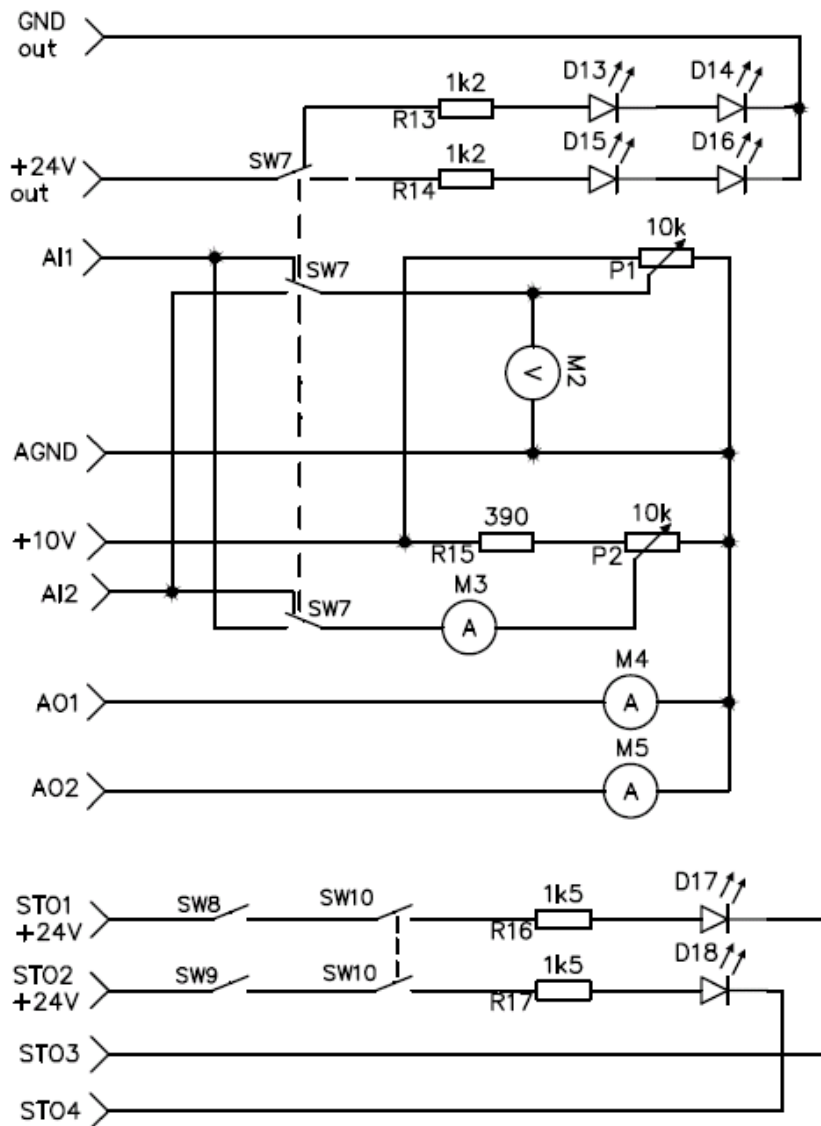


Kuva 1. Testausjärjestelmän ohjaustaulun ulkomuoto

Ohjaustaulun piirikaavio



Kuva 1. Apujännitelähtö ja digitaalitulot



Kuva 2. Analogilähdöt, analogiatulot ja STO

Korjausaseman rakennus- ja koekäyttösuunnitelma

- 1 Testikaapin koon mitoitus sekä ovien ja ikkunan paikan päättäminen.
 - 2 Testerin sivuun tulevien mittareiden, kytkimien, nappien, ohjaustaulun ja ohjauspaneelien paikkojen määrittäminen ja hankinta, sekä ohjaustaulun teettäminen.
 - 3 Testikaapin rungon kasaus ja päätyyn tulevan sähköistyksen asentaminen. Sähköistykseen kuuluu mm. muuntaja, sulakkeita ja riviliittimiä.
 - 4 Sisälle tulevan kuljettimen ja liitinmekaniikan asennus.
 - 5 Oikosulkumoottorien paikan suunnittelu testerin sisälle, ja moottorien hankinta.
 - 6 Testikaappia varten tulevien mittalaitteiden ja teholähteen hankinta ja niiden paikasunnittelu.
 - 7 Testikaapin kasaus ja loput tarvittavat johdotukset. Lisäksi ovien, ikkunan ja muiden tarvittavien suojaeristeiden lisäys.
 - 8 Testausjärjestelmän toiminnan testaaminen, jossa mittalaitteiden ja mittareiden toiminta käydään läpi testilaitetta hyväksikäyttäen.
 - 9 Mittausten oikeellisuuden tarkastaminen ja mahdollisten korjausten suorittaminen testikaappiin.
 - 10 Paletti-testerin rakentaminen ja toiminnan testaaminen uuden paletin kanssa.
 - 11 Testikaapin ja mittalaitteiden siirtäminen Helsingin tehtaalle.
- Mittalaitteet ja mittarit testauskaappia varten
 - DC-teholähde: Agilent 6035A. Mitat: 425,5 mm W x 132,6 mm H x 503,7 mm D
 - HiPot-testeri: Kikusui TOS8870A. Mitat: 435 mm W x 155 mm H x 440 mm D
 - Oskilloskooppi: Tektronix TDS2014C. Mitat: 326,3 mm W x 158,0 mm H x 124,2 mm D
 - Virtaprobet: Tektronix A622
 - Välipiirin DC-jännitemittarit: JY-TECK A113AM0D. Mitat: 96 mm W x 48 mm H x 89 mm D.
 - Ohjaustaulun mittarien ja kytkimien mallit
 - DC-jännitemittarit: JY-TECK A113AM0D. Mitat: 96 mm W x 48 mm H x 89 mm D
 - DC-virtamittarit: JY-TECK A123C20D. Mitat: 96 mm W x 48 mm H x 89 mm D
 - Kytkimet: Apem-merkkiset
 - Potentiometrit: Radiohm-merkkiset.