

Alexi Järvinen

TUOTANTOTESTEREIDEN SÄHKÖINEN KOESTUS

TUOTANTOTESTEREIDEN SÄHKÖINEN KOESTUS

Alexi Järvinen
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t): Aleksi Järvinen
Opinnäytetyön nimi: Tuotantotestereiden sähköinen koestus
Työn ohjaaja(t): Manne Tervaskanto
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017
Sivumäärä: 57 + 1 liite

Työn aiheena oli tuotantotestereiden sähköinen koestus. Tavoitteena työssä oli suorittaa tuotantotestereiden sähköinen koestus ja tehdä siitä työohje Elkome Installaatiot Oy:lle uusien koestajien koulutusta varten. Koestukseen oli myös tavoitteena saada toimiva järjestys testiosioden suorittamiseen.

Koestus suoritettiin Elkome Installaatiot Oy:n tiloissa Hyvinkäällä yrityksen tekemän FAT-pöytäkirjan perusteella. Koestukseen kuului testerille tehtävät käyttöönottotarkastukset ja toiminnalliset tarkastukset. Käyttöönottotarkastukset suoritettiin Metrel MI 2170 -konetesterillä tekemällä testerille suojamaan jatkuvuuden mittaukset, eristysvastusmittaukset ja jännitekoe 1000 V:lla. Toiminnallisissa tarkastuksissa testeriä ohjattiin I/O-kanavien avulla sekä sille tehtiin jännite- ja virtamittauksia yleismittarin ja testerissä olevan dataloggerin avulla. Toiminnallisiin tarkastuksiin kuului myös taajuusmuuttajalla tehtävät moottori-käytöt, joiden tarkoituksena oli tarkastaa moottorien kytkennät ja taajuusmuuttajan ja testerin PC:n välisien kommunikointien toiminta.

Koestuksen perusteella tehdystä työohjeesta saatiin tarpeeksi kattava ja perusteellinen, jotta sen pohjalta uusi koestaja pystyy suorittamaan tarkastukset ja mittaukset turvallisesti. Koestukseen löydettiin toimiva suoritusjärjestys FAT-pöytäkirjan ja kokeilun perusteella.

Asiasanat: taajuusmuuttajat, koestus, testauslaitteet

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Engineering

Author(s): Aleksi Järvinen

Title of thesis: Production testers electrical testing

Supervisor(s): Manne Tervaskanto

Term and year when thesis was submitted: Spring 2017

Pages: 57 + 1 appendices

The aim of this project was testing a production testers electrically. The target was to perform electrical testing of production testers and create a work instruction to Elkome Installaatiot Oy for the purpose of training new employees. Testing also needed a working procedure for each testing section.

Testing was carried out in Elkome Installaatiot Oy's factory and it was based on FAT-document. Testing included initial inspection and functional check. The Initial inspection was performed with Metrel MI 2170-multiservicer and inspection included continuity, insulation resistance and voltage withstanding measurements. In functional check, tester was controlled via I/O-channels and it was under current and voltage measurements which was made with a multimeter and testers own datalogger. Functional check also had a section where motors were used with frequency converter, which purpose was to check motor connections and communications between frequency converter and PC.

A work instruction, which was created on the basis of testing, was enough comprehensive and thorough to enable new employee to perform testing and measurements safely. Working procedure for testing was found with FAT-document and experience.

Keywords: frequency converters, testing, testers

ALKULAUSE

Haluaisin kiittää työni ohjaajaa lehtori Manne Tervaskantoa hyvistä vinkeistä työn toteuttamisessa. Erityisesti haluan kiittää Elkome Installaatiot Oy:stä tehtaanjohtaja Janne Matikaista koestamiseen ja taajuusmuuttajiin liittyvistä neuvoista ja projektipäällikkö Joakim Westliniä testerien koestuksen opettamisesta ja avusta työn suorittamisessa.

Hämeenlinnassa 20.2.2017

Aleksi Järvinen

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| ALKULAUSE | 5 |
| 1 JOHDANTO | 9 |
| 2 TUOTANTOTESTERI | 10 |
| 3 TESTAUSALUEEN JA LAITTEISTON KÄYTÖN VAATIMUKSET | 13 |
| 3.1 Testausalue | 13 |
| 3.2 Testauslaitteisto | 14 |
| 4 TAAJUUSMUUTTAJA | 15 |
| 4.1 Taajuusmuuttaja ja oikosulkumoottori | 15 |
| 4.2 Tasasuuntaaja | 16 |
| 4.3 Välipiiri | 16 |
| 4.4 Vaihtosuuntaaja | 17 |
| 4.5 Ohjauspiiri | 17 |
| 5 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET | 18 |
| 5.1 Silmämääräinen tarkastus | 18 |
| 5.2 Mittauslaite | 18 |
| 5.3 Suojamaan jatkuvuus | 19 |
| 5.4 Eristysresistanssi mittaus | 20 |
| 5.5 Jännitekoe 1000 V:lla | 22 |
| 6 TOIMINNALLISUUSTARKASTUKSET | 23 |
| 6.1 Sähköistys | 23 |
| 6.2 I/O-tarkastus | 25 |
| 6.2.1 I/O-kanavien testaus output-kanavien avulla | 27 |
| 6.2.2 Input-kanavien testaus manuaalisesti | 28 |
| 6.3 Testattavan tuotteen I/O-tarkastus | 29 |
| 6.4 Crosslock-testaus | 31 |
| 6.5 Palohälyttimen testaus | 32 |

| | |
|---|----|
| 6.6 Jarruvastusten ja purkuvastuksen testaus | 33 |
| 6.7 ADAM-4021 moduulin testaus | 35 |
| 6.8 DC-syötön testaus | 36 |
| 6.9 Omron:in PID-lämpötilasäätimen testaus | 38 |
| 6.10 Agilent:in Data loggerin 2 kortin testaus | 39 |
| 6.10.1 U1:n, V1:n ja W1:n jännitteiden mittaus | 40 |
| 6.10.2 DC+:n, DC.Mid:n ja DC-:n jännitteiden mittaus | 41 |
| 6.10.3 BRK+:n ja BRK-:n välisen jännitteen mittaus | 41 |
| 6.10.4 Testattavan tuotteen ohjausjännitteen mittaus | 42 |
| 6.10.5 Testattavan tuotteen analogia output tasojen mittaus | 43 |
| 6.11 Keskimoottorien testaus | 43 |
| 6.12 Päätymoottorien y-kytkentöjen testaus | 48 |
| 6.13 Agilent:in Data loggerin 1 kortin testaus | 50 |
| 6.14 Päätymoottorien d-kytkentöjen testaus | 51 |
| 7 YHTEENVETO | 54 |
| LÄHTEET | 56 |
| LIITE 1, FAT-TEST PLAN | |

SANASTO

| | |
|---------------|---|
| CE-merkintä | Merkintä ilmaisee, että tuote täyttää Euroopan unionin vaatimukset. |
| COM-portti | Tietokoneen sarjaporttiliitäntä. |
| D/A | Signaalin muunto digitaalisesta analogiseksi. |
| Datalogger | Tietoa tallentava mittalaite. |
| FAT | Factory Acceptance Test, tehdashyväksyntä laitteille. |
| GPIO | General Purpose Interface Bus, tiedonsiirtoväylä. |
| Hystereesi | Lämpötilan vaihtelu tavoitelämpötilan ympärillä. |
| ID-ajo | Taajuusmuuttajan identifiointiajo. |
| I/O | Tulo- ja lähtöliitännät. |
| LED | Light-Emitting Diode, hohtodiodi |
| Multiplekseri | Laite, jolla voidaan valita yksi sen useista sisääntuloista ja ohjata se ulostuloksi. |
| ODU | Liitinvalmistaja. |
| PID-säädin | Yksi säätötekniikan perussäätimistä. |
| PLC | Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka. |
| USB | Universal Serial Bus, sarjaväyläarkkitehtuuri |

1 JOHDANTO

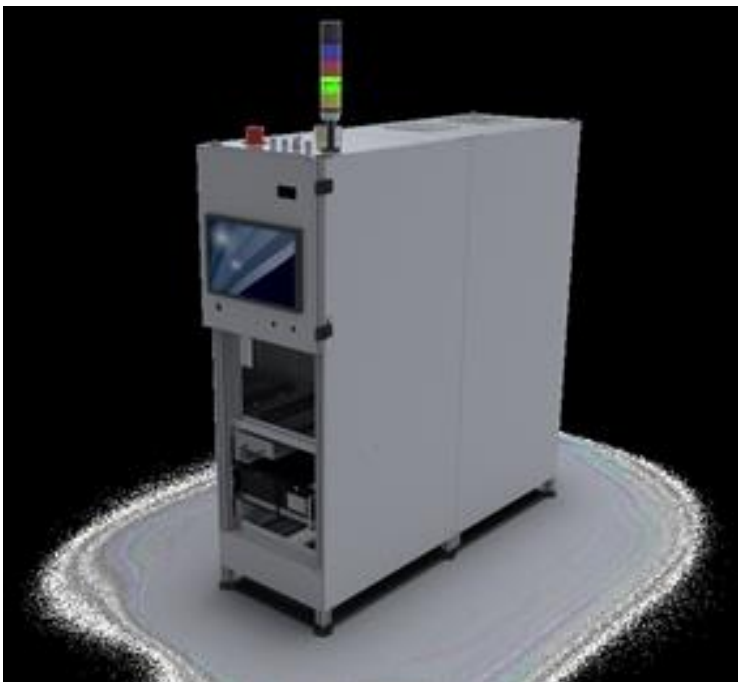
Tämän työn tarkoituksena on perehtyä tuotantotestereiden sähköiseen koestukseen ja siitä tehtävään työohjeeseen. Elkome Installaatiot Oy:llä tuotantotestereiden sähköinen koestus on ollut yhden henkilön varassa, eikä testauksen suorituksesta ole tehty dokumenttia. Uusia henkilöitä on vaikea kouluttaa testaukseen ilman työohjetta, ja testaus on suoritettu satunnaisessa järjestyksessä. Työohjeen myötä testaukseen saadaan toimiva suoritusjärjestys, jonka avulla uusia henkilöitä on helpompi opastaa ohjeen pohjalta.

Työssä testaus jaettiin käyttöönottotarkastuksiin ja toiminnallisiin tarkastuksiin. Molempien osioiden suoritukset pyrittiin selittämään seikkaperäisesti, jotta ohjeen avulla uusi testaaja pystyy suorittamaan testauksen turvallisesti. Testauksen vaiheita selvennettiin kuvien avulla, sillä varsinkin PC:llä tehtäviä testejä on vaikea kuvailla sanoin. Käyttöönottotarkastuksen mittaustulokset kirjattiin itse tehtyyn pöytäkirjaan, joka myöhemmin kirjoitettiin puhtaaksi asiakkaalle. Toiminnallisten tarkastusten mittaustulokset kirjattiin tarkastuspöytäkirjaan, jonka pohjana toimi liitteessä 1 oleva Elkome Installaatioiden tekemä FAT-testissä (Factory Acceptance Test) käytettävä pöytäkirja.

Työ pitää myös sisällään teoriaa taajuusmuuttajista, oikosulkumoottoreista ja käyttöönottotarkastuksista sekä standardien asettamia vaatimuksia testausalueelle ja -laitteistolle. Koestetusta testeristä kerrotaan sen toimintaperiaatteet ja yleiskuvaus.

2 TUOTANTOTESTERI

Tuotantotesteriä käytetään asiakkaiden taajuusmuuttajien toiminnan ja laadun testaukseen. Testerin pitää toimia luotettavasti, mikä tarkoittaa, että sen täytyy olla mittauksiltaan tarkempi kuin sillä testattavat tuotteet. Testerin pitää myös täyttää esimerkiksi sähköturvallisuutta, koneturvallisuutta ja EMC-häiriöitä koskevat lait ja asetukset. Tässä työssä koestettu testerit on suunniteltu pienten taajuusmuuttajien, teholtaan 0,55–2,2 kW:n tuotteiden testaukseen, ja siksi se on myös kooltaan paljon pienempi verrattuna isompien taajuusmuuttajien testauksessa käytettyihin testereihin. Testerin mallinnuskuva näkyy kuvassa 1. Koska testerillä voidaan testata eri jännitteille tarkoitettuja tuotteita, täytyy oikean jännitteen valinta tehdä kontaktorien avulla. Kontaktoreilla voidaan tehdä myös selektiivisyysvalinta, jolla valitaan oikealle virtaluokalle oikeat sulakkeet. (1.)



KUVA 1. Mallinnuskuva testeristä (1.)

Taajuusmuuttajien testaus aloitetaan kytkemällä testattava tuote paletille, joka on kytketty johtosarjan ja ODU-liittimien kautta tuotantotesteriin. Testattavan tuotteen tiedot luetaan viivakoodinlukijalla, jonka jälkeen testaus aloitetaan

käynnistämällä PC:stä testisekvenssi. Taajuusmuuttajat testataan automaattisesti sekvenssin avulla, joka askeltaa ohjelmaa kohta kohdalta eteenpäin tehden mittauksia tuotteelle. Jos jokin askel ei mene läpi, sekvenssi ilmoittaa, että tuote on vikaantunut tai ei läpäise testiä kyseisen askeleen kohdalla. Tärkeä osa sekvenssin toimintaa on testerissä olevat I/O-releet, joiden avulla testerin eri sähkölaitteilta saadaan tilatietoja sekvenssin askeleille. I/O-releillä myös ohjataan testerin monia kontaktoreja, jotka taas ohjaavat testerin toimintaa. Ilman I/O-releitä testerin ei toimisi automaattisesti. Testattavalta tuotteelta mitataan sekvenssin eri askelten kohdalla tulo- ja lähtövirrat, tulojännitteet, välipiirin jännitteet, oikosulkusuojausten toimivuus, jarrukatkojen toiminta, digitaalisten I/O:iden toiminta, kommunikointiväylän jännitetasot, analogialähtöjen jännitetasot ja analogiatulojen toiminta käyttäen testerissä olevaa dataloggeria. Testattavalta taajuusmuuttajalta testataan myös sen suojausten toimivuus ylivirta-, ylijännite- tai maasulkutilanteessa. (1.)

Testattava tuote on koko testin ajan testerin uunissa, jonka lämpötila nostetaan 50 °C:seen, jotta tuotteen toiminta voidaan testata myös lämpörasitettuna. Testisekvenssin aikana testattavalle tuotteelle tehdään myös mittauksia kuorman kanssa. Kuorma luodaan pyörittämällä testerin moottoripedissä olevia pääty-moottoreita testattavalla tuotteella ja jarruttamalla niitä keskimoottorien avulla. Jarrutus tapahtuu pyörittämällä keskimoottoreita hieman pienemmällä kierros-määrällä kuin pääty-moottoreita, jolloin moottorien virta kasvaa. Testerissä olevalla DC-teholähteellä testataan tuotteen vaihtosuuntaajan toiminta. Jotkin tuotteet pystytään herättämään pelkällä DC-syötöllä. (1.)

Testerissä olevien mittalaitteiden tulee olla laadukkaita ja tarpeeksi tarkkoja. Lisäksi mittalaitteiden täytyy olla helposti liitettävissä testerin ohjaavaan PC:hen. Liitännässä käytetään USB- (Universal Serial Bus), GPIB- (General purpose Interface Bus) tai Ethernet-liitäntää. Mittalaitteet pitää myös suojata jännite- ja virtapiikkejä vastaan, sillä vaurioituessaan testattava tuote saattaa sytyttää voimakkaan virta- tai jännitepiikin, joka ei saa päästä mittalaitteille asti. Laitteen syöttöpuolelle kytketäänkin yleensä sulakkeet. Mittalaitteen kaapeloin-

nissa on huomioitava oikeanlaiset maadoitukset ja kaapelireitityksessä EMC-häiriöt. (1.)

3 TESTAUSALUEEN JA LAITTEISTON KÄYTÖN VAATIMUKSET

3.1 Testausalue

Testaus suoritettiin Elkome Installaatiot Oy:n tiloissa, joihin rakennettiin tilapäinen testauspaikka. Testerit on rakennettu myös samoissa tiloissa. Testauspaikkaa koskee standardi SFS-EN 50191 Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö (2.). Standardin mukaan testausrakennelma on järjestettävä ja rakennettava siten, että kosketussuojaus on varmistettu turvaetäisyyksillä, kansilla, puomeilla ja koteloinnilla. Testausalueen tulee olla eristetty kulkureiteistä ja muista työtiloista. Lisäksi testausalueen aitaus on rakennettava niin, että se estää muiden kuin testaajien pääsemisen testausalueelle ja muiden kuin testaajien ulottumisen kielletylle alueelle. Enintään 1000 V:n käyttöjännitteillä kielletyn alueen rajoiksi on määritelty jännitteisten osien pinnat. Testausalueelle saavat mennä vain henkilöt, jotka ovat saaneet riittävän opastuksen vaaroista.

Testauslaitteistosta pitää olla tunnistettavissa sen ohjaus- ja testauspiirit. Lisäksi testauslaitteistossa on oltava laite, joka ilmaisee testauksen tilanteen. Laitteistossa pitää myös olla hätäkytkentälaitte, jolla kaikki vaaraa aiheuttava sähköenergia voidaan katkaista. Jos testausalueella ei ole automaattista kosketussuojausta, on näkö- ja kuuloyhteydessä testattavan henkilön kanssa oltava vähintään yksi henkilö, joka voi havaita testausalueen vaaratilanteen ja hätäpois-kytkentälaitteen avaamalla poistaa vaaratilanteen. (2, s.14–16, 22.)

Tilapäisen testauspaikan sisäänkäynnin kohdalle pitää asentaa ”Asiattomilta pääsy kielletty” -varoituskilpi, ja sivullisten pääsy testausalueelle pitää estää joko puomilla, seinämällä, ketjuilla, verkoilla tai köysillä (2, s. 22).

Elkome Installaatioilla testauspaikka eristettiin muusta työtilasta puna-keltaisella varoitusnauhalla ja testausalueen sisäänkäynnin kohdalle asennettiin ”Asiattomilta pääsy kielletty” -varoituskyltti. Testattavat testerit merkittiin ”Koestus käynnissä” -varoituskylteillä. Kuvassa 2 näkyy koestuksessa käytetty tilapäinen testausalue.



KUVA 2. Tilapäinen testipaikka

3.2 Testauslaitteisto

Testauslaitteistoon ja sen käyttöön on myös kiinnitetty huomiota standardissa SFS-EN 50191. Testauslaitteistoa ei saa käyttää ilman ammattihenkilön ohjausta ja valvontaa eikä silloin, jos vioista ja vaurioista havaitaan merkkejä. Testejä tekevän henkilön täytyy varmistaa testauskoettimet ja niiden mittajohtimet silmämääräisesti ennen testauksen aloittamista. Testauslaitteistossa on oltava mukana käyttöohjeet, jotka sisältävät tiedot, joilla laitteistoa voi käyttää turvallisesti. (2, s. 24–26.)

4 TAAJUUSMUUTTAJA

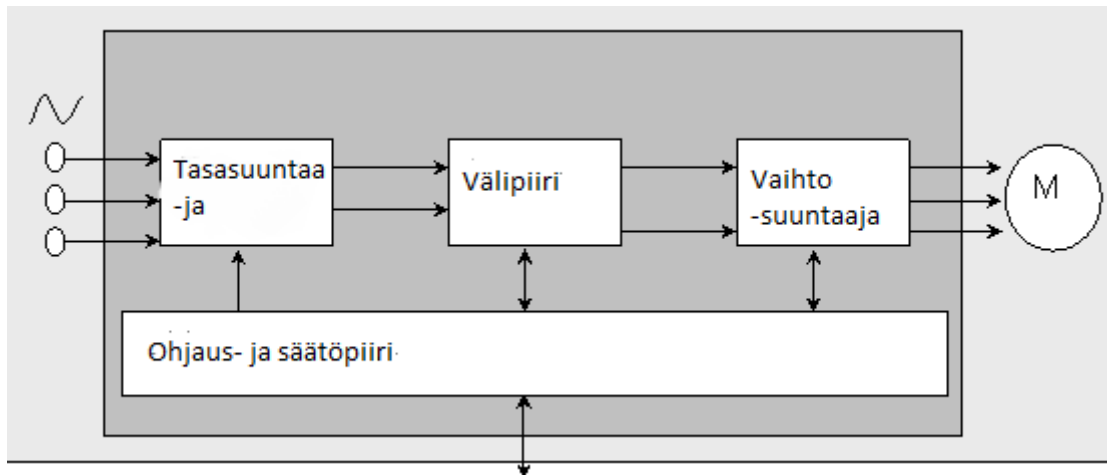
4.1 Taajuusmuuttaja ja oikosulkumoottori

Teollisuudessa yleisimmin käytetty moottorityyppi on oikosulkumoottori. Oikosulkumoottorin suosio perustuu sen luotettavuuteen sekä helppoon ja edulliseen saatavuuteen. Sitä voidaan myös käyttää kosteissa ja pölyisissä ympäristöissä, ja se toimii luotettavasti ilman huoltoa. Suorassa verkkokäynnistyksessä oikosulkumoottorin käytössä on kuitenkin ongelmana sen pyörimisnopeuden säätö sekä moottorin käyttäytyminen. Jos oikosulkumoottori on kytketty suoraan verkkoon, sen ottama käynnistysvirta on 6–8 kertaa niin suuri kuin moottorin nimellisvirta. Suorassa verkkokäynnistyksessä ongelmana on myös moottorin suuri käynnistysmomentti, joka on 2–2,5 kertaa moottorin nimellismomentti. (3, s. 43–44.)

Ratkaisu oikosulkumoottorin ongelmiin on taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttajan tarkoituksena on säätää sähkömoottorin pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia portaattomasti. Taajuusmuuttajan avulla moottorien käynnistys ja pysäytys onnistuu pehmeästi ja moottori voidaan saada käyntiin ilman nimellisvirran ylitystä. (3, s. 44.)

Taajuusmuuttajat jaetaan välipiirillisiin ja välipiirittömiin muuttajiin. Välipiirilliset taajuusmuuttajat voidaan vielä jakaa virta- ja jännitevälipiirillisiin taajuusmuuttajiin. Työssä käytettävällä testerillä testataan jännitevälipiirillistä taajuusmuuttajaa. (4, s. 38.)

Taajuusmuuttajaan kuuluu neljä osaa, jotka ovat tasasuuntaaja, välipiiri, vaihtosuuntaaja sekä ohjaus- ja säätöpiiri. Osat näkyvät kuvassa 3.



KUVA 3. Välipiirillisen taajuusmuuttajan periaatekaavio (5.)

4.2 Tasasuuntaaja

Tasasuuntaajan tehtävänä on muuttaa syöttöverkon kolmivaiheinen vaihtojännite sykkiväksi tasajännitteeksi. Tasasuuntaajia on olemassa kolme eri tyyppiä. Ohjaamattomassa tasasuuntaajassa on diodit, kokoaalto-ohjatussa tasasuuntaajassa on tyristorit ja ohjatussa puoliaaltotasasuuntaajassa on diodeja ja tyristoreita. Jälkimmäistä toteutusta ei yleensä käytetä taajuusmuuttajissa. (3, s. 13–16.)

4.3 Välipiiri

Välipiirin tehtävänä on toimia varastona, josta vaihtosuuntaajan avulla välitetään energia moottorille. Myös välipiiri on mahdollista tehdä kolmella tavalla. Välipiirin toteutus riippuu käytettävästä tasasuuntaajasta ja vaihtosuuntaajasta. Ohjatun tasasuuntaajan kanssa käytetään välipiiriä, jossa on suuri käämi, joka muuttaa tasasuuntaajalta tulevan jännitteen tasavirraksi. Toisessa välipiirityypissä on suodatin, joka koostuu käämistä ja kondensaattorista, ja sen tehtävänä on tasata sykkivä tasajännite, joka saadaan tasasuuntaajalta. Tätä välipiirityyppiä käytetään joko ohjaamattoman tai kokoaalto-ohjatun tasasuuntaajan kanssa. Ohjatun tasasuuntaajan jännite pysyy vakiona tietyllä taajuudella. Kolmannessa tyyppissä suodattimen eteen sijoitetaan transistori, joka toimii hakkurina ja kytkee tasasuunnatun jännitteen pois ja päälle vuoronperään. (3, s. 16–17.)

4.4 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaajan tehtävänä on tehdä lähtöjännitteelle viimeinen sopeuttaminen. Vaihtosuuntaajaan tulee välipiirin kautta joko muuttuvaa tasavirtaa, muuttuvaa tasajännitettä tai vakiotasajännitettä. Vaihtosuuntaajan tärkein tehtävä on huolehtia, että moottorille tuleva syöttö on aina vaihtovirtaa eli moottorijännitteellä on taajuus. Vaihtosuuntaajan tarvitsee vain vaikuttaa siihen tulevan muuttuvan virran tai jännitteen taajuuteen, mutta jos jännite on vakio, vaihtosuuntaajan tehtävänä on ohjata taajuutta ja amplitudia. Vaihtosuuntaajan pääkomponentit ovat pareittain kolmessa haarassa olevat ohjatut puolijohteet. Ennen vaihtosuuntaajissa käytettiin tyristöreita, mutta nykyisin ne ovat korvattu IGBT-transistöreilla, koska niiden avulla kytkentätaajuusalueita voidaan suurentaa 300 Hz:stä 15 KHz:iin. (3, s. 18–19.)

4.5 Ohjauspiiri

Taajuusmuuttajan neljäs päälohko on nimeltään ohjauspiiri. Ohjauspiirin tehtäviin kuuluu taajuusmuuttajassa olevien puolijohteiden ohjaus ja viestien välitys taajuusmuuttajan ja siihen yhteydessä olevien laitteiden välillä. Viestejä voidaan välittää joko ohjauspaneelin kautta tai PLC- (Programmable Logic Controller) ohjauksella. Automaatioprosesseissa käytettävät taajuusmuuttajat tarvitsevat sekä analogisia että digitaalisia tuloja ja lähtöjä, jotta ne voivat ottaa vastaan viestejä prosesseista. Yleensä ohjausviestit ovat joko 0–10 V:n jänniteviestejä tai 4–20 mA:n virtaviestejä. Myös 0–20 mA:n virtaviestejä käytetään. (3, s. 31–34.)

5 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET

Käyttöönottotarkastukset tulee tehdä aina ennen kuin asennukset luovutetaan käyttöön. Sähkölaitteiston rakentajalla on vastuu käyttöönottotarkastusten tekemisestä. Tarkastusten tarkoituksena on poistaa inhimillisten erehdysten mahdollisuus sekä varmistaa, että työ on tehty määräysten mukaan. Sähkötöitä koskevat säädökset ovat hyvin tiukkoja. Vaikka asennustyö olisi pieni, täytyy sille silti tehdä käyttöönottotarkastus. (6, s. 161–162.)

5.1 Silmämääräinen tarkastus

Silmämääräistä tarkastusta pitäisi tehdä koko asennustyön ajan. Yleensä silmämääräinen tarkastus tehdään jännitteettömänä ennen muita mittauksia ja sen tekijän täytyy olla sähköalan ammattilainen. Kytkevistä sähkölaitteista ja komponenteista pitää varmistaa jo asennusvaiheessa, että niistä löytyvät CE-merkinnät joko pakkauksesta tai laitteesta. Laitteista pitää myös varmistaa, että ne ovat ehjiä ja niiden ominaisuudet sopivat kyseiseen asennukseen. Johtimista tarkastetaan, että niiden tunnusvärit ja merkinnät ovat oikein. Nolla- ja suojajohdimien täytyy olla tunnistettavissa. Tarkastuksessa kannattaa kiinnittää huomiota siihen, että keskuksessa olevat kytkimet, suojalaitteet, liittimet ja muut sähkölaitteet ovat tunnistettavissa ja niistä löytyvät tarpeelliset merkinnät. (6. s. 162–163, 167.)

Elkome Installaatioilla ohjeena on, että jokaisen johtimen molemmista päistä löytyy merkintä siitä, mihin sähköpositioon ja mihin liittimeen johdin on kytketty. Tästä syystä silmämääräisessä tarkastuksessa pitää varmistaa, että jokaisessa johtimessa on oikea merkintä ja että johdin on kytketty oikeaan paikkaan.

5.2 Mittauslaite

Elkome Installaatiot käyttää käyttöönottotarkastuksissaan Metrel MI 2170 -konetesteriä. Testerillä pystytään tekemään kaikki EN 60204:n mukaiset testit. Käyttöönottotarkastuksessa tehtävät testit ovat suojamaan jatkuvuus 10 A:lla,

eristysvastusmittaus 500 V:lla ja AC-jännitetesti 1000 V:lla. Kuvassa 4 näkyy tarkastuksissa käytetty konetesteri. (7, s. 8.)



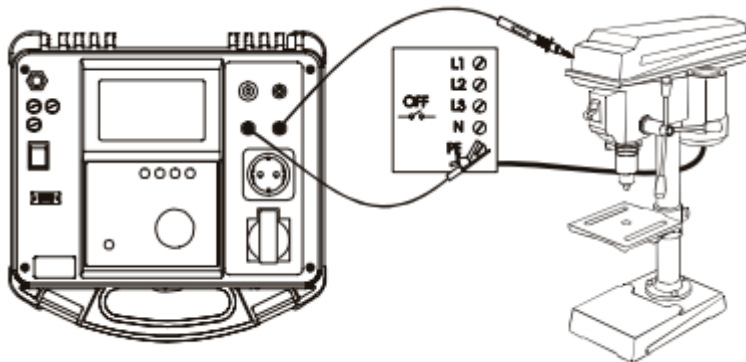
KUVA 4. Metrel MI 2170 -konetesteri (7, s. 1.)

5.3 Suojamaan jatkuvuus

Suojamaan jatkuvuuden mittauksen tarkoituksena on varmistaa, että suoja- maadoitusjohdinpiirit, jotka kosketusjännitesuojaus edellyttää, ovat jatkuvia sekä niiden liitoskohdat ovat kunnossa. Jatkuvuus mitataan aina jännitteettömänä. Mittaus suoritetaan mittaamalla pääpotentiaalintasaukseen liitetyn pisteen ja kaikkien jännitteelle alttiiden osien välisten suojajohdinten resistanssi. Testaus on suoritettu hyväksytysti, jos testaukseen käytettävä laite hyväksyy mittaustuloksen, sillä hyväksytylle tulokselle ei ole annettu raja-arvoa. (8.)

Suojamaan jatkuvuus mitataan Metrel MI 2170 -konetesterillä valitsemalla mittaustoiminnoksi "voltage drop/continuity 10A". Ennen mittauksen suorittamista mittajohtimille tehdään kalibrointi, jotta johtimien oma resistanssi ei vaikuttaisi mittauksiin. Kalibrointi suoritetaan oikosulkemalla mittajohtimet ja painamalla testeristä "cal"-näppäintä. Testeristä voidaan myös valita käytettävä resistanssin raja-arvo. Raja-arvoksi voidaan valita 0,1 Ω, 0,2 Ω, 0,3 Ω, 0,5 Ω, 1,0 Ω tai 1,5 Ω. Sopiva raja-arvo on 0,2 Ω tai 0,3 Ω. (7, s. 14.)

Mittaus suoritetaan siten, että mittajohtimen toinen pää kiinnitetään keskuksen PE-kiskoon ja toisella mittajohtimella mitataan keskuksen johtavat osat. Ohjeena Elkome Installaatioilla on, että jatkuvuus mitataan kaikista johtavista osista, jotka ovat sähkökuvien mukaan maadoitettu PE-kiskoon. Mittaus suoritetaan keskuksen rungosta, ovista, asennuslevyistä, moottoripedistä, räkistä ja katoista. Kytkeä näkyy myös kuvasta 5. Mittaustulokset kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. (7, s. 28–29.)



KUVA 5. Suojamaan jatkuvuuden mittauskytkentä (7, s. 29.)

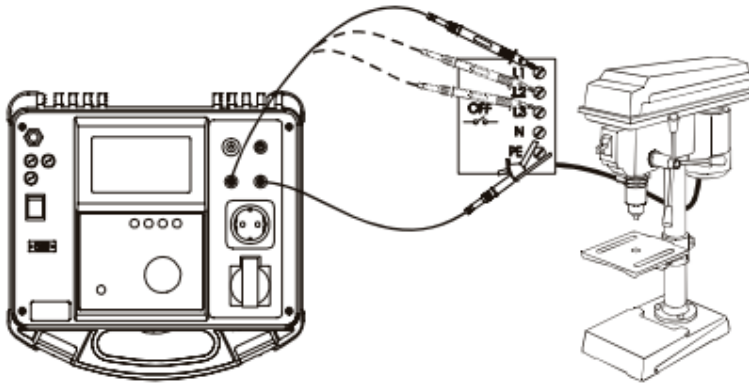
5.4 Eristysresistanssi mittaus

Mittauksen tarkoituksena on varmistaa, että asennuksen jännitteiset osat on eristetty maasta. Mittaus suoritetaan jännitteettömänä kaikkien jännitteisten osien ja maan väliltä. Mitattavissa piireissä olevat elektroniset laitteet voidaan kytkeä mittauksen ajaksi pois. Sulakkeet, yhdistelmäsuoja ja ohjauskytkimet asetetaan kiinni-asentoon. Standardin 60204-1 mukaan suojajohdinpiiriin ja pääpiirien

johtimien välisen eristysresistanssin on 500 V:n tasajännitteellä mitattuna oltava vähintään 1 M Ω . (6, s. 173–174.)

Ennen kuin mittaus voidaan suorittaa, täytyy keskuksen sähkökuvien avulla selvittää mittauspaikat, jotta eristysresistanssi saadaan mitattua koko pääpiiristä. Mittauspaikkoja kertyy suuri määrä, sillä keskuksessa on paljon kontakteja, eikä niiden kaikkien koskettimien sulkeminen yhtä aikaa ole mahdollista. Eristysresistanssi mitataan pääpiirin kaikilta vaiheilta erikseen. Mittauksen ajaksi osa sulakkeista täytyy laittaa auki-asentoon, sillä niiden takana olevat 24 V:n ja 15 V:n laitteet eivät kestä mittauksessa käytettävää jännitettä. Myös osa laitteista täytyy kytkeä irti samasta syystä.

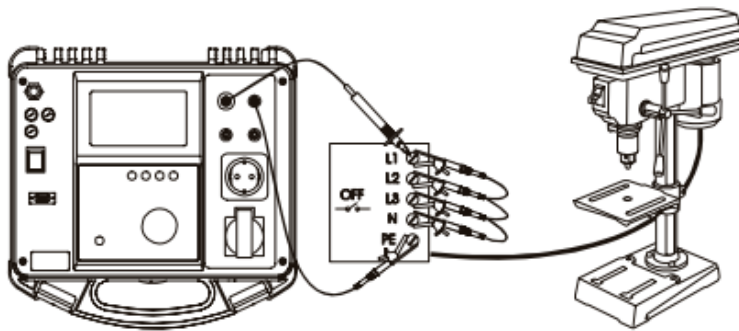
Eristysresistanssi mitataan Metrel MI 2170 -konetesterillä valitsemalla mittaus-toiminto ”insulation 500V”. Eristysresistanssi mittaukseen voidaan valita raja-arvoksi 0,23 M Ω , 0,25 M Ω , 0,5 M Ω , 1,0 M Ω , 2 M Ω tai 5,0 M Ω . Raja-arvoksi valitaan 1,0 M Ω . Toinen mittajohdin kiinnitetään keskuksen PE-kiskoon, ja toisella mittajohdella suoritetaan mittaukset mittauspisteistä. Mittausjohtimien kytkentä näkyy kuvasta 6. Eristysresistanssi mittausten tulokset kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. (7, s. 13.)



KUVA 6. Eristysresistanssin mittauskytkentä (7, s. 24)

5.5 Jännitekoe 1000 V:lla

Ennen jännitekoetta mittajohtimet täytyy vaihtaa jännitettä kestävämpiin johtimiin, jotka kytketään konetesterin ylempiin liittimiin. Jännitekoe 1000 V:lla saadaan mitattua Metrel MI 2170 -konetesterillä valitsemalla mittaustoiminnoksi "withstanding 1000 V". Mittauksen raja-arvoksi voidaan valita 2, 5, 10, 20, 50, 100 tai 500 mA. Raja-arvoksi valitaan 10 mA. Mittajohtimet kytketään kuvassa 7 esitetyllä tavalla, mutta vaiheita ja nolaa ei oikosuljeta. Toinen mittajohdin kiinnitetään PE-kiskoon, ja toisella johtimella suoritetaan mittaukset mittauspisteistä. Mittauspisteinä toimivat samat pisteet kuin eristysresistanssimittauksessa. Mittaustulokset kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. (7, s. 12.)



KUVA 7. 1000 V:n jännitekokeen mittauskytkentä (7, s. 22.)

6 TOIMINNALLISUUSTARKASTUKSET

6.1 Sähköistys

Kun käyttöönottotarkastusten jälkeen pystytään toteamaan keskuksen suoja-johdinsiirrin olevan jatkuva sekä johdinten eristysten ja jännitteenkestokyvyn olevan riittävä, voidaan kaikki keskuksen kytkimet, sulakkeet ja yhdistelmäsuoja kääntää auki-asentoon. Myös ennen käyttöönottotarkastuksia irti kytketyt 24 V:n ja 15 V:n laitteet pidetään vielä irti kytkettyinä.

Sähköistys tehdään seuraavassa järjestyksessä:

1. Keskuksen katolle kytketään 3-vaiheinen 400 V:n syöttökaapeli, jonka jälkeen jännite voidaan mitata pääkytkimen liittimistä 1, 3 ja 5. Vaiheiden välisen jännitteen pitäisi olla noin 400 V. Kun jännite on todettu oikean suuruiseksi, voidaan pääkytkin kääntää kiinni-asentoon.
2. Pääkytkimen kääntämisen jälkeen jännitteet voidaan mitata sen takana olevien kolmivaihesulakkeiden liittimistä 1, 3 ja 5, sekä yksivaihesulakkeiden ja yhdistelmäsuojan liittimistä 1. Vaiheiden ja nollan välisten jännitteiden pitäisi olla noin 230 V.
3. Käännetään yhdistelmäsuoja kiinni-asentoon ja mitataan sen takana olevien yksivaihepistorasioiden jännitteet. Pistorasioiden jännitteiden pitäisi olla noin 230 V. Yksivaihepistorasioiden jännitteiden mittaaminen on tärkeää, sillä kalliiden mittalaitteiden ja PC:n syöttökaapelit on kytketty näihin pistorasioihin. Pistorasioiden jännitetasojen mittaamisen jälkeen laitteiden pistokkeet voidaan kytkeä pistorasioihin.
4. Yksivaihesulakkeet laitetaan kiinni-asentoon numerojärjestyksessä. Ensimmäisen yksivaihesulakkeen takana sijaitsee kaksi teholähdettä, joista toinen on 24 V:n ja toinen 15 V:n. Näiden teholähteiden lähtöliittimien jännitetasot pitää varmistaa, ennen kuin 24 V:n JA 15 V:n jännitettä käyttävät laitteet voidaan kytkeä virtapiireihinsä. Jännitteiden pitäisi olla noin 24 V ja 15 V.

5. Toisen yksivaihesulakkeen takana on lämpötilaa ohjaava PID-säädin, joten kiinni-asentoon kääntämisen jälkeen jännitetaso mitataan vain sulakkeen liittimestä 2. Vaiheen ja nollan välisen jännitteen pitäisi olla noin 230 V. Kuvassa 8 näkyy 24 V:n ja 15 V:n teholähteet, 2X24-riviliittimet, yhdistelmäsuoja sekä yksivaihesulakkeet.



KUVA 8. Teholähteet, 2X24-riviliittimet, yhdistelmäsuoja ja yksivaihesulakkeet

6. Myös kolmivaihesulakkeet käännetään kiinni-asentoon numerojärjestyksessä. Ensimmäisen kolmivaihesulakkeen takana on muuntaja, jonka toisiopuolesta saadaan keskukseseen joko 230 V:n tai 470 V:n testijännite. Kun muuntajan sulake on käännetty kiinni-asentoon, voidaan keskuksen ovelta sijaitseva 230 V:n testijännitteen kytkin kääntää kiinni-asentoon.
7. Testijännitteiden valintaa ohjataan kontaktorien avulla, joten jännitetaso voidaan mitata 230 V:n testijännitettä ohjaavan kontaktorin liittimistä 1, 3 ja 5. Vaiheiden välisen jännitteen pitäisi olla noin 230 V. Kun testijännite on todettu oikeaksi, 230 V:n testijännitteen kytkin käännetään auki-asentoon.
8. 470 V:n testijännitteen kytkin käännetään kiinni-asentoon ja jännitetaso mitataan 470 V:n testijännitettä ohjaavan kontaktorin liittimistä 1, 3 ja 5. Vaiheiden välisen jännitteen pitäisi olla noin 470 V. Testijännitekytkimet ja pääkytkin näkyvät kuvassa 9.



KUVA 9. Pääkytkin ja testijännitekytkimet

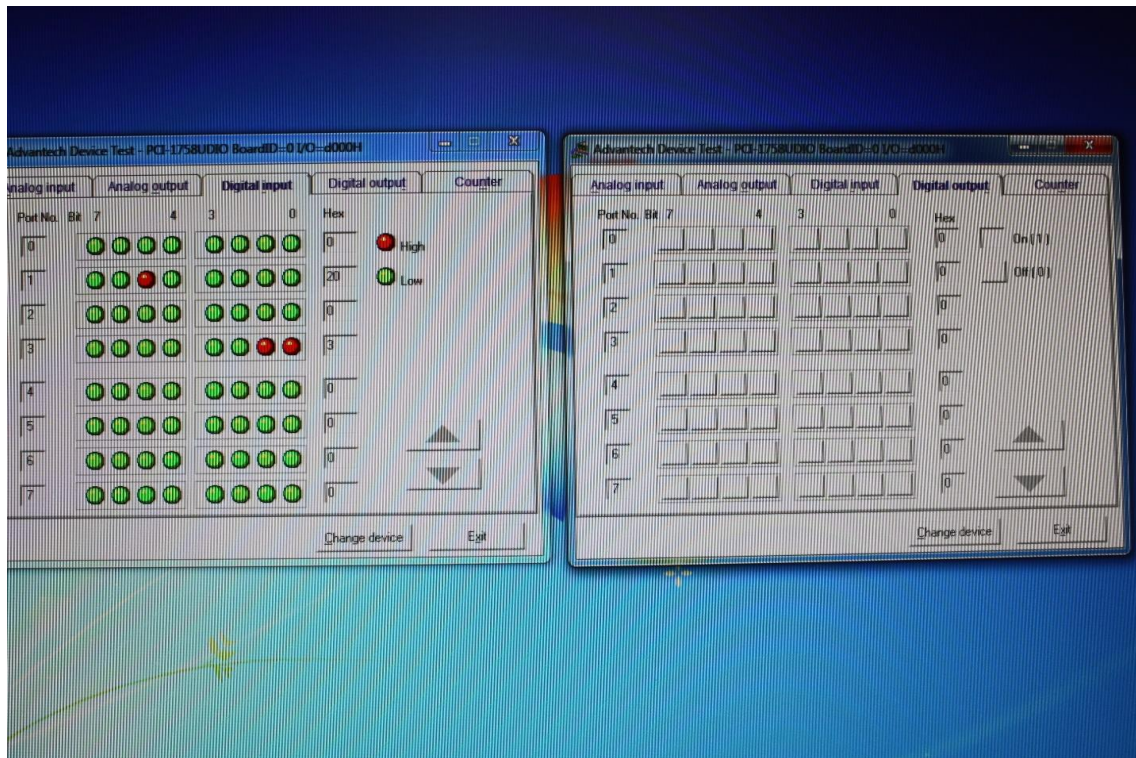
6.2 I/O-tarkastus

Työssä testattava testeri toimii täysin automaattisesti I/O-releidensä avulla, joten niiden toiminnan testaaminen on toiminnallisuustarkastuksien yksi tärkeimmistä testeistä. I/O-tiedot tulevat testerin kontaktoreilta ja muilta laitteilta LED-valoilla varustettujen Phoenix Contactin releiden kautta Advantech ADAM 39100-AE -moduulille (kuva 10).



KUVA 10. ADAM 39100-AE -moduuli

Moduulin kautta tieto kulkee testerin PC:llä olevalle PCI-1758-digitaaliseen I/O-kortille. Testausvaiheessa I/O-kanavia voidaan hallita kuvassa 11 näkyvällä Advantech Device Manager -ohjelman avulla. Input-kanavan vihreä väri kertoo, että kanava ei ole aktiivinen, kun taas punainen väri ilmaisee aktiivisuutta.



KUVA 11. Advantech Device Manager -ohjelma

6.2.1 I/O-kanavien testaus output-kanavien avulla

I/O-tarkastuksessa käydään läpi kaikki 64 output-kanavaa lukuun ottamatta kanavia 32–37, jotka on varattu testattavalle taajuusmuuttajalle. Input- ja output-releiden toiminnan tarkastusta helpottaa niissä oleva keltainen LED-valo. Kun releen kela menee kiinni-asentoon, LED-valo syttyy. I/O-releet näkyvät kuvassa 12.



KUVA 12. I/O-releet

Tarkastus aloitetaan laittamalla output-kanava 0 päälle ja katsomalla tarkastuspöytäkirjasta, mikä toiminto kanavasta pitäisi tapahtua. Esimerkiksi, kun kanava 4 laitetaan päälle, output-releen 204 kela menee kiinni-asentoon ja LED-valo syttyy, input-releen 400 kela menee kiinni-asentoon ja LED-valo syttyy sekä 400–470 V:n testijännitettä ohjaavan kontaktorin kela menee kiinni-asentoon. Output-kanavat käydään läpi numerojärjestyksessä sekä tarkastuspöytäkirjaan merkitään ”OK”, jos kanava toimii niin kuin sen pitää. (9, s. 2.)

6.2.2 Input-kanavien testaus manuaalisesti

Kaikkia I/O-kanavia ei kuitenkaan voida testata output-kanavien avulla. Jäljellä olevat input-kanavat testataan manuaalisesti aiheuttamalla muutos input-kanavan tilaan. Jos input-kanavat toimivat, merkataan ”OK” tarkastuspöytäkirjaan. Manuaalisesti testattavia input-kanavia on neljä kappaletta.

Moottoreita ohjaavien kontaktorien lämpöreleet testataan liikuttamalla valkoista testiliuskaa ruuvimeisselillä sivulle, jolloin releen kosketin aukeaa ja input-

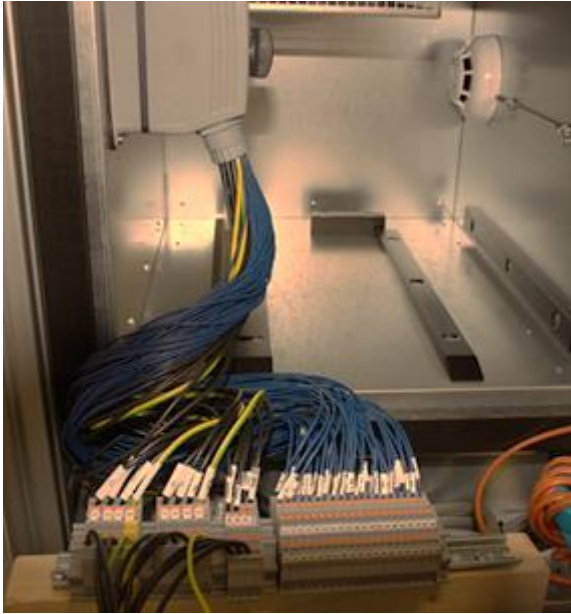
kanava menee pois päältä. Releen kosketin saadaan takaisin kiinni painamalla sinistä kuittaus-nappia, jolloin myös input-kanava tulee aktiiviseksi. Moottorien d- ja y-kytkentöjä ohjaavilla kontaktoreilla on molemmilla neljä sarjassa olevaa lämpörelettä, joiden jokaisen toiminta pitää testata. Input-kanava 24 vastaa d-kytkentöjen lämpöreleitä ja input-kanava 25 y-kytkentöjen lämpöreleitä. Jos yhden sarjassa olevan releen kosketin aukeaa, input-kanava menee pois päältä.

Palohälyttimen input-kanavan toiminta testataan painamalla palohälytyksen kuittaus-nappia, joka sijaitsee testerin etuoven takana. Kun nappia painetaan, input-kanava 13 menee pois päältä, ja kun napista päästetään irti, kanava aktivoituu.

Sulakkeiden, yhdistelmäsuojan ja kytkimien input-kanava saadaan päälle vain, jos kaikki sulakkeet ja yhdistelmäsuoja ovat kiinni-asennossa ja molempien testijännitteiden kytkimet ovat kiinni-asennossa.

6.3 Testattavan tuotteen I/O-tarkastus

Tässä testiosiossa simuloidaan testattavan taajuusmuuttajan I/O-signaaleja. Testissä ei käytetä taajuusmuuttajaa, vaan tarkoituksena on testata, että testerin kytkennät on tehty oikein ja liittimet ovat ehjät. Simulointi tapahtuu kytkemällä ulkopuolinen 24 V:n jännite riviliittimille jotka on kytketty ODU-liittimien kautta testerin uuniin (kuva 13). Kuvassa 13 olevat riviliittimet ovat vain toiminnallista tarkastusta varten. Oikeassa testaustilanteessa taajuusmuuttaja kytketään paletille, joka on kytketty ODU-liittimien kautta testeriin.



KUVA 13. ODU:n riviliittimet

Ulkopuolinen jännite saadaan testerillä olevista 2X24-riviliittimistä ja se kytketään ODU:n riviliittimille siten, että +24 V:n jännite kytketään riviliittimelle 10, ja 0 V:n jännite kytketään riviliittimelle 12. Ensiksi testataan, että taajuusmuuttajan digitaaliset output-signaalit ja rele-output-signaalit tulevat testerille oikeaan paikkaan. Testi suoritetaan yhdistämällä yksitellen ODU:n riviliittimet 28–29, 28–30, 31–32, 31–33, 19–20, 19–21, 22–23, 22–24, 25–26 ja 25–27 sekä katsomalla tarkastuspöytäkirjan taulukosta, minkä input-kanavan pitäisi mennä päälle. Uunin kyljessä olevat ODU-liittimet näkyvät kuvassa 14. Riviliittimet yhdistetään 10 cm:n pituisella johtimella. Esimerkiksi, kun yhdistetään riviliittimet 28 ja 29, pitäisi input-kanavan 48 mennä päälle. Input-kanavat 48–57 on varattu testattavalle taajuusmuuttajalle. Jos input-kanavat toimivat niin kuin pitää, tarkastuspöytäkirjaan merkitään "OK". (9, s. 9.)



KUVA 14. ODU-liittimet

Seuraavaksi testataan, että testattavalle taajuusmuuttajalle menevien digitaalisten input-signaalien jännitetasot ovat oikean suuruiset ja oikean output-releen kela menee kiinni-asentoon. Testaus tapahtuu laittamalla output-kanava päälle Advantech Device Manager -ohjelmasta ja mittaamalla ODU:n riviliittimiltä jännite. Käytettävät output kanavat ovat 32–37, ja jännitteen mittausta tehdään riviliittimiltä 12–13, 12–14, 12–15, 12–16, 12–17 ja 12–18. Esimerkiksi, kun output-kanava 32 laitetaan päälle, pitäisi output-releen 232 LED-valon syttyä ja ODU:n riviliittinten 12 ja 13 välillä pitäisi olla noin 24 V:n jännite. Aina kun siirrytään mittaamaan seuraavaa kanavaa, pitää edellinen kanava muistaa ottaa pois päältä. Merkataan tarkastuspöytäkirjaan "OK", jos riviliittimellä on oikea jännite ja oikean output-releen LED-valo syttyy.

6.4 Crosslock-testaus

Testerissä on paljon kontaktoreita jotka eivät saa olla samaan aikaan päällä. Testissä tarkoituksena onkin selvittää, että tiettyjen kontaktorien keloja ei saada

kiinni-asentoon samaan aikaan. Testaus tehdään Advantech Device Manager -ohjelmalla, jossa kontaktorien keloja ohjataan output-kanavien avulla. Testin aikana pääpiirissä ei saa olla minkäänlaista jännitettä. (9, s. 12.)

FAT-pöytäkirjassa on taulukot, joista selviää, mikä output-kanava laitetaan päälle ja mitä output-kanavia yritetään saada samaan aikaan päälle. Crosslock-testiin kuuluu viisi eri osiota, ja jokaiselle osiolle on tarkastuspöytäkirjassa taulukko, josta selviää käytettävät kanavat.

Esimerkiksi ensimmäinen osio on AC-syöttötesti, joka tehdään seuraavassa järjestyksessä:

1. 400–470 V:n syöttöjännitettä ohjaavan kontaktorin kela ohjataan kiinni-asentoon laittamalla output-kanava 4 päälle.
2. Laitetaan päälle output-kanava 39, joka ohjaa testattavalle tuotteelle menevän DC-syötön kontaktorin kela. Kun output-kanava on päällä, tarkastetaan, että DC-jännitettä syöttävän kontaktorin ohjaus ei ole päällä, eli kela on auki-asennossa.
3. Output-kanava 39 otetaan pois päältä ja laitetaan päälle kanava 29, joka ohjaa testattavalle tuotteelle menevää jarrupiirin DC-syötön kontaktorin kela. Tarkastetaan, että kontaktorin kela on auki-asennossa, ja laitetaan kanava 29 pois päältä.
4. Lopuksi laitetaan päälle kanava 26, joka ohjaa purkuvastuksen kontaktorin kela. Tarkastetaan, että kontaktorin kela on auki-asennossa, ja laitetaan kanava 26 ja kanava 4 pois päältä. Jos kontaktorit toimivat oikein, tarkastuspöytäkirjan taulukkoon merkataan "OK".

6.5 Palohälyttimen testaus

Testin tarkoituksena on selvittää, että palohälytys katkaisee ohjauksen syöttöjännitteiden kontakteilta. Testaus tehdään seuraavassa järjestyksessä:

1. Laitetaan päälle output-kanava 4, joka ohjaa 400–470 V:n jännitesyöttöä.

2. Kun kontaktori on päällä, palohälyttimeen suihkutetaan suihketta, joka on tarkoitettu hälyttimen testaukseen. Suihkutusta jatketaan niin kauan että palohälytin laukeaa.
3. Palohälyttimestä ei kuulu merkkiääntä, vaan laukeamisen voi todeta kontaktorin kelan avautumisesta johtuvasta äänestä. Kelan avautumisen voi myös todeta silmämääräisesti.
4. Otetaan output-kanava 4 pois päältä, ja painetaan palohälytyksen kuitausnappia. Jos palohälyin toimii oikealla tavalla, merkataan tarkastuspöytäkirjaan "OK". (9, s. 20.)

6.6 Jarruvastusten ja purkuvastuksen testaus

Testin tarkoituksena on testata, että jarru- ja purkuvastukset on kytketty oikein ja niiden vastusarvot ovat oikean suuruiset. (9, s. 20.)

Jarruvastusten testaus suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Laitetaan päälle output-kanava 22 Advantech Device Manager -ohjelmasta.
2. Kun kanava 22 on päällä, 78 Ω :n jarruvastusta ohjaavan kontaktorin kela on kiinni-asennossa, ja mittaus voidaan suorittaa ohmisesti yleismittarilla ODU:n riviliittimiltä BRK+/DC+ ja BRK-. Tuloksen pitäisi olla 75–81 Ω :n väliltä.
3. Kanava 22 laitetaan pois päältä, ja output-kanava 23 laitetaan päälle.
4. Kanavalla 23 saadaan 210 Ω :n jarruvastusta ohjaavan kontaktorin kela kiinni-asentoon, jolloin mittaus voidaan suorittaa ohmisesti yleismittarilla samoista riviliittimistä kuin edellinen mittaus. Tulos pitäisi olla 205–212 Ω :n väliltä, ja se merkataan tarkastuspöytäkirjaan.
5. Mittauksen jälkeen kanava 23 laitetaan pois päältä.

Jarruvastuksista pitää testata myös niiden sisäänrakennetut lämpösuojat. Kuvassa 15 näkyy jarruvastuksien riviliittimet sekä siniset jarruvastukset. Jarruvas-

tus testataan kytkemällä irti lämpösuojan sininen johdin riviliittimeltä, jolloin sen virtapiiri katkeaa. Tällöin jarruvastuksia ohjaavien kontaktorien keloja ei pitäisi saada kiinni-asentoon, vaikka niitä ohjattaisiin output-kanavien avulla.



KUVA 15. Jarruvastusten riviliittimet ja jarruvastukset

Testaus suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Kytketään irti 78 ohmin vastuksen lämpösuojan sininen johdin riviliittimeltä, ja laitetaan päälle output-kanava 22.
2. Kun kanava on päällä, tarkastetaan, että vastusta ohjaavan kontaktorin kela ei ole kiinni-asennossa.
3. Kun kontaktori on tarkistettu, voidaan kanava 22 laittaa pois päältä ja lämpösuojan johdin kytkeä takaisin riviliittimelle.

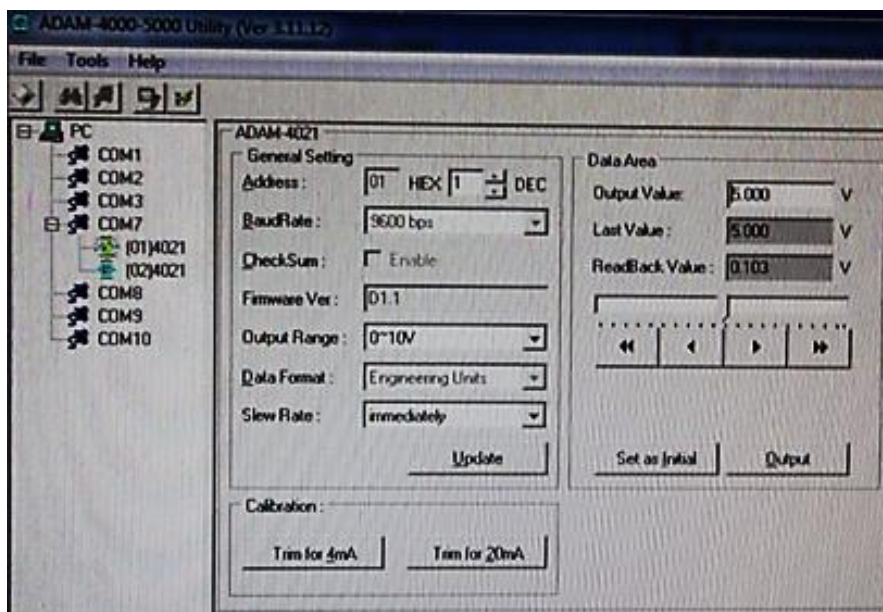
4. Seuraavaksi kytketään irti 210 Ω :n vastuksen lämpösuojan sininen johdin riviliittimeltä, laitetaan kanava 23 päälle ja tarkastetaan, että vastusta ohjaavan kontaktorin kela ei ole kiinni-asennossa.
5. Jos kontaktori on auki-asennossa, laitetaan kanava 23 pois päältä ja kytketään lämpösuojan johdin takaisin riviliittimelle.
6. Jos kumpikaan kontakteista ei mene kiinni-asentoon, tarkastuspöytäkirjaan merkitään "OK". (9, s. 21.)

Purkuvastus testataan laittamalla output-kanava 26 päälle ja mittaamalla ohmisesti ODU:n riviliittinten BRK+/DC+ ja DC- väliltä. Tuloksen pitäisi olla 99–101 Ω :n väliltä. (9, s. 22.)

6.7 ADAM-4021 moduulin testaus

ADAM-4021 on output-moduuli, joka ottaa vastaan digitaalista dataa tietokoneelta. Se muuttaa siihen syötetyn datan D/A-muuntimella output-signaaliksi. Sillä voidaan lähettää 0–20 mA:n, 4–20 mA:n tai 0–10 V:n analogiasignaaleja. (10.)

Testin tarkoituksena on selvittää, että output-moduulit toimivat oikein ja niiden kytkennät on tehty oikein. Ensimmäiseksi testattava moduuli on konfiguroitu niin, että se lähettää 0–10 V:n jänniteviestejä. Testaus suoritetaan avaamalla PC:ltä Advantech ADAM/Apax Utility -ohjelma, jolla voidaan määrittää, minkä suuruisia analogia signaaleja moduulilla lähetetään (kuva 16). Jännitemittaukset mitataan ODU:n riviliittimiltä 2 ja 3. Luodaan moduulilla 0, 5 ja 10 V:n jännitteet, ja mitataan yleismittarilla riviliittimistä, että jännitetasot ovat samat kuin mitä tietokoneen avulla määritettiin. Tulos ei saa erota syötetystä jännitteestä 0,02 V enempää. Mitatut jännitteet kirjoitetaan tarkastuspöytäkirjaan. (9, s. 23–24.)

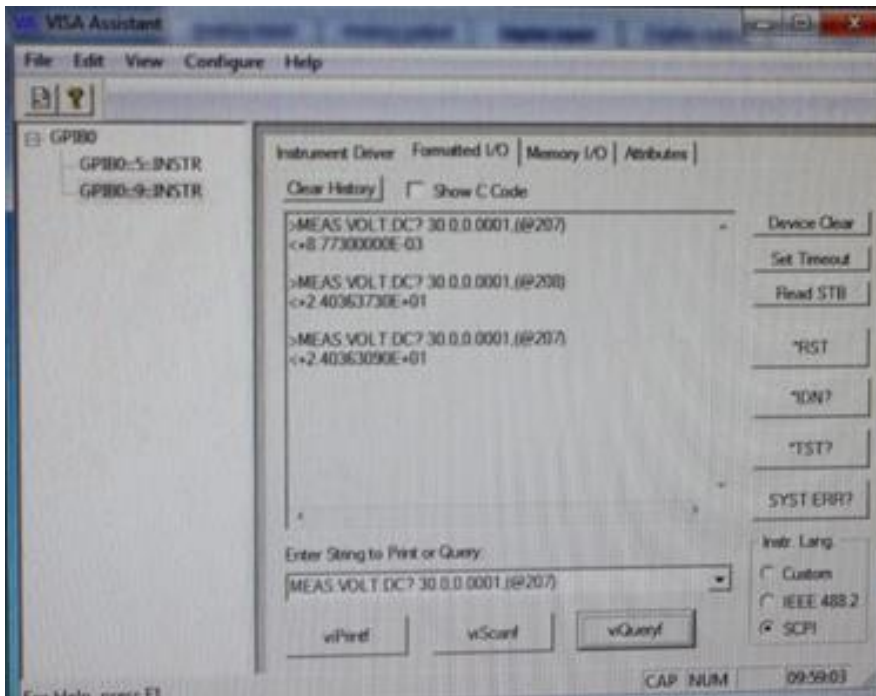


KUVA 16. Advantech ADAM/Apax Utility -ohjelman näkymä

Toiseksi testattava moduuli on konfiguroitu niin, että se lähettää 0–20 mA:n virtaviestejä. Testaus suoritetaan samalla ohjelmalla kuin edellinenkin mittaus. Virtamittaukset mitataan ODU:n riviliittimistä 5 ja 6. Luodaan 0, 10 ja 20 mA:n virrat, ja mitataan yleismittarilla riviliittimiltä, että virrat ovat oikein. Tulos ei saa erota syötetystä virrasta 0,03 mA enempää. Mitatut virrat kirjataan tarkastuspöytäkirjaan.

6.8 DC-syötön testaus

Testaus tehdään ohjaamalla HP 6035A DC-teholähdettä tietokoneen avulla. Tietokone on yhteydessä teholähteeseen GPIB-väylän kautta. Teholähdettä ohjataan VISA Assistant -ohjelman avulla (kuva 17), jolla se saadaan päälle ja sen syöttämän DC-jännitteen suuruutta voi säätää. VISA Assistant -ohjelmaan syötetään käskyjä, joilla sen toimintaa ohjataan. Elkome Installaatioilla käytettävät käskyt on koottu yhteen tekstitiedostoon, josta ne kopioidaan ohjelmaan. Ensimmäisellä käyttökerralla DC-teholähde täytyy resetoita.



KUVA 17. VISA Assistant -ohjelman näkymä

DC-syöttö testataan seuraavassa järjestyksessä:

1. Laitetaan päälle output-kanava 29, joka ohjaa DC-syötön kontaktorin kelan kiinni-asentoon.
2. Syötetään ohjelmaan käsky, jolla teholähde luo 0 V:n jännitteen.
3. Jännitetaso tarkastetaan mittaamalla yleismittarilla ODU:n riviliittimien U1 ja V1 väliltä. Jännitteen pitäisi olla noin 0 V
4. Seuraavaksi luodaan 250 V:n ja 345 V:n jännitteet, ja mitataan ne myös riviliittimiltä U1 ja V1. Mitattujen jännitteiden pitäisi olla 249–251 V:n ja 344–346 V:n väliltä. Kun luodaan isompia jännitteitä, ohjelmaan pitää kirjoittaa käsky, jolla teholähteen virta saadaan 1,5 ampeerin, jotta suuria jännitteitä saadaan luotua nopeammin.
5. Otetaan output-kanava 29 pois päältä, ja luodaan ohjelmalla 10 V:n jännite, sekä mitataan jännite riviliittimiltä. Yleismittarin pitäisi näyttää 0 V:n jännitettä, sillä DC-syöttöä ohjaavan kontaktorin kela on kiinni asennossa. Riviliittimiltä mitatut jännitteet kirjataan tarkastuspöytäkirjaan.

6. Seuraavaksi DC-jännitettä syötetään ODU:n välipiirin riviliittimille BRK+/DC+ ja BRK-. Syöttö tapahtuu laittamalla output-kanava 39 päälle, joka ohjaa välipiirin DC-syötön kontaktorin kelan kiinni-asentoon.
7. Testissä käytetään samoja käskyjä ja jännitteitä kuin edellisessä testiosiossa, mutta mittaus tapahtuu ODU:n riviliittimien BRK+/DC+ ja BRK- väliltä. Riviliittimiltä mitatut jännitteet kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. (9, s. 25–27.)

6.9 Omron:in PID-lämpötilasäätimen testaus

Testauksen tarkoituksena on varmistaa, että säätimen parametrit on asetettu oikein ja se toimii sille tarkoitetulla tavalla. Omron:in säätimen parametrit on asetettu sen etupaneelista, ja se kommunikoi tietokoneen kanssa COM-portin avulla. Säätimen datanopeus on 9600 bittiä sekunnissa, ja sen sisäänmenomittauksena on testerin uunissa sijaitseva PT-100 -anturi. (9, s. 28.)

Lämpötilasäädin testataan seuraavassa järjestyksessä:

1. Tarkastetaan, että säätimeen on asetettu parametrit. Parametri löytyvät testerin sähkökuvista.
2. Säätimen asetusarvoksi asetetaan 60 °C Omron test -ohjelman avulla. Ohjelman on suunnitellut Elkome Software Oy ja ohjelman avulla säädintä voidaan ohjata PC:n kautta.
3. Kun asetusarvo on asetettu, uunin luukku suljetaan, jolloin lämmitysvastusta ja sekoituspuhallinta ohjaavien kontaktorien kelat sulkeutuvat ja vastus alkaa lämmittämään uunia sekä puhallin sekoittamaan lämmintä ilmaa uunin sisällä.
4. Kun uunin luukku on suljettu, käynnistetään ajastin ja otetaan aikaa kuinka kauan kestää, että uunin lämpötila on saavuttanut 50 °C. Testissä hyväksytty aika on 50 sekunnin ja 1 minuutin ja 20 sekunnin välillä.

5. Asetusarvoksi vaihdetaan 20 °C, ja uunin luukku avataan, jolloin säädin alkaa viilentämään uunia ja poistoilmapuhallinta ohjaavan kontaktorin keula sulkeutuu ja poistoilmapuhallin menee päälle.
6. Uuni on viilentynyt tarpeeksi, kun sen lämpötila on 24 °C, ja testin toinen osio voidaan aloittaa.
7. Säätimen asetukseksi asetetaan 50 °C, uunin luukku suljetaan ja käynnistetään ajastin, sekä otetaan aikaa kuinka kauan kestää, että uunin lämpötila on 50 °C. Testissä hyväksyty aika on 50 sekunnin ja 1 minuutin ja 20 sekunnin välillä.
8. Kun uuni on saavuttanut 50 °C:n lämpötilan, odotetaan noin minuutin ajan, jonka jälkeen säätimen etupaneelista katsotaan säätimen hystereesin suuruus. Hystereesin pitäisi olla 49 °C–51 °C väliltä. Ajastimella otetut ajat ja hystereesi kirjataan tarkastuspöytäkirjaan.

6.10 Agilent:in Dataloggerin 2 kortin testaus

Testerissä olevan Agilent:in dataloggerin avulla mitataan testerin testijännitteitä ja -virtoja sekä ohjausjännitteitä. Dataloggeri on liitetty PC:hen GPIB-väylän kautta, ja siinä on kaksi multiplekserikorttia, joissa kummassakin on 20 kanavaa. Dataloggeria ohjataan samalla VISA Assistant -ohjelmalla, millä myös DC-teholähdettä ohjataan. Teholähde käyttää GPIB-väylää 5 ja dataloggeri väylää 9. Dataloggerin ohjaus tapahtuu syöttämällä siihen käskyjä, jonka numero kertoo mitä korttia ja kanavaa halutaan mitata. Testin tarkoituksena on selvittää, että mittauskanavat on kytketty oikein ja testijännitteiden mittaus antaa oikean tuloksen PC:lle. Jännitemittauksessa mittauksen skaala on 200:1 ja virtamittauksessa 20:1. Kuvassa 18 näkyy testerin dataloggeri, DC-teholähde ja PC. Dataloggeri on laitekaapissa ylimmäisenä. (9, s. 32.)



KUVA 18. Testerin laitekaappi

6.10.1 U1:n, V1:n ja W1:n jännitteiden mittaus

Testi suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Laitetaan päälle output-kanava 4, joka ohjaa 400–470 V:n testijännitteen kontaktorin kelan kiinni-asentoon.
2. Kun testijännite on päällä, voidaan testattavalle tuotteelle menevän testijännitteen jokainen vaihe mitata dataloggerin avulla. Mittaustulos varmistetaan mittaamalla yleismittarilla ODU:n riviliittimiltä U1, V1 ja W1. Dataloggerin antama tulos pitää kertoa 200:lla, että tuloksesta saadaan oikea. Tulos pitäisi olla 397–403 V:n väliltä.
3. Käskyllä 201 dataloggeri mittaa jännitteen vaiheelta U1. Yleismittarilla mittausta suoritetaan riviliittimien U1 ja V1 väliltä.
4. Käskyllä 202 dataloggeri mittaa vaiheen V1 jännitteen, ja yleismittarilla mitataan jännite riviliittimien V1 ja W1 väliltä.
5. Mitataan vaiheen W1 jännite käskyllä 203 sekä yleismittarilla riviliittimien W1 ja U1 väliltä. Kun mittaukset on suoritettu, output-kanava 4 laitetaan pois päältä.
6. Laitetaan päälle output-kanava 7, joka ohjaa 230 V:n testijännitteen kontaktorin kelan kiinni-asentoon. Tulokset pitäisi olla 228–235 V:n väliltä.

7. Suoritaan mittaukset samoilla käskyillä, ja mitataan samoista riviliittimistä kuin ensimmäisessä testiosiossa. Testauksen jälkeen kanava 7 laitetaan pois päältä. Dataloggerilla ja yleismittarilla mitatut jännitteet kirjataan tarkastuspöytäkirjaan.

6.10.2 DC+:n, DC.Mid:n ja DC-:n jännitteiden mittaus

Testi suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Laitetaan output-kanava 4 päälle.
2. Mitataan BRK+/DC+:n ja DC.Mid:n välinen jännite käskyllä 204.
3. Mitataan DC.Mid:n ja DC-:n välinen jännite käskyllä 205.
4. Kerrotaan molemmat dataloggerin antamat tulokset 200:lla, ja lasketaan ne yhteen.
5. Mitataan yleismittarilla ODU:n riviliittimien BRK+/DC+ ja DC- välinen jännite, ja tarkastetaan, että se on suunnilleen sama kuin dataloggerilla mitattujen jännitteiden summa, eli noin 560 V.
6. Jännitteet kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. (9, s. 34.)

6.10.3 BRK+:n ja BRK-:n välisen jännitteen mittaus

Välipiirille menevä jännite luodaan DC-teholähteen avulla ja mitataan dataloggerilla. Välipiirin jännite mitataan seuraavassa järjestyksessä:

1. Laitetaan päälle kanava 39 ja avataan VISA Assistant –ohjelma sekä siirrytään ohjaamaan DC-teholähdettä GPIB-väylä 5 kautta.
2. Syötetään käsky, jolla luodaan teholähteellä 300 V:n jännite.
3. Jännitteen luomisen jälkeen siirrytään ohjelmassa GPIB-väylä 9:ään, jolla ohjataan dataloggeria, ja syötetään ohjelmaan käsky 206, joka mittaa jännitteen BRK+:n ja BRK-:n väliltä. Jännitteen pitäisi olla noin 300 V.
4. Jännitteen mittauksen jälkeen kanava 39 laitetaan kiinni. Mitattu jännite kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. (9, s. 34.)

6.10.4 Testattavan tuotteen ohjauksenmittaus

Tässä testiosiossa simuloidaan testattavan tuotteen ohjauksenmittausta ulkopuolisella jännitteellä. Testissä käytetään 10 V:n ja 24 V:n jännitteitä. Testi suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. 10 V:n jännite syötetään ODU:n riviliittimien 3 ja 4 välille. Jännitettä syötetään kuvassa 19 näkyvällä Fluke 743 prosessikalibraattorilla.
2. Kalibraattorista valitaan syötettävä jännite ja sen mittajohtimet asetetaan riviliittimille.
3. Kun jännite on syötetty riviliittimille se voidaan mitata VISA Assistant-ohjelmalla GPIB väylä 9:n kautta käskyllä 207. Jännitteen pitäisi olla 9,97 V:n–10,03 V:n väliltä.



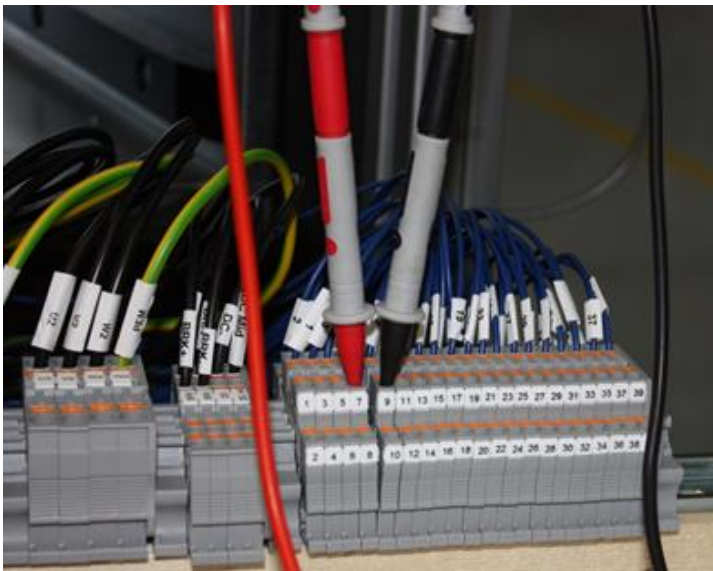
KUVA 19. Fluke 743 Prosessikalibraattori

Toinen testiosio suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Luodaan 24 V:n jännite ODU:n riviliittimien 10 ja 12 välille. Jännite täytyy ottaa testerin 2X24 riviliittimistä johtimien avulla, sillä prosessikalibraattori pystyy syöttämään DC-jännitettä vain 15 volttiin asti.
2. Kun jännite on kytketty se voidaan mitata käskyllä 208. Jännitteen pitäisi olla 23,97–24,03 V:n väliltä.
3. Mitatut jännitteet kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. (9, s. 35.)

6.10.5 Testattavan tuotteen analogisten output tasojen mittaus

Tässä testiosiossa testattavan tuotteen analogisia output signaaleja simuloidaan syöttämällä Fluke Prosessikalibraattorilla virtaa ODU:n riveille. Ensimmäisessä osiossa simuloidaan testattavan tuotteen AO1-signaalia syöttämällä virtaa riviliittimille 7 ja 9. Syötettävät virrat ovat 0 mA, 10 mA ja 20 mA. Virrat mitataan dataloggerilla käyttämällä VISA Assistant -ohjelmaa GPIB-väylän 9 kautta. Tulosten pitäisi olla 0–0,1 mA, 9,9–10,1 mA ja 19,9–20,1 mA väleiltä. AO1-signaalit mitataan käskyllä 221. Kuvassa 20 näkyy kuinka virtaa syötetään ODU:n riviliittimille.



KUVA 20. Virran syöttö ODU:n riveille

Toisessa osiossa simuloidaan testattavan tuotteen AO2-signaalia syöttämällä virtaa ODU:n riviliittimille 8 ja 9. Testaus suoritetaan samalla tavalla kuin osiossa yksi, mutta mittaus suoritetaan käskyllä 222. Tulosten pitäisi olla 0–0,1 mA, 9,9–10,1 mA ja 19,9–20,1 mA väleiltä. Dataloggerin antamat mittaustulokset näkyvät VISA Assistant -ohjelmassa ampeereina. Mitatut virrat kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. (9, s. 35.)

6.11 Keskimoottorien testaus

Keskimoottorien testaus suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Laitetaan päälle output-kanava 4, jolla testerissä oleva verkkovaihtosuuntaaja saadaan päälle.
2. Testerissä olevaa verkkovaihtosuuntaajaa ohjataan PC:llä taajuusmuuttajavalmistajan ohjelman avulla. Kun taajuusmuuttajaohjelma on avattu, asetetaan sille "Edit"-valikosta kommunikoinniksi COM-portti 10.
3. Molempien keskimootoreiden asetukset on ladattu valmiiksi ohjelmaan, joten ensimmäiseksi otetaan keskimootorin M7 asetukset käyttöön ohjelman kohdasta 96.11 "System". Asetukset pitävät sisällään nimellispyörimisnopeuden, nimellisvirran ja nimellistehon, jotka näkyvät ohjelmasta kohdasta 99 "Motor data". Taajuusmuuttajaohjelma näkyy kuvassa 21.



KUVA 21. Taajuusmuuttajavalmistajan ohjelman näkymä

4. Ohjelman kohdasta 95.1 "HW configuration" pitää varmistaa, että jännitealueeksi on asetettu 380–415 V.
5. Moottorin asetusten laittamisen jälkeen voidaan tarkastaa, että moottori-kaapelit on kytketty oikein, eli moottori pyörii oikeaan suuntaan.

6. Pienempi keskimoottori M7 saadaan päälle laittamalla joko outputkanava 10 tai 11 päälle. Kanava 10 ohjaa moottorin M1 kontaktorin kelan kiinni-asentoon, ja kanava 11 moottorin M2 kontaktorin kelan kiinni-asentoon. Keskimoottori saadaan siis päälle vain, jos jommankumman päätymoottorin ohjaus on päällä.
7. Kun keskimoottorin M7 ohjaus on päällä, taajuusmuuttajaohjelmassa ylhäällä olevan ohjauspaneelin (kuva 22) "reference"-kenttään asetetaan moottorin kierrosmääräksi 50 RPM, ja painetaan paneelissa olevaa "Start"-nappia, jolla moottori saadaan päälle, sekä sen pyörimissuunta voidaan tarkastaa. Jos pyörimissuunta on oikea, merkataan tarkastuspöytäkirjaan "OK".



KUVA 22. Taajuusmuuttajaohjelman ohjauspaneeli (11.)

8. Moottorin pyörimissuunnan toteamisen jälkeen moottori voidaan pysäyttää "Stop"-nappia painamalla.
9. Seuraavaksi moottorille suoritetaan ID-ajo valitsemalla se taajuusmuuttajaohjelman kohdasta 99.
10. Kun ID-ajo on valittu, painetaan "Start"-nappia, ja odotetaan, että moottori on suorittanut ajon.
11. ID-ajon jälkeen ohjauspaneeliin asetetaan kierrosmääräksi 1500 RPM ja moottori käynnistetään "Start"-napilla.
12. Moottorin ollessa käynnissä voidaan taajuusmuuttajaohjelman kohdasta 1 "Actual values" katsoa moottorin tyhjäkäyntivirta. Tyhjäkäyntivirtaa selvittäessä moottorin pyörimisnopeuden pitää olla 1500 RPM ilman kuormaa. Tyhjäkäyntivirran pitäisi olla noin 30–50 prosenttia moottorin nimellisvirrasta, ja se täytyy selvittää jokaiselta moottorilta, sekä kirjata tarkastuspöytäkirjaan.

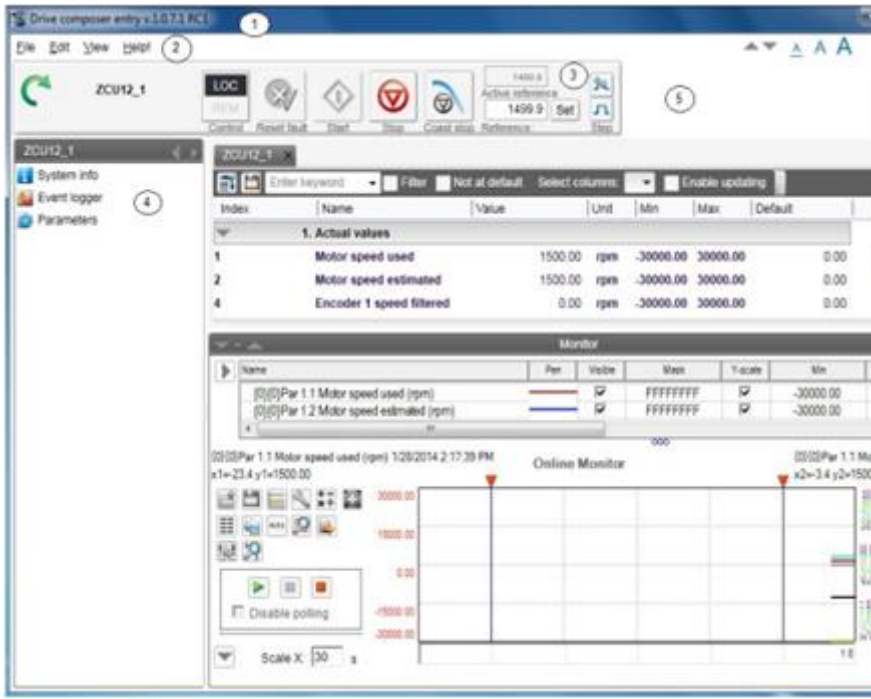
13. Tyhjäkäyntivirran selvittämisen jälkeen moottori voidaan sammuttaa ja output-kanava laittaa pois päältä. Testerin sisällä oleva moottoripeti näkyy kuvassa 23.



KUVA 23. Moottoripeti

Keskimoottori M8 testataan samalla tavalla kuin ensimmäinen keskimoottori, mutta moottori saadaan päälle laittamalla joko output-kanava 12 tai kanava 13 päälle. Kanava 12 ohjaa moottorin M3 kontaktorin kelaa, ja kanava 13 ohjaa moottorin M4 kontaktorin kelaa. Kun moottoria ajetaan 1500 RPM:n kierroksilla sillä testataan samalla keskimoottorien kommunikoinnin toiminta. Kommunikointi testataan seuraavassa järjestyksessä:

1. Avataan taajuusmuuttajaohjelman monitori, joka näkyy kuvassa 24.



KUVA 24. Taajuusmuuttajaohjelman Online Monitor -näkö (11.)

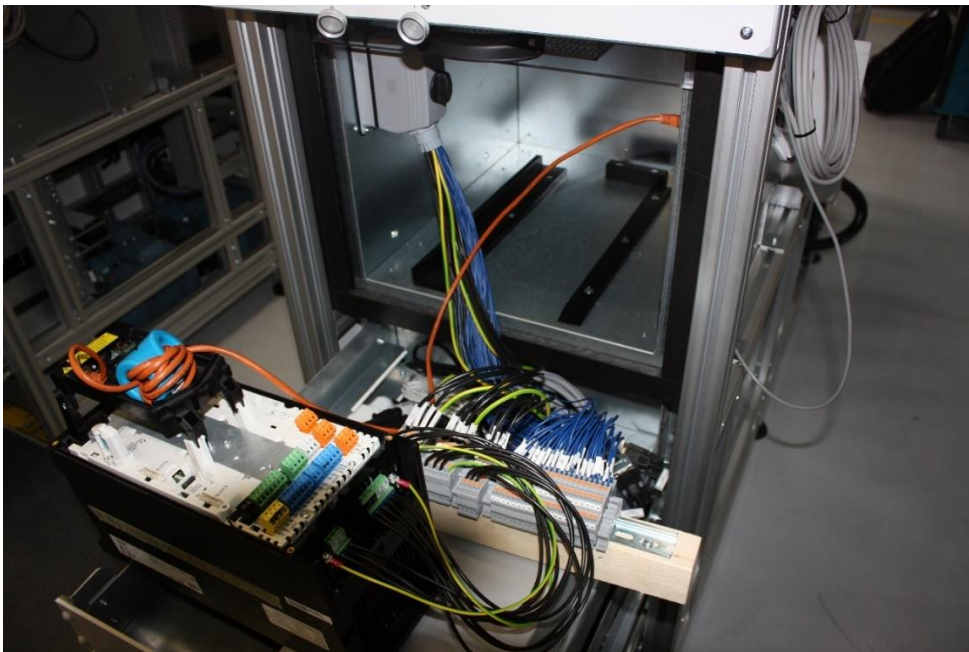
2. Monitoriin otetaan seurattaviksi arvoiksi moottorin pyörimisnopeus, virta ja teho.
3. Kommunikoinnin testaus tehdään moottorin pyörimissuuntaa vaihtamalla ja monitorin näkymää tarkkailemalla. Pyörimissuunta vaihdetaan kirjoittamalla ohjauspaneelin kierrosmääräksi -1500 RPM. Pyörimissuunta vaihdetaan toisen kerran kirjoittamalla kierrosmääräksi 1500 RPM.
4. Pyörimissuuntaa vaihdetaan muutaman kerran, ja tarkkaillaan, että pätkiikö monitorin näkymä.
5. Jos kommunikointi on kunnossa, tarkastuspöytäkirjaan merkitään testerin verkkovaihtosuuntaajaan tyyppi sekä sen kohdalle merkitään "OK". (9, s. 38.)

6.12 Päätymoottorien y-kytkentöjen testaus

Ennen kuin moottoreita laitetaan päälle, täytyy moottoreiden lämpöreleiden asetusarvot tarkastaa. Asetusarvot katsotaan moottorin kilpiarvoista ja kun asetukset ovat kunnossa, merkataan tarkastuspöytäkirjaan "OK". (9, s. 37)

Testaus suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Kytetään testauksessa käytettävä taajuusmuuttaja ODU:n riviliittimille ja sen RS485-kommunikointikaapeli uunin kyljessä olevaan liittimeen. Testauksessa käytetään 400 V:n taajuusmuuttajaa, sillä moottoreiden syöttöjännite y-kytkennällä on 400 V.
2. Taajuusmuuttaja saadaan päälle laittamalla output-kanava 4 päälle.
3. Avataan taajuusmuuttajaohjelma, ja vaihdetaan kommunikoinniksi COM-portti 8, jotta saadaan yhteys oikeaan taajuusmuuttajaan. Kuvassa 25 näkyy testauksessa käytetty taajuusmuuttaja kytkettynä ODU:n riveille.



KUVA 25. Taajuusmuuttaja kytkettynä ODU:n riviliittimille

4. Moottorien testaus aloitetaan pienimmästä päätymoottorista, joka on moottori M1. Moottori saadaan päälle valitsemalla output-kanavat 10 ja

41. Kanava 41 ohjaa moottori M1:n y-kytkennän kontaktorin kelaa. Kuvassa 26 näkyvät moottorien kontaktorit sekä y- ja d-kytkentöjen kontaktorit ja lämpöreleet.



KUVA 26. Moottorien kontaktorit

5. Taajuusmuuttajaohjelmassa asetetaan moottorin M1 kilpiarvoista nimellisyörimisnopeus, -virta ja teho "motor data"-kohtaan.
6. Asetetaan kierrosmääräksi 50 RPM, ja painetaan "start"-nappia, sekä tarkistetaan moottorin pyörimissuunta.
7. Jos pyörimissuunta on oikea, merkataan tarkastuspöytäkirjaan "OK", ja vaihdetaan kierrosmääräksi 1500 RPM.
8. Kun moottori pyörii 1500 RPM:n kierroksilla voidaan sen tyhjäkäyntivirta katsoa taajuusmuuttajaohjelmasta, ja merkata se tarkastuspöytäkirjaan.
9. Tyhjäkäyntivirran mittauksen jälkeen moottori sammutetaan, ja outputkanavat laitetaan kiinni.

Loput kolme päätymoottoria testataan samalla tavalla. Jokaisen moottorin kilpiarvot täytyy asettaa taajuusmuuttajaohjelmaan, ja oikeat moottorin ja y-kytkennän kanavat laittaa päälle ennen moottorin käynnistystä.

Suurimmalla päätymoottorilla, joka on moottori M4, testataan COM 8-portin kommunikointi. Kommunikointi testataan samalla tavalla kuin keskimoottorien

kommunikoinnin testaus. Jos kommunikointi on kunnossa, tarkastuspöytäkirjaan merkitään ”OK”, ja käytetyn taajuusmuuttajan tyyppi.

6.13 Agilent:in Dataloggerin 1 kortin testaus

Testin tarkoituksena on tarkastaa, että mittauskanavat on kytketty oikein ja testattavan taajuusmuuttajan vaiheiden virtamittaus antaa oikean tuloksen PC:lle. Testissä suurimpia päätymoottoreita M3 ja M4 pyöritetään 1500 RPM:n kierroksilla ja testattavan taajuusmuuttajan vaiheiden virtoja mitataan dataloggerilla ja pihtimittarilla. Pihtimittauksella varmistetaan, että dataloggerin antamat mittaus tulokset ovat oikein. Kaikki testissä mitatut virrat ja jännitteet merkataan tarkastuspöytäkirjaan. (9, s. 17.)

Testaus suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Asetetaan taajuusmuuttajaohjelmaan moottorien M3 ja M4 yhteenlaske-
tut virta- ja tehoarvot. Arvot asetetaan ohjelman kohtaan 99 ”Motor data”.
Pyörimisnopeudeksi asetetaan 1500 RPM.
2. Laitetaan output-kanava 4 päälle, jotta taajuusmuuttajaan saadaan jänni-
te.
3. Moottoreita M3 ja M4 ohjaavien kontaktorien kelat saadaan kiinni-
asentoon laittamalla kanavat 13 ja 14 päälle, sekä niiden y-kontaktorien
kelat saadaan kiinni-asentoon laittamalla kanavat 45 ja 47 päälle.
4. Kun moottorien ohjaukset on saatu päälle, käynnistetään moottorit
”Start”-napista, ja avataan VISA Assistant -ohjelma.
5. Vaiheiden mittaus aloitetaan taajuusmuuttajan tulopuolen vaiheesta U1.
Vaiheen virta mitatetaan dataloggerilla käskyllä 101 ja pihtimittarilla etu-
levyssä olevan virtamuuntimen 2L1 kohdalta. Virtamuuntimet näkyvät
kuvassa 27. Tulopuolen virtojen pitäisi olla 2,6–3,6 A:n väliltä.



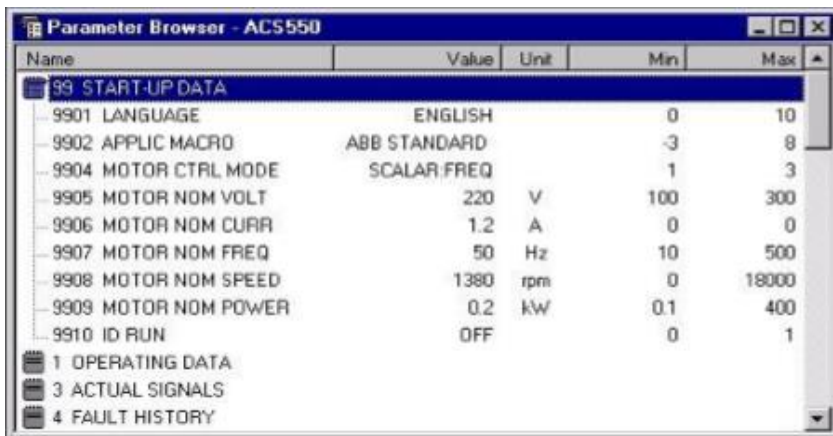
KUVA 27. Vaiheiden virran mittaus pihtimittarilla

6. V1 mitataan käskyllä 102 ja virtamuuntimelta 2L2.
7. W1 mitataan käskyllä 103 ja virtamuuntimelta 2L3.
8. Taajuusmuuttajan lähtöpuolen vaihe U2 mitataan käskyllä 104 ja virtamuuntimelta 2L4. Lähtöpuolen virtojen pitäisi olla 3,7–4,3 A:n väliltä.
9. Vaihe V2 mitataan käskyllä 105 ja virtamuuntimelta 2L5.
10. Vaihe W2 mitataan käskyllä 106 ja virtamuuntimelta 2L6.
11. Lopuksi mitataan vielä RS485-kommunikaation jännite käskyllä 109 ja yleismittarilla testerissä olevan optoerottimen 2WI1 liittimistä 3 ja 4. Optoerottimen tarkoituksena on suojata dataloggeria liian suurilta virroilta. Tuloksen pitäisi olla noin 16 V.

6.14 Päämoottorien d-kytkentöjen testaus

Testerillä voidaan testata myös 230 V:n syöttöjännitteisiä taajuusmuuttajia. Kun käytetään 230 V:n taajuusmuuttajaa, käytetään moottorien d-kytkentöjä. Testaus suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Kytetään 230 V:n taajuusmuuttaja ODU:n riviliittimille, ja RS232-kommunikointikaapeli uunin kyljessä olevaan liittimeen.
2. Laitetaan output-kanava 7 päälle, joka ohjaa 230 V:n jännitesyötön kontaktorin kelan kiinni-asentoon, ja taajuusmuuttaja saadaan päälle.
3. Avataan ohjelma, jolla taajuusmuuttajaa voidaan ohjata, ja vaihdetaan sen asetuksista kommunikoinniksi COM 2-portti.
4. Päätymoottorit testataan aloittaen pienimmästä päätymoottorista M1. Moottorin M1 nimellispyörimisnopeus, -virta ja -teho syötetään taajuusmuuttajaohjelman kohtaan 99 "Start-up data", jonka näkymä on kuvassa 28.



| Name | Value | Unit | Min | Max |
|----------------------|--------------|------|-----|-------|
| 99 START-UP DATA | | | | |
| 9901 LANGUAGE | ENGLISH | | 0 | 10 |
| 9902 APPLIC MACRO | ABB STANDARD | | -3 | 8 |
| 9904 MOTOR CTRL MODE | SCALAR FREQ | | 1 | 3 |
| 9905 MOTOR NOM VOLT | 220 | V | 100 | 300 |
| 9906 MOTOR NOM CURR | 1.2 | A | 0 | 0 |
| 9907 MOTOR NOM FREQ | 50 | Hz | 10 | 500 |
| 9908 MOTOR NOM SPEED | 1380 | rpm | 0 | 18000 |
| 9909 MOTOR NOM POWER | 0.2 | kW | 0.1 | 400 |
| 9910 ID RUN | OFF | | 0 | 1 |
| 1 OPERATING DATA | | | | |
| 3 ACTUAL SIGNALS | | | | |
| 4 FAULT HISTORY | | | | |

KUVA 28. Taajuusmuuttajaohjelman näkymä (12.)

5. Moottori M1 saadaan päälle output-kanavilla 10 ja 40. Kanava 40 ohjaa moottorin M1 d-kytkennän kontaktorin kelaa.
6. Kun kanavat 10 ja 40 ovat päällä, taajuusmuuttajaohjelman ohjauspaneelissa (kuva 29) olevaan kenttään asetetaan taajuudeksi 5 Hz ja moottorin laitetaan päälle "start"-napista sekä tarkastetaan moottorin pyörimissuunta.



KUVA 29. Taajuusmuuttajaohjelman ohjauspaneeli (12.)

7. Jos pyörimissuunta on oikea, merkataan se tarkastuspöytäkirjaan. Myös muista moottoreista testataan pyörimissuunnat samalla tavalla ja kirjataan tarkastuspöytäkirjaan, jos moottorit pyörivät oikeaan suuntaan.
8. Suurimmalla päätymoottorilla M4 testataan RS232-kommunikointi. Ohjelman kohdasta 1 "operating data" viedään monitorille seurattaviksi arvoiksi moottorin virta, pyörimisnopeus ja DC-jännite.
9. Ohjauspaneelin kenttään syötetään taajuudeksi 50 Hz:iä, ja moottori laitetaan päälle.
10. Moottorille tehdään muutama suunnanvaihto painamalla ohjauspaneelissa olevista nuoli-napeista, jolla moottorin suunta saadaan vaihdettua.
11. Monitorin näkymää seurataan suunnanvaihtojen yhteydessä, ja tarkastetaan, että monitorilla näkyvät virta-, pyörimisnopeus- ja DC-jännitekäyrät eivät pätki.
12. Tarkastuspöytäkirjaan merkitään käytettävän taajuusmuuttajan tyyppi, ja sen kohdalle merkataan että kommunikointi on "OK".
13. Lopuksi mitataan RS232-kommunikoinnin jännitteet dataloggerilla käskyillä 107 ja 108 sekä optoerottimien 2WI1 ja 2WI2 liittimistä 3 ja 4. Käskyillä 107 mitatun jännitteen pitäisi olla noin 2,5 V ja käskyillä 108 mitatun jännitteen noin 25 V.

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tuotantotesterin sähköinen koestus ja siitä tehtävä työohje. Työohjeen tarkoitus on auttaa uusien koestajien koulutusta. Työn pohjana oleva tuotantotesterin koestus suoritettiin Elkome Installaatiot Oy:n tiloissa Hyvinkäällä. Käyttöönottotarkastukset tehtiin täysin koestuksesta vastaavan henkilön neuvojen avulla ja toiminnallisuustarkastukset tehtiin sekä koestuksesta vastaavan henkilön neuvojen avulla että Elkome Installaatioiden FAT-pöytäkirjassa olevien testien perusteella. Yhden tuotantotesterin koestus kesti keskimäärin yhden työpäivän, riippuen testerin asennuksessa tehdyistä kytkentävirheistä. Monissa testereissä kytkentävirheiden etsiminen tuottikin suuria ongelmia, varsinkin jos virheet oli tehty kommunikointien kytkennässä tai moottori-kaapelien kytkennässä. Eniten virheitä esiintyi sähkölaitteiden ja I/O-releiden välisissä kytkennöissä, joista virheiden paikallistaminen ei ollut kuitenkaan vaikeaa.

Koestamisohjetta tehtiin samaan aikaan, kun testereitä koestettiin. Haastavinta ohjeen teossa oli sopivan koestusjärjestyksen löytäminen ja koestussuoritusten sanoiksi pukeminen. Järjestys pyrittiin tekemään sellaiseksi, että koestus sujuu mahdollisimman joutuisasti ilman, että eri syöttöjännitteellä olevia taajuusmuuttajia joutuisi kytkemään testeriin edestakaisin. Monet mittaussuoritukset vaativat useiden mittalaitteiden käyttöä ja sähkölaitteiden, esimerkiksi kontaktorien tai releiden, tilojen seuraamista, jonka kertominen ohjeeseen ymmärrettävästi, tuotti ongelmia. Ohjeessa joistakin mittauksista kerrottiinkin muutamia esimerkkejä mittaussuorituksen havainnollistamiseksi.

Ohjeen tekeminen onnistui ilman suurempia ongelmia, sillä monet mittaukset löytyivät Elkome Installaatioiden FAT-pöytäkirjasta. Pöytäkirjassa ei kuitenkaan selitetty tarkemmin, miten mittaus suoritettiin tai mitkä olivat mittauksien raja-arvot. Koestustilanteessa ja mittauksissa suurena apuna oli Elkome Installaatioiden Joakim Westlin, joka opasti, miten ja mistä mittaukset suoritettiin. Loppu-

tuloksena syntynyt koestusohje on tarpeeksi kattava ja turvallinen tuotantotestereiden sähköiseen koestukseen.

LÄHTEET

1. Talvio, Antti 2017. Re: Kysymyksiä testeristä. Sähköpostiviesti. 17.2.2017.
2. SFS-EN 50191. 2011. Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
3. Erkinheimo, Harri – Käyhkö, Kalevi – Niemelä, Hannu – Pullola, Erkki – Saloriutta, Juha – Tuomainen, Martti 1997. Taajuusmuuttajat. Espoo: Sähköinfo Oy.
4. Farin, Juho – Peltonen, Lasse – Pykälä, Marja-Leena – Uski-Joutsenvuo, Sanna 2009. Taajuusmuuttajien rakenne, mitoitus ja säätö generaattori-käytöissä. Espoo: VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2009/TAMU-loppuraportti.pdf>. Hakupäivä 24.1.2017.
5. Hietanen, Tero 2006. TL121105 Automaatiotekniikka 1 5op. Syksy 2009. Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö. Saatavissa: http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2006u.htm. Hakupäivä 24.1.2017.
6. Kauppila, Juha – Tiainen, Esa – Ylinen, Timo 2009. Sähköasennukset 3. Espoo: Sähkö- ja Teleurakoitsijaliitto STUL ry.
7. Metrel 2002. Multiservicer MI 2170 user manual. Ljubljanska: Metrel. Saatavissa: http://www.metrel.si/fileadmin/BAZA_od_Damijan_Dolinar/Metrel/Navodila_instrumentov/Instruments/MI_2170_MultiServicer/Ang/MI_2170_Multiserviser_HW2_ANG_Ver_1.8_20_750_505.pdf. Hakupäivä 26.1.2017.
8. Virtuaali ammattikorkeakoulu. Suojajohtimien jatkuvuus. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133714588/1134134045570.html>. Hakupäivä 31.1.2017.
9. Westlin, Joakim – Talvio, Antti 2016. FAT TEST PLAN. Elkome Installaatiot Oy.

10. Advantech. ADAM-4021, 1-ch Analog Output Module. Saatavissa:
http://www.advantech.com/products/gf-5vtd/adam-4021/mod_f2ece6e5-92c8-486e-954f-241fd67f7c78. Hakupäivä 7.2.2017.
11. ABB. 2015. User's manual, Start-up and maintenance PC tool, Drive composer. Saatavissa:
https://library.e.abb.com/public/34e57b09bbe3424289dc93b2a3573df6/EN_DriveCompPC-tool_UM_J_A4.pdf. Hakupäivä 10.2.2017.
12. ABB. 2013. Drive Window Light 2 user's manual. Saatavissa:
<https://library.e.abb.com/public/da2ba2a5664bfb36c1257caf0028049a/Users-Guide.pdf>. Hakupäivä 13.2.2017.



FAT TEST PLAN

Document information:

Customer:

Project:

Project number:

Version: 1.4, 24.3.2016

File: FAT-Test Plan

Author: J. Westlin, A. Talvio,

Status: Ready

Digital I/O Testing

The following table lists the input and output channels.

- *Output channel* column tells the digital output channel which was turned on and off to initiate the test case.
- *Output Opto* channel shows the LED which turned on and therefore corresponds to the output channel.
- *Input Opto* channel shows the LED which turned on as a response to the output turned on.
- *Input Channel* gives the digital input channel which changed state as a response to the output turned on.
- *Remarks* channel gives a verbal description of the signal and observed effect.
- *Checked* shows is that channel gone trough on both BICs.

During the test there isn't allowed to be DUT inside the test cabinet. This prevents any unwanted functions of testers.

Testing has been done with Advantech Device Manager software. The normal procedure in this test is to put the output relay to ON state. After that it's essential to check visually that correct relay, contactor and other actuators are changed their state. It's also important to check that feedback signal comes from right input optos to the right channel in PC.

Table. Output and input channels

| Test case: | Output Channel: | Output Relay: | Input Opto: | Input Channel: | Remarks: | Checked: |
|------------|-----------------|---------------|-------------|----------------|---------------------------------|----------|
| 1.2.1 | 0 | 2K200 | - | - | Red light | |
| 1.2.2 | 1 | 2K201 | - | - | Green light | |
| 1.2.3 | 2 | 2K202 | - | - | Yellow light | |
| 1.2.4 | 3 | 2K203 | - | - | Blue light | |
| 1.2.5 | 4 | 2K204 | 2K400 | 0 | 400-470V 10A select, 1K30 | |
| 1.2.6 | 5 | 2K205 | 2K401 | 1 | 400-470V 16A select, 1K31 | |
| 1.2.7 | 6 | 2K206 | - | 2 | Reserve | |
| 1.2.8 | 7 | 2K207 | 2K403 | 3 | 230V 10A, 1K33 | |
| 1.2.9 | 8 | 2K208 | 2K404 | 4 | 230V 16A, 1K34 | |
| 1.2.10 | 9 | 2K209 | - | - | Reserve | |
| 1.2.11 | - | - | 2K406 | 6 | CB & OFM ok | |

| | | | | | | |
|--------|----|-------|-------|----|------------------------------|--|
| 1.2.12 | 10 | 2K210 | 2K407 | 7 | M1 on, 3K1 | |
| 1.2.13 | 11 | 2K211 | 2K408 | 8 | M2 on, 3K2 | |
| 1.2.14 | 12 | 2K212 | 2K409 | 9 | M3 on, 3K3 | |
| 1.2.15 | 13 | 2K213 | 2K410 | 10 | M4 on, 3K4 | |
| 1.2.16 | 14 | 2K214 | - | 11 | Reserve | |
| 1.2.17 | 15 | 2K215 | - | 12 | Reserve | |
| 1.2.18 | - | - | 2K413 | 13 | Fire Alarm | |
| 1.2.19 | - | - | 2K414 | 14 | Reserve | |
| 1.2.21 | 16 | 2K216 | - | - | Reserve | |
| 1.2.22 | 17 | 2K217 | - | - | Reserve | |
| 1.2.23 | 18 | 2K218 | 2K415 | 15 | U2 Grounding, 3K20 | |
| 1.2.24 | 19 | 2K219 | 2K416 | 16 | V2 Grounding, 3K21 | |
| 1.2.25 | 20 | 2K220 | 2K417 | 17 | W2 Grounding, 3K22 | |
| 1.2.26 | 21 | 2K221 | 2K418 | 18 | U2+V2+W2 Short Circuit, 3K23 | |
| 1.2.27 | 22 | 2K222 | 2K419 | 19 | Brake | |

| | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| | | | | | Chopper 78 ohm, 3K25 | |
| 1.2.28 | 23 | 2K223 | 2K420 | 20 | Brake Chopper 210 ohm, 3K26 | |
| 1.2.29 | 24 | 2K224 | 2K421 | 21 | Brake Chopper Reserve 3K27 | |
| 1.2.30 | 25 | 2K225 | - | - | Brake Chopper RESERVE | |
| 1.2.31 | 26 | 2K226 | 2K423 | 23 | DC dis- charge 100 ohm, 2K40 | |
| 1.2.32 | - | - | 2K424 | 24 | Thermal overload, Y | |
| 1.2.33 | - | - | 2K425 | 25 | Thermal overload, D | |
| Test case: | Output Channel: | Output Relay: | Input Opto: | Input Channel: | Remarks: | Checked: |
| 1.2.34 | 27 | 2K227 | - | - | Reserve output | |

| | | | | | | |
|--------|----|-------|-------|----|------------------------|--|
| 1.2.35 | - | - | 2K426 | 26 | Door closed | |
| 1.2.36 | 28 | 2K228 | - | - | Reserve | |
| 1.2.37 | - | - | 2K428 | 28 | Palette in place | |
| 1.2.38 | - | - | 2K429 | 29 | ODU loop | |
| 1.2.39 | 29 | 2K229 | 2K430 | 30 | DC Supply on, 2K24 | |
| 1.2.40 | 30 | 2K230 | 2K431 | 31 | STO 1 | |
| 1.2.41 | 31 | 2K231 | 2K432 | 32 | STO 2 | |
| 1.2.42 | 38 | 2K238 | - | - | Reserve output | |
| 1.2.43 | 39 | 2K239 | 2K433 | 33 | Common DC Supply, 2K41 | |
| 1.2.44 | 40 | 2K240 | 2K434 | 34 | Motor 1/D, 3KD1 | |
| 1.2.45 | 41 | 2K241 | 2K435 | 35 | Motor 1/Y, 3KY1 | |
| 1.2.46 | 42 | 2K242 | 2K436 | 36 | Motor 2/D, 3KD2 | |
| 1.2.47 | 43 | 2K243 | 2K437 | 37 | Motor 2/Y, | |

| | | | | | | |
|--------|----|-------|-------|----|----------------------|--|
| | | | | | 3KY2 | |
| 1.2.48 | 44 | 2K244 | 2K438 | 38 | Motor 3 / D, 3KD3 | |
| 1.2.49 | 45 | 2K245 | 2K439 | 39 | Motor 3 / Y, 3KY3 | |
| 1.2.50 | 46 | 2K246 | 2K440 | 40 | Motor 4 / D, 3KD4 | |
| 1.2.51 | 47 | 2K247 | 2K441 | 41 | Motor 4 / Y, 3KY4 | |
| 1.2.52 | 48 | 2K248 | - | - | Motor RE- SERVE | |
| 1.2.53 | 49 | 2K249 | - | - | Motor RE- SERVE | |
| 1.2.54 | 50 | 2K250 | - | - | Motor RE- SERVE | |
| 1.2.55 | 51 | 2K251 | - | - | Motor RE- SERVE | |
| 1.2.56 | - | - | 2K446 | 46 | Reserve input | |
| 1.2.57 | - | - | 2K447 | 47 | Reserve input | |
| 1.2.58 | 52 | 2K252 | - | - | Overheat | |

| | | | | | | |
|--------|----|-------|---|---|----------------------|--|
| | | | | | Fan | |
| 1.2.59 | 53 | 2K253 | - | - | Siren, audible sound | |
| 1.2.60 | 54 | 2K254 | - | - | Lock door | |
| 1.2.61 | 55 | 2K255 | - | - | Reserve output | |
| 1.2.62 | 56 | 2K256 | - | - | Reserve output | |
| 1.2.63 | 57 | 2K257 | - | - | Reserve output | |
| 1.2.64 | 58 | 2K258 | - | - | Reserve output | |
| 1.2.65 | 59 | 2K259 | - | - | Reserve output | |
| 1.2.66 | 60 | 2K260 | - | - | Reserve output | |
| 1.2.67 | 61 | 2K261 | - | - | Reserve output | |
| 1.2.68 | 62 | 2K262 | - | - | Reserve output | |
| 1.2.69 | 63 | 2K263 | - | - | Reserve output | |

DUT Feedback Channels From ODU-MAC

Following table lists test cases for DUT channels which are mapped to digital input channels. In this test the DUT should be in the test cabinet. If the DUT's haven't enough DO's (digital outputs) or RO's (relay outputs) then those signals must simulate with external 24VDC power. This external power 24VDC supply will be connected to the terminals (24VDC+ to 2XC4.1:10 and 24VDC- to 2X4:12).

- *Supply Pin* column gives the 2XC4 terminal which was used to supply +24V to the test case
- *Pin* column gives the 2XC4 terminal where signal can be checked
- *Description* columns shows the signal name which is tested
- *Output channel* column tells the digital output channel which was turned on and off to initiate the test case.
- *Output Opto* channel shows the LED which turned on and therefore corresponds to the output channel.
- *Input channel* column shows which digital input channel changed state
- *Checked* shows is that channel gone trough

Table. DUT channels

| Test case : | Supply Pin +24VDC | Pin: | Description: | Output Relay: | Output channel: | Input channel: | Checked: |
|-------------|-------------------|------|--------------|---------------|-----------------|----------------|----------|
| 1.3.1 | 28 | 29 | DOUT | - | - | 48 | |
| 1.3.2 | | 30 | DOGND | - | - | 49 | |
| 1.3.3 | 31 | 32 | DOUT2 | - | - | 50 | |
| 1.3.4 | | 33 | DOGND2 | - | - | 51 | |
| 1.3.5 | 19 | 20 | RONC | - | - | 52 | |
| 1.3.6 | | 21 | RONO | - | - | 53 | |
| 1.3.7 | 22 | 23 | RONC2 | - | - | 54 | |
| 1.3.8 | | 24 | RONO2 | - | - | 55 | |
| 1.3.9 | 25 | 26 | RONC3 | - | - | 56 | |
| 1.3.10 | | 27 | RONO3 | - | - | 57 | |
| 1.3.11 | 10 | 13 | DUT DI1 | 2K232 | 32 | - | |
| 1.3.12 | | 14 | DUT DI2 | 2K233 | 33 | - | |
| 1.3.1 | | 15 | DUT DI3 | 2K234 | 34 | - | |

| | | | | | | | |
|------------|--|----|---------|-------|----|---|--|
| 3 | | | | | | | |
| 1.3.1 4 | | 16 | DUT DI4 | 2K235 | 35 | - | |
| 1.3.1 5 | | 17 | DUT DI5 | 2K236 | 36 | - | |
| 7.3.1 6 | | 18 | DUT DI6 | 2K237 | 37 | - | |

System Testers Crosslock Testing

The BIC testers have some crosslocks to prevent illegal functions. If some of cross-locked controls are ON then other cross-locked controls must be prohibited.

Test will be performed by manually to put cross-locked controls ON/OFF –state and visually and electrically checked that the system works right. This test must be done without any power in main circuit and without DUT in test cabinets!

Cross-locked control circuits are as follows:

- Test Case 1.4.1.x: Contactors 1K30 – 1K34: AC supply test 1
- Test Case 1.4.2.x: Contactors 1K30 – 1K34: AC supply test 2
- Test Case 1.4.3.x: Contactor 2K40: Discharge resistor
- Test Case 1.4.4.x: Contactor 2K24: DC supply
- Test Case 1.4.5.x: Contactor 2K41: Common DC supply
- Test Case 1.4.6.x: Fire Alarm test

Test is done by trying to put contactors illegally to ON-state. The crosslock circuit functionality is ok when:

1. The contactors doesn't turn on when crosslock conditions are in force.
2. When those conditions aren't in force, the contactors turn their state ON.

| Test case: | Output channel: | Description: | 2K41 state: CH:39 (Comm. DC-supply) | 2K24 state: CH:29 (DC-supply) | 2K40 state: CH:26 (Disch. resistor) | Controlled contactor state should be: | Controlled contactor state is: |
|------------|-----------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1.4.1.9 | 7 | Try turn on 1K33 (230V 10A) | ON | OFF | OFF | OFF | |
| 1.4.1.10 | 7 | -- " -- | OFF | ON | OFF | OFF | |
| 1.4.1.11 | 7 | -- " -- | OFF | OFF | ON | OFF | |
| 1.4.1.12 | 7 | -- " -- | OFF | OFF | OFF | ON | |
| | | | | | | | |
| 1.4.1.13 | 8 | Try turn on 1K34 (230V 16A) | ON | OFF | OFF | OFF | |
| 1.4.1.14 | 8 | -- " -- | OFF | ON | OFF | OFF | |
| 1.4.1.15 | 8 | -- " -- | OFF | OFF | ON | OFF | |
| 1.4.1.16 | 8 | -- " -- | OFF | OFF | OFF | ON | |

AC supply test 2

In this test it will be checked that the different main voltage (230VAC and 470VAC) selections cannot be ON in the same time. The test table is split for two sections. In the first section is listed the 230VAC crosslocks and in the second section is listed the 470 crosslocks.

| Table. Crosslock Test – AC Supply test 2 - 230VAC | | | | | | |
|---|-----------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Test case: | Output channel: | Description: | 1K33 state: CH:7 (230V 10A) | 1K34 state: CH:8 (230V 16A) | Controlled contactor state should be: | Controlled contactor state is: |
| 1.4.2.1 | 4 | Try turn on 1K30 (400V-470V 10A) | ON | OFF | OFF | |
| 1.4.2.2 | 4 | -- " -- | OFF | ON | OFF | |
| 1.4.2.3 | 4 | -- " -- | OFF | OFF | ON | |
| 1.4.2.4 | 5 | Try turn on 1K31 (400V-470V 16A) | ON | OFF | OFF | |
| 1.4.2.5 | 5 | -- " -- | OFF | ON | OFF | |
| 1.4.2.6 | 5 | -- " -- | OFF | OFF | ON | |

| Table. Crosslock Test – AC Supply test 2 - 470VAC | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Test case: | Output channel: | Description: | 1K30 state: CH:4 (470V 10A) | 1K31 state: CH:5 (470V 16A) | Controlled contactor state should be: | Controlled contactor state is: |
| 1.4.2.7 | 7 | Try turn on 1K33 (230V 10A) | ON | OFF | OFF | |
| 1.4.2.8 | 7 | -- “ -- | OFF | ON | OFF | |
| 1.4.2.9 | 7 | -- “ -- | OFF | OFF | ON | |
| | | | | | | |
| 1.4.2.10 | 8 | Try turn on 1K34 (230V 16A) | ON | OFF | OFF | |
| 1.4.2.11 | 8 | -- “ -- | OFF | ON | OFF | |
| 1.4.2.12 | 8 | -- “ -- | OFF | OFF | ON | |

Discharge resistor test

In this test it will be checked that discharge resistors selection cannot be ON in the same time of DC-supply or AC-supply selections.

| Table. Crosslock Test – Discharge resistors | | | | | | | |
|---|-----------------|------------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Test case: | Output channel: | Description: | One of CH:4 (400VA C - 470VA C) or CH:7 (230VA C) | 2K24 state: CH:29 (DC-supply) | 2K41 state: CH:39 (Comm. DC-supply) | Controlled contactor state should be: | Controlled contactor state is, SBS: |
| 1.4.3.1 | 26 | Try turn on 2K40 (Disch. resistor) | ON | OFF | OFF | OFF | |
| 1.4.3.2 | 26 | -- " -- | OFF | ON | OFF | OFF | |
| 1.4.3.3 | 26 | -- " -- | OFF | OFF | ON | OFF | |
| 1.4.3.4 | 26 | -- " -- | OFF | OFF | OFF | ON | |

DC-supply test

In this test it will be checked that DC-supply selection cannot be ON in the same time of the discharge resistor or AC-supply selections.

Table. Crosslock Test – DC-supply

| Test case: | Output channel: | Description: | One of 1K30-1K34 | 2K40 state: CH:26 (Disch. resistor) | 2K41 state: CH:39 (Comm. DC-supply) | Controlled contactor state should be: | Controlled contactor state is, SBS: |
|------------|-----------------|------------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.4.4.1 | 29 | Try turn on 2K24 (DC-supply) | ON | OFF | OFF | OFF | |
| 1.4.4.2 | 29 | -- " -- | OFF | ON | OFF | OFF | |
| 1.4.4.3 | 29 | -- " -- | OFF | OFF | ON | OFF | |
| 1.4.4.4 | 29 | -- " -- | OFF | OFF | OFF | ON | |

Common DC-supply test

In this test it will be checked that DC-supply selection cannot be ON in the same time of the discharge resistor or AC-supply selections.

| Table. Crosslock Test – DC-supply | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Test case: | Output channel: | Description: | One of 1K3 0-1K3 4 | 2K40 state: CH:26 (Disch. resistor) | 2K24 state: CH:29 (DC-supply) | Controlled contactor state should be: | Controlled contactor state is, SBS: |
| 1.4.5.1 | 39 | Try turn on 2K41 (Comm. DC-supply) | ON | OFF | OFF | OFF | |
| 1.4.5.2 | 39 | -- " -- | OFF | ON | OFF | OFF | |
| 1.4.5.3 | 39 | -- " -- | OFF | OFF | ON | OFF | |
| 1.4.5.4 | 39 | -- " -- | OFF | OFF | OFF | ON | |

Fire alarm test

The purpose of this test is to be sure that fire alarm disconnects control voltages for contactors 1K30-1K34. The test has to be done as follows:

1. Turn On the output channel 4 (control for contactor 1K30)
2. Generate smoke from so called smoke pen
3. Check that the fire alarm goes on and control voltage for 1K30 turns off
4. Turn Off the output channel 4 (control for contactor 1K30)

| Test case: | Output channel: | Description: | Does the Fire alarm goes On? (Y/N) | Does the control for 1K30 goes Off? (Y/N) |
|------------|-----------------|--------------|------------------------------------|---|
| 1.4.6.1 | 4 | Turn on 1K30 | | |

BRK Outputs Testing

Purpose of this testing was to be sure that correct brake resistors were connected. The test was done as follows:

1. **Check that DUT isn't in the test cabinet**
2. Turn On wanted brk-resistor relay
3. Measure from ODU connector BRK+/DC+ and BRK- with digital multimeter that there exist the right ohm-value.

Following table lists test cases.

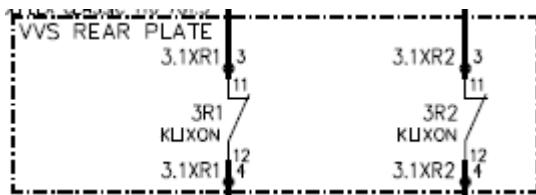
- *Output channel* column tells the digital output channel which was turned on and off to initiate the test case.
- *Measurement* shows the target ohmic value.
- *To Measured value* column is reserved for measured ohmic value.

| Table. BRK-Outputs | | | | |
|--------------------|-----------------|-------------------------|--------------|-----------------|
| Test case: | Output channel: | Description: | Measurement: | Measured value: |
| 1.5.1 | 22 | Turn on contactor 3K25 | Ca. 78 Ohm | |
| 1.5.2 | 23 | Turn on contactor 3K26 | Ca. 210 Ohm | |
| 1.5.3 | 24 | Turn on contactors 3K27 | RESERVE | |

BRK Klixon Testing

Purpose of this testing was to be sure that brake resistor’s in-build overheat protection works properly. The test was done as follows:

1. Disconnect from VVS Rear Plate the Klixon’s conduit from terminals 3.1XR1:3 and 3.1XR2:3 (see picture below (*Circuit Diagram, 26.9.2014, sheet 26*))



2. Try turn on contactor 3K25 and 3K26.
3. If connections are ok then the contactor shouldn’t turn to ON state.
4. Reconnect Klixon’s conduits to terminals 3.1XR1:3 and 3.1XR2:3

| Table. Klixon Testing | | | | |
|-----------------------|-----------------|------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Test case: | Output channel: | Description: | Controlled contactor state should be: | Controlled contactor state is: |
| 1.5.1.1 | 22 | Turn on contactor 3K25 | OFF | |
| 1.5.1.2 | 23 | Turn on contactor 3K26 | OFF | |

Discharge Resistor Output Testing

This test confirms that the right resistor is selected and it's ohmic resistance is correct. The test was done as follows:

1. Turn on Discharge Resistor's relay
2. Measure from ODU connector BRK+/DC+ and DC- with digital multimeter that there is right ohmic value.

Following table lists tests cases.

| Table. DC Discharge | | | |
|---------------------|--|--------------|-----------------|
| Output channel: | Description: | Measurement: | Measured value: |
| 26 | Turn on contactor 2K40 (Disch. resistor) | Ca. 100 Ohm | |

ADAM-4021 Testing

Purpose of the ADAM-4021 testing was to configure the modules appropriately (address and output range) and use them in a meaningful way from their intended purpose. Configuration and testing has been done with ADAM utility software.

NOTE! Close all other software to be sure that the COM-addresses are free for ADAM utility software. (COM7)

Table. List of ADAM-4021 modules

| Label: | Address: | Purpose: |
|--------|----------|----------------|
| 2A01 | 1 | 0-10V voltage |
| 2A02 | 2 | 0-20mA current |

Following table lists the test cases for measuring voltages generated by ADAM-4021 modules. Measurements have been taken between terminals 2XC4:2 and 2XC4:3 (AI1 and GND) with digital multimeter.

- *Source* column indicates used ADAM-module
- *Test voltage* column shows generated voltage.
- *Measured value* is for measured voltage value. The measured values must be near to the test voltage values.

Table. Voltage measurement

| Test case: | Source: | Test voltage: | Measured value: |
|------------|---------|---------------|-----------------|
| 1.7.1 | 2A01 | Generate 0V | |
| 1.7.2 | 2A01 | Generate 5V | |
| 1.7.2 | 2A01 | Generate 10V | |

Following table lists the test cases for measuring currents generated by ADAM-4021 modules. 2WI4 dipswitches need to be set correctly. Measurements have been taken as voltage readings between terminals 2XC4:5 and 2XC4:6 (AI2 and GND).

NOTE! The current measuring is possible to do like voltage measurements with normal DMM. In the currents measuring there aren't any need to use external resistors.

Table. Current measurement

| Test case: | Source: | Test current: | Measured value: |
|------------|---------|---------------|-----------------|
| 1.7.3 | 2A02 | Generate 0mA | |
| 1.7.4 | 2A02 | Generate 10mA | |
| 1.7.5 | 2A02 | Generate 20mA | |

DC Supply Testing

Testing has been done by controlling HP 6035A in local mode (from the front panel).

Following table lists the test cases for measuring voltages generated by HP 6035A when DC supply has been connected. Measurements have been taken between ODU's main circuit connectors U1 and V1.

- *Source* shows the DC supply power type
- *Test conditions* column tells the way how to test should do.
- *Measurement* column indicates target voltage value. It depends used digital multimeter's ability to measure the DC-voltages. **If possible and safe**, the voltage should be 500VDC.
- *Measured value* is for measured voltage value. The measured values must be near to the values shown in Measurement column.

Table. DC Supply test cases

| Test case: | Source: | Test conditions: CH:29 (DC-supply) | Measurement: | Measured value (between U1-V1):: |
|------------|-------------|---------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| 1.8.1 | HP 6035A | 2K24 On, Generate 0V | 0V | |
| 1.8.2 | HP 6035A | 2K24 On, Generate 250V | 250V | |
| 1.8.3 | HP 6035A | 2K24 On, Generate 345V | 345V | |
| 1.8.4 | HP 6035A | 2K24 Off, Generate 10V | 0V | |

Following table lists the test cases for measuring voltages generated by HP 6035A when common DC supply has been connected. Measurements have been taken between ODU's main circuit connectors BRK+(DC+) and BRK-.

Table. Common DC Supply test cases

| Test case: | Source: | Test conditions: CH:39 (Comm. DC-supply) | Measurement: | Measured value (between BRK+ - BRK-): |
|-------------------|----------------|---|---------------------|--|
| 1.8.5 | HP 6035A | 2K41 On, Generate 0V | 0V | |
| 1.8.6 | HP 6035A | 2K41 On, Generate 250V | 250V | |
| 1.8.7 | HP 6035A | 2K41 On, Generate 345V | 345V | |
| 1.8.8 | HP 6035A | 2K41 Off, Generate 10V | 0V | |

Omron Temperature Controller Testing

Purpose of the Omron testing was to configure the sensor/controller appropriately and use it in a meaningful way from its intended purpose.

Omron sensor/controller has been configured from the device front panel. Communications settings include 9600bps and even parity for COM3. Other parameters include input type (PT-100) and CMWE (On).

Testing has been done with Elkome-made software:

- Set temperature command has been used to set the temperature limit. Result can be observed from Omron front panel. The first temperature set value is 60 °C. Time is measured and taken when the temperature achieve 50 °C.
- Then the oven chamber is cooled back to the room temperature (ca. 20 °C).
- After that the temperature limit is set to 50 °C. Time is measured and taken when the temperature has achieved 50 °C.
- Measure the hysteresis when temperature limit is set to 50 °C.

Table. Omron results

| Test case: | Test conditions: | Result: | Measured value: |
|------------|---|--------------------------|--|
| 1.9.1 | Check that parameters are as in circuit diagrams sheet 14 | | |
| 1.9.2 | Set temperature limit, 60 degrees | Omron shows 50 degrees. | _____ (time) |
| 1.9.3 | Cool down to the room temperature. | (No measurements needed) | |
| 1.9.4 | Set temperature limit, 50 degrees | Omron shows 50 degrees. | _____ (time) |
| 1.9.5 | Set temperature limit, 50 degrees. | Measure the hysteresis | Min:_____ °C < set 50 °C < Max:_____ °C |
| | | | |

Agilent 34970A Testing, Card 1 (U1...W2 currents and communication signal voltage levels)

Purpose is to check that measurement channels are wired correctly and reading is correct in PC. With these test it is important that the DUT's specific character values (input and output voltage & currents) are known.

- Generate voltage and currents with DUT and compare them to the external DMM's measured values.

Testing has been done with Agilent I/O libraries 15.1 and 34970A.

In the voltage measurement the used measurement scale value was 200:1 and in the current measurement the scale was 20:1.

Following table lists the input channels for 34970A card in slot 1:

- *Card* column shows the currently active multiplexer card.
- *Channel* column shows the measuring channel.
- *Measurement* column tells the right voltage level (in test cases 1.8.7 – 1.8.10 only). In test cases 1.8.1 – 1.8.6 in this column should write down the DUT's specific character values.

Table. Datalogger Channels

| Test Case: | Signal name: | Card: | Channel: | Measurement: | Measured value: |
|------------|-------------------------|-------|-------------|--------------|-----------------|
| 1.10.1 | U1 Current | 1 | C1H, C1L | | |
| 1.10.2 | V1 Current | 1 | C2H, C2L | | |
| 1.10.3 | W1 Current | 1 | C3H, C3L | | |
| 1.10.4 | U2 Current | 1 | C4H, C4L | | |
| 1.10.5 | V2 Current | 1 | C5H, C5L | | |
| 1.10.6 | W2 Current | 1 | C6H, C6L | | |
| 1.10.7 | 0..10VDC from RS232 | 1 | C7H, C7L | VDC | |
| 1.10.8 | 0..100VDC from RS232 | 1 | C8H, C8L | VDC | |
| 1.10.9 | 0..100VDC from RS485 | 1 | C9H, C9L | VDC | |

Agilent 34970A Testing, Card 2 (U1...W1, DC, BRK voltages and low voltage levels from DUT and AO-cards)

Purpose is to check that measurement channels are wired correctly and reading is correct in PC.

- Generate voltage and currents with DUT and compare them to the external DMM's measured values.

Testing has been done with Agilent I/O libraries 15.1 and 34970A.

In the voltage measurement the used measurement scale value was 200:1 and in the current measurement the scale was 20:1.

Following table lists the input channels for 34970A card in slot 2:

- *Card* column shows the currently active multiplexer card.
- *Channel* column shows the measuring channel.
- To *Generated Voltages* column it's possible to write down test voltage.
- To *Measured Voltages* column it's possible to write down with DMM measured voltages.

Measuring Voltages of U1, V1 and W1

Table. Voltages of U1, V1 and W1

| Test case: | Signal name: | Card: | Channel: | Generated Voltages (X200): | Measured Voltages: |
|-------------------|---------------------|--------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 1.11.1.1 | U1-V1 Voltage 470V | 2 | C1H, C1L | | |
| 1.11.1.2 | V1-W1 Voltage 470V | 2 | C2H, C2L | | |
| 1.11.1.3 | W1-U1 Voltage 470V | 2 | C3H, C3L | | |
| 1.11.1.4 | U1-V1 Voltage 230V | 2 | C1H, C1L | | |
| 1.11.1.5 | V1-W1 Voltage 230V | 2 | C2H, C2L | | |
| 1.11.1.6 | W1-U1 Voltage 230V | 2 | C3H, C3L | | |

Measuring Voltages of DC+, DC midpoint and DC-)

Table. Voltages of DC+, DC midpoint and DC-

| Test case: | Signal name: | Card: | Channel: | Generated Voltages (X200): | Measured Voltage DC+ and DC-: |
|------------|--------------------|-------|-----------|----------------------------|-------------------------------|
| 1.11.2.1 | DC (DC+-midpoint) | 2 | C4H, C4L | | |
| 1.11.2.2 | DC (midpoint-DC-) | 2 | C5H, C5L | | |
| | Calculated CH4+CH5 | | CH4 + CH5 | | |

Measuring Voltages between BRK+ and BRK-

This measuring is possible to do as follows:

1. Turn *Channel 39* (Common DC supply) on.
2. Adjust HP DC-power device to 300VDC.
3. Measure voltage with DMM. It should be near 300VDC.
4. Check the reading from PC and compare it readings of DMM and DC-power.
5. Turn *Channel 39* off.

Table. Voltages between BRK+ and BRK-

| Test case: | Signal name: | Card: | Channel: | Generated Voltages: | Measured Voltage(x200): |
|------------|--------------|-------|----------|---------------------|-------------------------|
| 1.11.3.1 | BR+ - BR- | 2 | C6H, C6L | 300VDC | |

Measuring DUT's Control Voltages

In this test it's measured DUT's control voltages.

- *Measurement* column tells the right voltage level in these channels.

Table. DUT's Control Voltages

| Test case: | Signal name: | Card: | Channel: | Measurement: | Measured Voltages: |
|------------|-------------------------|-------|----------|--------------|--------------------|
| 1.11.4.1 | 10VDC from DUT terminal | 2 | C7H, C7L | 10VDC | |
| 1.11.4.2 | 24VDC from DUT terminal | 2 | C8H, C8L | 24VDC | |

Measuring DUT's Analog Outputs levels

| Test case: | Signal name: | Card: | Channel: | Generated: | Measured: |
|------------|--------------|-------|------------|------------|-----------|
| 1.11.5.1 | AO1 | 2 | C21H, C21L | 0 mA | mA |
| | | | | 10 mA | mA |
| | | | | 20 mA | mA |
| 1.11.5.2 | AO2 | 2 | C22H, C22L | 0 mA | mA |
| | | | | 10 mA | mA |
| | | | | 20 mA | mA |

Serial Port Communications Testing

The Systems has two RS-communications to DUT. The communications are as follows:

1. Serial port COM2 (RS232) communications to DUT
2. Serial port COM8 (RS485) communications to DUT
3. Serial port COM10 (RS485) communications to DDCS

The test was done by trying to taking connection to node and check that it works.

Following table lists test cases.

| Test case: | Port | Description | Used DUT-type: | Checked: |
|------------|-------|-----------------|----------------|----------|
| 1.12.1 | COM2 | RS232 to DUT | | |
| 1.12.2 | COM8 | RS485 to DUT | | |
| 1.12.3 | COM10 | RS485 to DDCS | | |
| 1.12.4 | LAN | Ethernet to DUT | | |

Protection Component's settings

Before other motor tests it is strongly preferable to check protection components (MCCBs and other) settings and compare them to the electric diagrams.

| Table. Protection Components Checking | | |
|---------------------------------------|-----------------|----------|
| Test case: | Checked center: | Checked: |
| 1.13.1 | Motor relays | |

Motor Clutch Checking

After motor lining the motor clutches should be tightened. To be sure of that it's preferable to check clutches. Testing is done by trying to tight clutch's nuts and observing if they go tighter. If so then all nut must tighten as much.

NOTE!! This checking MUST DONE WITHOUT any power on the cabinet because safety issues!

| Table. Motor Clutch Checking | | | |
|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------|
| Test case: | Clutch 1 position in motor line: | Clutch 2 position in motor line: | Checked: |
| 1.14.1 | Between 3M1 and 3M7 | Between 3M7 and 3M2 | |
| 1.14.2 | Between 3M3 and 3M8 | Between 3M8 and 3M4 | |

Communications Testing

Testing has been done with Drive Composer software. COM port address is COM10.

The table below lists needed actions to be done for setting parameters to DDCS.

Parameter setting is done by Drive Composer –software.

| Test case: | Action | Done (check when done) |
|------------|---|------------------------|
| 1.15.1 | Open parameter file 1,5 kW | |
| 1.15.2 | Select connect file | |
| 1.15.3 | Download to device | |
| 1.15.4 | Open parameter file 4 kW | |
| 1.15.5 | Select connect file | |
| 1.15.6 | Download to device | |
| 1.15.7 | Parameters 95.01 select 380-415V for both user sets | |
| 1.15.8 | Motors ID-runs | |

Following table lists test cases for checking the motor rotation directions for motors 3M7 and 3M8.

Table. DDCS Motor rotation directions

| Test case: | Motor rotation direction: | Node Address: | Motors: | Rotation Direction: | Checked, SBS: |
|-------------------|----------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|----------------------|
| 1.15.9 | Forward rotation | {0}{1} | 3M2, 3M7, 3M1 | Forwards | |
| 1.15.10 | Forward rotation | {0}{2} | 3M3, 3M8, 3M4 | Forwards | |

Motor Rotation Test

Function of this test is to be sure that motors works and their direction of rotation is correct.

Following table lists test cases for checking the motor rotation directions for motors 3M1, 3M2, 3M3, 3M4, 3M5 and 3M6.

Table. Load Motor rotation directions

| Test case: | Motor rotation direction: | Motor: | Rotation Direction: | SBS with Y-connection (3~400-470VAC), Checked: | Checked, SBS with D-connection (3~230VAC), Checked: |
|------------|---------------------------|--------|---------------------|---|--|
| 1.16.1 | Forward rotation | 3M1 | Clockwise | | |
| 1.16.2 | Backward rotation | 3M2 | Counter clockwise | | |
| 1.16.3 | Forward rotation | 3M3 | Clockwise | | |
| 1.16.4 | Backward rotation | 3M4 | Counter clockwise | | |

Motor Idle Current Test

Function of this test is to be sure that motors are right wounded.

Motors will be rotated with constant speed 1500 rpm without any load. The control method must be vector control. Read the motor current when motor is running with constant speed and write it down to this document and compare it to the motor nominal current. Motors idle current is about 30-50 % from nominal current.

- Read nominal current value from motor plate and fill it in *Current (nom.) (A)*
- Read cos fii value from motor plate and fill it in *cos fii*
- Calculate limit currents (30% and 50% from nominal current) and fill them to *I_{idle} (min-max) (A)*

Those values are calculated to table below by motor plate information know as 24.3.2016. Write those values over if they are different.

Table: Motor Specification and idle currents for motors (1/2)

| Motor ID | 3M1 | | | 3M2 | | | 3M3 | | |
|-----------------------------------|---------------------|------|------|---------------------|------|------|--------------------|------|------|
| Voltage (Vac) | 230 | 400 | 415 | 230 | 400 | 460 | 400 | 230 | 460 |
| Frequency (Hz) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 60 | 50 | 50 | 60 |
| Speed (r/min) | 1375 | 1375 | 1385 | 1415 | 1415 | 1730 | 1435 | 1435 | 1750 |
| Power (kW) | 0,55 | | | 0,75 | | | 1,50 | | |
| Current (nom.) (A) | 2,3 | 1,37 | 1,38 | 2,8 | 1,65 | 1,62 | 3,30 | 5,7 | 3,0 |
| cos fii | 0,78 | | | 0,82 | | | 0,76 | | |
| I _{idle} (min-max) (A) | (400VAC) 0,40-0,70* | | | (400VAC) 0,50-1,00* | | | (400VAC) 1,00-1,65 | | |
| I_{idle} (meas.) A | | | | | | | | | |

Table: Motor Specification and idle currents for motors (2/2)

| Motor ID | 3M4 | | | 3M7 | | | 3M8 | | |
|--------------------------|--------------------|------|------|-------------------|------|------|--------------------|------|------|
| Voltage / Vac | 400 | 230 | 460 | 400 | 230 | 460 | 400 | 230 | 460 |
| Frequency / Hz | 50 | 50 | 60 | 50 | 50 | 60 | 50 | 50 | 60 |
| Speed / r/min | 1450 | 1450 | 1760 | 1435 | 1435 | 1750 | 1445 | 1445 | 1745 |
| Power / kW | 2,20 | | | 1,50 | | | 4,00 | | |
| Current (nom.) / A | 4,6 | 8,0 | 4,2 | 3,3 | 5,74 | 3,00 | 8,8 | 15,2 | 7,4 |
| cos ϕ | 0,79 | | | 0,76 | | | 0,75 | | |
| I_{idle} (min-max) (A) | (400VAC) 1,38-2,30 | | | (400VAC) 1,0-1,65 | | | (400VAC) 2,64-4,40 | | |
| I_{idle} (meas.) A | | | | | | | | | |

* Under 1kW motors has the I_{idle} current typically 1,2 – 1,3 A which is more than the normal rule 30-50% of nominal current