

Tuomas Ranta

Taajuusmuuttajan korjausaseman määrittely

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

28.10.2018

Tekijä Otsikko	Tuomas Ranta Taajuusmuuttajan korjausaseman määrittely
Sivumäärä Aika	34 sivua + 2 liitettä 28.10.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Design Manager Juha Tamminen ABB Drives Oy Lehtori Kai Virta
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tuottaa tekninen dokumentti, joka olisi lähtökohtana taajuusmuuttajien korjausaseman perustamiselle. Dokumentti olisi korjausaseman sähkö- ja mekaniikkasuunnittelun lähtökohta. Työn pohjana on olemassa oleva korjausasema ABB Drives Oy-yksikössä. Tilaajana insinööriyölle oli ABB Oy:n Production Testing -yksikkö.</p> <p>Insinööriyötä varten haastateltiin olemassa olevan korjausaseman käyttäjiä, sekä ABB:n Production Testing-yksikön työntekijöitä. Työtä varten laitteiden vikaantumisia tuotannossa on tarkasteltu kahden vuoden ajalta. Tutkimusdata saatiin Testausjärjestelmän SQL-tietokannasta. Vikaantumisdatan analysointi auttoi uuden aseman suunnittelussa.</p> <p>Suunnittelun tueksi piirrettiin 3D-kuvat uudesta korjausasemasta sekä uuden tyyppisestä testauspaletista. Lisäksi tehtiin taulukko, josta selviää korjausasemalla testattavien taajuusmuuttajien oleelliset tiedot sekä liityntätyyppi korjausasemaan.</p> <p>Työlle haasteita antoivat testattavien taajuusmuuttajien laaja kirjo. Eri taajuusmuuttajatuotepereillä on hieman erilaiset sähköiset liitynnät korjausasemaan, ja tämä täytyi ottaa huomioon aseman suunnittelussa.</p> <p>Työn tavoitteeseen päästiin. Valmistui tekninen dokumentti, jonka avulla on mahdollista tilata avaimet käteen -periaatteella valmis korjausasema.</p>	
Avainsanat	taajuusmuuttaja, korjausasema

Author Title	Tuomas Ranta Frequency Converter Repair Station Specification
Number of Pages Date	34 pages + 2 appendices 28 October 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical- and Automation Engineering
Professional Major	Automation Technology
Instructors	Juha Tamminen, ABB Drives Oy Design Manager Kai Virta, Senior Lecturer
<p>The purpose of this study was to produce a technical document that serves as a basis for setting up a new frequency converter repair station. The document will work as the starting point for the electrical and the mechanical design. The work is based on the existing repair station in ABB Drives Oy. ABB's Production Testing Unit was the commissioner for this study.</p> <p>Users of the existing repair station were interviewed, as well as employees of ABB Oy Production Testing Unit. Device failures in production were studied over a period of two years. The research data was obtained from the SQL database of the test system. Analyzing the failure data helped to design a new repair station.</p> <p>3D images of a new repair station and a new type of test palette were created to support the design. In addition, a document that contains the most relevant data of the frequency converters to be tested at the repair station was made.</p> <p>The most challenging part of this project was the wide range of the frequency converters. Different frequency converters products have slightly different electrical connections to the repair station and this had to be taken into consideration when designing the new station.</p> <p>The work goal was achieved. A technical document was completed which makes it possible to create a new repair station.</p>	
Keywords	Frequency Converter, Repair Station

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	ABB-yhtymä	1
2.1	ABB Drives-yksikkö	2
3	Taajuusmuuttaja	2
3.1	Tasasuuntaaja	3
3.2	Välipiiri	4
3.3	Vaihtosuuntaaja	5
3.4	Ohjaus ja säätötekniikat	5
3.4.1	DTC-Tekniikka	5
3.4.2	Vektorisäätö	6
4	Testattavat taajuusmuuttajat korjausasemalla	7
4.1	ACS880-01	7
4.2	ACx580-01	8
4.3	ACS380	9
4.4	ACS355	10
4.5	MicroFlex e190-servo-ohjain	11
5	Testausjärjestelmä	12
	Yleisimmät vikakoodit ja syyt	14
6	Korjausasema	15
6.1	Laiteliityntä	17
6.2	Laitekommunikointi	23
6.3	Testimoottorit	24
6.4	Jarrukatkoja	24
6.5	HiPot-testeri	26
6.6	Turvallisuus	27
7	Suoritettavat testit ja mittaukset	27
7.1	Lähtövirtojen tarkastelu	29
7.2	e190-servo-ohjaimen testaus	30

7.3	I/O-testaus	30
7.3.1	Digitaalitulot	31
7.3.2	Analogiatulot	31
7.3.3	Analogialähdöt	32
7.3.4	STO-testaaminen	32
7.3.5	Relelähtöjen testaaminen	33
8	Yhteenveto	33
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1. Moottoritaulukko	
	Liite 2. Taajuusmuuttajataulukko	

Lyhenteet

AC	Vaihtovirta tai -jännite
BIC	(Burn-In Cabinet). Testikammio, jossa taajuusmuuttajalle suoritetaan toiminta- ja rasitusajotestit.
DC	Tasavirta tai -jännite
ID-ajo	Moottorin tunnistusajo. Tunnistusajon aikana taajuusmuuttaja tunnistaa moottorin ominaisuudet optimaalista moottorinohjausta varten.
IGBT	(Insulated-Gate Bipolar Transistor). Bipolaaritransistori
JIGI	Kontaktointimekaniikka jolla paletti ja laite liitetään testauskaappiin.
Modbus	Sarjaliikenneprotokolla
PWM	Pulssinleveysmodulaatio. Pulssisuhteen muutoksella tehtävä ohjaus kuorman jännitteelle.
STO	Safe torque off. Palauttaa taajuusmuuttajan turvallisesti momentittomaan tilaan.
SynRM	Tahtireluktanssimoottori
U	Jännite [V]

1 Johdanto

Tämä insinööri työ tehtiin ABB Oy:n Production Testing -yksikköön. Taajuusmuuttajien kasvavien tuotantomäärien sekä testauksen jatkuvan kehittämisen vuoksi ilmeni tarve suunnitella uudentyyppinen korjausasema. Korjausasemasta suunniteltiin kaksi erilaista versiota, sillä eri tuotantoympäristöissä on erilaiset vaatimukset korjausasemasta. Pääpiirteittäin suunnitellut asemat ovat samanlaisia. Ero syntyy testattavien taajuusmuuttajien erilaisista liitännätavoista testausjärjestelmään. Taajuusmuuttajan korjausasemalla tutkitaan ja tarvittaessa korjataan tuotannossa vikaantuneita taajuusmuuttajia.

Tilaajan vaatimuksena työlle oli tuottaa tekninen dokumentti, jossa on yksityiskohtaisesti määritelty tarpeet ja vaatimukset uudentyyppisen korjausaseman perustamiseksi. Työn lähtökohtana on olemassa oleva ja tuotannossa käytössä oleva korjausasema.

Uudesta korjausasemasta on tarkoitus saada lisäksi yhtenäisempi kokonaisuus sekä parantaa taajuusmuuttajien testaamisen turvallisuutta korjausasemalla. Tässä opinnäytetyössä suunnitellusta korjausasemasta on aluksi tarkoitus valmistaa prototyyppi, ja tämän jälkeen se on tarkoitus ottaa käyttöön myös tuotannossa. Tarvetta korjausasemalle olisi useammassa toimipaikassa, jossa valmistetaan ABB:n taajuusmuuttajia. Toimipaikoilla valmistetaan erityyppisiä taajuusmuuttajia, joten vaatimukset korjausaseman rakenteesta poikkesivat toisistaan. Tämä täytyi ottaa suunnittelussa myös huomioon.

Insinööri työssä esitellään ABB-yhtymää sekä ABB Drives -yksikköä. Tämän lisäksi työssä käydään läpi taajuusmuuttajan rakennetta sekä esitellään korjausasemalla käsiteltäviä erilaisia taajuusmuuttaja tuoteperheitä. Insinööri työssä tarkastellaan myös uuden korjausaseman rakennetta.

2 ABB-yhtymä

ABB eli Asea Brown Boveri on ruotsalais-sveitsiläinen kansainvälinen sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä. Vuonna 2018 yhtiö toimii yli 100 maassa työllistäen noin 136 000 henkilöä. Suomessa ABB:llä on noin 5 300 työntekijää, joista valtaosa työskentelee Helsingissä, Haminassa, Vaasassa ja Porvoossa. Konsernin pääkonttori sijaitsee

Zürichissä, Sveitsissä. Vuonna 2017 ABB:n liikevaihto Suomessa oli 2,3 miljardia euroa, ja koko yhtiön liikevaihto noin 40 miljardia euroa. [1.]

ABB:n historia Suomessa juontaa juurensa insinööri Gottfrid Strömbergin vuonna 1889 Helsingin Kamppiin perustamaan sähköliikkeeseen. Toiminta siirtyi vähitellen Helsingin Pitäjänmäkeen valimorakennuksen valmistuttua vuonna 1916. Kokonaan toiminnot siirtyivät Pitäjänmäkeen vuonna 1934, kun uusi tehdasrakennus valmistui. Alussa ydinliiketoimintaa tehtaassa olivat sähkömoottorit ja generaattorit. Nykyisin ABB Pitäjänmäen tehtaalla valmistettaviin tuotteisiin kuuluvat moottorit, generaattorit, taajuusmuuttajat, energianhallinta-, linjakäyttö-, sähköistys-, ja instrumentointiratkaisut, tehdastietojärjestelmät ja kunnossapitopalvelu. [2.]

2.1 ABB Drives-yksikkö

Suomen ABB:n RMDR (Robotics and Motion Drives) -yksikössä kehitetään ja valmistetaan pienjännitteisiä taajuusmuuttajia ja niihin liittyviä ohjelmistotyökaluja. Taajuusmuuttajien tuotekehitys, myynti sekä markkinointi eri teollisuudenaloille on maailmanlaajuisista. ABB:n taajuusmuuttajabisnes työllistää maailmanlaajuisesti 6 000 henkilöä yli 80 maassa. Pitäjänmäen tehtaalla Helsingissä työskentelee noin 1 300 henkilöä, ja se on ABB:n taajuusmuuttajien tuotekehityksen johtava yksikkö. [3.]

3 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on tehoelektronikkalaite, joka useimmiten asennetaan syöttösähköverkon ja vaihtosähkömoottorin väliin. Taajuusmuuttajan tehtävänä on mahdollistaa sähkömoottorien momentin ja nopeuden portaaton ohjaus muuttamalla moottorin syöttöjännitteen taajuutta. Vaihtovirtasähkömoottoreiden pyörimisnopeutta ei voi säätää tarkasti ja tehokkaasti ilman taajuusmuuttajaa. Käyttämällä taajuusmuuttajaa sähkömoottorin ohjaamiseen saavutetaan merkittävä energiansäästö ja samalla pystytään vähentämään

sähköverkon kuormitusta sekä työkoneiden mekaanista rasitusta moottoria käynnistetäessä. Yleisimpiä kohteita teollisuudessa ovat mm. pumput ja puhaltimet.

Taajuusmuuttajat luokitellaan välipiirillisiin ja suoriin joista välipiirilliset ovat yleisemmin käytettyjä. Välipiirillinen taajuusmuuttaja koostuu kolmesta pääosasta: tasasuuntaajasta, tasajännitevälipiiristä ja vaihtosuuntaajasta. Välipiirillisessä taajuusmuuttajassa muunnetaan syötetty vaihtosähkö tasasähköksi ja siitä uudelleen vaihtosähköksi.

Suorissa taajuusmuuttajissa syötetty vaihtosähkö pilkootaan suoraan puolijohdekytkimillä haluttuun taajuuteen ja jännitteeseen, tai tasajännite katkootaan matalammaksi tasajännitteeksi. Suorat taajuusmuuttajat toimivat ilman välipiiriä ja kondensaattoreita. [4.]

3.1 Tasasuuntaaja

Tasasuuntaaja muuttaa verkosta tulevan kolmivaiheisen vaihtojännitteen tasajännitteeksi. Tasasuuntaaja on kahta eri päätyyppiä: ohjattu ja ohjaamaton tasasuuntaaja. Puolijohteina käytetään joko diodeja, tyristoreita tai näiden yhdistelmiä. Diodeja käyttävää tasasuuntaajaa kutsutaan ohjaamattomaksi ja tyristoreita käyttävää kutsutaan kokoaalto-ohjatuksi. Puolestaan tyristoreiden ja diodien yhdistelmällä toteutettua tasasuuntaajaa kutsutaan puoli ohjatuksi kokoaaltotasasuuntaajaksi. [5, s. 40.]

Diodi ja tyristori johtavat virtaa ainoastaan yhteen suuntaan, ja sen takia ne sopivat hyvin tasasuuntaukseen. Diodeilla toteutettu tasasuuntaaja on yleisin käytetty vaihtoehto pienitehoisissa taajuusmuuttajissa. Diodisillan hyödyt ovat sen hyvä tehokerroin sekä automaattinen toiminta. Tyristorisillan etu taas on sen säädettävyyden, sillä virran kulkua voidaan ohjata hilaelektrodin avulla. Mikäli hilalle ei anneta ohjausta, estää tyristori virran kulun.

Huono puoli diodisillassa on se, että siinä ei ole ohjausmahdollisuutta, ja virta voi kulkea ainoastaan yhteen suuntaan. Tyristorisillan huonoja puolia ovat syöttöverkkoon aiheutetut häiriöt ja häviöt. Lisäksi pienillä jännitteillä sen tehokerroin on heikko. [5, s. 41–42.]

Lisäksi on olemassa aktiivinen tulosilta, jota käytetään korvaamaan taajuusmuuttajan tavanomainen diodisilta aktiivisella tulosillalla. Aktiivista tulosiltaa käytetään sovelluksissa, joissa halutaan tuottaa mahdollisimman vähän harmonisia yliaaltoja syöttävään verkkoon. Aktiivinen tulosilta tasaa välipiirin jännitettä sekä palauttaa tehoa takaisin verkkoon päin. Aktiivinen tulosilta toteutetaan IGBT:illä. [6.]

3.2 Välipiiri

Taajuusmuuttajan välipiirit voidaan jakaa kahteen eri luokkaan: jännitevälipiirilliset ja virtavälipiirilliset välipiirit. Jännitevälipiirillinen on näistä yleisin ratkaisu. Jännitevälipiiri toimii taajuusmuuttajan varastona, josta moottori ottaa energiansa vaihtosuuntaajan välityksellä. Välipiirin tehtävänä on erottaa tasasuuntaaja ja vaihtosuuntaaja toisistaan. Tasasuuntaajan antamassa lähtöjännitteessä on vaihtokomponentti, jonka välipiirin elektrolyyttikondensaattorit suodattavat tasajännitteeksi.

Välipiirilliset taajuusmuuttajat koostuvat kolmesta osasta: tasasuuntaajasta, tasajännite- tai tasavirtavälipiiristä ja vaihtosuuntaajasta. Virtavälipiiri muodostuu tasoituskuristimesta, joka pienentää tasavirran aaltoisuutta, kun taas jännitevälipiirissä kondensaattori pienentää tasajännitteen aaltoisuutta. On myös mahdollista, että jännitevälipiirissä voi olla tasoituskuristin tasasuuntaajan ja kondensaattorin välissä. LCI (load commutated inverter) joka on yksinkertaisin virtavälipiiri-taajuusmuuttaja, muodostuu kahdesta tyristorisillasta, jotka on kytketty verkon ja tahtikoneen välille. Välipiiri yhdistää tyristorisilloja kuristimeen. Moottorikäytössä verkonpuoleinen silta toimii tasasuuntaajana ja koneen puoleinen vaihtosuuntaajana. Generaattorikäytössä ne toimivat päinvastaisesti. Kaikki taajuusmuuttajat eivät sisällä välipiiriä, jolloin ne ovat suoria taajuusmuuttajia. [5, s. 48–49.]

3.3 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaaja on taajuusmuuttajan viimeinen osio ennen moottoria, ja se ohjaa moottorijännitteen taajuutta. Vaihtosuuntaajassa sähköistä signaalia muokataan viimeisen kerran ennen kuin se siirtyy taajuusmuuttajasta eteenpäin. Vaihtosuuntaaja muuttaa välipiiristä tulevan tasasähkön halutuksi vaihtojännitteeksi, sekä säätää halutun taajuuden. Tasasähkön muuttaminen vaihtosähköksi toteutetaan tyristoreilla tai transistoreilla. Vaihtosuuntaaja koostuu puolijohdepareista, ja niitä ohjataan päälle ja pois ohjauspiirin avulla. Nykyään puolijohteina käytetään pääosin IGBT-transistoreita. Usein pulssinleveysmodulaatiolla (PWM, Pulse Width Modulation) säädetään vaihtosuuntaajan jännitettä. [7, s.18-22.]

3.4 Ohjaus ja säätötekniikat

Taajuusmuuttajaan kytketyn oikosulkumoottorin ohjaamiseen tai säätämiseen on olemassa erilaisia tekniikoita.

3.4.1 DTC-Tekniikka

Suora momenttisäätö (Direct Torque Control) eli DTC on menetelmä, jossa säädetään suoraan moottorin momenttia ja magneettivuota ilman modulaattorin käyttöä. Säätosuureet ovat moottorin magneettivuo ja moottorin momentti.

DTC-tekniikan avulla verkkovaihtosuuntaus voidaan toteuttaa korvaamalla tavanomainen diodisilta säädettävällä sillalla, jolloin yliaaltoja vähennetään merkittävästi DTC-säädetytulosillan avulla. DTC-käytöt sietävät suuria, äkillisiä kuorman muutoksia, sillä dynaamisen nopeustarkkuuden ansiosta moottori palautuu vakaaseen tilaan nopeasti.

DTC:n kytkentälogiikka ohjaa puolijohdekytkimet asentoon, joka johtaa nopeasti haluttuun tilaan. Sen ansiosta saavutetaan nopea momentin vasteaika. Tyypillinen momentin vasteaika on 1–2 millisekuntia alle 40 Hz:n taajuuksilla, ja se saavutetaan ilman nopeuden takaisinkytkentäanturia, kun vastaavasti vuovektorisäädettyjen taajuusmuuttajien tyypillinen vasteaika on 10–20 millisekuntia. Ilman anturia DTC pystyy toistamaan momentin 1-2 %:n tarkkuudella nimellismomentista koko nopeusalueella. DTC-käytön nopeustarkkuus on 10% moottorin jättämästä eli 11 kW:n moottorilla nopeustarkkuus on

0,3 % staattisesta nopeustarkkuudesta. Tämä tarkkuus on riittävä 95 %:lle teollisuuden käyttösovelluksista. Jos DTC-käyttöön liitetään anturi, jonka näytteenottotaajuus on 1024 pulssia/kierros, nopeustarkkuus voi olla jopa 0,01 %.

DTC-tekniikkaa käytetään teollisuudessa puhaltimissa ja pumpuissa, jolloin ratkaistaan yliaaltojen ja melun aiheuttamat ongelmat, sekä momentinsäätökyvyn ansiosta momenttia rajoitetaan pumppujen ja putkistojen mekaanisen rasituksen välttämiseksi. Momentinsäätö pienillä taajuuksilla on hyödyllistä esimerkiksi nostureissa ja hisseissä, joissa kuorma on saatava nopeasti liikkeelle ja pysäytettävä tasaisesti, tai paperiteollisuudessa käytetyissä pituusleikkureissa, joissa kriittisintä ovat tarkka ja jatkuva kelaus. [8.]

Skalaariohjaus ja -säätö

Skalaariohjauksessa moottorin pyörimisnopeutta ohjataan invertterin lähtötaajuutta muuttamalla. Sen avulla moottorin pyörimisnopeus pääsee taajuuden ja kuormitusvääntömomentin määräämään arvoon. Jännite kasvaa lineaarisesti moottorin nimellisjännitteeseen asti, joka saavutetaan moottorin nimellistaajuudella. Skalaariohjauksessa mitataan moottorin vaihevirratt ja lasketaan pätövirtakomponentit. Skalaariohjauksessa ei mitata moottorin pyörimisnopeutta.

Skalaarisäädön avulla säädetään moottorin pyörimisnopeutta tai vääntömomenttia tai molempia vuorotellen. Pyörimisnopeus jää jättämän verran syöttötaajuutta vastaavaa tahtinopeutta pienemmäksi. Jättämä asettuu tiettyyn arvoon, jotta oikosulkumoottori saa vaatimansa tehon. [9, s. 488.]

3.4.2 Vektorisäätö

Oikosulkumoottorin vääntömomentti on päävuon ja roottorivirran vektoritulo. Säättämällä vääntömomenttia täytyy myös huomioida vuovektorin suunta. Tällaista säätöä kutsutaan vektorisäädöksi. Jos halutaan toteuttaa vektorisäätö, se edellyttää moottorivirtojen sekä pyörimisnopeuden asentotarkkaa mittausta. Mittaussignaalit syötetään oikosulkumoottorin matemaattiseen malliin. Moottorimalli laskee moottorin magneettivuon ja jakaa virran vääntömomenttia ja magneettivuota kuvaaviin virran osiin. Kumpaakin momenttia pystytään säätämään erikseen, mikä mahdollistaa moottorin vääntömomentin muuttamisen ja vuon pitämisen vakiona. Vääntömomentin vasteaika on lyhyt <20 millisekuntia.

Vektorisäädössä on aina oltava takometri. Nopeusmittauksen tarkkuus on 0,01 % nimellinopeudesta käytettäessä takometriä, jolta saadaan 1024 pulssia/kierros.

Vektorisäätö on hyvä sovelluksissa, joissa vaaditaan hyvää dynamiikkaa ja tarkkaa nopeudensäätöä. Vektorisäädöllä saadaan oikosulkumoottorille tasavirtakäyttöä vastaavat säätöominaisuudet. Vektorisäädöllä voidaan estää vuon heikentyminen silloin, kun kuorma kasvaa äkillisesti ja koko virta tarvittaisiin moottorin vääntömomenttia lisäämään.

Vuon ja momentin säätö tapahtuu taajuusmuuttajan lähtöjännitettä ja taajuutta muuttamalla. [9, s. 489–490.]

4 Testattavat taajuusmuuttajat korjausasemalla

Tuleva korjausasema suunnitellaan siten, että siellä on mahdollista testata erilaisia taajuusmuuttaja-tuoteperheitä. Liitteessä 2 on taulukkomuodossa kerrottu yksityiskohtaisemmin korjausasemalla testattavista taajuusmuuttajista.

4.1 ACS880-01

ACS880-01 on pienin ACS880-sarjan taajuusmuuttaja, joka on suunniteltu seinälle asennettavaksi. Sitä on saatavilla eri runkokoossa (R1-R9). Kuva 1 ACS880-01 laite. ACS880-01-taajuusmuuttajaa käytetään asynkronisten AC-moottoreiden, synkronoitujen kestopagneettimoottoreiden sekä tahtireluktanssimoottoreiden ohjaukseen. [10.] Laitteessa on vakiona SIL3-tason Safe Torque Off (STO), joka aktivoituessaan estää koneen tahattoman käynnistymisen. Sitä käytetään muun muassa hätä-seis-tilanteissa sekä ylinopeus- ja ylläampemisen suojana11suora momentinsäätötekniikka (DTC), joka mahdollistaa moottorille korkean ylikuormitettavuuden ja suuren käynnistysmomentin. [11.]



Kuva 1. ACS880-01-taajuusmuuttaja. [10.]

4.2 ACx580-01

ACx580-01-taajuusmuuttaja tuoteperheestä on saatavilla kolmea eri versiota S, H sekä Q, jotka on jokainen optimoitu hieman eri sovelluskohteisiin. Runkokoot ovat R0–R9 ja tehoalue 0,75–250 kW. Kuva 2 S-, H- ja Q-mallit. Tekniikaltaan laitteet ovat käytännössä samanlaisia. Eroavaisuudet tulevat koteloinnissa ja laitteiden ohjelmissa. Taajuusmuuttajat on suunniteltu käytettäväksi induktiomootorien ja kestopagneettitahtimootorien ohjaukseen. Korkein energiatehokkuus saavutetaan IE4 SynRM-tahtireluktanssimootorin kanssa käytettynä.

ACS-580-01 on suunniteltu ohjaamaan pumppuja, puhaltimia, kuljettimia, sekoittimia ja muita niin neliöllistä- kuin vakiomomenttia edellyttäviä sovelluksia. Laitteessa on vakiona lakatut piirikortit ja nopeusohjatut puhaltimet. [12.]

ACH580-01 on kiinteistöautomaation tarpeisiin suunniteltu taajuusmuuttaja. Toiminnalliset ominaisuudet helpottavat käyttöä taloautomaation sovelluksissa, mukaan lukien reaaliaikakello kello-ohjaukseen ja PID-säätimet. [13.]

ACQ580-01 on suunniteltu vesi- ja jätevesipumppujen ohjaamiseen. Toiminnallisia ominaisuuksia on mm. sisäänrakennettu virtauksen laskenta ja pumppauksen ylipainesuojaus. [14.]



Kuva 2. ACS580-01-, ACH580-01- ja ACQ580-01-taajuusmuuttajat [14.]

4.3 ACS380

ACS380-taajuusmuuttaja on optimoitu laitekaappiasennusta varten ja se on suunniteltu induktiomootoreiden, kestopagneettimootoreiden ja ABB:n reluktanssimootoreiden (SynRM-moottorit) ohjaamiseen. Runkokoot vaihtelevat R0-R4 välillä. Tehoalue on 0,25–7,5 kW, 200–480 V. ACS380-taajuusmuuttaja voidaan myös yhdistää käyttölaitteisiin sekä automaatiojärjestelmiin. ACS380-taajuusmuuttajan vakio-ominaisuuksiin kuuluu STO eli Safe torque off -toiminto. Laitteeseen on mahdollista saada lisäominaisuutena I/O- ja Modbus-moduulit. Kuva 3 ACS380-taajuusmuuttaja. [15; 16.]



Kuva 3. ACS380-taajuusmuuttaja. [16.]

4.4 ACS355

ACS355-taajuusmuuttaja on seinälle tai kaappiin asennettava taajuusmuuttaja, jolla ohjataan AC epätahtimoottoreita ja kestopagneettiservomoottoreita. Runkokoot ovat R0-R4. Tehoalue on 0,37-22 kW. Laitteesta on olemassa myös IP66/67-suojaluokan malli enimmäisteholtaan 7,5 kW, joka on suunniteltu kosteisiin tiloihin. ACS355-taajuusmuuttajassa on sekvenssiohjelmointi, jonka avulla voidaan laatia itsenäisiä ja toistettavissa olevia toimintoketjuja. ACS355:ssä on kahdeksan vakiomakroa ja kolme käyttäjämakroa. Makrot ovat valmiiksi ohjelmoituja parametrisarjoja, joita muokataan käyttötarkoituksen mukaan. Vakiomakron avulla muodostetaan yleispätevät I/O-ohjauskytkennät kolmen vakionopeuden avulla. Vakiona löytyy myös STO-toiminto. Kuva 4 ACS355-taajuusmuuttaja. [17; 18.]



Kuva 4. ACS355- taajuusmuuttaja [18.]

4.5 MicroFlex e190-servo-ohjain

MicroFlex e190 on kompakti seinälle asennettava servomoottoriohjain. Se tarjoaa korkean dynaamisen kiihtyvyyden ja 300%:n hetkellisen väännön. Laitetta hallinnoidaan TCP/IP-yhteyden kautta. Laitteessa on sulautettu Ethernet joka sisältää Powerlink, EtherCAT®, EtherNet/IP™-, Modbus TCP-, tai PROFINET I/O-valmiudet. Vakiona löytyy STO-toiminto. Neljä digitaal- ja analogialähtöä sekä kuusi digitaalituloa. Tehoalue on 0,5-3kW. Kuva 5 MicroFlex e190-servo-ohjain. [19.]



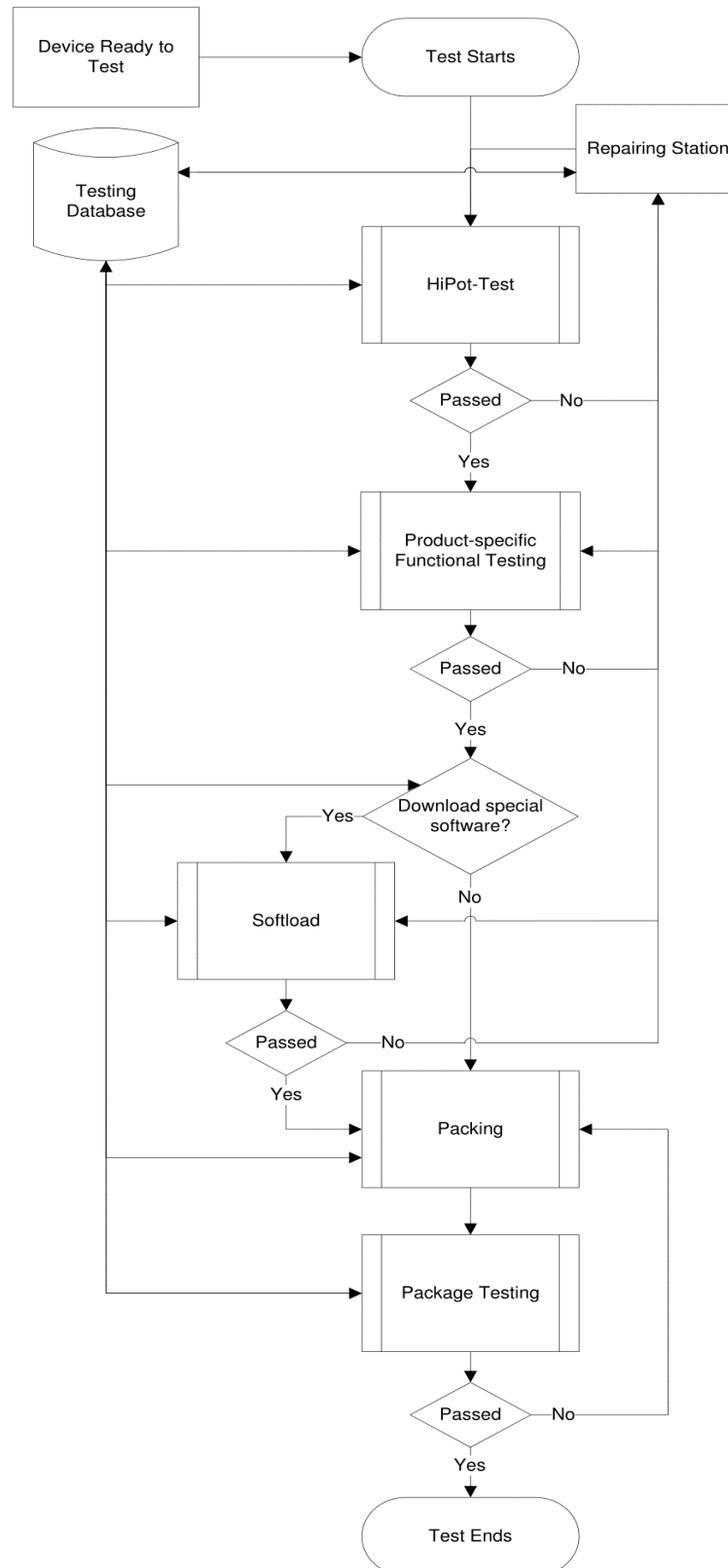
Kuva 5. MicroFlex e190 -servo-ohjain. [19.]

5 Testausjärjestelmä

Taajuusmuuttajan kokoonpanon valmistuttua laitteelle suoritetaan toiminnallinen testaus. Taajuusmuuttajat rakennetaan erillisten palettien päälle. Näiden avulla laitetta kuljetetaan tuotantolinjalla työpisteeltä toiselle. SOL2-konseptiin kuuluvissa S–M-kokoluokan paleteissa on valmiina kiinteä johtosarja sekä ODU-liitin, jolla laite kytketään testausjärjestelmään. XS eli pienimmän kokoluokan paleteissa johtosarja on irrallinen.

Ensimmäisenä laite saapuu HiPot- eli jännitteenkesto- ja eristysvastusmittaus-testiin. Mikäli laite läpäisee testin, ohjataan se manipulaattorin, eli automaattisen siirtolaitteen avulla BIC:hen eli testikammioon. Mikäli testauspaikalla ei ole manipulaattoria, siirto voidaan tehdä käsin siirtopöytää apuna käyttäen.

Jos tuote läpäisee kaikki testit, se ohjataan joko jälkivarusteluvaiheeseen tai pakkaamoon. Mikäli laite ei läpäise jotain sekvenssi-pohjaisen testauksen kohtaa, saa korjausaseman korjaaja siitä ilmoituksen tietokoneelle. Tämän jälkeen laite kutsutaan korjausasemalle tarkempaa tutkimista varten. Tämän testauskonseptin nimi on SOL2. Kuva 6 vuokaavio testausprosessista.

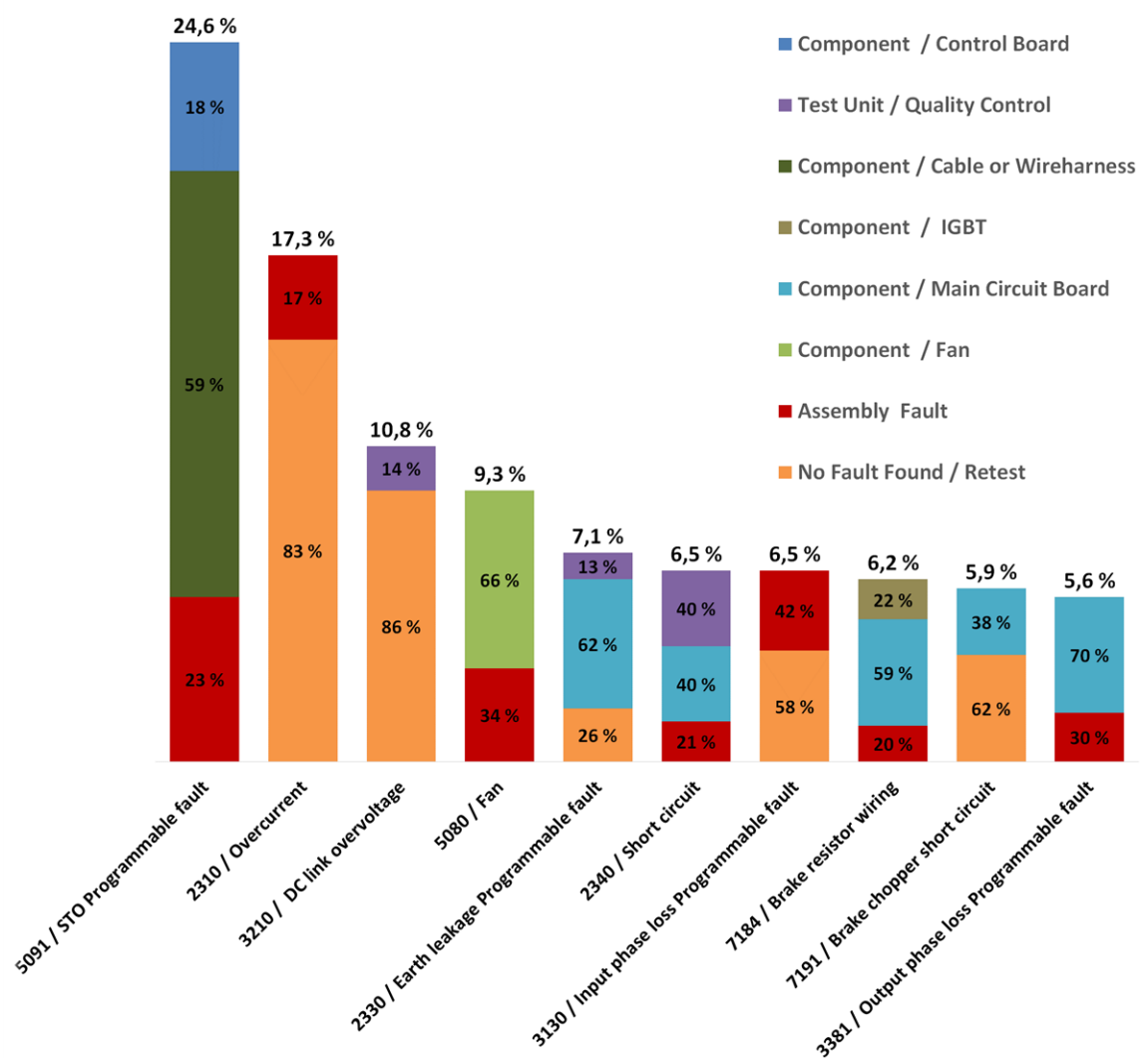


Kuva 6.

Vuokaavio testausprosessista. [20.]

Yleisimmät vikakoodit ja syyt

Laitteiden vikaantumisia tuotannossa on tutkittu kahden vuoden ajalta. Tutkimustieto on saatu testausjärjestelmän SQL-tietokannasta, ja saadusta tiedosta on koostettu kuvaaja, josta ilmenee kymmenen yleisintä vikaantumista vikakoodin perusteella. Lisäksi kuvaajasta on nähtävissä kahdeksan yleisintä vikaluokkaa. Vikaluokat on järjestetty sen mukaan millä vikakoodilla testausjärjestelmä on laitteita ohjannut korjausasemalle. Korjauspaikan asentaja kirjaa tietokantaan havaitun vikaantumissyyn.



Kuvaajasta voidaan havaita, että puolissa vikakoodeista on laitteita, jotka on saatu kuntoon testaamalla nämä uudelleen. Tämä on suurin yksittäinen vikaantumislukko. Näissä tapauksissa laitteista ei korjausasemalla useimmissa tapauksissa löytynyt selvää

vikaa, tai vika on johtunut todennäköisesti testien hieman liian tiukoista jännite tai virtarajoista. Toiseksi yleisin on tuotannon asennusvirheet, joita löytyy lähes jokaisen vika-koodin alta. Yleisin asennusvirhe on STO-johdon unohtuminen kokonaan tai että se on kytketty vajavaisesti. Vikaantunut pääpiirikortti on virhekoodien kolmanneksi yleisin syy. Näissä tapauksissa on pääpiirikortti lähes poikkeuksetta vaihdettu kokonaan.

6 Korjausasema

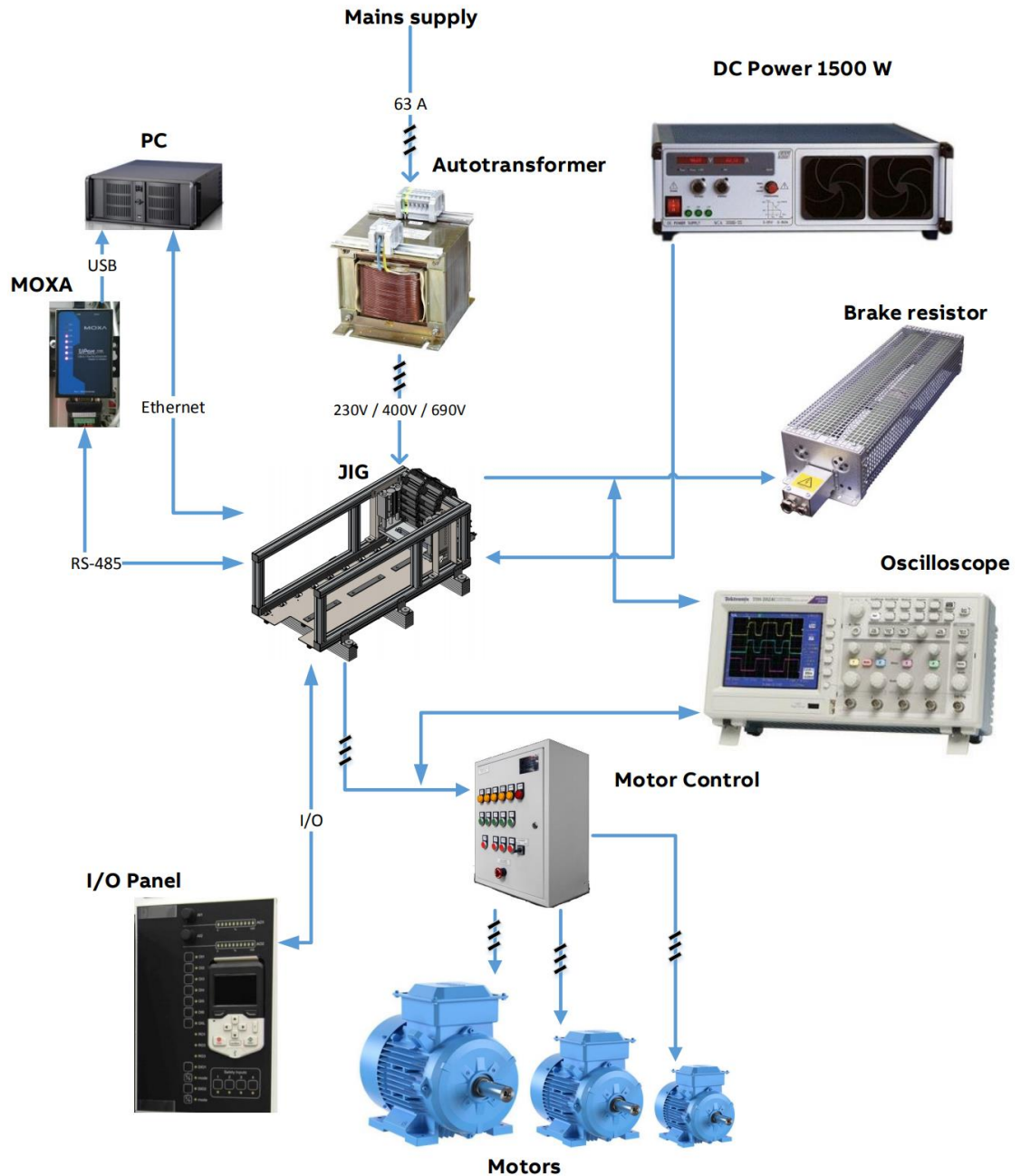


Kuva 7. Konseptikuva korjausasemasta

Korjausasema toimii osana taajuusmuuttaja-tuotantolinjan testausjärjestelmää. Hyvällä ja toimivalla korjausasemalla tehostetaan taajuusmuuttajien testaamista sekä parannetaan taajuusmuuttajien luotettavuutta. Korjausaseman asentajilla on lisäksi tehtävänä ohjata tuotantoa korjaavilla toimenpiteillä, mikäli samankaltaiset viat toistuvat. Tiivistä yhteistyötä tehdään myös testausjärjestelmän ylläpidon kanssa sekä tarvittaessa tuotekehityksen kanssa, mikäli havaitaan tarvetta muuttaa itse laitteen rakennetta. Korjausasemalla on siis merkittävä rooli toimivien ja turvallisten taajuusmuuttajien valmistuksessa. Kuva 7 on suunnittelun tueksi piirretty konseptikuva korjausasemasta.

Korjausasemalla laitteen vika etsitään korjauspaikan testausjärjestelmän ja vikakoodin avulla. Korjausasema koostuu erillisestä testerikaapista sekä HiPot-testeristä. Korjausasemalla on myös työkalukaappi sekä rullapöytiä testauspalettien sujuvaan liikutteluun. Korjausasemalla on lisäksi testausjärjestelmään yhteydessä oleva tietokone, joka onkin korjaajan tärkeimpiä työkaluja. Uuteen korjausasemaan asennetaan teollisuus PC-räkkiasennuksena suoraan testauskaappiin. Näyttö ja näppäimistö sekä hiiri sijoitetaan kaappin sivustalle saranoituun telineeseen, siten että se on liikuteltavissa vaaka- ja pystysuunnassa. Kuva 8 lohkokaavio korjausasemasta.

Tietokoneella olevaan Repairing Controller Station -nimiseen ohjelmaan kuittautuu ilmoitus testausjärjestelmästä, mikäli taajuusmuuttaja tarvitsee tilata korjausasemalle. Samalla ohjelmalla kirjataan laitteelle tehdyt korjaustoimenpiteet. Kirjaaminen auttaa tulevien vikojen selvitystyössä, jos samankaltainen virhe on jo aikaisemmin kirjattu. Lisäksi kirjaamisella pystytään puuttumaan mahdollisiin laatuongelmiin komponenteissa tai muuttamaan kokoonpanolinjaston työskentelytapoja, jos samankaltaiset virheet toistuvat. [21.]



Kuva 8. Lohkokaavio korjausasemasta

6.1 Laiteliityntä

ABB:llä on taajuusmuuttajien testauksessa käytössä SOL2-niminen testausjärjestelmä. SOL2-järjestelmässä on eri kokoisia liitännätapoja eri tehoisille taajuusmuuttajille.

- SOL2-XS käyttävät taajuusmuuttajat ovat tehoalueeltaan 0,25-4 kW.
- S-käyttävät taajuusmuuttajat ovat tehoalueeltaan 0,37-22 kW.
- M-käyttävät taajuusmuuttajat ovat tehoalueeltaan 22-85 kW.

Tulevat korjausasemat varustellaan myös SOL2-konseptin mukaan. Eri tuotantolinjoilla on erilaiset vaatimukset korjausasemasta, ja tämä täytyi ottaa suunnittelussa huomioon. Pääpiirteittäin vaatimukset korjausasemilta ovat yhteneväiset. Suurin eroavaisuus tulee erilaisista laitevariaatioista, joita eri korjausasemilla on tarkoitus testata. Laitteiden erilaiset runkokoot, sekä erilaiset toimintavirrattarvitsevat myös erilaiset laiteliitynnät.

Korjauspaikoille missä testataan ainoastaan pienempiä SOL2 -XS R0–R1-runkokoon laitteita, sopisi laiteliitynnäksi kiinteä SOL2 -XS-liityntä. Tällöin korjausasemalla ei tarvittaisi liityntä jiggiä. Laite kiinnitettäisiin testauskaappiin suoraan johtosarjan avulla. [Kuva 11.] Testauskaapissa olisi ODU-MAC-liittimen urospuolinen vastakappale johon laitteen virta sekä ohjausliitännät kiinnittyisivät.

Korjausasemia varten joissa on tarkoitus testata SOL2 -XS sekä SOL2 -S-M kokoluokan liityntää tarvitsevia taajuusmuuttajia, voisi valmistaa erillisen adapteripaletin. Adapteripalettia säilytettäisiin korjausasemalla ja kun ilmenee tarve koestaa pienempitehoisia SOL2 -XS liityntää käyttäviä taajuusmuuttajia, korjaaja nostaisi adapteripaletin korjausaseman rullapöydälle ja kiinnittäisi testattavan laitteen adapteripalettiin.

XS-liityntä poikkeaa S-M liitynnästä, fyysisesti pienemmän ODU-liittimen lisäksi irrallisesta johtosarjasta. Adapteripaletti olisi fyysisiltä mitoiltaan samanlainen kun S-kokoluokan paletti. Tämän adapteripaletin päälle korjaaja nostaisi pienemmän XS-paletin ja kytkisi ODU-MAC liitännän adapteripaletissa olevaan urospuoliseen vastakappaleeseen. Kytkenän avulla virta sekä ohjausliitännät ohjautuisivat suurempaan ODU-liitäntään. Tällä tavoin samalla korjausasemalla voisi testata SOL2-liityntöjä aina XS-M kokoluokkaan. [22.]

SOL2 -XS liitynnän johtosarjassa laitteen syöttövirta saatetaan laitteelle 4mm² kupari-kaapelia pitkin. Kaapeli on mitoitettu kestävämmään suurimmillaan 42 ampeerin jatkuva virta. Vastaavasti SOL2 -M liitynnässä syöttökaapelit on suurimmillaan paksuudeltaan 2 x 25mm² ja testattu kestävämmään 260 ampeerin jatkuva virta. Syöttökaapelien paksuudet eri

testauspaaleissa vaihtuvat riippuen testattavan laitteen teholuokasta. Liityntöjen erilaiset virransietokyvyt on huomioitu tulevan aseman sähkösuunnittelussa oikosulkusuojauksen selektiivisyydellä.

Selektiivisyydellä pyritään rajaamaan sähköverkon vikatilanteesta aiheutuvat häiriöt mahdollisimman pienelle alueelle ja irrottamaan vain vikaantunut osa verkosta. [23.]

Testauskaapin oman 63 ampeerin sulakesuojauksen lisäksi erilliseen adapteri-palettiin sopisi kiinteästi asennettu johdonsuojakatkaisija, jonka tehtävä on katkaista virtapiiri ylikuormitus- tai oikosulkutilanteessa.

Palettiin asennettavaksi johdonsuojakatkaisijaksi tulisi ABB:n valmistama S 203P-B 16 B tyyppin johdonsuojakatkaisija, jonka suurin nimellisvirta on 16 A ja pienin vaadittu oikosulkuvirta toimiakseen 80 A. Tämä valinta tulee suoraan testattavien laitteiden käyttöohjekirjasta. [15;24.]

Johdonsuojakatkaisija täyttää SFS6000 standardissa ”Johtimien ja suojalaitteiden yhteen sovittaminen” määritellyt ehdot jotka ovat

$$I_B < I_N < I_Z \quad (1)$$

sekä

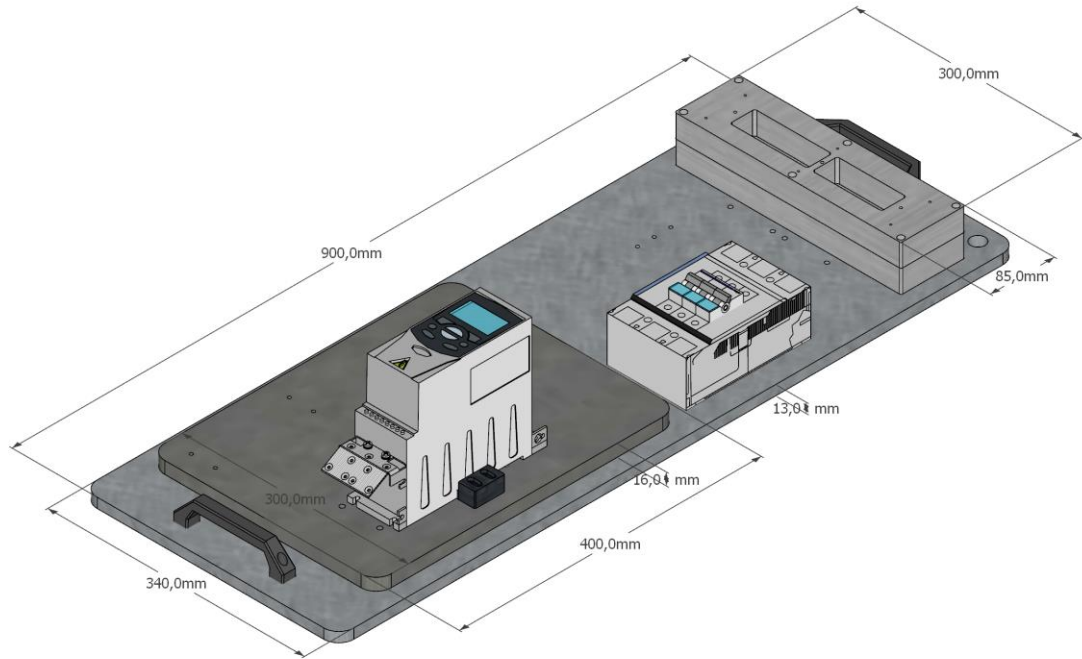
$$I_2 < 1,45 * I_Z \quad (2)$$

Jossa I_B on virta, jolle piiri on suunniteltu

I_N on suojalaitteen mitoitusvirta

I_Z on johtimen jatkuva kuormitettavuus.

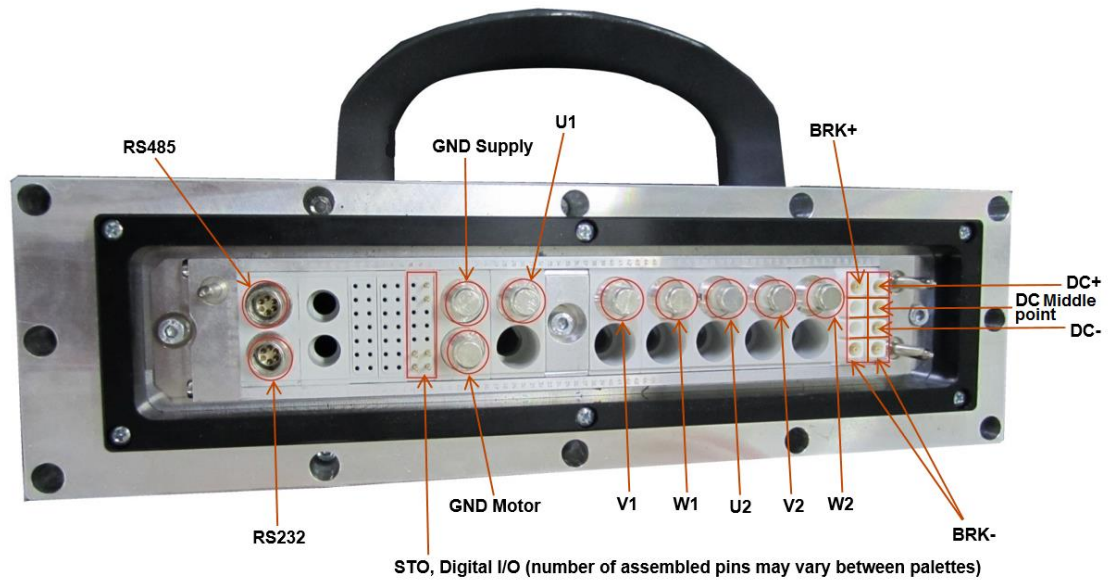
I_2 on virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa. Tämä on annettu laitestandardissa tai se saadaan valmistajalta. [25.]



Kuva 9. Hahmotelma adapteripaletista. Alempi harmaa paletti on SOL2 S-M kokoluokan. Päällä oleva tummempi paletti on XS.

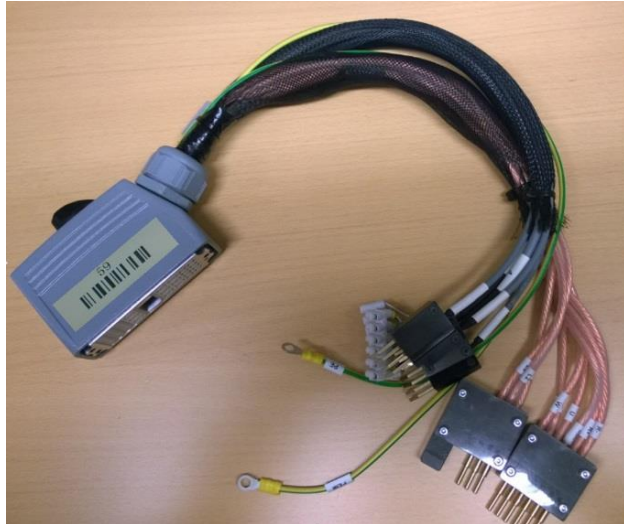
SOL2-S sekä -M kokoluokan testauspaleteissa on samanlainen uros ODU -telakointiliitin ohjaamassa laitteen virta sekä ohjausliitännät testauskaappiin naaraspuoliseen vastakappaleeseen. [Kuva 10.]

SOL2-XS:ssä on käytössä vastaava, mutta fyysisiltä mitoiltaan pienempi ODU-MAC -liitin. [Kuva 11.]

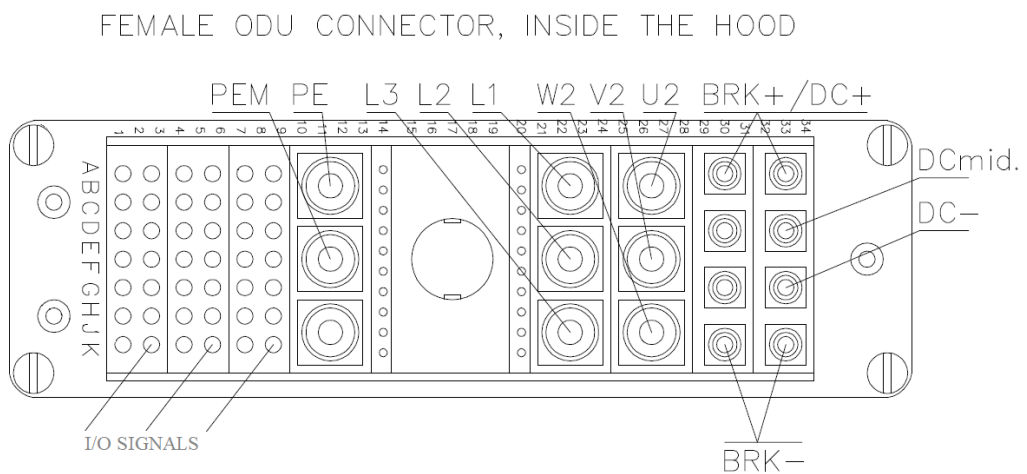


Kuva 10. Naaras ODU liitin. [26]

- RS-485-sarjaliityntä
- RS-232-sarjaliityntä
- taajuusmuuttajan ohjelmoitavat ohjausliitännät. (STO / Digital I/O)
- maapotentiaalit
- kolme vaihetta sähköverkon puolelle U1, V1 ja W1
- kolme vaihetta moottorisytölle puolelle U2, V2 ja W2
- jarruvastuksen korkeampi potentiaali BRK+
- jarruvastuksen matalampi potentiaali BRK-
- välipiirin korkeampi potentiaali DC+
- DC-välipiste
- välipiirin matalampi potentiaali DC-



Kuva 11. ODU-MAC-liitin sekä johtosarja. [26.]



Kuva 12. ODU-MAC liittimen johtimet. [27.]

- kolme vaihetta moottorisytölle U2, V2 ja W2
- kolme vaihetta sähköverkon puolelle L1, L2 ja L3
- jarruvastuksen korkeampi potentiaali BRK+
- jarruvastuksen matalampi potentiaali BRK-
- välipiirin korkeampi potentiaali DC+
- DC välipiste
- välipiirin matalampi potentiaali DC-
- RS485 sekä RS232 sarjaliikenneyhteydet erillisellä johdolla

I/O

- 2 x analoginen sisääntulo
- 2 x analoginen lähtö
- 6 x digitaalinen sisääntulo
- 3 x relelähtö
- 2 kanavaa STO:lle
- 3 x digitaalinen ulostulo

6.2 Laitekommunikointi

Sarjaliikenne yhteys testattavaan laitteeseen saadaan ODU liittimen kautta. Liittimen lähtöpuolelta RS-485- tai RS-232-sarjaliikenneyhteys siirtyy ICP CON I-7513 RS485 Hubiin jolla sarjaliikenneyhteyden voi jakaa kolmeen ulostuloon.

Yksi ulostuloista lähtisi käyttöpaneelille, joka olisi hyvä sijoittaa kiinteästi testauskaappiin. Näin testaustilanteessa samaa käyttöpaneelia olisi käytössä kaikille testattaville taa-juusmuuttajille. Toinen ulostulo siirtyisi Moxa UPort 1150I -signaalimuunttimeen. Signaalimuunnin mahdollistaa sarjaliikenneyhteyden kytkemisen testauskaapin PC:hen USB väylää pitkin. UPort 1150 I -mallissa on sähköinen eristys 2KV:n asti. [28.]

Korjausasema olisi hyvä varustella myös Ethernet-laitekommunikointivalmiudella.

Taulukko 1. Moxa UPort 1150I -tuetut yhteydet. [28.]

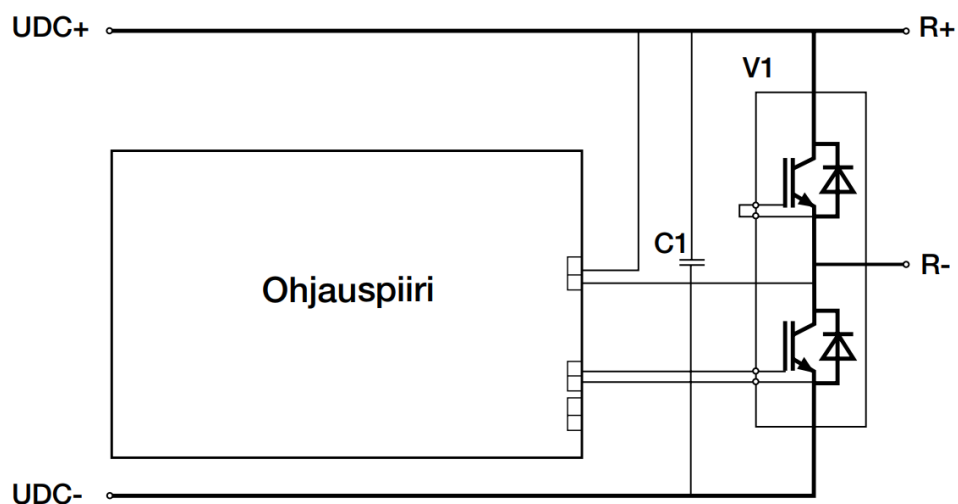
RS-232	TxD, RxD, RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, GND
RS-422	TxD+(B), TxD-(A), RxD+(B), RxD-(A), GND
RS-485-4w	TxD+(B), TxD-(A), RxD+(B), RxD-(A), GND
RS-485-2w	Data+(B), Data-(A), GND
RS-485 Data Direction	ADDC® (Automatic Data Direction Control)

6.3 Testimoottorit

Uusi korjausasema voitaisiin varustella kolmen eri teholuokan 4-napaisilla kolmivaihe-moottoreilla. Tehot olisivat 5,5 kW, 1,5 kW sekä 0,37 kW. Moottorit asennettaisiin erilliseen moottoripukkiin testauskaapin viereen, ja olisivat näin ollen helposti siirrettäviä. Moottorien akselien päähän tulee värikkästä muovista tehty ympyrän muotoinen levy. Tällä visualisoidaan moottorien pyöriminen. Akselien päät suojataan kosketukselta läpinäkyvillä polykarbonaatti suojilla. Moottorikoot on valittu siten, että niillä voidaan suorittaa ID-ajo korjausasemalla kaikille testattaville taajuusmuuttajille. Onnistunut ID-ajo kertoo, että testattavan taajuusmuuttajan virranmittaus toimii ja että laite onnistuu pyörittämään moottoria. Liitteessä 1 on kerrottu tarkemmat tiedot moottoreista.

6.4 Jarrukatkoja

Jarrukatkojaa tarvitaan taajuusmuuttajissa estämään välipiirin tasajännitteen liiallinen nousu. Jarrukatkoja on elektroninen kytkin, joka liittyy välipiirin tasajännitteen vastukseen, jossa jarrutusenergia muunnetaan lämmöksi. Jarrukatkojat aktivoituvat automaattisesti, kun välipiirin tasajännite ylittää tietyn vaihtosuuntaajan nimellisjännitteeseen verrannollisen rajan. Jarrukatkoja toimii, vaikka vaihtovirran syöttö olisi poikki. Jarrutusta voidaan tarvita sähkökatkoksen aikana, esimerkiksi hisseissä tai muissa turvallisuuden suhteen kriittisissä sovelluksissa. Kuva 13 on esimerkki jarrukatkojan piirikaaviosta. [29.]



Kuva 13. Esimerkki jarrukatkojan piirikaaviosta. UDC tarkoittaa tasajännitevälipiirin liittimiä ja R vastuksen liittimiä. [29.]

Korjausaseman jarruvastusta valittaessa täytyi ottaa huomioon testattavien taajuusmuuttajien erilaiset vaatimukset vastukselta. Mitä pienempi on taajuusmuuttajan oma jarrutuskapasiteetti, sitä suurempi täytyy jarruvastuksen resistanssi olla.

Tarvittavan jarruvastuksen resistanssi voidaan laskea kaavalla:

$$R = \frac{U_{dc}^2}{P_{Rmax}} \quad (3)$$

Vastuksen tehonkeston tarve voidaan laskea kaavalla

$$P_{Rmax} = T * \omega \quad (4)$$

Mukautetun vastuksen kuormitettavuus on oltava korkeampi kuin vastuksen hetkellinen maksimitehonkulutus, kun se on kytketty katkojan tasajännitevälipiirin jännitteeseen

$$P_{Rmax} = < \frac{U_{dc}^2}{R} \quad (5)$$

Jossa R = laskettu jarruvastuksen arvo (ohm)

UDC = tasajännitevälipiirin jännite.

PRmax = maksimiteho jarrutusjakson aikana (W)

T = momentti (newtonmetri, Nm)

ω = kulmanopeus [radiaani/sekunti, 1/s].

Jarruvastus täytyykin mitoittaa pienimmän testattavan laitteen jarruvastukselta vaaditun minimiarvon mukaan. Mitoituksessa on huomioitava myös se, että vastus kestää siltä vaaditun kuormitettavuuden. Jarruvastus voidaan laskea kaavalla

$$(1,35 * 1,25 * U_n)^2 / PR_{max} \quad (7)$$

Tässä tapauksessa PR_{max} on korjausaseman virtalähteen maksimi teho 1500 W. Normaalkäytössä taajuusmuuttajan jarruvastuksen mitoituksessa PR_{max} ina käytetään laskennallista maksimijarrutustehosta, joka johdetaan jarruvastukselle. Tämä riippuu sovelluksesta, jossa taajuusmuuttajaa käytetään. [30.]

Danothermin valmistama CBH / CBV 190 CT -mallinen jarruvastus täyttäisi nämä ehdot ja sopisi korjausaseman jarruvastukseksi. Vastuksessa on 1000 Ω :n resistanssi sekä 1,37 kW:n tehonkesto jarrutuksen kestäessä 5 sekuntia [31.]

6.5 HiPot-testeri

Tulevalle korjausasemalle olisi hyvä asentaa myös erillinen HiPot-testeri eli jännitekoestustesteri. Testerissä olisi pyörät jalustoissa liikuteltavuuden vuoksi. Testerin avulla voidaan suorittaa korjattavalle laitteelle jännitteenkesto- ja eristysvastusmittaus erikseen korjausasemalla joko automaattisesti tai käsisääteisesti. Testattava taajuusmuuttaja tuodaan HiPot -testeriin paletin päällä, ja virrat kytkeytyvät laitteeseen ODU -liittimen välityksellä vastaavasti kuin testauskaappiin liittäessä.

Jännitteenkesto mittauksessa testataan laitteen jännitteen kestoa erikseen määritellyn ajan verran. Vaihtojännitettä syötetään testattavaan laitteeseen, ja mittarista katsotaan, kuinka paljon vuotovirtaa syntyy. Vuotovirran pitää olla asetetun raja-arvon alapuolella, jotta laite läpäisee testin.

Eristysvastusmittauksessa testattavaan taajuusmuuttajaan syötetään tasajännitettä. Virta mitataan ja kun syötetty jännite on tiedossa, voidaan laskea taajuusmuuttajan eristyksen resistanssi $R=U/I$. Taajuusmuuttajien mittauksessa minimiresistanssi tulee olla $>10 \text{ M}\Omega$. [32]

Referenssi korjausasemalla on Kikusui valmistama TOS 9200 -mallinen testeri, jossa ulostuleva vaihtojännite on valittavissa välillä 50–5000 VAC. Tasajännite lähtönä on valittavissa 25–1000 VDC. Vastaava testeri sopisi myös uudelle korjausasemalle, koska

jännitelähtö on valittavissa laajalla skaalalla, joten se sopii hyvin eri tehoisten taajuusmuuttajien testaukseen.

6.6 Turvallisuus

Uuden korjausaseman suunnittelussa haluttiin kiinnittää huomiota myös korjausaseman turvallisuuteen. Testauskaappiin sekä HiPot testeriin olisi hyvä asentaa kiinteästi savuhälytin joka kytkettäisiin järjestelmien hätä-seis-piiriin. Hälyttimen havaitessa savua, kytketyisi järjestelmät jännitteettömiksi.

Toinen turvallisuusparannus vanhaan järjestelmään verrattuna liittyy laitteen irrottamiseen testauskaapista. Referenssikorjausasemassa laite on mahdollista irrottaa testauskaapista välipiiri jännitteellisenä. Uuteen korjausasemaan lisättäisiin valvontarele joka varmistaa, että laite on jännitteetön ennen kuin testauskaapin luukku on mahdollista avata.

Kun laite on kytkettynä testauskaappiin, se on normaali testausolosuhteissa suojattuna kosketukselta kaapin sisässä läpinäkyvän polykarbonaatti levystä valmistetun suojan takana. Suoja on saranoitu sekä kytketty järjestelmän hätä-seis-piiriin vaikutusalueeseen. Jos luukku avataan, kytkeytyy järjestelmä jännitteettömäksi, ja laitteen välipiiriin jännite purkautuu purkausvastukselle. Jossain tilanteissa on taajuusmuuttajaa päästävä tutki-
maan ja mittaamaan jännitteisenä. Tätä varten testauskaappiin olisi hyvä asentaa mahdollisuus päästä ohittamaan suojan avaamisen aiheuttama hätä-seis-piiriin laukeaminen avaimen avulla. Näin toimiessa olisi luukun avaaminen jännitteellisenä tiedostettu ratkaisu. Testauskaapin takaosaan olisi hyvä sijoittaa testauskaapin sähköistys. Kaapin takaosan olisi oltava lukittuna avaimella. [33.]

7 Suoritettavat testit ja mittaukset

Kun taajuusmuuttaja saapuu korjausasemalle, laite kuljetetaan rullapöytää apuna käyttäen testikaapin sisällä olevaan jigiin. Paletissa jonka päälle laite on kokoonpantu, on reiät, joihin testikaapissa olevat metalliset tangot nousevat, kun korjaaja kääntää testauskaapista valintakytkintä. Näin paletti ja laite lukkiutuvat paikalleen ja virta sekä ohjausliittimet kytkeytyvät testauskaappiin.

Testaaminen aloitetaan syöttämällä laitteelle joko vaihto- tai tasajännitettä. On turvallisempaa aloittaa testaaminen syöttämällä laitteelle ensin tasajännitettä, sillä laite voi olla oikosulussa esimerkiksi laitteeseen kuulumattoman esineen vuoksi. Referenssi korjaus-asemassa tasajännite saatiin virtalähteestä, jossa säätöalue ulottui 500 V:iin asti.

Koska uudella korjausasemalla haluttiin mahdollistaa lisäksi taajuusmuuttajien jarrukatkosten testaus, tarvittaisiin korjausasemalle tätä testausta varten suurempi virtalähde, sekä jarruvastus.

Virtalähteeksi sopisi FUG mca 1500-1500 -merkkinen laite, jossa on 1500 V:n lähtöjännite ja 1500 W:n teho. Ulostulo on kelluva, joten positiivinen tai negatiivinen napa voi olla kytkettynä maihin. Ohjausliitännät laitteessa ovat IEEE 488, RS 232, RS 422, Profibus DP, USB, sekä LAN. Tulevalla korjausasemalla riittäisi kuitenkin manuaalinen ohjaus. Kuva 14 DC-virtalähde FUG mca 1500-1500.



Kuva 14. DC - virtalähde FUG mca 1500-1500

Jos laitetta on tarpeen koestaa vaihtojännitteellä, korjaaja valitsee testikaapin valintakytkimillä joko 230 V, 400 V tai 690 V AC riippuen testattavan laitteen jänniteluokasta. Jännitteen valinta testauskaapin sähköistyksessä voitaisiin toteuttaa säästömuuntajan avulla.

Korjausasemalla olisi oltava mahdollisuus testata myös laitteen ohjausliitännät ja digitaalilähdöt, sekä analogialähdöt. Tämä onnistuisi kolmella eri tavalla: käyttämällä testauskaapissa olevaa kiinteää käyttöpaneelia, testikaapissa olevaa I/O ohjauspaneelia tai korjausaseman PC:llä olevalla Drive Composer -ohjelmalla.

Kun vika on korjattu asentaja kirjaa Repairing Controller Station -ohjelmaan laitteelle tehdyt korjaustoimenpiteet, ja vapauttaa laitteen uudelle testikierrokselle. Alla on lueteltu yksityiskohtaisemmin eri testaustavat.

7.1 Lähtövirtojen tarkastelu

Lähtövaiheiden virran mittaus toteutettaisiin oskilloskoopilla. Referenssikorjausasemassa oskilloskooppi on testauskaapin yläosassa irrallisena hyllyllä. Tulevaan korjausasemaan oskilloskooppi olisi hyvä sijoittaa myös testauskaapin yläosaan, mutta asentaa räkkiin. Tämä visuaalisuuden vuoksi, ja myös sen takia että kaapista saataisiin yhtenäinen kokonaisuus. Referenssi korjausasemassa oskilloskooppi on merkiltään Tektronix TDS2014C. Laitteessa on neljä mittauskanavaa, joissa näytteenottotaajuus on 2 GS/s.

Oskilloskoopin kolmeen tulokanavaan kytketään Tektronix A621 -malliset virtaprobet, jotka toimivat AC-5–50 kHz:n taajuusvälillä, sekä 100–2000 mA:n virtavälillä. Nämä on kytketty mittaamaan testattavan taajuusmuuttajan lähtövaiheiden virtaa. Vastaava oskilloskooppi olisi hyvä valinta myös tulevalle korjausasemalle, sillä laite on osoittautunut toimivaksi työkaluksi vuosien kokemuksella. Oskilloskooppi näyttää testattavan taajuusmuuttajan lähtövaiheiden aaltomuodot, kun asentaja ajaa moottoria korjausasemalla. Tästä voidaan päätellä, toimiiko laitteen lähtövaiheet suunnitellusti.

Uudessa korjausasemassa olisi hyvä asentaa neljäs virtaprobe mittaamaan välipiirin, ja jarruvastuksen välistä virtaa. Näin voitaisiin taajuusmuuttajan jarrukatkojaa testatessa nähdä, siirtyykö jarrutusteho vastukselle oikein.

Välipiirin mittaus

Referenssi korjausasemassa välipiirin mittaus on toteutettu jännitemittarilla, joka on asennettu testauskaappiin moottorinvalinta kytkimen yläpuolelle. Tulevaan korjausasemaan halutaan myös välipiirin jännitemittaus vastaavasti toteutettuna.

Välipiirin jännite tuodaan taajuusmuuttajasta ODU-liittimelle, johon mittari on kytketty. Mittarin alapuolelle tulee painonappi, jota painamalla jännite purkautuu erilliselle purkausvastukselle. Ratkaisu on osoittautunut toimivaksi, joten myös tulevalle korjausasemalla voisi käyttää samaa ratkaisua välipiirin jännitteen mittauksessa. Painonapilla tapahtuva välipiirin jännitteen purku saisi olla myös mukana. Uutena turvallisuus parannuksena olisi hyvä, jos välipiirin jännite purkautuisi myös pakotettuna purkausvastukselle siinä vaiheessa, kun testauskaapin luukku avataan.

7.2 e190-servo-ohjaimen testaus

Eräällä tuotantolinjalla valmistetaan taajuusmuuttajien lisäksi e190-mallista servo-ohjainta. Tämän ohjaimen testaus haluttiin mahdollistaa myös korjausasemalla. Servo-ohjaimen testausta varten korjausasemalle tarvittaisiin oma johtosarja, jolla laite kytketään testausjärjestelmään. Laitteessa ei ole ohjauspaneelia vaan hallinnointi tapahtuu PC:llä ethernetyhteyden välityksellä. Laitteessa on oletuksena staattinen IP-osoite, jonka vuoksi korjausaseman tietokoneeseen olisi hyvä asentaa toinen verkkokortti, jonka kautta laitteeseen saadaan muodostettua yhteys. Korjausaseman ensisijainen verkkokortti on varattuna lähiverkko sekä internet yhteyttä varten. Laitetta ohjataan tietokoneelta Mint WorkBench -nimisellä ohjelmalla. Laitteen I/O:t onnistuisi testata korjausaseman I/O-ohjauspaneelilla.

7.3 I/O-testaus

I/O-testausta varten korjausasemaan tarvittaisiin testauskaappiin sijoitettava I/O ohjauspaneeli. Paneeli voisi olla irrotettava huollon helpottamiseksi siten että paneelin sähkökytkentöihin pääsee helposti käsiksi. Paneelissa olisi oltava jännite ja virtamittarit sekä kaksi potentiometriä testijännitteen säätämiseen, sekä ledejä jotka indikoisivat muutosta eri testitilanteissa. I/O-testaus aloitetaan siirtämällä laite korjausaseman testauskaappiin, ja kytkemällä laitteeseen virrat päälle.

I/O-paneeliksi korjausasemaan voisi hyödyntää demosalkun paneelia. Demosalkkuja käytetään taajuusmuuttajien toiminnan esittelemiseen ja niissä on I/O-paneeli, jolla voidaan demonstroida laitteiden ohjausliitäntöjen toiminnallisuus. Kuva 15 ACS880-01 demosalkku.



Kuva 15. ACS880-01 democase

7.3.1 Digitaalitulot

Digitaalisten sisääntulojen mittaus suoritetaan ohjaustaulussa olevilla DI1-DI6-vipukytkimillä. Kytkimien läpi syötetään testattavan laitteen ohjaukselta 24 V DC. Taajuusmuuttajan käyttöpaneeli asetetaan näyttämään digitaalitulojen tila, ja testauskaapin ohjauspaneelin vipukytkimien asentoa vaihtamalla seurataan laitteen käyttöpaneelin DI tilojen muutosta. ledit indikoivat laitteen ohjauspaneelin puolella muutoksen.

7.3.2 Analogiatulot

Analogisten sisääntulojen mittaus aloitetaan tarkastamalla laitteessa olevat dippikytkimet siten että ne ovat oikeassa asennossa. AI1:n on oltava U asennossa = jännite (0–10 V) ja AI2 on I asennossa = virta (0-20 mA) asennossa. Jännitteen mittaaminen suoritetaan kääntämällä ohjauspaneelissa AI1 -potentiometri nolatasoon, ja valitaan taajuusmuuttajan käyttöpaneeli näyttämään analogisen sisääntulon jännitearvoa. Tämän jälkeen käännetään AI1 -potentiometri +5V DC:n jännitetasoon. Seuraavaksi jännite säädetään +10V DC tasolle, ja verrataan lukemaa. Jos käyttöpaneeli näyttää samoja lukemia kuin syötetty jännite (+/-3 %) tarkkuudella, testi on hyväksyttävä.

Virtaviesti mitataan vastaavasti valitsemalla taajuusmuuttajan käyttöpaneeli näyttämään analogisen sisääntulon virta-arvoa. Tämän jälkeen AI2 -potentiometriä kääntämällä verrataan ohjauspaneelissa olevan virtamittarin näyttämää lukemaa taajuusmuuttajan ilmoittamaan virta-arvoon. Tuloksien ollessa samoja +/-3 %:n tarkkuudella, voidaan todeta, että virtaviesti toimii suunnitellusti.

7.3.3 Analogialähdöt

Analogilähtöjen virtaviestit mitataan tarkistelemalla käyttöpaneelin AO1- ja AO2-virtamittaria. Ensimmäisenä tehtävänä on varmistaa taajuusmuuttajasta, että dippikytkin AO1 on I (virta) asennossa. Seuraavaksi asetetaan taajuusmuuttajan käyttöpaneelista laite lähettämään virtaviestejä A01 kanavaa pitkin. Ensimmäisenä asetetaan A01 lähettämään 10mA. Testauskaapin virtamittarista A01 tarkistetaan, että lukema vastaa asetettua +/-1 % tarkkuudella. Seuraavaksi nostetaan virtaa 20 mA:n ja tarkistetaan mittarista lukema. Hyväksytyän testauksen jälkeen asetukset palautetaan taajuusmuuttajasta lähtöarvoihin.

7.3.4 STO-testaaminen

Safe Torque Off -toiminto testataan ohjauspaneelissa olevilla vipukytkimillä. Laite lukitaan testauskaappiin, ja laitetaan virransyöttö päälle. Taajuusmuuttajan käyttöpaneelista valitaan moottorisäätö tavaksi skalaari. ACSx580 laitteissa oletuksena on vektori, kun taas ACS880-01 laitteissa DTC. Vaihdetään laitteen ulostulotaajuus 8,50 Hz:iin, ja käynnistetään laite. Kun ulostulotaajuus on saavuttanut asetetun arvon, käännetään testikaapin ohjaustaulussa olevat STO1- sekä STO-vipukytkimet samanaikaisesti ON- asentoon. Käyttöpaneelissa olevat ledit ilmaisevat tilan.

Jos laitteen STO toimii suunnitellusti, laite ”vikaantuu” Fault 5091 (Safe torque off) virhekoodilla, joka voidaan havaita laitteen käyttöpaneelin Active faults -listasta. Kytkimet palautetaan noll- asentoon.

Seuraavaksi suoritetaan testaus vastaavalla tavalla vielä molemmille STO -reiteille erikseen. STO1 -vipukytkimen käytön pitäisi luoda laitteeseen FA81 (Safe torque off 1) virheen, ja STO2 -vipukytkimen FA82 (Safe torque off 2) virheen. Lopuksi laite palautetaan tehdasasetuksiin.

7.3.5 Relelähttöjen testaaminen

Korjausasemalla on mahdollista testata myös taajuusmuuttajan relelähhdöt.

Taulukko 2. ACH580-01-aajuusmuuttajan relelähhdön tekniset tiedot [13.]

Johdinkoko enintään	1,5 mm ²
Koskettimien enimmäisarvot	250 V AC / 30 V DC / 2 A
Koskettimien vähimmäisarvot:	12 V / 10 mA
Suurin katkaisukyky	1500 VA

Relelähttöjen testaaminen tapahtuu valitsemalla taajuusmuuttajan käyttöpaneelista laite syöttämään relelähttöihin jännitettä. Jokainen lähtö käydään yksitellen läpi ohjaamalla niitä käyttöpaneelista. Korjausaseman testikaapin ohjauspaneelista tarkistetaan, että ledit reagoivat muutokseen. Tarkistus tehdään lisäksi laitteen paneelista kohdasta "RO forced data status", joka näyttää, onko relelähhdön tila muuttunut. Kun testaaminen päättyy, palautetaan laite oletusasetuksiin. [34.]

8 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä oli tavoitteena suunnitella korjausasema, jossa tuotannossa viikaantuneita taajuusmuuttajia tarkastettaisiin sekä korjattaisiin. Tavoitteena oli luoda tekninen dokumentti, jonka pohjalta korjausasema olisi helppo tilata avaimet käteen -periaatteella sopimusvalmistajalta. Lähtökohtana oli käytössä oleva korjausasema, jonka pohjalta uutta asemaa lähdettiin suunnittelemaan. Suunnittelussa täytyi huomioida erilaisten taajuusmuuttajien eroavaisuudet liitántätavoissa korjausaseman testauskaappiin. Lisäksi uuden aseman suunnittelussa haluttiin kiinnittää erityistä huomiota testaamisen turvallisuuteen, ja muodostaa korjausasemasta yhtenäisempi kokonaisuus.

Työ toteutettiin tutkimalla nykyisen korjausaseman rakennetta ja sen mittalaitteita. Työtä varten tutustuttiin nykyisten sekä uusien taajuusmuuttajatuoteperheiden ominaisuuksiin, ja testaus- sekä liitántävaatimuksiin. Työssä tutkittiin myös eri tapoja uuden aseman toteuttamiseksi. Työtä varten haastateltiin nykyisen korjausaseman työntekijöitä sekä ABB:n yhteyshenkilöä, joka vastaa tuotantolinjojen testauksesta tehtailta, joihin korjaus-

asemat olisi tarkoitus tulevaisuudessa rakentaa. Lisäksi työtä seurattiin viikoittaisilla palaverilla ABB:llä ohjaajani Juha Tammisen kanssa. Häneltä sainkin suurta apua ja vinkkejä työn toteuttamiseen.

Työn suurimpia haasteita olivat uuden taajuusmuuttaja tuoteperheen täysin erilainen liitännätapa korjausasemaan. Lisäksi pienempitehoisten taajuusmuuttajien pienempi virrantarve täytyi huomioida aseman sähkösuojauksessa.

Tavoitteeseen päästiin. Insinööriyön tavoitteena ollut tekninen dokumentti valmistui. Dokumentissa on määritelty yksityiskohtaisesti vaatimukset, jota uudessa korjausasemassa pitäisi olla. Tämän dokumentin avulla voidaan tehdä tarjouspyynnöt korjausasemasta ABB:n sopimustoimittajilta.

Lähteet

- 1 Suomalaiset juuret. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>>. Luettu 14.2.2018.
- 2 Pitäjänmäki muistelee, Oy Strömberg Ab. 2014. Verkkoaineisto. ABB Oy. <http://www.helsinki.fi/kansalaismuisti/pitajanmaki/elinkeino/strombergin_tehdas.html>. Luettu 15.2.2018.
- 3 ABB Oy, Drives. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/yksikot/drives>>. Luettu 15.2.2018
- 4 Taajuusmuuttajat. 2009. Verkkoaineisto. SähköNet. <<http://blogit.jao.fi/sahkonet/sahko-ja-automaatioasennukset/oppimistehtavat/teollisuuden-sahkoasennukset/moottori-kaytot/taajuusmuuttajat/>>. Luettu 23.2.2018
- 5 Niiranen, Jouko. 1999. Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus. Helsinki: Ota-tieto Oy. Luettu 23.2.2018
- 6 DTC – edelleen ylivoimainen moottorisäätö. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<http://www.abb.fi/cawp/seitp202/a91a1d1c807562bdc12575b0002e67d6.aspx>> Luettu 24.2.2018
- 7 Hieta-Wilkman, Sinikka. 1997. Taajuusmuuttajat: käyttö, asennus, häiriöt. Espoo: Sähköinfo. Luettu 29.2.2018
- 8 Tekninen opas nro 1. 2001. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://library.e.abb.com/public/fdba0b31a34b89d1c1256d280040b4ae/Tekninenopasnro1.pdf>>. Luettu 2.3.2018
- 9 Teknisiä tietoja ja taulukoita. Suomalaiset ABB-yhtiöt. Vaasa: Ykkös-Offset Oy, 2000. Luettu 2.3.2018
- 10 ACS880 taajuusmuuttajat. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<http://new.abb.com/drives/fi/pienjannitetaajuusmuuttajat/teollisuustaajuusmuuttajat/acs880-taajuusmuuttajat>>. Luettu 5.3.2018
- 11 Täydennystä turvatarjontaan. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<http://www.abb.pl/cawp/seitp202/6a86e45a4b44ebf0c1257992001ffc3d.aspx>>. Luettu 10.3.2018
- 12 Laiteopas, ACS580-01-taajuusmuuttajat. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <https://library.e.abb.com/public/552c6dda80a449bea49a9d89f475ac9a/FI_ACS580-01_HW_E_A5_screen.pdf>. Luettu 11.3.2018

- 13 ACH580 taajuusmuuttaja. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<http://new.abb.com/drives/fi/pienjannitetaajuusmuuttajat/sovelluskohtaiset-taajuusmuuttajat/ach580>>. Luettu 11.3.2018
- 14 ABB drives for water and wastewater. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000194172&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>>. Luettu 12.3.2018
- 15 ACS380- taajuusmuuttaja laiterakennukseen. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<http://new.abb.com/drives/fi/pienjannitetaajuusmuuttajat/taajuusmuuttajat-laiterakennukseen/acs380>>. Luettu 13.3.2018
- 16 Laiteopas ACS380- taajuusmuuttajat. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AXD5000041408&LanguageCode=fi&DocumentPartId=1&Action=Launch>>. Luettu 13.3.2018
- 17 Käyttäjän opas ACS355- taajuusmuuttajat. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000071758&LanguageCode=fi&DocumentPartId=1&Action=Launch>>. Luettu 16.3.2018
- 18 ACS355 taajuusmuuttaja. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<http://new.abb.com/drives/fi/pienjannitetaajuusmuuttajat/taajuusmuuttajat-laiterakennukseen/acs-355>>. Luettu 16.3.2018
- 19 MicroFlex e190 servo drive. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000201840&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>>. Luettu 16.3.2018
- 20 ABB Oy, 2018. Sisäinen dokumentti. Luettu 17.3.2018
- 21 Korjausaseman asentaja, 2018. ABB Oy. Haastattelu: 28.3.2018
- 22 Kahelin, Petri & Tamminen, Juha. 2018. ABB Oy. Videoneuvottelu: 6.4.2018
- 23 Suojien selektiivisyys. 2009. Verkkoaineisto. Ensto. <<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594830404.html>>. Luettu 7.4.2018
- 24 Pienjännitekojeet. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://library.e.abb.com/public/6b2e3b61cdc65b49c2256e7e0026aeb4/1SCC400004C1801.pdf>>. Luettu 9.4.2018

- 25 Standardi SFS 6000-433.1. 2018. Verkkoaineisto. SFS Online. <<https://online.sfs.fi/>>. Luettu 7.4.2018
- 26 ABB Oy, 2018. Sisäinen dokumentti. Luettu 9.4.2018
- 27 ABB Oy, 2018. ODU-MAC mekaniikkakuva. Sisäinen dokumentti. Luettu 13.4.2018
- 28 UPort 1150/UPort 1150I. 2018. Verkkoaineisto. Moxa. <https://www.moxa.com/product/UPort_1150_1150I.htm>. Luettu 10.4.2018
- 29 Tekninen opas nro 8. 2001. Verkkoaineisto. ABB Oy. <https://library.e.abb.com/public/2e30f9c0e2d07b9ac1256d28004152df/Tekninen_opasnro8.pdf>. Luettu 10.4.2018
- 30 Laiteopas ACS880-01. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000103704&LanguageCode=fi&DocumentPartId=1&Action=Launch>>. Luettu 11.4.2018
- 31 Alpha CBH-V-CBR. 2007. Verkkoaineisto. Danotherm. <<http://www.danotherm.dk/files/datasheets/alpha/Alpha%20CBH-V-CBR-Thermostat.pdf>>. Luettu 11.4.2018
- 32 ABB Oy, 2018. Sisäinen dokumentti. Luettu 16.4.2018
- 33 Tamminen, Juha. 2018. ABB Oy. Haastattelu: 23.3.2018
- 34 ABB Oy, 2018. Sisäinen dokumentti. Luettu 19.4.2018

Moottoritaulukko

Motor 1	Product ID: 3GBA072320-BSC						
Power	Conn	Freq	Voltage	Speed	Current	Power Factor	Torque
0.37 kW	Y	50 Hz	400 V	1420 r/min	1.09 A	0.690	2.50 N·m
0.37 kW	D	50 Hz	230 V	1420 r/min	1.90 A	0.690	2.50 N·m
0.37 kW	Y	50 Hz	380 V	1408 r/min	1.07 A	0.730	2.52 N·m
0.37 kW	D	50 Hz	220 V	1408 r/min	1.85 A	0.730	2.50 N·m
0.37 kW	Y	60 Hz	440 V	1726 r/min	0.97 A	0.670	2.05 N·m
0.37 kW	Y	60 Hz	460 V	1731 r/min	0.99 A	0.630	2.05 N·m

Motor 2	Product ID: 3GBA092215-ADB						
Power	Conn	Freq	Voltage	Speed	Current	Power Factor	Torque
1.50 kW	Y	50 Hz	690 V	1430 r/min	1.73 A	0.830	10.00 N·m
1.50 kW	D	50 Hz	400 V	1430 r/min	3.00 A	0.830	10.00 N·m
1.50 kW	D	60 Hz	460 V	1740 r/min	2.70 A	0.800	8.20 N·m

Motor 3	Product ID: 3GBA132212-ADB						
Power	Conn	Freq	Voltage	Speed	Current	Power Factor	Torque
5.50 kW	D	50 Hz	400 V	1460 r/min	19.20 A	0.800	35.90 N·m
5.50 kW	y	50 Hz	690 V	1460 r/min	11.10 A	0.800	35.90 N·m
5.50 kW	D	60 Hz	460 V	1765 r/min	9.70 A	0.790	29.70 N·m

Taajuusmuuttajataulukko

Alla listattuna taulukkomuodossa taajuusmuuttajat joita uudella korjausasemalla olisi mahdollista käsitellä. Taajuusmuuttajat on listattu tuoteperheittäin. Taulukoista käy ilmi:

- "Type" Laitteen tyyppi
- "Frame size" Laitteen runkokoko
- "UN" Nimellisjännite
- "I1 A" Nimellinen tulovirta
- "kW" Tyypillinen moottoriteho normaalissa käytössä
- "Motor" ID-ajoon soveltuva moottorin numero. Moottorit on esitelty tarkemmin liitteessä 1. Moottori on valittu taulukkoon Excel kaavalla:

= IF(AND(A1 = 500; (B1/0,99) >= 1; (B1/0,99) <= 6); 1; IF(AND(A1 = 500; (B1/2,7) >= 1; (B1/2,7) <= 6); 2; IF(AND(A1 = 500; (B1/9,7) >= 1; (B1/9,7) <= 6); 3; IF(AND(A1 = 230; (B1/1,9) >= 1; (B1/1,9) <= 6); 1; IF(AND(A1 = 230; (B1/3) >= 1; (B1/3) <= 6); 2; IF(AND(A1 = 230; (B1/19,2) >= 1; (B1/19,2) <= 6); 3; IF(AND(A1 = 400; (B1/1,09) >= 1; (B1/1,09) <= 6); 1; IF(AND(A1 = 400; (B1/3) >= 1; (B1/3) <= 6); 2; IF(AND(A1 = 400; (B1/19,2) >= 1; (B1/19,2) <= 6); 3; IF(AND(A1 = 690; (B1/1,73) >= 1; (B1/1,73) <= 6); 2; IF(AND(A1 = 690; (B1/11,1) >= 1; (B1/11,1) <= 6); 3; "3 + 2")))))))))))) (7)

Jossa A1 = moottorin nimellisjännite, B1= taajuusmuuttajan nimellinen tulovirta, ja B1:n nimittäjä on moottorin virta.

- "SOL 2" liityntä testauskaappiin, XS (extra small) S (small) M (medium)
- "Brake resistor" Pienin soveltuva jarruvastuksen koko ohmeina käytettäessä liitteen 1 moottoreita sekä testauskaapin virtalähdettä.

Type	Frame size	UN	I1 A	kW	SOL 2	In A	Motor	Conn	Brake resistor
ACS880 - 02A1-5	R1	500	2,1	0,55	S	2,1	1	D	475
ACS880 - 02A1-5	R1	400	2,1	0,55	S	2,1	1	D	304
ACS880 - 04A6-2	R1	230	4,6	0,75	S	4,6	1	D	100
ACS880 - 02A4-3	R1	400	2,4	0,75	S	2,4	1	D	304
ACS880 - 03A0-5	R1	500	3	1,1	S	3	1	D	475
ACS880 - 03A4-5	R1	500	3,4	1,1	S	3,4	1	D	475
ACS880 - 06A6-2	R1	230	6,6	1,1	S	6,6	1	D	100
ACS880 - 03A0-5	R1	400	3	1,1	S	3	1	D	304
ACS880 - 03A3-3	R1	400	3,3	1,1	S	3,3	1	D	304
ACS880 - 03A4-5	R1	400	3,4	1,1	S	3,4	1	D	304
ACS880 - 04A8-5	R1	500	4,8	1,5	S	4,8	1	D	475
ACS880 - 07A5-2	R1	230	7,5	1,5	S	7,5	1	D	100
ACS880 - 04A0-3	R1	400	4	1,5	S	4	1	D	304
ACS880 - 04A8-5	R1	400	4,8	1,5	S	4,8	1	D	304
ACS880 - 05A2-5	R1	500	5,2	2,2	S	5,2	1	D	475
ACS880 - 10A6-2	R1	230	10,6	2,2	S	10,6	1	D	100
ACS880 - 05A2-5	R1	400	5,2	2,2	S	5,2	1	D	304
ACS880 - 05A6-3	R1	400	5,6	2,2	S	5,6	1	D	304
ACS880 - 07A6-5	R1	500	7,6	3	S	7,6	2	D	475
ACS880 - 07A2-3	R1	400	8	3	S	8	2	D	304
ACS880 - 07A6-5	R1	400	7,6	3	S	7,6	2	D	304
ACS880 - 11A0-5	R1	500	11	4	S	11	2	D	475
ACS880 - 09A4-3	R1	400	10	4	S	10	2	D	304
ACS880 - 11A0-5	R1	400	11	4	S	11	2	D	304
ACS880 - 16A8-2	R2	230	16,8	4	S	16,8	2	D	100
ACS880 - 12A6-3	R1	400	12,9	5,5	S	12,9	2	D	304
ACS880 - 014A-5	R2	400	14	5,5	S	14	2	D	304
ACS880 - 24A3-2	R2	230	24,3	5,5	S	24,3	3	D	100
ACS880 - 014A-5	R2	500	14	5,5	S	14	2	D	475
ACS880 - 017A-3	R2	400	17	7,5	S	17	2	D	304
ACS880 - 021A-5	R2	500	21	7,5	S	21	3	D	475
ACS880 - 021A-5	R2	400	21	7,5	S	21	3	D	304
ACS880 - 031A-2	R3	230	31	7,5	S	31	3	D	100
ACS880 - 025A-3	R2	400	25	11	S	25	3	D	304
ACS880 - 027A-5	R3	500	27	11	S	27	3	D	475
ACS880 - 027A-5	R3	400	27	11	S	27	3	D	304
ACS880 - 034A-5	R3	500	34	15	S	34	3	D	475
ACS880 - 032A-3	R3	400	32	15	S	32	3	D	304
ACS880 - 034A-5	R3	400	34	15	S	34	3	D	304
ACS880 - 038A-3	R3	400	38	18,5	S	38	3	D	304
ACS880 - 07A4-7	R3	690	7,4	5,5	S	7,4	2	Y	904
ACS880 - 07A3-7	R5	690	7,3	5,5	M	7,3	2	Y	904
ACS880 - 09A9-7	R3	690	9,9	7,5	S	9,9	2	Y	904
ACS880 - 09A8-7	R5	690	9,8	7,5	M	9,8	2	Y	904

ACS880 -	14A3-7	R3	690	14,3	11	S	14,3	3	Y	904
ACS880 -	046A-2	R4	230	46	11	M	46	3	D	100
ACS880 -	14A2-7	R5	690	14,2	11	M	14,2	3	Y	904
ACS880 -	019A-7	R3	690	19	15	S	19	3	Y	904
ACS880 -	061A-2	R4	230	61	15	M	61	3	D	100
ACS880 -	018A-7	R5	690	18	15	M	18	3	Y	904
ACS880 -	023A-7	R3	690	23	18,5	S	23	3	Y	904
ACS880 -	040A-5	R4	400	40	18,5	M	40	3	D	304
ACS880 -	040A-5	R4	500	40	18,5	M	40	3	D	475
ACS880 -	022A-7	R5	690	22	18,5	M	22	3	Y	904
ACS880 -	075A-2	R5	230	75	18,5	M	75	3	D	100
ACS880 -	027A-7	R3	690	27	22	S	27	3	Y	904
ACS880 -	052A-5	R4	400	52	22	M	52	3	D	304
ACS880 -	045A-3	R4	400	45	22	M	45	3	D	304
ACS880 -	052A-5	R4	500	52	22	M	52	3	D	475
ACS880 -	026A-7	R5	690	26	22	M	26	3	Y	904
ACS880 -	087A-2	R5	230	87	22	M	87	3	D	100
ACS880 -	061A-3	R4	400	61	30	M	61	3	D	304
ACS880 -	065A-5	R5	500	65	30	M	65	3+2	D	475
ACS880 -	035A-7	R5	690	35	30	M	35	3	Y	904
ACS880 -	065A-5	R5	400	65	30	M	65	3	D	304
ACS880 -	115A-2	R6	230	115	30	M	115	3	D	100
ACS880 -	072A-3	R5	400	72	37	M	72	3	D	304
ACS880 -	077A-5	R5	400	77	37	M	77	3	D	304
ACS880 -	077A-5	R5	500	77	37	M	77	3+2	D	475
ACS880 -	042A-7	R5	690	42	37	M	42	3	Y	904
ACS880 -	145A-2	R6	230	145	37	M	145	3+2	D	100
ACS880 -	087A-3	R5	400	87	45	M	87	3	D	304
ACS880 -	049A-7	R5	690	49	45	M	49	3	Y	904
ACS880 -	096A-5	R6	400	96	45	M	96	3	D	304
ACS880 -	096A-5	R6	500	96	45	M	96	3+2	D	475
ACS880 -	124A-5	R6	500	124	55	M	124	3+2	D	475
ACS880 -	061A-7	R6	690	61	55	M	61	3	Y	904
ACS880 -	124A-5	R6	400	124	55	M	124	3+2	D	304
ACS880 -	105A-3	R6	400	105	55	M	105	3	D	304
ACS880 -	145A-3	R6	400	145	75	M	145	3+2	D	304
ACS880 -	084A-7	R6	690	84	75	M	84	3+2	Y	904

Type	Frame size	UN	I1 A	kW	SOL 2	In A	Motor	Conn	Brake resistor
ACx580 - 02A6-4	R0	400	2,6	0,75	S	2,6	1	Y	304
ACx580 - 03A3-4	R0	400	3,3	1,1	S	3,3	1	Y	304
ACx580 - 04A0-4	R0	400	4	1,5	S	4	1	Y	304
ACx580 - 05A6-4	R0	400	5,6	2,2	S	5,6	1	Y	304
ACx580 - 07A2-4	R1	400	7,2	3	S	7,2	2	D	304
ACx580 - 09A4-4	R1	400	9,4	4	S	9,4	2	D	304
ACx580 - 12A6-4	R1	400	12,6	5,5	S	12,6	2	D	304
ACx580 - 017A-4	R2	400	17	7,5	S	17	2	D	304
ACx580 - 025A-4	R2	400	25	11	S	25	3	D	304
ACx580 - 032A-4	R3	400	32	15	S	32	3	D	304
ACx580 - 038A-4	R3	400	38	18,5	S	38	3	D	304
ACx580 - 045A-4	R3	400	45	22	S	45	3	D	304
ACx580 - 062A-4	R4	400	62	30	M	62	3	D	304
ACx580 - 073A-4	R4	400	73	37	M	73	3	D	304
ACx580 - 088A-4	R5	400	88	45	M	88	3	D	304
ACx580 - 106A-4	R5	400	106	55	M	106	3	D	304
ACx580 - 145A-4	R6	400	145	75	M	145	3+2	D	304

Type	Frame size	UN	I1 A	kW	SOL 2	In A	Motor	Conn	Brake resistor
ACS380 - 02A4-1	R0	230	5	0,37	XS	2,4	1	D	100
ACS380 - 03A7-1	R0	230	7,8	0,55	XS	3,7	1	D	100
ACS380 - 01A8-4	R0	400	2,9	0,55	XS	1,8	1	Y	304
ACS380 - 04A8-1	R1	230	10,1	0,75	XS	4,8	1	D	100
ACS380 - 02A6-4	R1	400	4,2	0,75	XS	2,6	1	Y	304
ACS380 - 06A9-1	R1	230	14,5	1,1	XS	6,9	1	D	100
ACS380 - 03A3-4	R1	400	5,3	1,1	XS	3,3	1	Y	304
ACS380 - 07A8-1	R1	230	16,4	1,5	XS	7,8	1	D	100
ACS380 - 04A0-4	R1	400	6,4	1,5	XS	4	1	Y	304
ACS380 - 09A8-1	R2	230	20,6	2,2	S	9,8	1	D	100
ACS380 - 05A6-4	R1	400	9	2,2	XS	5,6	1	Y	304
ACS380 - 12A2-1	R2	230	25,6	3	S	12,2	2	D	100
ACS380 - 07A2-4	R1	400	11,5	3	XS	7,2	2	D	304
ACS380 - 09A4-4	R1	400	15	4	XS	9,4	2	D	304
ACS380 - 12A6-4	R2	400	20,2	5,5	S	12,6	2	D	304
ACS380 - 17A0-4	R3	400	27,2	7,5	S	17	2	D	304
ACS380 - 25A0-4	R3	400	40	11	S	25	3	D	304

Type	Frame size	UN	I1 A	kW	SOL 2	In A	Motor	Conn	Brake resistor
ACS355 - 02A4-2	R0	230	6,1	0,37	XS	2,4	1	D	100
ACS355 - 02A4-2	R0	230	4,3	0,37	XS	1,2	1	D	100
ACS355 - 01A2-4	R0	400	2,2	0,37	XS	2,4	1	D	304
ACS355 - 03A5-2	R0	230	6,1	0,55	XS	1,9	1	D	100
ACS355 - 01A9-4	R0	400	3,6	0,55	XS	3,5	1	D	304
ACS355 - 04A7-2	R1	230	11	0,75	XS	4,7	1	D	100
ACS355 - 04A7-2	R1	230	7,6	0,75	XS	2,4	1	D	100
ACS355 - 02A4-4	R1	400	4,1	0,75	XS	4,7	1	D	304
ACS355 - 06A7-2	R1	230	16	1,1	XS	6,7	1	D	100
ACS355 - 06A7-2	R1	230	12	1,1	XS	4,1	1	D	100
ACS355 - 03A3-4	R1	400	6	1,1	XS	6,7	2	D	304
ACS355 - 07A5-2	R2	230	17	1,5	XS	7,5	1	D	100
ACS355 - 07A5-2	R1	230	12	1,5	XS	7,3	1	D	100
ACS355 - 04A1-4	R1	400	6,9	1,5	XS	7,5	2	D	304
ACS355 - 09A8-2	R2	230	21	2,2	XS	9,8	1	D	100
ACS355 - 09A8-2	R2	230	14	2,2	XS	9,8	1	D	100
ACS355 - 05A6-4	R1	400	9,6	2,2	XS	3,3	1	D	304
ACS355 - 13A3-2	R2	230	22	3	XS	13,3	2	D	100
ACS355 - 07A3-4	R1	400	12	3	XS	5,6	1	D	304
ACS355 - 17A6-2	R2	230	25	4	XS	17,6	2	D	100
ACS355 - 08A8-4	R1	400	14	4	XS	8,8	2	D	304
ACS355 - 24A4-2	R3	230	41	5,5	S	23,1	3	D	100
ACS355 - 12A5-4	R3	400	19	5,5	S	24,4	3	D	304
ACS355 - 31A0-2	R4	230	50	7,5	S	31	3	D	100
ACS355 - 15A6-4	R3	400	22	7,5	S	12,5	2	D	304
ACS355 - 46A2-2	R4	230	69	11	S	44	3	D	100
ACS355 - 23A1-4	R3	400	31	11	S	15,6	2	D	304
ACS355 - 31A0-4	R4	400	52	15	S	46,2	3	D	304
ACS355 - 38A0-4	R4	400	61	18,5	S	31	3	D	304
ACS355 - 44A0-4	R4	400	67	22	S	38	3	D	304