

Kemba Njie

ACS800:N JA ACS880:N DSU-TESTAUS

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Merenkulun koulutus

2024



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Kemba Njie
Työn nimi	ACS800:n ja ACS880:n DSU-testaus
Toimeksiantaja	ABB Oy
Vuosi	2024
Sivut	47 sivua, liitteitä 14 sivua
Työn ohjaaja(t)	José Hernández, Mikko Soisalo

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ACS800- ja ACS880-sarjojen diodisyöttöyksiköiden (Diode Supply Unit) testausta. DSU-testerille tehtiin käytännön muutoksia sekä dokumentoinnin päivitys ennen moduuleiden testaamista. Opinnäytetyön tavoitteena oli saada testeristä mahdollisimman käytännöllinen sekä luoda selkeä dokumentaatio.

Teoriaosuudessa tutkitaan yleisesti taajuusmuuttajan toimintaa ja rakennetta, multidriveä, ACS-sarjoja sekä kaappitesteriä. Kappaleessa 5 käsitellään taajuusmuuttajan toimintaperiaatetta. Aiemmat kappaleet johdattelevat tähän aiheeseen. Niissä kerrotaan tehoelektronikan komponenteista ja tasasuuntaajista, koska ne ovat oleellinen osa taajuusmuuttajia. Lopuksi käydään läpi kaappitesteriä sekä erilaisia yksiköitä, joita multidrive-kokonaisuus voi sisältää. Opinnäytetyössä paneudutaan DSU:hun ja sen toimintaan.

Toteutusosuudessa kartoitettiin testerin tilannetta sekä mitä ACS-sarjoja testerillä oli testattu aiemmin. Käytännön työn toteutukseen sisältyivät testimatriisin selventäminen, dokumentaation päivitys, testikaapin johdotuksen parantaminen, tasajännitteen virranmittaus kaapista sekä liittimien vaihto. Toteutuksessa oli mukana DSW:n henkilöstö sekä opinnäytetyöohjaaja ABB:n puolesta.

Opinnäytetyö toteutettiin kvantitatiivisella eli määrällisellä tutkimusmenetelmällä. Aineistonkeruumenetelmänä käytettiin henkilökohtaista kyselyä, jossa oli avoin kysely sekä monivalintakysely. Yhteensä kysymyksiä oli kaksi. Kyselylomake jaettiin paikan päällä, joten vastaukset saatiin nopeasti. Kyselylomake jaettiin Pitäjänmäen DSW:n työntekijöille, jotka olivat olleet tekemisissä DSU testerin kanssa. Kyselyyn vastasi osa testaushenkilöstö.

Asiasanat: ACS, DSU, testaus, testerit

Degree title	Bachelor of Engineering
Author	Kemba Njie
Thesis title	Testing of ACS800 and ACS880 DSU
Commissioned by	ABB Oy
Time	2024
Pages	47 pages, 14 pages of appendices
Supervisors	José Hernández, Mikko Soisalo

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to investigate the testing of diode supply units (DSU) in the ACS800 and ACS880 series. Practical modifications were made to the DSU tester and documentation was updated, before testing the modules. The main purpose of the thesis was to make the tester as practical as possible and to create clear testing and maintenance instructions.

The study was conducted using a quantitative research method. The data was collected with method using a questionnaire containing one open-ended and one multiple choice question. There was a total of two questions. The questionnaire was distributed on-site to Pitäjänmäki DSW employees who had been involved with the DSU tester, so responses were obtained quickly. Part of the testing personnel responded to the questionnaire.

The theoretical part describes the operation and structure of frequency converters, multidrives, ACS series, and cabinet testers. In addition, chapter 5 the operating principle of frequency converters are discussed. Also, previous chapters lead to this topic, power electronics components and rectifiers are explained as they are essential parts of frequency converters. Finally, the cabinet tester and various units that a multidrive system may contain are discussed. The thesis focuses on the DSU and its operation.

In the implementation stage, the status of the tester was surveyed, and which ACS series had previously been tested with the tester. The measures that were taken included clarifying the test matrix, updating documentation, improving the wiring of the test cabinet, measuring the DC current from the cabinet, and replacing connectors. Personnel from DSW and the thesis supervisor from ABB were involved in the implementation.

Keywords: ACS, DSU, testing, test device

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	TEOREETTINEN VIITEKEHYS.....	8
2.1	Toimeksiantaja.....	9
2.1.1	ABB Suomessa.....	9
2.1.2	Drives Finland.....	10
2.2	Käytännön työ.....	10
2.2.1	Dokumentoinnin parannus.....	10
2.2.2	Testimatriisi.....	10
2.2.3	Liittimen lisääminen ja johdotusten parannus.....	11
2.2.4	Tasajännitteen virranmittaus.....	11
2.3	Tutkimuskysymykset ja menetelmät.....	12
2.4	Rajaukset ja tarkennukset.....	13
3	TEHOELEKTRONIIKAN KOMPONENTIT.....	14
3.1	Diodi.....	14
3.2	IGBT.....	14
3.3	Tyristorit.....	15
4	TASASUUNTAAJA.....	15
4.1	Yksivaiheiset tasasuuntaajat.....	15
4.1.1	Yksivaiheiset puoliaaltosuuntaajat.....	16
4.1.2	Yksivaiheiset täysiaaltosuuntaajat.....	17
4.2	Kolmivaiheiset tasasuuntaajat.....	19
4.2.1	Kolmivaiheiset puoliaaltosuuntaajat.....	19
4.2.2	Kolmivaiheiset täysiaaltosuuntaajat.....	20
4.3	Täysiaaltotasasuuntaus keskiulosotolla.....	23
4.4	Ripple.....	24
5	TAAJUUSMUUTTAJA.....	25
5.1	Taajuusmuuttajan perusperiaate.....	25

5.2	Välipiirillinen taajuusmuuttaja.....	25
6	TAAJUUSMUUTTAJAT ACS800 JA ACS880	26
6.1	ACS800	27
6.2	ACS880	28
7	MULTIDRIVE.....	29
7.1	INU	31
7.2	Jarruyksikkö.....	31
7.3	Syöttöyksiköt.....	32
7.3.1	DSU	32
7.3.2	TSU.....	32
7.3.3	ISU.....	32
7.4	Syöttöyksiköt rinnakkain	33
8	DSU-KAAPPITESTERI.....	33
9	YHTEENVETO JA TULOKSET	38
9.1	Yhteenveto	38
9.2	Tulokset	38
	LÄHTEET.....	43
	KUVALUETTELO	46

Liite 1. DSU testerin testausohje

Liite 2. DSU testerin huolto-ohje

Liite 3. Kyselylomake

Liite 4. Testimatriisi

Lyhenneluettelo

ABB	Asea Brown Boveri, Monialainen teknologiayritys
AC	Alternative current, vaihtovirta
ACS	ABB:n taajuusmuuttajasarja
ACU	Auxiliary Control Unit, apuohjausyksikkö
BCU	Brake Chopper Unit, jarrukatkojyksikkö
CPM	Critical path method, kriittisen polun menetelmä
DC	Direct Current, tasavirta
DCCT	Direct Current Current Transducer, tasavirtamuunnin
DSSB	Diode Supply System Board, diodisyöttöjärjestelmän emolevy
DSU	Diode Supply Unit, diodi syöttöyksikkö
DSW	Drives Service Workshop, taajuusmuuttajayksikön korjaamo
DTC	Direct Torque Control, suora vektorin ohjaus
EUT	Equipment Under Test, testattava laite
GTO	Gate turn-off, hilalta sammutettava tyristori
ICU	Incoming Control Unit, tuloyksikkö
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähkötekniikan komissio
IGTB	Insulated gate bipolar transistor, eristyshilainen bipolaaritransistori
ISU	IGBT Supply Unit, IGBT syöttöyksikkö
LCL	Inductance-Capacitance-Inductance, Induktanssi-Kapasitanssi-Induktanssi
LV	Low Voltage, pienjännite
MCC	Motor Control Center, moottorin ohjausyksikkö
MOSFET	Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, kanavatransistori
RDCU	Remote Data Collection Unit, tietojenkeruuyksikkö
RMIO	Remote Module Input Output, ohjauskortti
RMS	Root Means Square, tehollisarvo
SCR	Silicon Controlled Rectifiers, piityristori
TSU	Thyristor Supply Unit, tyristori syöttöyksikkö
VFD	Variable Frequency Drive, taajuusmuuttaja

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä ABB Drivesin kanssa. Työn tarkoituksena oli tehdä parannuksia DSU-testerille ja päivittää testaus- ja huolto-ohje. Töiden suoritettua on tarkoitus testata ACS800- ja ACS880- moduuleja. Opinnäytetyö sisältää yleistä tietoa tehoelektronikkomponenteista, taajuusmuuttajista, tasasuuntaajista sekä ABB:n ACS800- ja ACS880- malleista. Tarkastelun kohteeksi otettiin diodisyöttöyksikön testaus, toiminta ja käyttötarkoitus.

Haluan kiittää ABB:tä mahdollisuudesta opinnäytetyön tekemiseen sekä työn ohjaajia ja korjaamon työntekijöitä. Työn ohjaajina toimivat Mikko Soisalo sekä Juhani Kare ABB:ltä ja José Hernández Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun puolelta.

Kotkassa 5.4.2024

Njie Kemba

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on päivittää toimeksiantajan ABB:n Drives Service Workshopin DSU-testeriä. Testerin päivitykseen kuuluu testimatriisin laajennus, dokumentoinnin päivitys, testikaapin johdotuksen parannus sekä liittimien vaihto ja tasavirranmittaus kaapista. Lopuksi testataan eri ACS800- ja ACS880-malleja käyttäen uutta testausohjetta. Teoriaosuudessa käydään läpi tehoelektroniikankomponentteja, taajuusmuuttajia, tasasuuntaajia, multidriveä, kaappitesteriä sekä ABB:n ACS800- ja ACS880 malleja. Tarkastelun kohteeksi otettiin diodisyöttöyksikön testaus, toiminta ja käyttötarkoitus.

Opinnäytetyössä tutkitaan ABB:n ACS800:n ja ACS880:n teollisia pienjännitetaajuusmuuttajasarjoja. Näiden sarjojen lisäksi tuoteperheeseen kuuluu myös vanhempia malleja, kuten ACS180, ACS255, ACS380 ja ACS580. Pienjännitetaajuusmuuttajia käytetään pieni- ja suuritehoisissa sovelluksissa vaihtovirtamoottoreiden vääntömomentin ja nopeuden ohjaamiseen.

Pienjännitetaajuusmuuttajat on suunniteltu erilaisiin teollisiin sovelluksiin, kuten sellu- ja paperiteollisuuteen, metalliteollisuuteen, kaivosteollisuuteen, sementtiteollisuuteen, voimalaitoksiin, kemian teollisuuteen, öljy- ja kaasualalle, vesi- ja jätevesisektorille sekä elintarviketeollisuuteen. Näihin taajuusmuuttaja tuoteperheisiin kuuluu myös meriympäristöön soveltuvia ja hyväksytyjä malleja. (ABB 2023.)

DSW:lle tulleet moduulit korjataan ja testataan sen varmistamiseksi, että huolto on suoritettu oikein ja moduuli toimii virheettömästi. Viat, jotka ovat ilmenneet huollon aikana tai jotka ovat olleet ennen huoltoa selvitetään ja korjataan. Jos testaus tehdään oikein ja standardien mukaisesti, tuote on todettu kestäväksi ja turvalliseksi käyttää. Huolletuille tuotteille myönnetään takuu ja palautetaan takaisin asiakkaalle.

2 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

Opinnäytetyön tavoite on saada ABB:lle käytännöllisempi testeri muutoksilla sekä uusilla ohjeilla. ABB:n työntekijät pääsevät hyödyntämään uutta testaus

dokumentaatiota ja huolto-ohjetta, jotta testerin käyttö, huoltaminen ja moduulien koestus olisi turvallisempaa sekä selkeämpää.

2.1 Toimeksiantaja

ABB (Asea Brown Boveri) on sveitsiläinen teollisuuskonserni, jonka pääkonttori on Zürichin Oerlikonissa Sveitsissä. ABB:n toiminta keskittyy neljään eri alueeseen: sähköistykseen (electrification), prosessiautomaatioon (process automation), liikkeeseen (motion) ja robotiikkaan & erilliseen automaatioon (robotics & discrete automation). ABB:n ratkaisuja yhdistävät insinööriosaaminen ja ohjelmistot, joilla optimoidaan tavaroiden valmistus, siirtäminen ja käyttö. (ABB 2023.) Kuvassa 1 on ABB:n logo ja slogan.



Kuva 1. ABB:n logo ja slogan (ABB 2023)

2.1.1 ABB Suomessa

Suomessa ABB:llä on toimintaa 20 eri paikkakunnalla työllistäen noin 5000 henkilöä. Suurimmat tehtaat sijaitsevat Helsingissä, Porvoossa, Haminassa ja Vaasassa. Helsingin Vuosaarella ja Haminan toimipisteissä keskitytään propulsioratkaisuihin. Näissä luodaan Azipod®-ruoripotkurijärjestelmiä erilaisiin aluksiin. Porvoon tehtaassa luodaan erilaisia asennustarvikkeita ja kalusteita. Vaasan tehdas keskittyy sähköistämiseen, johon kuuluu voimantuotannon järjestelmät, sähkön siirto- ja jakelujärjestelmät sekä prosessiteollisuuden kokonaisprojekti. Vaasan tehtaalla panostetaan myös pienjännitemoottoreiden tutkimiseen ja kehittämiseen (IEC LV Motors). Helsingin Pitäjänmäen tehdas voidaan jakaa kahteen tuotanto-osastoon: Large Motors and Generators (suuriin moottoreihin ja generaattoreihin) sekä Drives-osastoon (taajuusmuuttajiin). Näiden ohella tehtaalla on myös robotteja, Motion Service, ABB:n globaali Ability™ alustankehitys, CPM energiahallintajärjestelmät ja -paperikonekäyttö-ratkaisut. (ABB 2023.)

2.1.2 Drives Finland

Suomessa ABB Drives valmistaa ja kehittää pienjännite taajuusmuuttajia sekä näihin liittyviä sovelluksia ja ohjelmistotyökaluja maailmanlaajuisesti teollisuuden. Pitäjänmäellä sijaitseva tehdas on johtava yksikkö taajuusmuuttajien tuotekehityksessä. Tehtaalla työskentelee noin 1300 henkilöä. (ABB 2023.)

2.2 Käytännön työ

Käytännön työn osio toteutetaan ABB:n Pitäjänmäen tehtaan korjaamo-osastolle. Suunnitelmana on tehdä muutoksia DSU-testerille. Muutokset sisältävät testikaapin johdotuksen parannuksen, liittimien lisäämisen, tasavirranmittauskaapin DC+ -liittimeltä yhdistettynä PicoScopeen sekä paneelin lisäämiseen testikaapin oveen. Työ sisältää myös dokumentoinnin päivityksen. Dokumentointiin päivitetään testausohje sekä luodaan huolto-ohje. Töiden ohessa karotetaan testimatriisia, eli mitä malleja testerillä on testattu.

2.2.1 Dokumentoinnin parannus

Dokumentoinnin parannuksessa käydään läpi vanhat dokumentaatiot sekä manuaalit ja niiden perusteella luodaan uusi dokumentaatio. Vanhoissa dokumenteissa oli puutteita, etenkin testausohjeessa. Uusi dokumentaatio on tiivistetty ja järjestelty versio englanniksi sekä suomeksi. Dokumentaatio sisältää yleisen tiedon testeristä, testausohjeen ja huolto-ohjeen. Testausohjeessa on kolmen eri ACS-mallin testausohje, ACS880-304, ACS800-304/704 ja ACS800-304/704 V+992. Ohjeessa kerrotaan askel askeleelta toiminnot, mitä täytyy tehdä moduuleita testatessa. Kuvat ovat apuna visualisoimaan ohjeita. Huolto-ohje on pohja alihankintaa varten. Huolto-ohje jaetaan eteenpäin kunnossapito palvelu Quantille sekä koestamon työnjohtajalle. Dokumentaatio on saatavissa ABB:n tietokannoissa sekä liitteenä opinnäytetyössä.

2.2.2 Testimatriisi

Testimatriisin selventämisessä selvitetään SAP-ohjelmasta ja työntekijöiltä, mitä malleja on DSU testerillä testattu. SAP-ohjelmasta näkee työnjonon seu-

raaviin testattaviin sekä korjattaviin malleihin. Näin siitä saadaan dataa testimatriisia varten. Tarkoituksena on laajentaa matriisia uutta dokumenttia varten lisäämällä malleja, joita dokumentissa ei vielä ole. Työntekijöille luodaan kysely, että saadaan selville, mitä moduuleita testerillä on testattu ja joita ei ole vielä listattuna. Tämän perusteella saadaan kartoitettua asia ja tehdään Excel-taulukko, testatuista malleista. Kysely on tehty testaushenkilöstölle. Nämä henkilöt olivat olleet eniten tekemisissä testerin kanssa. Tulevaisuutta varten tehdään uusi taulukko, johon jatkossa merkitään kaikki mallit, joita testerillä testataan.

2.2.3 Liittimen lisääminen ja johdotusten parannus

Uusissa ACS880 malleissa on vaihtunut naarasliitin, johon kytketään kaapissa oleva 3-vaiheinen apu/tuuletinliitäntä. Korjaamolle saatiin tilattua vastaavanlaiset urosliittimet. Niistä luodaan adapteri, jolla voidaan testata ACS880- ja ACS800-sarjoja. Osa vanhoista johdoista kiinnitetään uudestaan, jotta saadaan varmistettua, että ne eivät roiku tai heilu. Uudet johdot mitoitetetaan sopivan pituisiksi, kiinnitetään ja kytketään. Moduuliin meneville vaihejohdoille, DC+ ja DC– sekä maadoitusjohtimelle tehdään tarpeen tullen muutoksia. Johdot suojataan eristesuojalla, jolla estetään vauriot johtimiin terävistä reunoista ja läpivienneistä.

2.2.4 Tasajännitteen virranmittaus

Tasajännitteen virranmittauksessa hyödynnetään Hall-ilmiötä. Pihtimittari mittaa virran aiheuttaman magneettikentän käyttämällä Hall-anturia. Hallin ilmiössä johdinkappaleeseen syntyy magneettikentässä jännite, jota kutsutaan Hall-jännitteeksi. Tämä jännite on suunnattu poikittain sekä kappaleessa kulkevaan sähkövirtaan että magneettikenttään nähden. Tämä mahdollistaa pihtimittarin kiinnittymisen johtimeen ja sähkövirran mittaamisen ilman, että mittari tarvitsee suoraa kosketusta johtimeen. Pihtimittarissa on oltava shunttivastus, kun mitataan tasavirtaa. Shunttivastus mittaa ja rajoittaa virtaa sekä suojelee laitteita ylikuormitukselta ja oikosululta.

Toinen tapa tasajännitteen virranmittaukseen on hyödyntää tasavirtamuunninta. Tasavirtamuunnin tunnetaan myös nimillä DC-virta-anturi tai DCCT.

Laite mittaa ja muuntaa tasavirran signaalit jännitteeksi, virraksi tai digitaaliseksi dataksi. Jotta saadaan tuloksia mittauksista, tarvitsee virtamuunnin erilaisia anturilaitteita, kuten Hall-anturin tai fluxgaten sekä signaalinkäsittelypiirin ja lähtöliitännän integroinnin. Anturi havaitsee tasavirran ja muuntaa sen signaaliksi, jonka jälkeen signaalinkäsittelypiiri säätää sen. Esitys tulovirrasta saadaan integroimalla se yhteensopivaksi laitteisiin ja järjestelmiin.

2.3 Tutkimuskysymykset ja menetelmät

DSU-testeri on olennainen osa korjaamolle tulleiden moduuleiden huoltamista sekä korjaamista. Testerillä tehdään moduuleille pääpiirien testi ja kuormitus-testi. Nämä tehdään nostamalla jännitettä hitaasti moduulien nimellisarvoon, jolloin saadaan moduulille keinotekoinen kuorma. Testerin jännite nousee 1 kV:iin asti, kun moduuleita testataan. Tietokoneelta seurataan PicoScopen graafisia diodien ja tyristorien toimintakäyriä sekä virran- ja jännitteen arvoja. Näin voidaan todentaa, onko moduuli toimintakelpoinen. Tutkimuksena tässä on selvittää:

Mikä on DSU testerin nykyinen tilanne, miten ja miksi sitä parannetaan?

Opinnäytetyöhön kuuluu testimatriisin selventäminen. Testerillä on testattu erilaisia ACS800- ja ACS880 malleja, mutta kaikkia testattuja malleja ei ole dokumentoitu ylös. Tutkimuksena on selvittää henkilöiltä sekä SAP-ohjelman avulla:

Mitä ACS-sarjojen moduuleita testerillä on testattu ja milloin?

Opinnäytetyössä on käytetty kvantitatiivista ja kartoittavaa tutkimusmenetelmää. Kvantitatiivisen tutkimusmenetelmän avulla selvitettiin DSU-testerin nykyinen tilanne ja menetelmiä, miten parannetaan ja miksi. Aluksi kartoitettiin olemassa oleva tilanne ja pyrittiin selvittämään, miten suunnitellut toimenpiteet parantaisivat testerin toimivuutta. Opinnäytetyössä kartoitettiin kyselyllä ja taulukoimalla Excelliin, mitä ACS-sarjojen moduuleita testerillä on koestettu ja milloin.

Kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimuksen avulla pyritään ratkaisemaan kysymyksiä, jotka liittyvät lukumääriin ja prosenttiosuuksiin. Tämä tutkimuslähestymistapa vaatii riittävän suuren ja edustavan otoksen. Aineiston keruussa käytetään yleensä standardoituja tutkimuslomakkeita, joissa on valmiita vastausvaihtoehtoja. Numeroiden avulla kuvataan eri asioita ja usein tutkitaan myös eri ilmiöiden välisiä riippuvuuksia tai tapahtuneita muutoksia. Vaikka kvantitatiivinen tutkimus antaa kattavan kuvan nykytilanteesta, se ei kuitenkaan tarjoa riittävästi tietoa asioiden syistä (Heikkilä 2014). Tähän opinnäytetyöhön saadaan kattava kuva työstä aineiston keruun avulla. Testeristä on entuudestaan tietoa ABB:n tietokannoissa sekä työntekijöillä. Näin päästään käsiksi testerin nykytilanteeseen.

Kartoittavaa eli eksploratiivista tutkimusta käytetään usein esitutkimuksena, jonka tavoitteena on löytää tekijöitä tai sopivia vastausvaihtoehtoja tutkimuslomakkeen kysymyksiin, jotka selittävät tutkittavia ilmiöitä (Heikkilä 2014). Opinnäytetyössä on hyödynnetty eksploratiivista tutkimusta selvittämään, mitä ACS malleja on testerillä testattu. Kysely luotiin työntekijöille, jotka ovat olleet tekemisissä testerin kanssa. Kyselyllä saatiin luotettavat vastaukset, jotka edistävät ACS mallien testaamista.

2.4 Rajaukset ja tarkennukset

Teoriaosuudessa tutkitaan yleisesti taajuusmuuttajan toimintaa ja rakennetta, multidrivea, ACS-sarjoja sekä kaappitesteriä. Aiemmissa kappaleissa on käyty läpi taajuusmuuttajan toimintaperiaatetta, erilaisia tasasuuntaajia sekä tehoelektronikan komponentteja. Nämä kappaleet johdattelevat tähän, koska ne ovat oleellinen osa taajuusmuuttajia. Lopuksi käydään läpi kaappitesteriä sekä erilaisia yksiköitä, mitä multidrive-kokonaisuus voi sisältää. Opinnäytetyössä paneudutaan DSU:hun ja sen toimintaan.

Käytännön työtä kartoitettiin ja rajattiin sen mukaan, miten työ etenee. Työn ohjaajan kanssa asetettiin työlle tavoitteet. Opinnäytetyöpalaverissa käytiin läpi käytännön työt ja luotiin tärkeysjärjestys. Todettiin, että yhtä käytännön työtä ei saada suoritettua puuttuvan ajan sekä hankalan toteutuksen takia.

Päätettiin, että puuttuvasta työstä tehdään toteutussuunnitelma. Töiden laajuus jousti suunnittelussa, joten työt rajattiin tähän ja keskityttiin muihin käytännön toteutuksiin.

3 TEHOELEKTRONIIKAN KOMPONENTIT

Tehoelektronikka on sähkötekniikan osa-alue, joka käsittelee sähkötehon suunnittelua, ohjausta sekä muuntamista. Se sisältää puolijohdeiden, kuten transistoreiden ja diodien käytön suuritehoisen sähköenergian ohjaamisen ja käsittelyn. (Gautam 2023.)

3.1 Diodi

Diodi on puolijohdekomponentti, joka sallii virtapiirissä virtauksen vain yhteen suuntaan. Diodi koostuu kahdesta elektrodista: anodista ja katodista. Se johdtaa virran anodilta katodille. Puolijohdediodia usein mallinnetaan ideaalidiodilla, joka määräytyy ominaiskäyrällä. Negatiivisilla jännitteillä ideaalidiodi ei johda virtaa. Positiivisessa suunnassa se toimii esteettömästi vastaten oikosulkua. (Silvonen 2009, 89–90.)

Diodin toimintaa voidaan verrata kytkimeen, joka riippuu virran suunnasta. Kun diodissa kulkee virta, diodin sanotaan olevan myötäsuunnassa, muuten se on estosuunnassa. Vaikka diodi ei toimi täydellisesti, puolijohdediodi jäljittelee ideaalidiodin toimintaa hyvin, vähentäen tarvetta tarkempiin piirimalleihin esimerkiksi tasasuuntaajien analyysissä. (Silvonen 2009, 89–90.)

3.2 IGBT

IGBT on tehokas kytkinkomponentti, joka on vallannut markkinoita suuritehoisissa ja suuritaajuisissa sovelluksissa, korvaten tyristorit ja muut transistorit. IGBT on yhdistelmä Bipolaaritransistorista ja MOSFETistä. IGBT-moduulit on suunniteltu parantamaan virrankestävyyttä yhdistämällä useita yksittäisiä IGBT-elementtejä rinnakkain. IGBT ei sovellu lineaariseen signaalinkäsittelyyn. Yksinkertaistettu versio koostuu kolmesta aktiivikomponentista, joista irrallaan oleva npn-transistori on yleensä sulkutilassa. Lisäksi voi olla JFET-tyyppinen rakenne, joka vaikuttaa toimintaan sulkutilan ja johtavan tilan välillä.

IGBT:tä ohjataan hilalta. Päävirtapiiri on kollektorin ja emitterin välillä, jotka tunnetaan myös nimillä anodi ja katodi. (Silvonen 2009, 285–286.)

3.3 Tyristorit

Tyristori on 4-kerroksinen ja 3-napainen puolijohdekytkin, joka kykenee käsittelemään suuria tehomääriä. Se tarjoaa perustan kytkimen käyttöön ja tehonkäsittelyä erilaisissa sovelluksissa. Tyristori voidaan kytkeä päälle ja pois päältä erityisjärjestyksessä vaihto- ja tasavirtajärjestelmissä. Tyristoriperheeseen kuuluu erilaisia komponentteja, kuten SCR ja GTO. Tyristori voi hallita virran oikaisua, inversiota ja säätöä. Kämnenen kokoisella laitteella voidaan ohjata megawattien tehoa. Tyristorin käytössä pitää ottaa huomioon mitoituksen, suojauksen ja jäähdytyksen suhteen. (Ramshaw 1993, 173–243.)

4 TASASUUNTAAJA

Tasasuuntaaja on puoliaalto- tai kokoaaltotasasuuntaaja. Näitä käytetään vaihtovirran muuttamiseksi tasavirraksi. Puoliaaltosuuntaaja omaa vain yhden diodin tai tyristorin, kun kokoaaltotasasuuntaajassa on useampi diodi tai tyristori. Puoliaaltosuuntaajaa kutsutaan yksipulssiseksi suuntaajaksi. Kokoaaltotasasuuntaajaa voi olla esimerkiksi kaksi-, kolmi- tai kuusipulssinen suuntaaja (Silvonen 2017, 2). Pulssien lukumäärä tarkoittaa sitä, kuinka monta tasavirtapulssia tasasuuntaaja luo yhden sinimuotoisen vaihtosähköisen verkkovirran jaksonaikana. Suuremmalla pulssimäärällä saavutetaan puhtaampaa tasasähköä. Teollisuuden tasasuuntaajat ovat usein 6-pulssisuuntaajia. (Lindström 2014, 12–13.)

4.1 Yksivaiheiset tasasuuntaajat

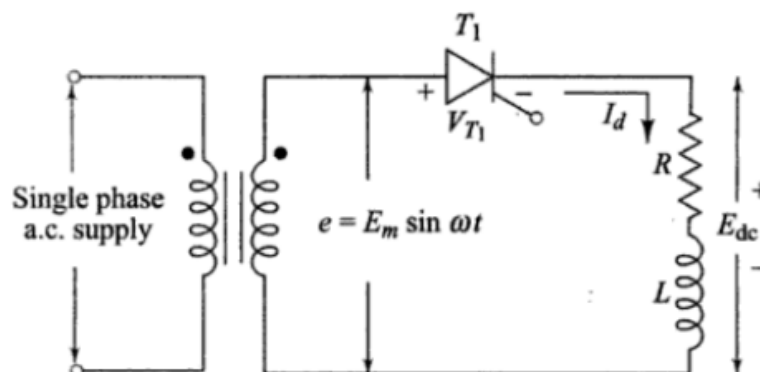
Yksivaiheisia tasasuuntaajia käytetään erilaisissa sovelluksissa, kuten UPS-järjestelmissä, tietokoneiden hakkuritehonlähteissä, LED-valoissa ja akkulatureissa. Nämä ovat joko diodipohjaisia tai IGBT/MOSFET-pohjaisia (Sivaraman&Sharmeela 2021.)

4.1.1 Yksivaiheiset puolialtосуuntaajat

Yksivaiheiset ohjaamattomat puolialtотасасуuntaajat ovat тасасуuntaajia, jotka ovat rakenteeltaan yksinkertaisia. Tämä piiri koostuu yhdestä diodista ja kuormitusvastuksesta, jotka on kytketty sarjaan vaihtovirtalähteen kanssa. Positiivisen puolijakson aikana diodi on eteenpäin esijännitetty ja johtaa virtaa, jolloin virta kulkee kuormitusvastuksen läpi. Negatiivisen puolijakson aikana diodista tulee kuitenkin käännteinen, eikä virta kulje kuormitusvastuksen läpi. Lähtövirta kuormitusvastuksen yli on sykkivää tasavirtaa sekä vain puolet tu- lon vaihtovirran aaltoa hyödynnetään. (MPS 2023.)

Yksivaiheiseen puolialtотасасуuntaajaan liittyy joitain haittapuolia, kuten sen alhainen hyötysuhde, joka on tyypillisesti noin 40 % alueella. Tämä johtuu siitä, että vaihtojännitteen negatiivisen puolijakson aikana, kun diodi ei johda, puolet syöttötehosta menetetään. Lisäksi тасасуuntaajan tuottama lähtöjännite osoittaa suurta aaltoilujännitettä, mikä voi luoda häiriöitä elektronisille laitteille. (MPS 2023.)

Yksinkertainen тасасуuntauskytkentä voi olla myös ohjattua. Diodin sijasta hyödynnetään ohjattavissa olevaa komponenttia, kuten tyristoria. Kuvassa näkyy kytkentä, jossa käytetään tyristoria. (MPS 2023.) Alapuolella olevassa kuvassa 2 on piirikaavio, jossa tyristoria käytetään тасасуuntauksessa.



Kuva 2. Ohjattu puolialtотасасуuntaaja R-L kuormalla

Tämä komponentti voidaan ohjata johtavaan tilaan. Samalla tavalla kuin diodi, tyristori sammuttaa itsensä tietyissä olosuhteissa. Virta kulkee tyristorin läpi,

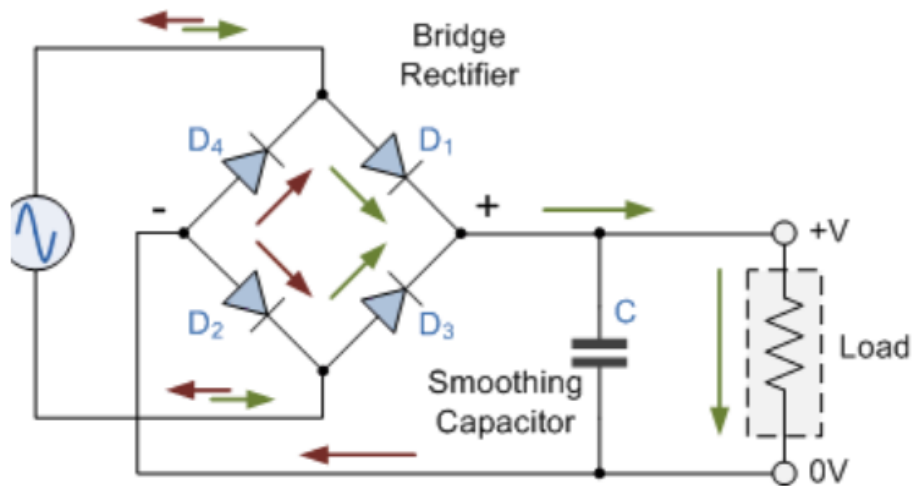
kun anodi on positiivinen katodiin nähden, tai tyristorin saatua ohjauskäskyn. Anodin ollessa negatiivinen katodiin nähden, tyristori sammuu ja katkaisee virran. Tämän takia tyristoria verrataan kytkimeen. Virtaa hallitaan piirin vastuksen avulla, sen yli syntyvä jännite muodostuu siniaallon puolikkaista. Samanlainen tehonsäätö voidaan toteuttaa myös moderneilla nopeasti ohjattavilla komponenteilla, kuten IGBT- tai FET-komponenteilla. Nämä komponentit mahdollistavat kuormajännitteen hienosäädön syöttöjännitteestä valitsemalla sopivat johtoalueet. (Hietalahti 2011, 45.)

4.1.2 Yksivaiheiset täysiaaltosuuntaajat

Diodien siltajärjestelyllä saavutetaan ohjaamaton täydenaallontasasuuntaus, koska kaksi neljästä diodista on suunnattu johtavaksi, kun taas kaksi muuta ovat käänteisiä. Täydenaallonsuuntaajassa on johtavana kaksi diodia yhden sijasta. (Carter 2012.)

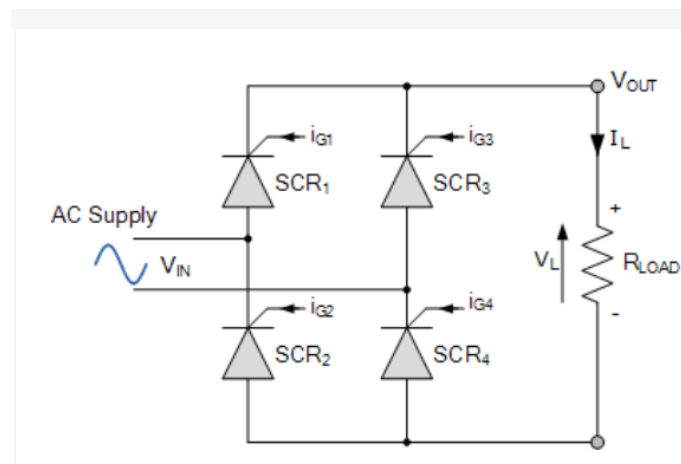
Diodisilta on soveltuva yhden muuntajan käämin vaihtovirtalähdön täydenaallontasasuuntaamiseksi. Tällä pienennetään kustannuksia ja kokoa, koska se ei vaadi muuntajaa tähän piiriin. Diodisillat mitoitetaan suurimman virran ja jännitteen mukaan, mitä ne voivat kestää. Sarjapareihin on järjestetty 4 diodia, jotka on merkitty D1 - D4. Vain 2 diodia johtaa virtaa kunkin puolijakson aikana. Diodit D1 ja D2 johtavat syötön positiivisen puolijakson aikana. Virta kulkee kuorman läpi, koska diodit D3 ja D4 ovat käänteisesijännitetyjä. Diodit D3 ja D4 johtavat jännitettä negatiivisen puolijakson aikana, kun diodit D1 ja D2 ovat poiskytkettynä. (Carter 2012.)

Alla oleva kuva 3 esittää edellä mainittua selitystä. Positiivisella puolijaksolla virta kulkee D1 → kuorma → D2 → syöttö. Tulojännitteen negatiivisen puolijakson aikana diodit D3 ja D4 ovat myötä jännitteisiä, kun diodit D1 ja D2 ovat käänteisiä. Negatiivisella puolijaksolla virta kulkee reittiä D3 → kuorma → D4 → syöttö. (Carter 2012.)



Kuva 3. Yksivaiheinen diodisilta tasoituskondensaattorilla ja kuormalla.

Kuvassa 4 on yksivaiheinen ohjattu täydenaallontasasuuntauspiiri resistiivisellä kuormalla. Piiri on siltajärjestelmässä, jossa on neljä tyristoria. Tällä järjestelmällä poistetaan tarve keskijännitteiselle muuntajalle, mikä tekee siitä kompaktin ja kustannustehokkaan. Säättämällä tyristorien sytytyskulmia lähtöjännitettä voidaan säätää. (Nigam 2022, 1.)



Kuva 4. Ohjattu yksivaiheinen täydenaallontasasuuntaus.

Jos positiivinen ohjausjännite on kytketty, katodi ja anodi on positiivinen. Silloin vain tyristori johtaa. Positiivisen puolijakson aikana tyristorin anodi on positiivisempi verrattuna katodiin ja tyristori johtaa eteenpäin suunnattuna. Kun tyristori laukeaa viivekulmassa, kuorma on suoraan yhteydessä syöttöön. (Nigam 2022, 1.)

Vaihtovirtasyötön negatiivisen puoliskon aikana tyristorin katodi on positiivisempi verrattuna anodiin, jonka takia tyristori on käänteisessä tilassa. Resisttiiviselle kuormalle virta on vaihdesuunnassa jännitteen kanssa. Tyristorin lau-
keamiskulma mitataan hetkestä, jolloin tyristori alkaa johtamaan. (Nigam 2022, 1.)

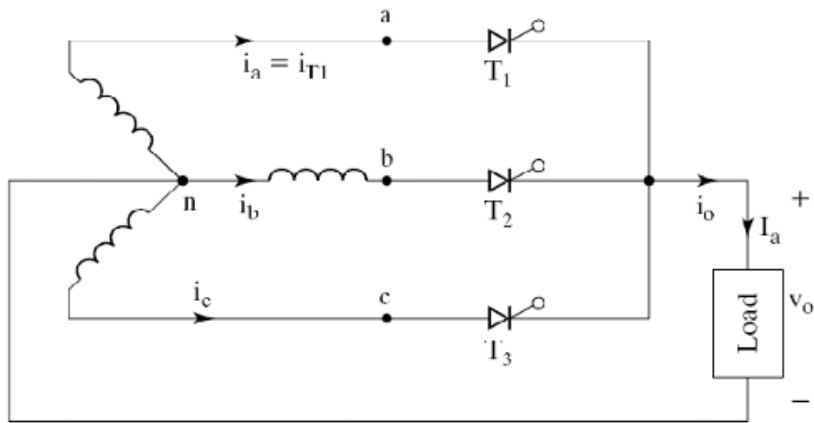
4.2 Kolmivaiheiset tasasuuntaajat

Kolmivaiheiset ohjatut tasasuuntaajat toimivat kolmivaiheisella vaihtovirralla. Ne tuottavat suuremman tasavirtalähdön, tehon sekä niillä on korkeampi lähtöjännitteen aaltoilutaajuus verrattuna yksivaiheisiin tasasuuntaajiin. Nämä tasasuuntaajat yksinkertaistavat suodatustarpeita tasoittamalla kuormitusjännitteen- ja virran. Kolmivaiheisia ohjattuja tasasuuntaajia käytetään laajasti suuri-tehoisissa teollisissa tasavirtasovelluksissa. (Kaliamoorthy 2011.)

4.2.1 Kolmivaiheiset puoliaaltosuuntaajat

Kolmivaiheisia ohjaamattomia puoliaaltotasasuuntaajia hyödynnetään tehoelektronikan sovelluksissa ja laitteissa, joissa tarvitaan kolmivaiheisen vaihtovirran muuntamista tasavirraksi. Ne ovat tehokkaampia kuin yksivaiheiset puoliaaltosuuntaajat, koska ne käyttävät vaihtovirtavirran kolmea eri vaihetta. Lähtövirrassa on kuitenkin edelleen pulsaatioita ja se tarvitsee lisäsuodatusta vakaan tasavirran saavuttamiseksi. Kolmivaiheisen puoliaaltotasasuuntaajan etuna on yksinkertaisuus, koska se vaatii vain kolme diodia. Sen lähtöjännite on kuitenkin alhaisempi kuin muiden tasasuuntaajien, koska vain yhtä kolmesta vaiheesta käytetään kerrallaan. (MPS 2023.)

Kolme yksivaiheista puoliaalto-ohjattua tasasuuntaajaa yhdistyy kolmivaiheiseksi puoliaaltosuuntaajaksi, joka syöttää yhteistä kuormaa. Tyristorit ovat sarjassa ja ne toimivat ohjattavana puoliaaltosuuntaajana. Kolmivaiheinen syöttö syötetään tähtikytketyn syöttömuuntajan avulla, kuten kuvassa 5 on esitetty. Syötön yhteinen nollapiste (n) on kytketty kuorman toiseen päähän, kun taas kuorman toinen pää on kytketty yhteiseen katodipisteeseen. (MPS 2023.)

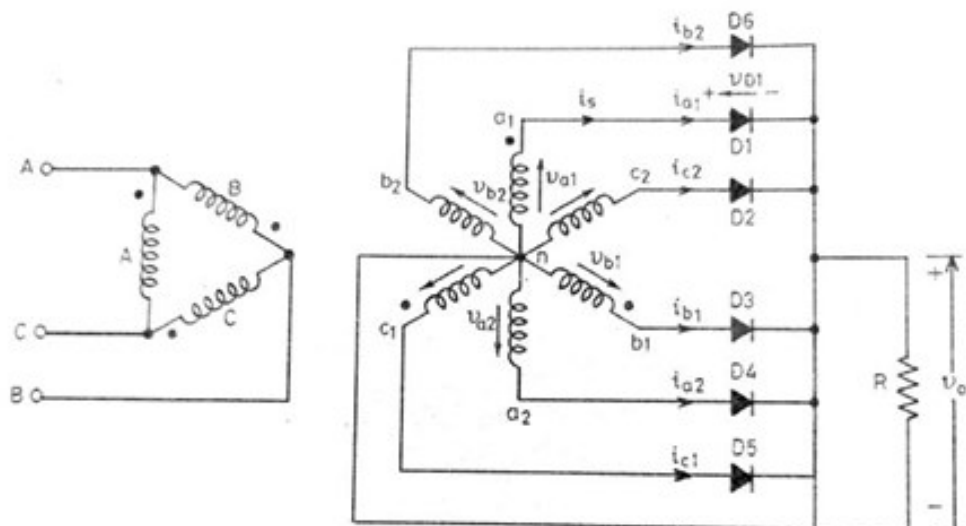


Kuva 5. Kolmivaiheinen ohjattu puoliaaltosuuntaaja.

Lähtöaaltotaajuus 3-vaiheiselle puoliaaltosuuntaajalle on kolminkertainen syöttötaajuus. Yleisesti kolmevaiheista puoliaaltosuuntaajaa ei käytetä, koska syöttövirran aaltomuodot sisältävät tasavirtakomponentteja. (Kaliamoorthy 2011.)

4.2.2 Kolmivaiheiset täysiaaltosuuntaajat

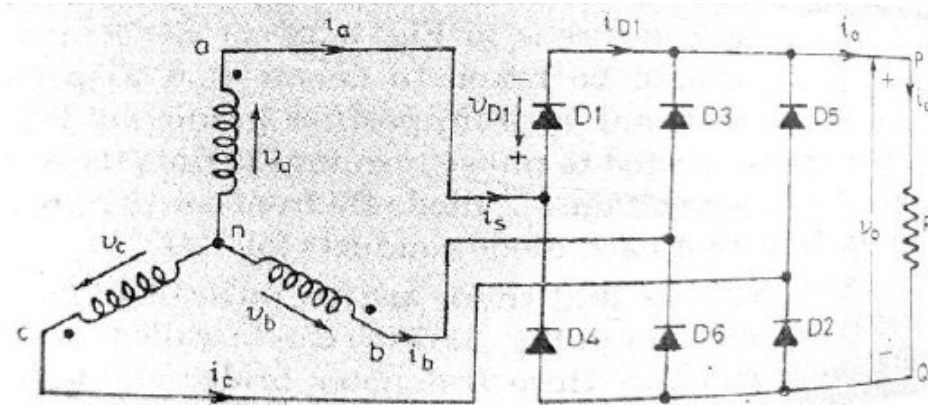
Kolmivaiheisia ohjaamattomia täysiaaltosuuntaajia on monia, kuten 6-pulssisia, siltasuuntaajia ja 12-pulssisia. Kuvassa 6 on esitettyä 6-pulssinen täysiaaltosuuntaaja.



Kuva 6. 6-pulssinen täysiaaltosuuntaaja

Kyseisessä kuvassa kolmivaiheinen muuntaja, jossa ensiö on kytketty kolmi-oon ja toisiö on kaksoistähti kytkennässä. Jokaista vaihetta varten on kytketty diodi. Vaiheiden toissijainen käämi on jaettu kahteen osaan. Kolmen vaiheen

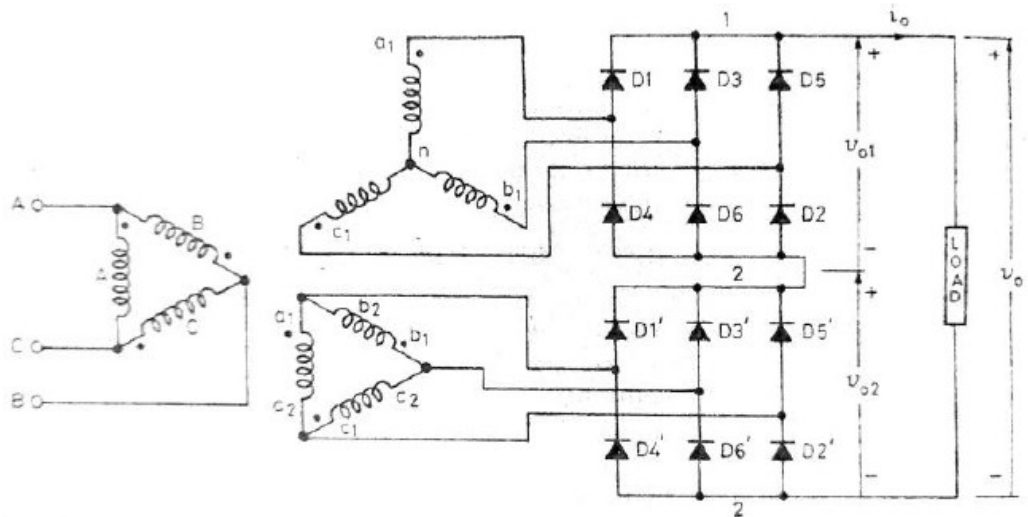
toisiokäämien keskipisteet on kytketty muodostaen nollapisteen. Kuusivaiheinen syöttö on saatavilla kuudesta liittimestä, jotka jakautuvat tähtipisteestä. Diodi, jolla on korkein positiivinen jännite, kytkeytyy eteenpäin johtavaksi. Näin diodit vuorottelevat. (Saha 2020.) Kolmivaiheisessa siltasuuntaajassa on kuuden diodin kytkentä, joka on esitetty kuvassa 7



Kuva 7. Kolmivaiheinen siltasuuntaaja

Diodit on jaettu kolmeen haaraan, joissa kussakin on kaksi sarjaan kytkettyä diodia. Yläpuolen diodit D1, D3, D5 muodostavat positiivisen diodiryhmän, kun taas alapuolen diodit D2, D4, D6 muodostavat negatiivisen diodiryhmän. Kolmivaiheinen muuntaja, joka syöttää siltaa, on kytketty tähti-kolmio-muodossa. Tätä tasasuuntaajaa kutsutaan kolmivaiheiseksi 6-pulssiseksi dioditasasuuntaajaksi, kolmivaiheiseksi täysaaltotasasuuntaajaksi tai kolmivaiheiseksi dioditasasuuntaajaksi. (Saha 2020.)

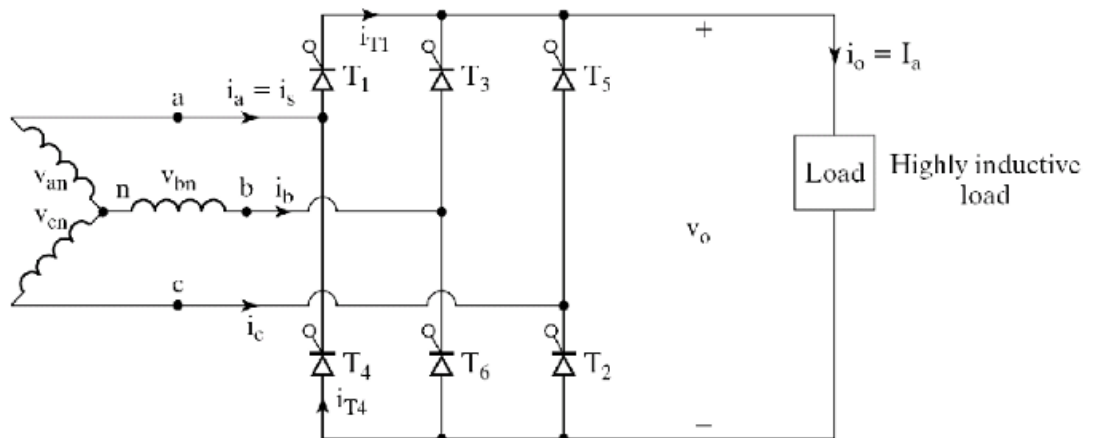
12-pulssinen kolmivaiheinen täysaaltosuuntaaja sisältää 12 diodia. Pulssien määrä jaksoa kohti kasvaa tuplasti verrattuna 6-pulssiseen tasasuuntaajaan. Tasasuuntaajan tuottama tasavirta-aaltomuoto paranee. Näin ollen kahdenkertaista pulssien määrä jaksoa kohti parantaa lähtöjännitteen aaltoilua. (Saha 2020.) Kuvassa 8 on esitettyä 12-pulssinen kolmivaiheinen täysaaltosuuntaaja.



Kuva 8. 12-pulssinen suuntaaja.

Kolmivaiheinen ohjattu täysiaaltosuuntaaja on tasasuuntaaja, jossa käytetään kuutta tyristoria, jotka on järjestetty täysiaaltosiltakonfiguraatioon. Kaikki nämä kuusi tyristoria toimivat ohjattavina kytkiminä ja aktivoituvat oikeissa ajoissa hi-lasignaalien avulla. Tätä täysmuunninta käytetään laajasti teollisuuden suuritehoisissa sovelluksissa jopa 120 kilowatin lähtötehoon asti. (Kaliamoorthy 2011.)

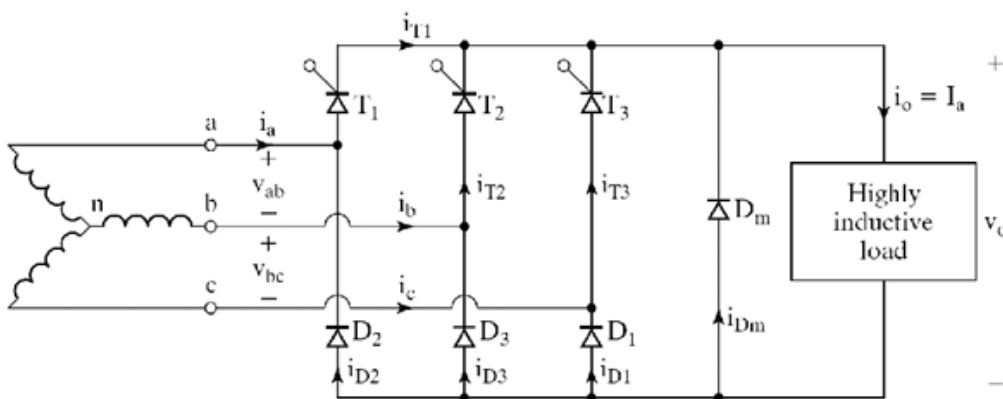
Kuvassa 9 kolmivaiheinen ohjattu täysiaaltosuuntaaja, joka on kytketty erittäin induktiiviseen kuormaan. Tätä piiriä kutsutaan myös kolmivaiheiseksi täysiaaltosillaksi. Lähtöaaltojännitteen taajuus on kuudenkertainen syöttötaajuus sekä tämä konfiguraatio tarvitsee vähemmän suodatusta verrattuna kolmivaiheisiin puoli- ja puoliaaltomuuntimiin. (Kaliamoorthy 2011.)



Kuva 9. Ohjattu täysiaaltosuuntaaja

Kolmivaiheisissa puoliohjatuissa täysiaaltosuuntaajissa, käytetään kolmea tyristoria ja kolmea diodia. Tässä piirissä kolme tyristoria on ohjattavia kytkimiä, jotka kytkeytyvät päälle soveltamaan ohjaussignaaleja. Kolme diodia johtavat, kun ne ovat eteenpäin suunnattuina vastaavien vaihevirtalähteiden jännitteillä. (Kaliamoorthy 2011.)

Kolmivaiheisia puoliohjattuja täysiaaltosuuntaajia käytetään teollisuuden voimansiirtoon noin 120 kW tehontarpeeseen asti. Tehokerroin pienenee laukaisukulman kasvaessa ja tehokerroin on parempi verrattuna kolmivaiheisen puoliaaltotasasuuntaajaan. Kuvassa 10 on kolmivaiheinen puoliohjattu piiri erittäin induktiivisella kuormalla. Kuormavirran oletetaan olevan tasainen vähäisellä aaltoliikkeellä. (Kaliamoorthy 2011.)



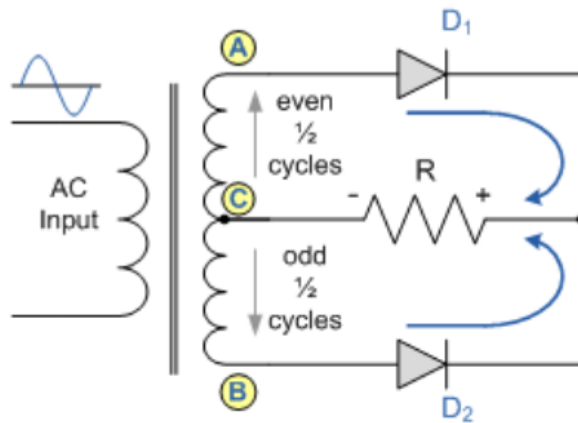
Kuva 10. Puoliohjattu täysiaaltosuuntaaja.

Kuvassa on myös esitetty vapaapyörädiodi D_m . Se on kytketty estämään äkillisiä jännitepiikkejä, joita ilmenee induktiivisissa kuormissa. Jos vapaapyörädiodia ei ole kytketty kuorman poikki, tyristori T1 jatkaa johtamista, kunnes tyristori T2 laukeaa. (Kaliamoorthy 2011.)

4.3 Täysiaaltotasasuuntaus keskiulosotolla

Keskiulosotossa käytetään diodeja ja muuntajaa, jonka toisiokäämitys on jaettu tasaisesti kahteen puolikkaaseen. Kun anodiliitin on positiivinen suh-

teessa muuntajan keskipisteeseen, kukin anodi johtaa vuorotellen tämän rakenteen seurauksena. Sillä tuotetaan molempien puolijaksojen aikana teho, joka on kaksinkertainen puoliaaltotasasuuntaajan tehoon verrattuna. Yksi tapa saavuttaa tämä on kaksinkertaistaa toisiokäämin koko ja muodostaa liitäntä sen keskustaasta alla olevan kuvan mukaisesti. (Carter 2012.) Kuvassa 11 esitettyä täysiaaltotasasuuntausta keskiulosotolla.



Kuva 11. Täysiaaltotasasuuntaus keskiulosotolla.

4.4 Ripple

Tasasuuntauspiireissä tulolähteestä rakennetun muuntimen todellinen lähtöaaltomuoto eroaa yleensä tuloaallostasta. Tämä johtuu ei-toivotuista komponenteista, jotka ovat vääristymän aiheuttajia. Komponentteja kutsutaan nimellä Fourier-komponenteiksi. Tasavirtasovelluksissa nämä ei-toivotut komponentit viittaavat usein termillä ripple eli aaltoilutekijä.

Aaltoilutekijä mitataan poikkeamana muuntimen lähtöparametrin nimellisarvosta. Se on olennainen osa vääristymien hallinnassa. Ennen muuntimen suunnittelua on tärkeää ottaa huomioon kuormitus, taajuus ja suodatuksen tarve. Aaltoilutekijän tuntemus auttaa suunnittelemaan kustannustehokkaita piirejä ja parantamaan lähtöaaltomuodon laatua esimerkiksi ylimääräisen vaapakäyntidiodin käytön avulla. Yleensä tasavirtasovelluksissa hyväksyttävä aaltoilu on noin 1 % nimellistehosta, mitattuna huipusta huippuun tai rms-arvona. (Krein 1997.)

Aallon muototekijä on osa aaltoilutekijää. Muototekijä mittaa aaltomuodon ja se voidaan määrittää seuraavasti:

Muotoilutekijä

$$FF = \frac{v_{rms}}{v_{dc}} \quad (1)$$

Jossa,

Vrms = Jännitteen tehollisarvo

Vdc = Tasajännite

Aaltoilutekijä

$$RF = \frac{v_{ac}}{v_{dc}} \quad (2)$$

Jossa,

Vac = Vaihtojännite

Vdc = Tasajännite

5 TAAJUUSMUUTTAJA

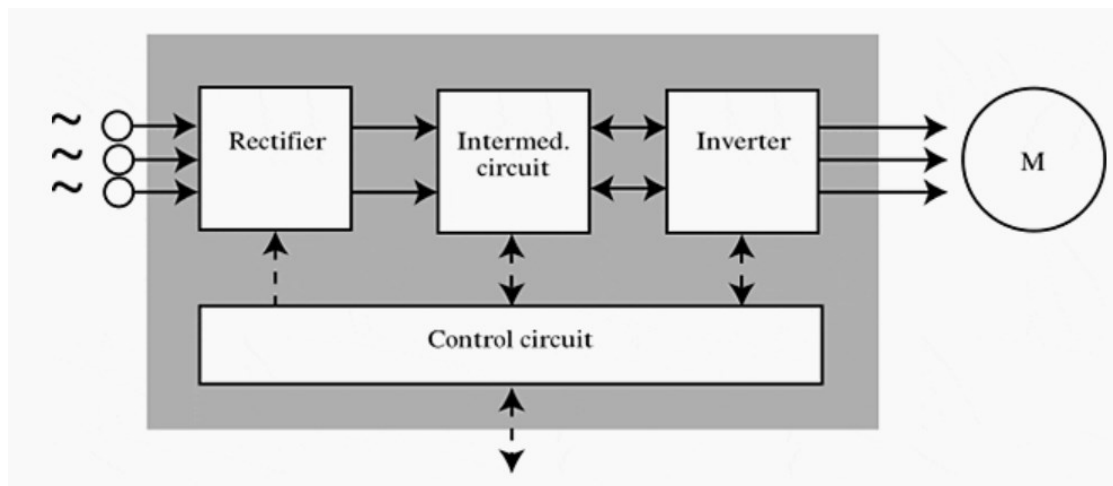
5.1 Taajuusmuuttajan peruseriaate

Taajuusmuuttajalla voidaan ohjata ja säätää sähkömoottorin momenttia tai pyörimisnopeutta. Syötettävän sähkön taajuudella määritetään vaihtosähkömoottorin pyörimisnopeus. Aluksi vain pyörimisnopeuden säätö oli mahdollista taajuuden avulla, nykyään voidaan väntömomenttia säätää niin, että pyörimisnopeus pysyy vakiona. (Salo 2004.)

5.2 Välipiirillinen taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajan rakenne jaetaan neljään eri osaan: tasasuuntaajaan, välipiiriin, vaihtosuuntaajaan ja edellä olevien yksiköiden ohjauspiiriin. Taajuusmuuttajan toiminta voidaan selittää seuraavasti: Taajuusmuuttajaan syötetään sähköverkosta sinimuotoista vaihtojännitettä. Tasasuuntaussillalla vaihtojännite muutetaan tasajännitteeksi. Tasajännite on tässä vaiheessa vielä suodattamaton, joten se on suodatettava välipiirissä olevilla kondensaattoreilla. Kondensaattorit tasaavat jännitteen sekä toimivat samalla energiavarastoina kommu-

toinnin aikana. Näin saadaan tasajännite pysymään vakaana. Viimeisinä vaiheena vaihtosuuntausyksikkö muuttaa suodatetun tasajännitteen halutun taajuiseksi vaihtojännitteeksi. Vaihtojännite voidaan syöttää lopuksi ohjattavalle sovellukselle, kuten moottorille. (Salo 2004.) Alla olevassa kuvassa 12 taajuusmuuttaja yksinkertaistettuna. Kaavio esittää edellä olevaa selitystä. Rectifier on tässä tasasuuntaaja, intermediate circuit välipiiri, inverter vaihtosuuntaaja ja control circuit ohjausyksikkö.



Kuva 12. Taajuusmuuttaja yksinkertaistettuna.

6 TAAJUUSMUUTTAJAT ACS800 JA ACS880

ACS800 ja ACS880 industrial drive taajuusmuuttajat on suunniteltu teollisiin tarpeisiin, erityisesti prosessiteollisuudelle, kuten sellu- ja paperiteollisuudelle, metalli-, kaivos-, sementti-, voima-, kemian- sekä öljy- ja kaasusovelluksille. ABB:n industrial drivet ovat saatavilla sekä täydellisinä taajuusmuuttajina että käyttäjien, valmistajien ja järjestelmäintegraattoreiden tarpeisiin räätälöityinä moduuleina. Näitä taajuusmuuttajia valmistetaan tilauksesta, mikä tekee niistä joustavia ja mahdollistaa sovelluskohtaisen mukauttamisen. Teho- ja jännitealue on laaja sekä tarjolla on laitteita aina 690 volttiin saakka teollisuuden tarpeisiin. ABB:n industrial driveissä on lukuisia sisäänrakennettuja lisävarusteita. Yksi keskeisimmistä ominaisuuksista on ohjelmoitavuus, joka helpottaa laitteen sopeuttamista erilaisiin sovelluksiin. (ABB 2009.)

Näissä taajuusmuuttajissa virrankestot on suunniteltu vastaamaan teollisuussovellusten vaatimaa suurta ylikuormitettavuutta. Taajuusmuuttajan keskeinen

osa on suoramomentin säätö (DTC), joka tehostaa suorituskyvyn ja muita merkittäviä etuja, kuten tarkan staattisen ja dynaamisen nopeus- ja momentin-säädön, suuren käynnistysmomentin sekä mahdollisuuden käyttää pitkiä moottorikaapeleita. Taajuusmuuttajan liittimet, kotelot ja kaapit on suunniteltu kestämaan vaativiakin olosuhteita. Suunnittelussa on erityisesti painotettu pitkään käyttöikään. Kuluvat osat, kuten tuulettimet ja kondensaattorit valitaan tarkasti. (ABB 2009.)

6.1 ACS800

ACS800 mallit, jotka sisältävät diodisyöttöyksikön: ACS800-304/704 ja ACS800-304/704 +V992. Eroa näillä malleilla ei juurikaan ole. ACS ACS800-304/704 +V992 mallit sisältävät erillisen ohjauspaneelin.

ACS800-304 on D3 runkomalli, joka sisältää 6-pulssisen DSU-moduulin. Sen teholuokitus on 320–450 kVA ja nimellisjännite skaalautuu välille 380–690 V. ACS800-704 on D4 runkomalli, jossa on 12-pulssinen DSU-moduuli. Tämän mallin teholuokitus on 640–910 kVA ja nimellisjännite skaalautuu välille 380–690 V. (ABB 2009.)



Kuva 13. Seinälle asennettava ACS800-01-taajuusmuuttaja



Kuva 14. ACS800-07-taajuusmuuttaja ja ACS800-U7-taajuusmuuttaja.

6.2 ACS880

ACS880 mallit, jotka sisältävät diodisyöttöyksikön: ACS880-304 ja ACS880-307.

ACS880-304 ja ACS880-307:llä on olemassa kaksi erilaista tyyppiä: ohjaamaton diodisilta (D6D-D8D) ja puoliohjattu diodisilta (D7T-D8T). Ohjaamatonta diodisiltaa käytetään yleensä pienitehoisissa ohjausjärjestelmissä, kun taas puoliohjattu diodisilta soveltuu suuritehoisiin järjestelmiin ja siinä sisäänrakennettu tyristori lataa yhteistä DC-virtaa käyttäville inverttereille. Teholuokitus ohjaamattomalle diodisillalle 55–850 kVA ja 453–5445 kVA puoliohjatulle diodisillalle. Puoliohjatulle diodisillalle on vaihtoehtona 6-pulssinen tai 12-pulssinen versio. (ABB 2023.)



Kuva 15. Seinälle asennettava taajuusmuuttaja, ACS880-31.



Kuva 16. Kaappi rakennettu taajuusmuuttaja, ACS880-37.

7 MULTIDRIVE

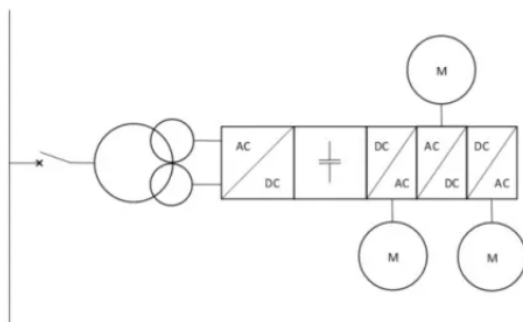
Multidrive on rakennettu teollisuuskäyttömoduuleista, jotka on kytketty yhteiseen DC-väyläkiskoon. Multidrive jaetaan kahteen osaan: syöttöyksikköön eli tasasuuntaajaan ja ohjausyksikköön eli vaihtosuuntaajaan. Tasasuuntausyksikkö sisältää tuloyksikön (ICU), apuohjausyksikön (ACU) ja syöttöyksikön. Vaihtosuuntausyksikkö sisältää vaihtosuuntausmoduulin ja I/O ohjausyksikön (DCU). Yhteistä virtakiskoa käytetään syöttämään taajuusmuuttajamoduuleille

tasavirtaa sekä jokainen moduuli kääntää tasavirran vaihtovirraksi ja antaa virran yksittäiselle moottorille. Tasavirta saadaan yhdestä syöttöyksiköstä, joka on sisäänrakennettu saman multidrive kokoonpanon etupäähän. (ABB 2006.)

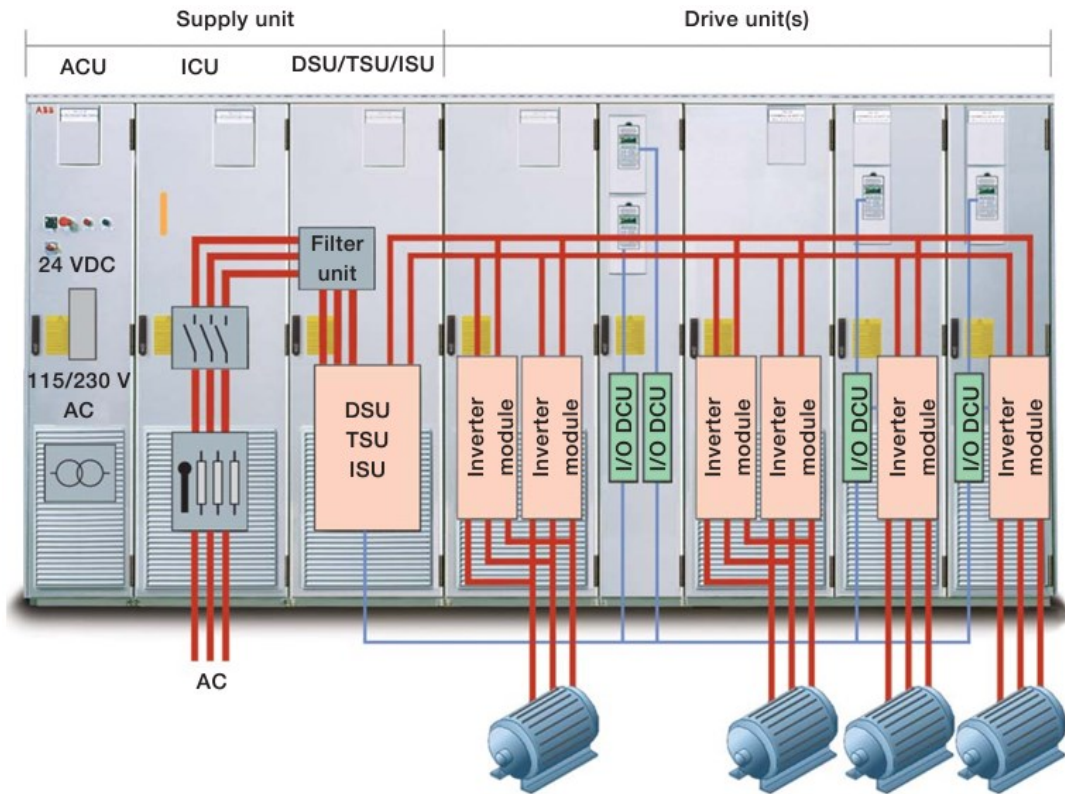
Multidrivellä saavutetaan monia etuja, kuten säästöjä kaapeloinnissa, alentuneilla linjavirroilla, yksinkertaisella jarrutusjärjestelmällä, energian jakautumisella yhteisen tasavirtakiskon yli, jota voidaan käyttää moottorien väliseen jarrutukseen ilman jarrukatkojaa tai regeneratiivista syöttöyksikköä sekä vähennyssä komponentti määrässä. Tämä kokoonpano ei tarvitse erillistä MCC:tä. (ABB 2006.)

Multidriveä hyödynnetään, kun yksi tai useampi taajuusmuuttaja tai moottori on osana integroidussa mekaanisessa prosessissa. Laitteen yhteisellä syötöllä mahdollistetaan yleisten ohjaus- ja turvatoimintojen toteuttaminen, sekä mahdollistetaan käytettävien moottoreiden koordinointi. Esimerkkinä tästä voi olla paperikone tai kuljetinrata. Näitä ohjataan yksilöllisesti kokoisena järjestelmänä. Multidrive laitteilla saadaan nopea nopeus- ja vääntösignaalien tiedon siirto. Yksi tasasuuntajayksikkö voidaan yhdistää useisiin rinnakkain kytkettyihin invertteriyksiköihin. Näin saadaan aikaiseksi sovelluksien vaatima lähtövirta. Tehoalue on 380–690 VAC. (ABB 2006.) Alla olevissa kuvissa 17 ja 18 multidrive:n single line ja rakenne.

VFD multidrive



Kuva 17. Usean moottorin ohjaus taajuusmuuttajalla yksinkertaistettuna.



Kuva 18. Multidriiven rakenne

7.1 INU

Inverttereissä on integroidut kondensaattorit tasoittamassa tasavirtakiskojen jännitettä. Sähköliitännä yhteiseen tasavirtakiskoon on suojattu sulakkeella. Vaihtoehtoinen sulakekytkin varustettuna kondensaattorin latauslaitteella voidaan kuitenkin valita kokonaisen käyttöyksikön irrottamiseksi. Jokaisessa invertterissä on ohjausyksikkö DCU, joka käsittelee RMIO-kortin sekä valinnaiset I/O-moduulit. Useita erilaisia I/O-laajennusmoduuleja on saatavilla eri toimintoihin, kuten ohjaukseen, valvontaan ja mittauksiin. Lisäksi erillinen pulssi-anturiliitännämoduuli on mahdollinen. Muita vaihtoehtoisia ominaisuuksia ovat muuntajien odottamattoman käynnistymisen esto turvallisen järjestelmän luki-tuksen varmistamiseksi. (ABB 2011.)

7.2 Jarruysikkö

Jarrutustilanteessa, aina kun taajuusmuuttajan väylän jännite ylittää tietyt rajat, jarrukatkoja kytketään aktivoimaan jarruvastuspiiri. Vakiovastukset ovat saatavilla erillisissä laatikoissaan. Poikkeuksellisia vastuksia voidaan käyttää, kunhan määritelty resistanssi säilyy ennallaan ja vastuksen kyky poistaa lämpöä on riittävä tarkoitettuun käyttöön. (ABB 2011.)

7.3 Syöttöyksiköt

7.3.1 DSU

Diodisyöttöyksikkö toimii muuntamalla kolmivaiheisen vaihtovirran tasajännitteeksi ei-regeneratiivisissa järjestelmissä. Kolmikäämimuuntajan avulla voidaan toteuttaa 12-pulssinen siltakonfiguraatio, missä toisiokäämien välillä on 30 asteen vaihesiirto. RMIO-kortti ohjaa diodisyöttöyksikköä, joka on samankaltainen kuin käyttö- ja IGBT-syöttöyksiköt. Tämä sallii parametrien asettamisen, valvonnan ja vianmäärityksen ohjauspaneelin, DriveWindowin ja kenttäväylän kautta. (ABB 2011.)

Kappaleessa 4.2.2 on enemmän tietoa sekä kuva kolmivaiheisesta puoliohjastusta täysiaaltosuuntaajasta, jota käytetään diodisyöttöyksikössä.

7.3.2 TSU

Tyristorisyöttöyksikkö on käytössä regeneratiivisissa järjestelmissä muuntaen kolmivaiheisen vaihtojännitteen tasajännitteeksi. Siinä on kaksi 6-pulssista tyristorisiltaa, jotka on kytketty vastakkain. Yksikkö pystyy palautumaan verkkoon, tuoden energiansäästöjä tilanteissa, joissa jarrutusteho on ylimitoitettu. Kahdella tyristorisyöttöyksiköllä voidaan luoda 12-pulssinen siltakonfiguraatio, joka syötetään kolmikäämimuuntajalle. Tämä konfiguraatio vähentää häiriöitä ja ylimääräisiä aaltoja syöttöverkossa. (ABB 2011.)

7.3.3 ISU

IGBT-syöttöyksikkö toimii regeneratiivisissa järjestelmissä, muuntaen kolmivaiheisen vaihtojännitteen tasajännitteeksi. Sen tehonsäätö tarjoaa saman vahvan suorituskyvyn kuin DTC-moottorinohjauksessa. Pääpiiri muodostuu pääkytkimestä, suodattimesta ja muuntimesta. Muuntimen täytyy olla yhteensopiva käyttöyksiköiden kanssa. Tasajännite pysyy vakiona samoin kuin linjavirta, joka on sinimuotoinen. (ABB 2011.)

Ohjauksella saavutetaan tasainen tehonkäyttö ja hyvä toimintakyky nopean ohjausteknologian ansiosta, joka vastaa DTC:n ominaisuuksia. Täysin regeneratiivinen IGBT-syöttöyksikkö, jonka tehokerroin on 1, ei vaadi tehomuutoksia. Yksikkö pystyy myös lisäämään tasajännitettä esimerkiksi alhaisen verkkovirran olosuhteissa. Harmoninen vaimennus säilyy erittäin alhaisena DTC-säädön ja LCL-suodatuksen ansiosta. (ABB 2011.)

7.4 Syöttöyksiköt rinnakkain

Kaksi syöttöyksikköä voidaan yhdistää rinnakkain käyttäen samaa tasavirtakiskoa, jotta saavutetaan suurempi teho tai turva kyseiseen järjestelmään. Nämä yksiköt asetetaan taajuusmuuttajan tasavirtakiskon loppuun. Tämä mahdollisuus koskee kahta diodisyöttöyksikköä, kahta IGBT-syöttöyksikköä tai DSU:n ja ISU:n rinnakkaisyhteyttä yhteiseen tasavirtakiskoon. (ABB 2011.)

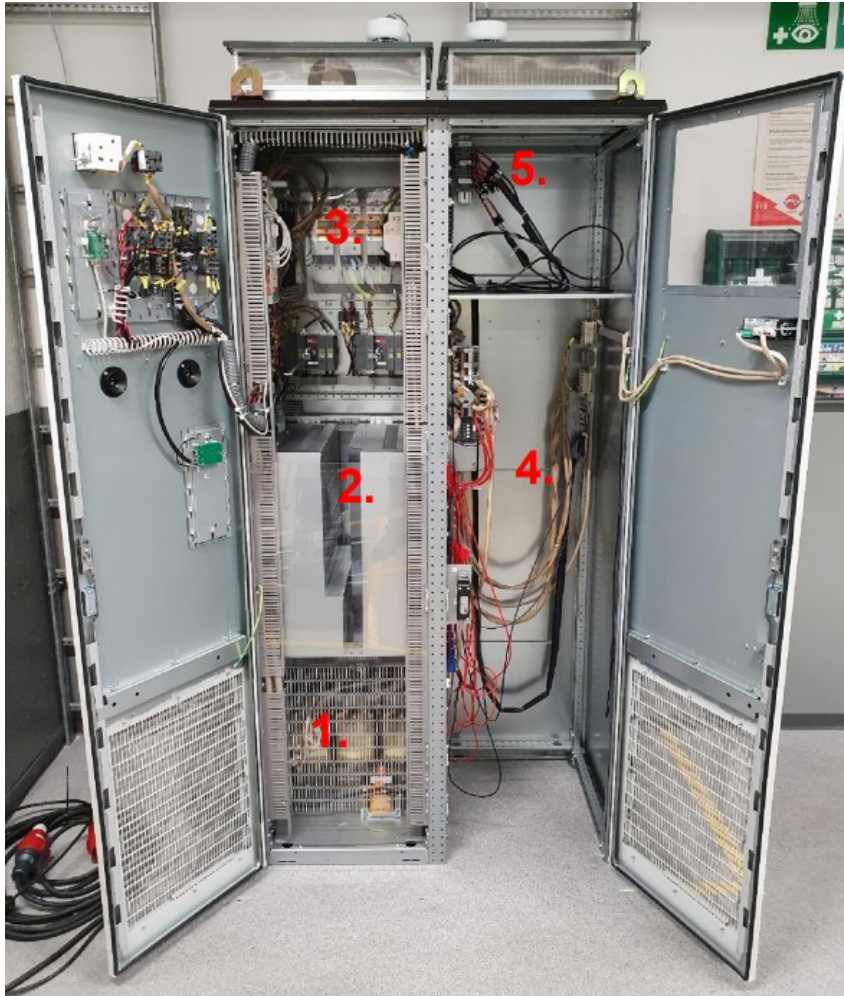
Korkeissa ylikuormitustilanteissa nämä yhdistelmät voi olla hyödyllisiä. Redundanssi on tärkeä kriittisissä prosesseissa ja tilanteissa, joissa huoltoväli on pitkä. Kun DSU ja ISU kytketään rinnakkain, se on ratkaisu tilanteisiin, joissa jarrutustehontarve on merkittävästi pienempi kuin moottorin teho. ISU on suunniteltu ottamaan vastaan jarrutustehoa jatkuvasti, kun taas DSU on suunniteltu vastaamaan moottorin ja ISU:n tehoa. (ABB 2011.)

8 DSU-KAAPPITESTERI

Tässä kappaleessa on alkuperäisestä testausohjeesta olennaisia kuvia ja tietoja kaappitesteristä. Tavoitteena on hahmottaa lukijalle, miltä alkuperäinen kaappi näytti ennen muutoksia. Olen loppuun lisännyt kuvan 24, joka on otettu käytännön muutosten jälkeen. Kuvassa näkyy PicoScopen paikka, joka on tullut oskilloskoopin tilavaruuden tilalle.

Kaappitesterin pääkomponentit:

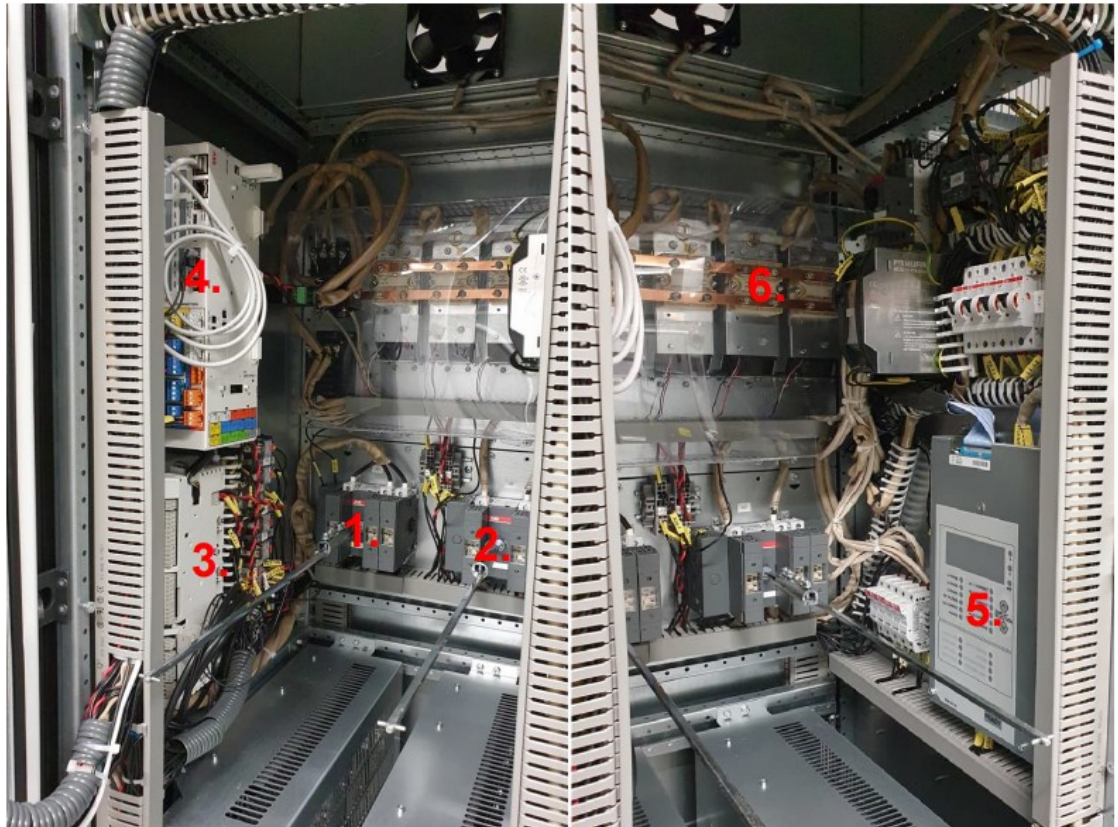
1. Lisä- ja päämuuntaja
2. Kondensaattoripankit tasavirtalatausta varten
3. Ohjauselektroniikka
4. EUT:n paikka (Testitila)
5. Oskilloskoopin tilavaraus



Kuva 19. DSU kaappitesteri

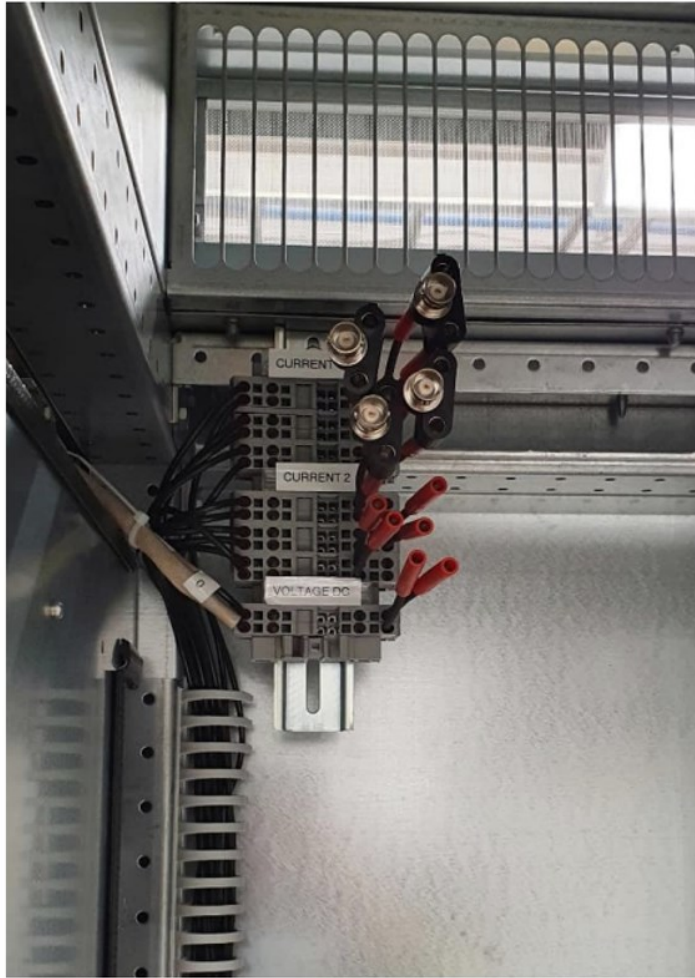
Kaappitesterin ohjauselektroniikka:

1. Pääkytkin (Q1)
2. DC-kytkin (Q2)
3. RDCU (Remote Drive Control Unit)
4. BCU (Control Unit)
5. DSSB (Diode Supply System Board)
6. DC purkausvastus

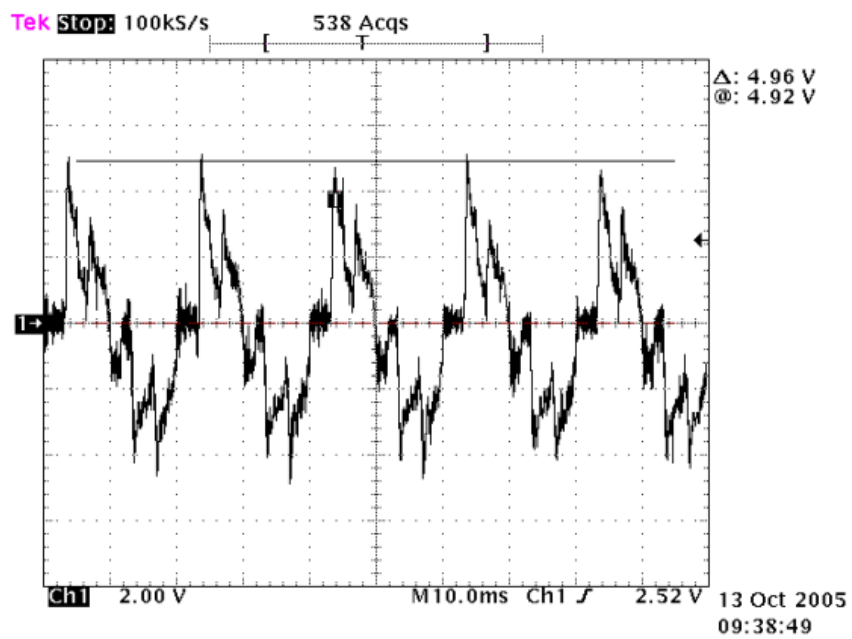


Kuva 20. Kaapitesterin elektronikka.

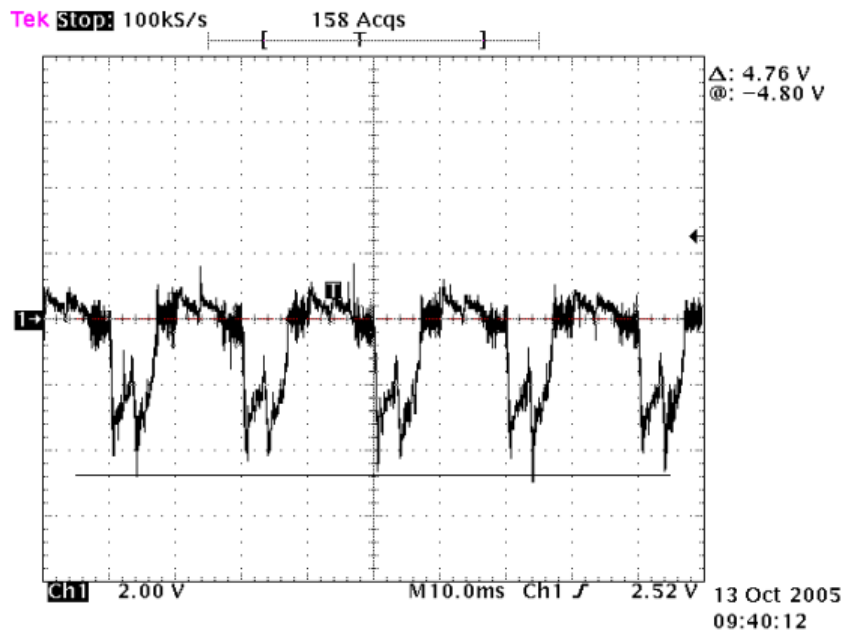
Kaapitesteri on varustettu vaihtovirta- ja tasajännitemittausantureilla, jotka voidaan liittää sopivaan oskilloskooppiin. Mittausliitäntäliittimet sijaitsevat kaapin oikeassa yläkulmassa. AC- ja DC-jännitteen lisämittauksella moduulin käyttäytyminen voi olla parempi, sitä tutkitaan moduulin koestuksen aikana. Alhaalla olevat kuvat ovat esimerkkilukemat oskilloskooppimittauksista ja mittauksen liitännästä. Kuvassa 23 on esimerkki vikatilasta. Kuvassa on viallinen tyristori, tai tyristorin ohjausjännite puuttuu. Kuvassa 22 komponenttien normaali toiminta, diodi ja tyristori toimivat.



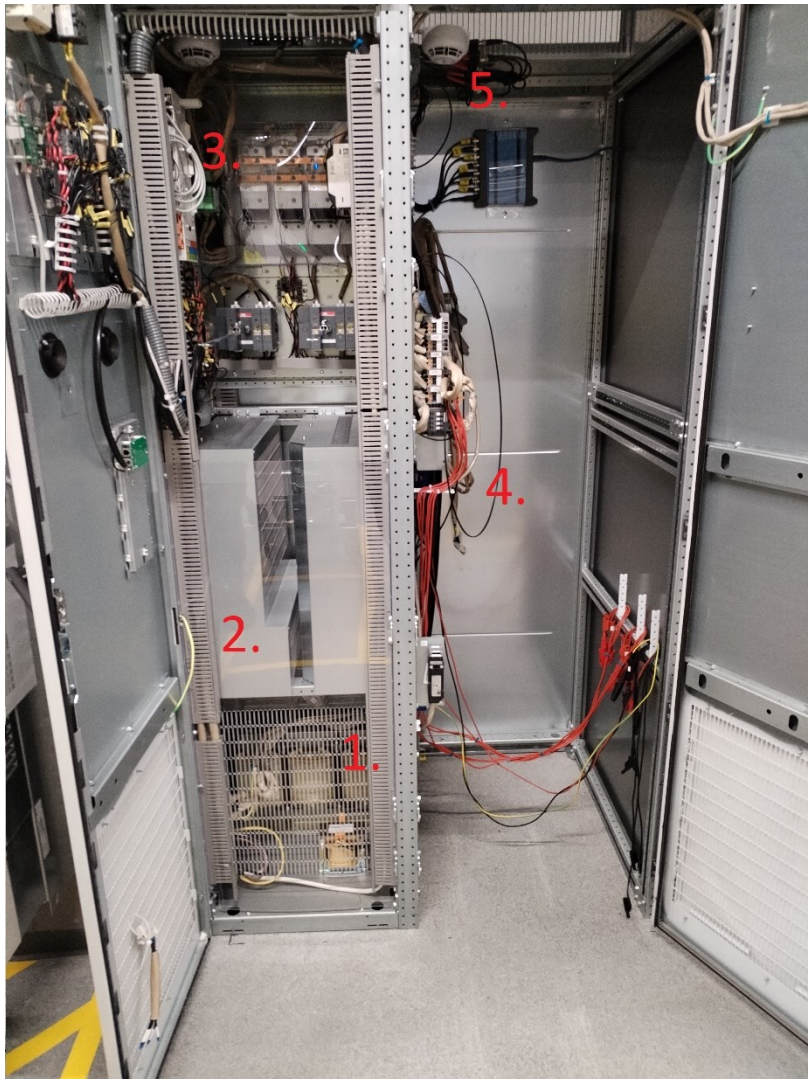
Kuva 21. Mittauksen liitännät



Kuva 22. Oskilloskoopin tulos



Kuva 23. Oskilloskoopin tulos



Kuva 24. Kaappitesteri

9 YHTEENVETO JA TULOKSET

9.1 Yhteenveto

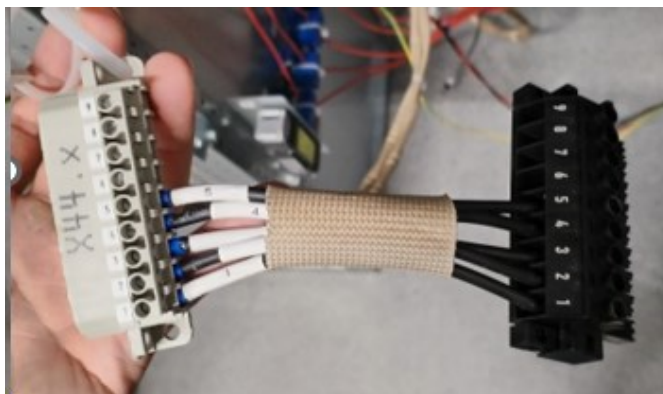
DSU-projektin opinnäytetyöosuuden suunnittelu lähti hyvin käyntiin. Suunnitelma oli selvä ja uusi osaamisalue teki työstä sopivan haastavan sekä mielenkiintoisen. Työ oli hyvin aikataulutettu ja palaverieita pidettiin aina tarvittaessa, jotta pysyttiin mukana, missä kohdassa työtä mennään. Suurempia ongelmia työn tekemisessä ei ollut, johtuen DSW:n osaavista työntekijöistä, joilta sai aina tarpeen tullen apua opinnäytetyön tekemisessä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä käytännön muutoksia DSU-testerille ja päivittää sen dokumentaatiot. Käytännön työn muutoksia ja dokumentointia on hyödynnetty testauksissa. Uutta käyttöohjetta päästiin kokeilemaan testimoduulille. Käyttöohje on tulostettu suomeksi sekä englanniksi DSU-testerin kyljessä olevaan muovitaskuun. Adapterin lisättiin vanhaan liittimeen. Sitä on hyödynnetty ACS880-mallien testauksessa. Lähtövirranmittaamista voidaan tarkastella PicoScopesta. Kyseisiä muutoksia voidaan mahdollisesti myös hyödyntää Retrofit osastolla. Osastolle on tullut tilauksia vastaavista kaapeista, jotka kasataan alusta loppuun.

9.2 Tulokset

Testimatriisin kyselystä sain selville, mitä malleja on testattu aikaisemmin ja mitä ei ole. ACS800-704-, ACS800-704 +V992 D3- ja ACS880-304 D8T malleja on testattu testerillä tulosten mukaan. Muita malleja ei ole tullut vastaan. Syynä voi olla, että mallit ovat niin uusia ja ovat yhä ehjiä, että niitä ei ole tullut vielä korjaukseen tai mallit ovat niin vanhoja, että korjaus ei ole ollut kannattavaa, vaan on ollut parempi hankkia uudempi malli tilalle. Mallit, joita korjaukselle ei ole tullut vastaan: ACS800-304 D3-, ACS800-304 +V992- ja ACS880-304 D7T. Mallit, joita ei ole testattu, ei poissulje sitä, etteikö niitä voisi testata. Lopuksi loin uuden taulukon Excelillä, johon on tulostettu mallit plussa-koodeineen. Taulukko on liitetty testerin kylkeen. Plussa-koodeista selviää tarkemmin, mitä kyseinen malli sisältää, kuten kontaktorin tai pääkytkimen avaimella. Taulukkoon täydennetään kaikki mallit, jotka testataan testerillä. Lopuksi taulukko teipattiin testerin kylkeen ja taulukko on liitteenä opinnäytetyössä.

Liitin- ja johdotustyössä vanhaan liittimeen lisättiin adapteri, koska uusiin ACS880-malleihin oli vaihtunut naarasliitin, johon tarvitaan yhteensopiva musta urosliitin. Näin ollen vanhaa liittintä voidaan yhä käyttää vanhoihin ACS880-malleihin. Adaptereita tehtiin yhteensä 2 kappaletta. Työn ohessa samalla osa vanhoista johdoista kiinnitettiin riittävän tiheästi ja varmistettiin, että ne eivät roiku tai heilu. Uudet johdot mitoitettiin sopivan pituisiksi, kiinnitettiin ja kytkettiin. Moduuliin kytkettäville johdoille ei tehty muutoksia. Johdot suojattiin eristesuojalla, jolla estetään vauriot terävistä reunoista ja läpivienneistä. Alapuolella kuva 25 adapterista, joka luotiin uusia ACS880-malleja varten.



Kuva 25. Adapteri

Ensimmäisessä lähtövirranmittauksessa otettiin testimoduulilta DC+ -kaapelin ympäriltä ABB:n pihtimittarilla. Pihtimittarissa on kiinni koaksiaalikaapeli, joka kytkettiin kaapissa olevan PicoScopen tyhjälle kanavalle. PicoScope on yhteydessä kaapin ulkopuolella olevaan tietokoneeseen. Pihtimittarista ei tehty pysyvää vaihtoehtoa kaappiin. Alhaalla oleva kuva 26 on ABB:n pihtimittari, jota käytettiin ensimmäisessä mittauksessa.

Pysyväksi vaihtoehdoksi kaappiin asennettiin LEM:n LF505-S virtamuunnin. Virtamuunninta syöttää 15 V virtalähde, virtalähteelle saatiin syöttö kaapissa olevalta riviliittimeltä. Virtamuunttimeen on kytketty 22,1 Ω vastus. Vastus valittiin, koska kyseisen virtamuuntimen mallin 15 V jännitteelle vastus skaala oli 11 Ω - 60 Ω . Vastuksen yli mitataan jännite mittapäillä, joka on yhdistetty PicoScopeen koaksiaalikaapelilla.

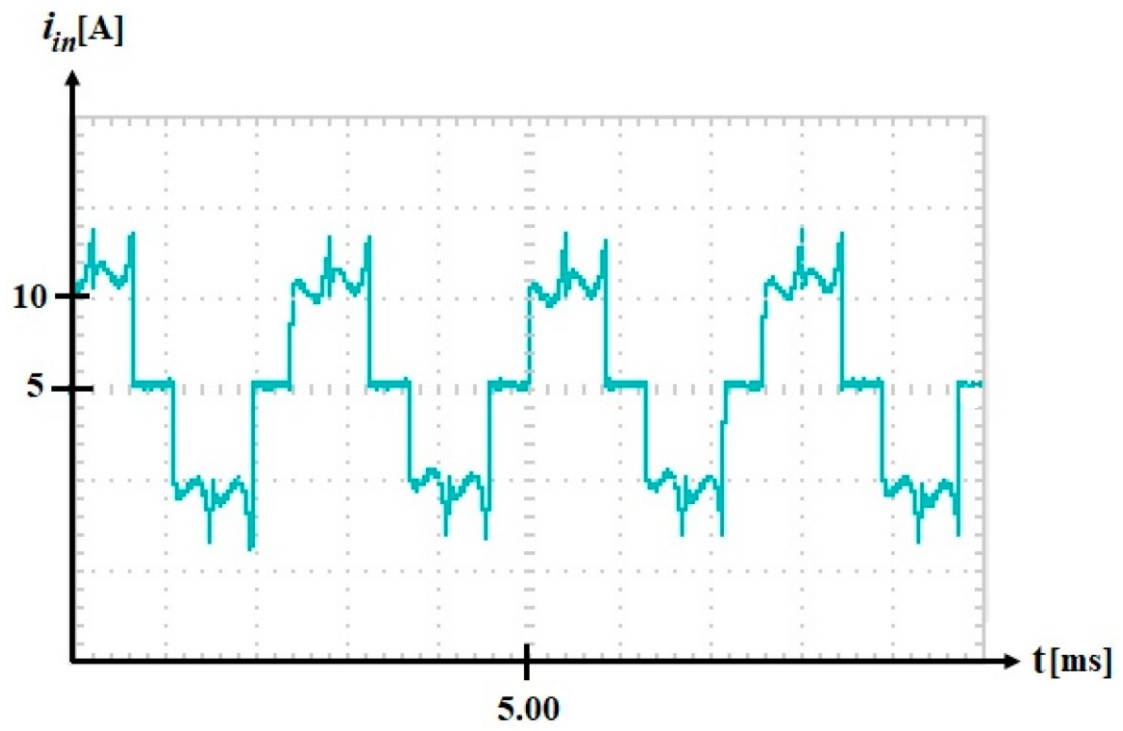
Graafista selviää kaapin DC-jännite (kV) viiva, joka nousee 1kV sekä toinen DC jännite (mV), jolla saadaan virran viiva. Graafista voi nähdä, kun noin 0,25

sekunnin kohdalla tyristori kytkeytyy päälle. Jännite on säädettävä tasaisesti nolasta yhteen kilo volttiin, jotta pystytään välttämään virta sysäys. Virta sysäys syntyy, kun tyhjä kondensaattori latautuu jännitteen kytkeytyessä päälle.

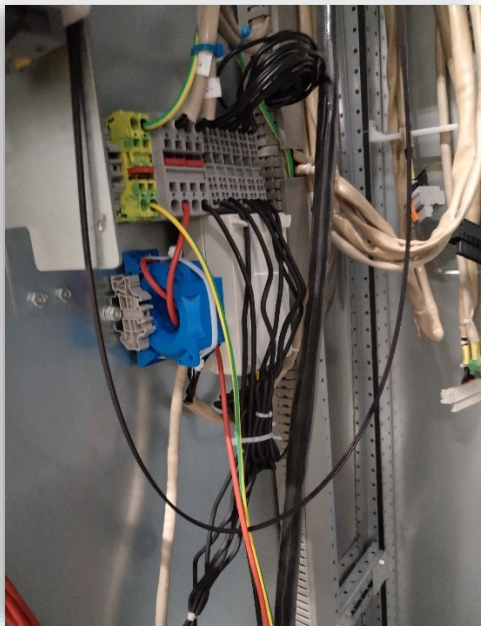
Mittaustuloksista todettiin, että käyrät ovat symmetrisiä sekä arvoltaan suurin piirtein samat. Kuvassa 27 on esimerkki graafi, missä on virran määrä sekä aika esitettynä. Oikeata tulosta ei tähän opinnäytetyöhön liitetty, koska se on salassa pidettävää tietoa. Kun testit saatiin suoritettua, virranmittauskytkentä asennettiin kytkentäkotelon sisälle, joka sijoitettiin kaappiin pysyvästi. Kuvassa 28 on virtamuunnin sekä kytkentäkotelo. Virtalähteen syöttö tulee kaapin toiselta puolelta virtamuuntimelle. Kuva 29 on Cadmatic-ohjelmalla tehty kytkentä kaavio havainnollistamaan kytkettyä virtamuunninta.



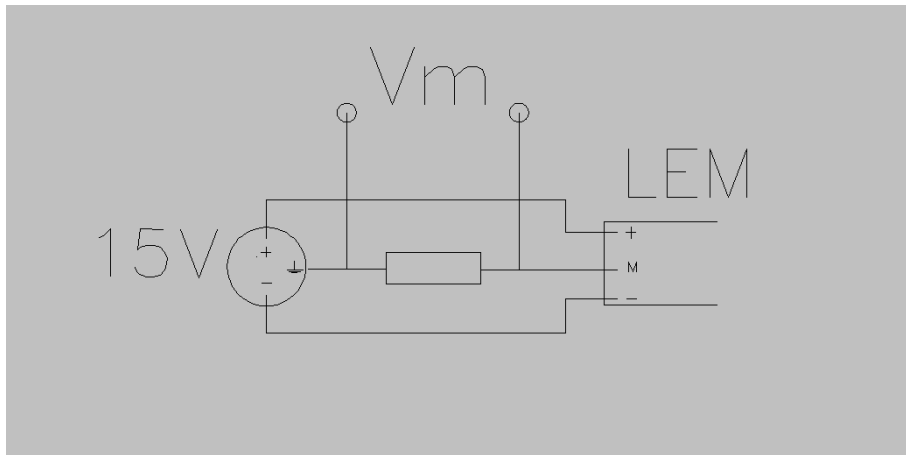
Kuva 26. ABB:n pihtimittari



Kuva 27. Esimerkki graafi



Kuva 28. Pysyvä kytkentä



Kuva 29. KytKentäkuva virtamuuntimen kytKentään

Opinnäytetyötä tehdessä pohdin tulevaisuuden kehitysehdotuksia. Tärkeimpänä on paneelin asennus oveen, mikä ei toteutunut työssä, koska paneeliin menevä lattaakaapeli oli liian lyhyt sekä aika ei olisi riittänyt uuden kaapelin teettämiseen. Muita kehitysehdotuksia ovat, kuten dokumentoinnin parannuksen jatko, testimatriisitaulukon täyttäminen sekä DSU-projektin hyödyntäminen Retrofit-osastolla. Kehitysehdotukset ovat listattuna alapuolelle:

1. Paneeli asennettaisiin korvaamaan nykyisen ovesa olevan ovisilmän, josta näkee paneelin. Ovisilmästä seurataan testerin toimintaa.
2. Dokumentoinnin parannuksen jatko sekä ohjeiden päivitys aina muutosten tullessa.
3. Sähkökuvien päivitys uuden virranmittauskytkennän jäljiltä.
4. Testimatriisin päivittäminen, kun testattavaksi saadaan ACS-malli, jota ei ole aikaisemmin testattu.
5. Huolto-ohjeen läpikäyminen ja täydennys kunnossapitopalvelu Quantin kanssa.
6. Lisäksi suunnittelu, voidaanko Retrofitin DSU-projektissa hyödyntää nykyisiä muutoksia, kun uusia kaappeja rakennetaan.

LÄHTEET

ABB Oy. 2006. ABB paper explains why and when to install multidrives. WWW-artikkeli. Saatavissa: <https://www.automation.com/en-us/articles/2006-2/abb-paper-explains-why-and-when-to-install-multidr> [viitattu 20.11.2023].

ABB Oy. 2009a. ACS800-katalogi. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.auser.fi/wp-content/uploads/ACS800-katalogi.pdf> [viitattu 18.12.2023].

ABB Oy. 2009b. User's Manual ACS800-304 and ACS800-704 Diode Supply Modules. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.scribd.com/document/481727460/EN-ACS800-304-UM-D> [viitattu 23.12.2023].

ABB Oy. 2011. ACS800, multidrives 1.1 to 5600kW catalog. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://library.e.abb.com/public/5191911f18a8d00cc1257944002e8828/ACS800multidrivescatalogREVI_EN.pdf [viitattu 23.12.2023].

ABB Oy. 2023. ACS880-307- diode supply units. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://new.abb.com/drives/low-voltage-ac/industrial-drives/acs880-multidrives/acs880-307> [viitattu 23.12.2023].

ABB Oy. 2023. ABB Suomessa. WWW-sivut. Saatavissa: <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa> [viitattu 8.11.2023].

Automationcom. 2006. ABB paper explains why and when to install multidrives. WWW-artikkeli. Saatavissa: <https://www.automation.com/en-us/articles/2006-2/abb-paper-explains-why-and-when-to-install-multidr> [viitattu 23.12.2023].

Carter, A. 2012. Full wave rectification. WWW-artikkeli. Saatavissa: <https://www.eeweb.com/full-wave-rectification/> [viitattu 7.12.2023].

Gautam, A. 2023. Power Electronics: Applications, Advantage & Future. WWW-artikkeli. Saatavissa: <https://www.electronicsexperts.com/technology-trends/learn-electronics/understanding-power-electronics> [viitattu 10.1.2024].

Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita publishing Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.tilastollinentutkimus.fi/1.TUTKIMUS-TUKI/KvantitatiivinenTutkimus.pdf> [viitattu 16.1.2024].

Hietalahti, L. 2011. Tehoelektroniikan perusteet. 1. painos. Tampere: Tammer tekniikka.

Kaliamoorthy, M. 2011. Three phase-controlled rectifiers. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://kaliasgoldmedal.yolasite.com/resources/Power_Electronics/THREE%20PHASE%20CONTROLLED%20RECTIFIERS.pdf [viitattu 7.12.2023].

Krein, P.T. 1997. Elements of power electronics. 1. Painos. Iso-Britannia: Oxford yliopisto.

Lindström, K. 2014. Tasasuuntaajien muodostamat yliaallot. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. PDF-tiedosto. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/78445/Lindstrom_Kimmo.pdf?sequence=1 [viitattu 20.11.2023].

Monolithic power system. 2023. Uncontrolled rectifiers. WWW-artikkeli. Saatavissa: <https://www.monolithicpower.com/jp/power-electronics/ac-dc-converters/uncontrolled-rectifiers> [viitattu 18.12.2023].

Nigam, R. 2022. Single phase half wave-controlled rectifiers. WWW-artikkeli. Saatavissa: <https://electricalworkbook.com/single-phase-half-wave-controlled-rectifier/> [viitattu 7.12.2023].

Ramshaw, R.S. 2013. Power electronics semiconductor switches. 2. painos. Yhdysvallat: Springer.

Rumpa, S. 2020. AC to DC converters (uncontrolled rectifiers). PDF-dokumentti. Saatavissa: https://aliah.ac.in/upload/media/12-05-20_1589290449.pdf [viitattu 21.12.2023].

Salo, M. 2004. Sähkömoottorikäytöt. Luentomoniste. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere. Ei julkisesti saatavissa.

Silvonen, K. 2021. Sähkötekniikka ja elektroniikka. WWW-luento. Saatavissa: <https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1513524/course/section/188482/Lect8.pdf?time=1637056467189> [viitattu 15.11.2023].

Sivaraman, P. & Sharmeela, C. 2020. Power Quality in Modern Power Systems. 1. painos. Amsterdam: Elsevier.

KUVALUETTELO

Kuva 1. Kuvakaappaus yrityksen EmOxEngg LLC yhteistyökumppanit sivulta. EmOxEngg LLC. 2023. Saatavissa: <http://www.emoxengg.com/our-partners/> [viitattu 8.11.2023].

Kuva 2. Kuvakaappaus opetussivuston Ques10 sivulta. Ques10. 2019. Saatavissa: https://www.ques10.com/p/47546/principle-of-phase-control-single-phase-half-wav-2/#google_vignette [viitattu 21.12.2023].

Kuva 3. Kuvakaappaus opetussivuston EEWeb sivulta. Carter, A. 2012. Saatavissa: <https://www.eeweb.com/full-wave-rectification/> [viitattu 21.12.2023].

Kuva 4. Kuvakaappaus opetussivuston electronics-tutorials sivulta. Nigam, R. 2022. Saatavissa: <https://www.electronics-tutorials.ws/power/single-phase-rectification.html> [viitattu 21.12.2023].

Kuva 5. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. Kaliamoorthy, M. 2011. Saatavissa: https://kaliasgoldmedal.yolasite.com/resources/Power_Electronics/THREE%20PHASE%20CONTROLLED%20RECTIFIERS.pdf [viitattu 21.12.2023].

Kuva 6. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. Rumpa, S. 2020. Saatavissa: https://aliah.ac.in/upload/media/12-05-20_1589290449.pdf [viitattu 21.12.2023].

Kuva 7. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. Rumpa, S. 2020. Saatavissa: https://aliah.ac.in/upload/media/12-05-20_1589290449.pdf [viitattu 21.12.2023].

Kuva 8. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. Rumpa, S. 2020. Saatavissa: https://aliah.ac.in/upload/media/12-05-20_1589290449.pdf [viitattu 21.12.2023].

Kuva 9. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. Kaliamoorthy, M. 2011. Saatavissa: https://kaliasgoldmedal.yolasite.com/resources/Power_Electronics/THREE%20PHASE%20CONTROLLED%20RECTIFIERS.pdf [viitattu 21.12.2023].

Kuva 10. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. Kaliamoorthy, M. 2011. Saatavissa: https://kaliasgoldmedal.yolasite.com/resources/Power_Electronics/THREE%20PHASE%20CONTROLLED%20RECTIFIERS.pdf [viitattu 21.12.2023].

Kuva 11. Kuvakaappaus opetussivuston EEWeb sivulta. Carter, A. 2012. Saatavissa: <https://www.eeweb.com/full-wave-rectification/> [viitattu 21.12.2023].

Kuva 12. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. Csanyi, E. 2012. Saatavissa: <https://electrical-engineering-portal.com/few-words-about-frequency-converters> [viitattu 21.12.2023].

Kuva 13. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. ABB. 2008. Saatavissa: <https://www.auser.fi/wp-content/uploads/ACS800-01-laiteopas.pdf> [viitattu 21.12.2023].

Kuva 14. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. ABB. 2012. Saatavissa: <https://www.auser.fi/wp-content/uploads/ACS800-07-laiteopas.pdf> [viitattu 21.12.2023].

Kuva 15. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. ABB. 2020. Saatavissa: <https://www.auser.fi/wp-content/uploads/ACS880-katalogi-single-drives.pdf> [viitattu 21.12.2023].

Kuva 16. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. ABB. 2020. Saatavissa: <https://www.auser.fi/wp-content/uploads/ACS880-katalogi-single-drives.pdf> [viitattu 21.12.2023].

Kuva 17. Kuvakaappaus WWW-artikkelista. MB Drive Service. 2020. Saatavissa: <https://mb-drive-services.com/vfd-dimensioning-multidrives-and-their-benefits/> [viitattu 23.12.2023].

Kuva 18. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. ABB. 2011. Saatavissa: https://library.e.abb.com/public/5191911f18a8d00cc1257944002e8828/ACS800multidrivescatalogREVI_EN.pdf [viitattu 21.12.2023].

Kuva 19. DSU kaappitesteri. ABB. 2019.

Kuva 20. Kaappitesterin elektroniikka. ABB. 2019.

Kuva 21. Mittauksen liitäntä. ABB. 2019.

Kuva 22. Oskilloskoopin tulos. ABB. 2019.

Kuva 23. Oskilloskoopin tulos. ABB. 2019.

Kuva 24. Kaappitesteri. Njie, K. 14.3.2024.

Kuva 25. Adapteri. Njie, K. 12.2.2024.

Kuva 26. ABB:n pihtimittari. Njie, K. 12.2.2024.

Kuva 27. Kuvakaappaus PDF-Dokumentista. Cabuk, A. & Ozgur, U. 2023. Saatavissa: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/5/1106> [viitattu 11.3.2024].

Kuva 28. Pysyvä kytkentä. Njie, K. 14.3.2024

Kuva 29. Kytkenäkuva virtamuuntimen kytkentään. Njie, K. 15.3.2024

LIITTEET

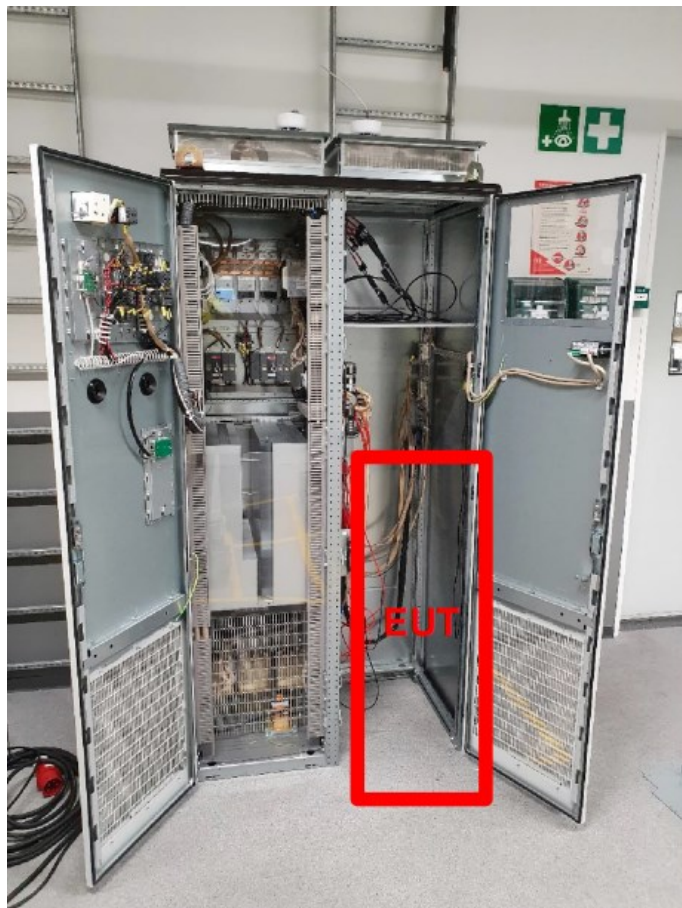
Liite 1.

Moduulien liittäminen testeriin

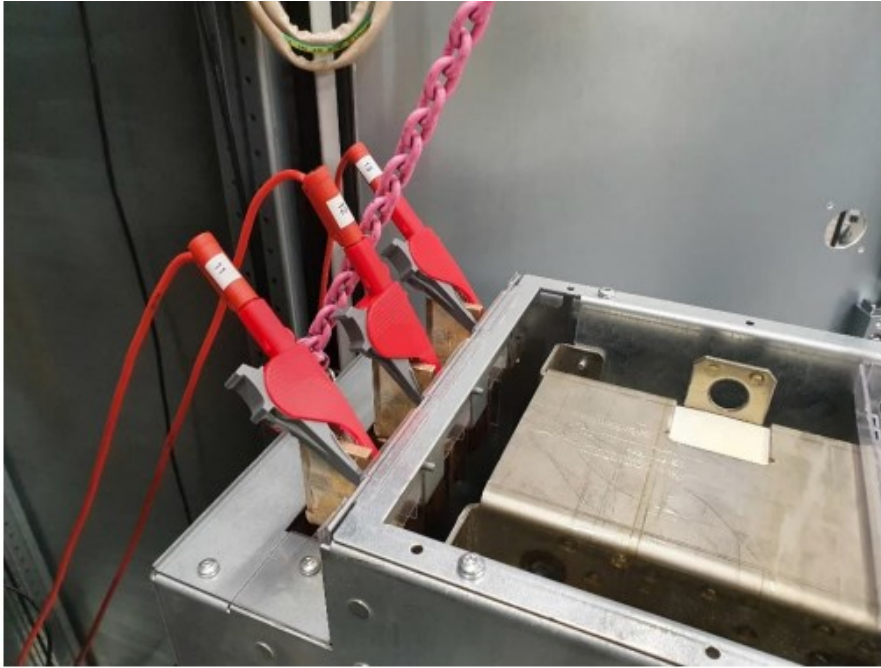
ACS880-304

ACS880-304-moduulin liittäminen testeriin:

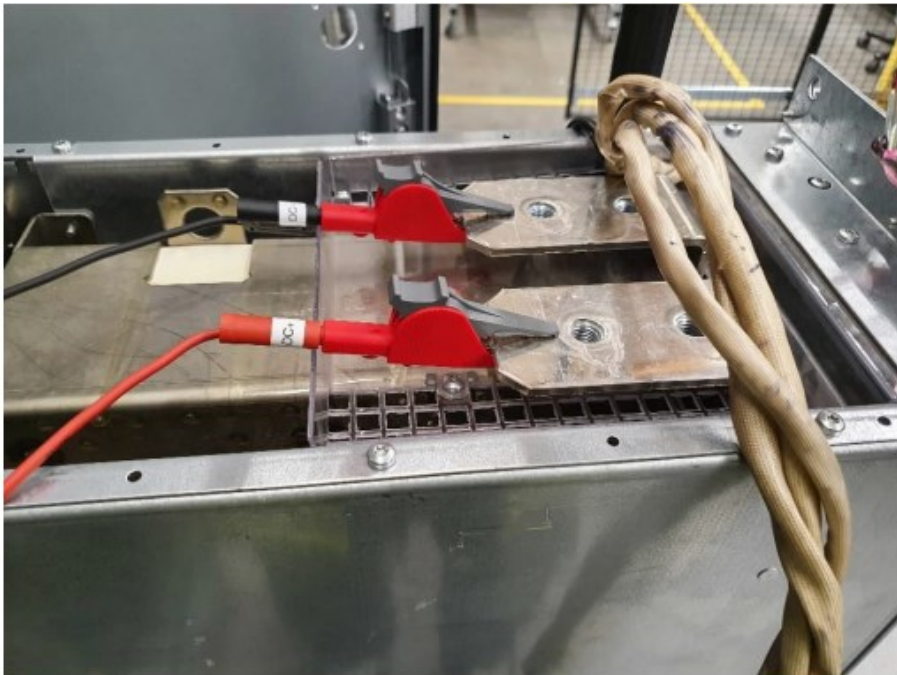
1. Aseta moduuli testerin oikeanpuoleisen kaapin eteen (Kuva 6.)
2. Liitä maadoituskaapeli moduuliin
3. Tee AC-liitännät (Kuva 7.)
4. Tee DC-liitännät (Kuva 8.)
5. Tee apu/tuuletinliitäntä (riippuen moduulityypistä ja lisävarusteista) (Kuva 9.)
6. Liitä optiset kaapelit (BCU) (Kuva 10.)
7. Työnnä moduuli kaappiin ja sulje testerin ovet



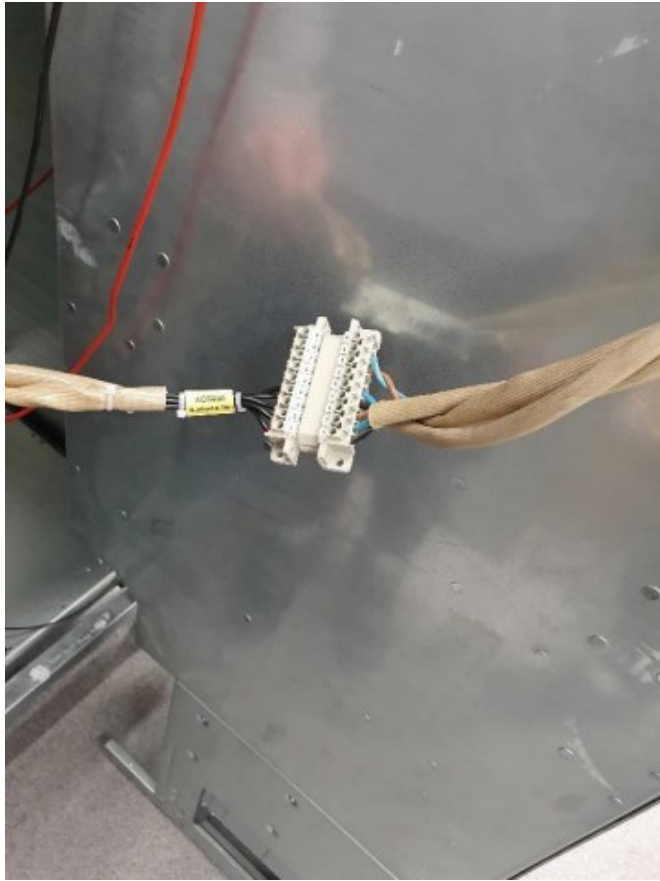
Kuva 6. Testattavan moduulin paikka merkittynä.



Kuva 7. AC-liitäntä.



Kuva 8. DC-liitäntä.



Kuva 9. apu/tuuletinliitântä (riippuen moduulityypistä ja lisävarusteista). Kuvassa 3-vaiheinen tuuletinliitântä.



Kuva 10. Optisten kaapeliin kytkentä (BCU)

ACS880-304 koestus

1. Tee johdotusliitännät edellä mainitulla tavalla ja työnnä moduuli testerin oikeanpuoleiseen kaappiin (Kuva 6.)
2. Valitse AC-jännite DSU-moduulin nimellijännitteen mukaan (Kuva 11.)
3. Sulje testauslaitteen ovet
4. Valitse oikea apujännitetaso moduulille (Kuva 12. Numero 3.)
5. Kytke 230 V päälle (Kuva 12. Numero 1.)
6. Kytke 24 V päälle (Kuva 12. Numero 2.)
7. Kytke BCU päälle (Kuva 12. Numero 4.)
8. Kytke pääkytkin päälle (Kuva 12. Numero 5.)
9. Tarkista, että AC-jännite on sama kuin moduulin nimellijännite (Kuva 12. Numero 6.)
10. Kytke DC-kytkin päälle (Kuva 12. Numero 7.)
11. Anna käynnistys lupa (Kuva 12. Numero 8.)
12. Jos RatingID ei täsmää tai menee vikaan, katkaise virta ja käynnistä uudelleen BCU.

13. Varmista, että paneeli on paikallisohjaustilassa. Paina LOC/REM-näppäintä vaihtaaksesi.
14. Jos testerin paneelin näytössä on aktiivinen vika, yritä nollata se ensin painamalla RESET-näppäintä.
15. Paina ohjauspaneelin käynnistyspainiketta (Kuva 12. Numero 9.)
16. Tarkista, että DC-jännite nousee normaalisti eikä vikoja esiinny.
17. Tarkista oskilloskoopin mittauksista, että kaikki diodit/tyristorit laukeavat ja toimivat normaalisti.
18. Jos moduuli toimii normaalisti, lopeta koekäyttö.
19. Paina pysäytyspainiketta. (Kuva 12. Numero 9.)
20. Odota, että DC-jännite putoaa nolnaan (kuva 13.)
21. Kytke käynnistykseen esto pois päältä (Kuva 12. Numero 8.)
22. Kytke DC-kytkin pois päältä (Kuva 12. Numero 7.)
23. Kytke pääkytkin pois päältä (Kuva 12. Numero 5.)
24. Sammuta BCU (Kuva 12. Numero 4.)
25. Sammuta 24 V (Kuva 12. Numero 2.)
26. Kytke 230 V pois päältä (Kuva 12. Numero 1.)
27. ODOTA 5 MINUUTTIA, ennen kuin avaat kaapin oven. Käytä luokan 0 >1kv eristettyjä sähkökäsineitä ja HRC 3 (8cal/cm² + 8cal/cm²) Arc Flash PPE:tä poistettaessa suojusta ja testattaessa jännitettä. (Älä käytä yleismittaria jännitteen testaamiseen).
28. Irrota moduuli testeristä.



Kuva 11. AC-jännitteen valikointi: X400 (400 V), X500 (500 V) ja X690 (690 V).



Kuva 12. ACS880-304 moduulien koestus.

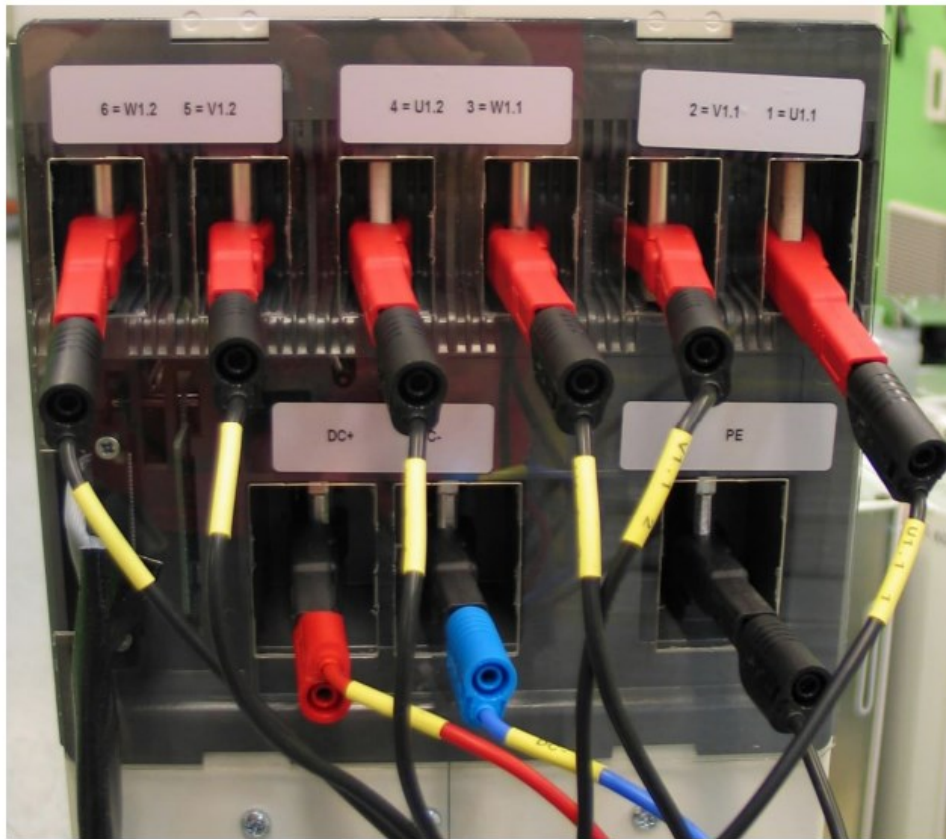


Kuva 13. DC-jännite mittaus

ACS800-304/704 moduulin liittäminen testeriin:

1. Aseta moduuli testerin oikeanpuoleisen kaapin eteen (Kuva 6.)
2. Liitä maadoituskaapeli moduuliin.
3. Tee AC-liitännät. Yhteensä 6 kytKentää, Huomioi vaihejärjestys! (Kuva 14.)
4. Tee DC-liitännät (Kuva 14.)
5. Liitä X500-kaapeli ohjauskorttiin (DSSB) (Kuva 14.)

6. Työnnä moduuli kaappiin ja sulje testerin ovet.



Kuva 14. ACS800-304/704 AC-, DC-, PE ja X500 liittämä.

ACS800-304/704 koestus

1. Tee johdotusliittännät edellä mainitulla tavalla ja työnnä moduuli testerin oikeanpuoleiseen kaappiin (Kuva 6.)
2. Valitse AC-jännite DSU-moduulin nimellisjännitteen mukaan (Kuva 11.)
3. Sulje testerin ovet
4. Valitse oikea apujännitetaso moduulille (Kuva 15. Numero 2.)
5. Kytke 230 V päälle (Kuva 15. Numero 1.)
6. Kytke 24 V päälle (Kuva 15. Numero 1.)
7. Käännä RDCU päälle (Kuva 15.)
8. Valitse oikea apujännitetaso moduulille (Kuva 15. Numero 2.)
9. Kytke pääkytkin päälle (Kuva 15. Numero 3.)
10. Tarkista, että AC-jännite on sama kuin moduulin nimellisjännite (Kuva 15. Numero 4.)
11. Kytke DC-kytkin päälle (Kuva 15. Numero 5.)
12. Anna käynnistyslupa (Kuva 15. Numero 6.)

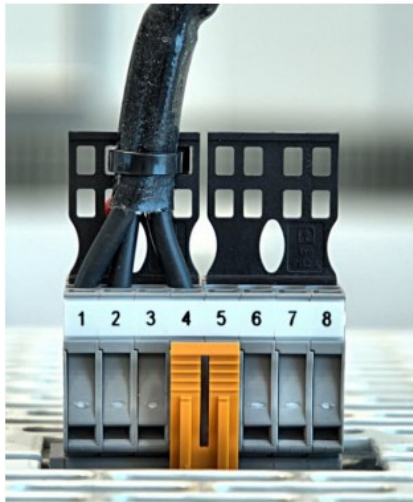
13. Käännä DSSB-käynnistyspainike päälle (ja käynnistä) (Kuva 15. Numero 7.)
14. Tarkista, että DC-jännite nousee normaalisti eikä vikoja esiinny.
15. Tarkista oskilloskoopin mittauksista, että kaikki diodit/tyristorit laukeavat ja toimivat normaalisti.
16. Jos moduuli toimii normaalisti, lopeta koekäyttö.
17. Sammuta DSSB-käynnistyspainike. (Kuva 15. Numero 7.)
18. Odota, että DC-jännite putoaa nolnaan (Kuva 13.)
19. Kytke käynnistykseen esto pois päältä (Kuva 15. Numero 6.)
20. Kytke DC-kytkin pois päältä (Kuva 15. Numero 5)
21. Kytke pääkytkin pois päältä (Kuva 15. Numero 3.)
22. Sammuta 230 V (Kuva 15. Numero 1.)
23. ODOTA 5 MINUUTTIA, ennen kuin avaat kaapin oven. On pakollista käyttää luokan 0 >1kv eristettyjä sähkökäsineitä ja HRC 3 (8cal/cm² + 8cal/cm²) Arc Flash PPE:tä poistettaessa suojusta ja testattaessa jännitettä. (Älä käytä yleismittaria jännitteen testaamiseen).
24. Irroita moduuli testeristä.



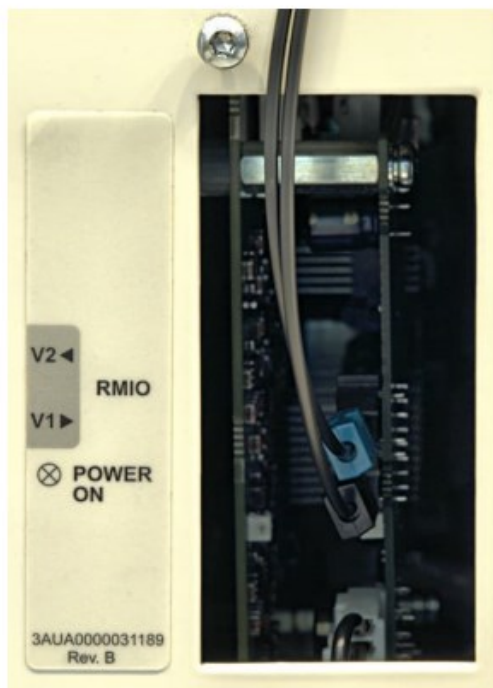
Kuva 15. ACS800-304/704 moduulien koestus

ACS800-304/704 +V992 moduulin liittäminen testeriin:

1. Aseta moduuli testerin oikeanpuoleisen kaapin eteen (Kuva 6.)
2. Liitä maadoituskaapeli moduuliin (Kuva 14.)
3. Tee AC-liitännät. Yhteensä 6 kytkentää. Huomaa vaihejärjestys! (Kuva 14.)
4. Tee DC-liitännät (Kuva 14.)
5. Liitä signaalikaapeli X1 (Kuva 16.)
6. Liitä optiset kaapelit (RDCU) (Kuva 17.)
7. Työnnä moduuli kaappiin ja sulje testerin ovi.



Kuva 16. Signaaliliitin X1 DSU+V992-moduulissa.



Kuva 17. Optisten kaapelien kytkentä (RDCU)

1. Tee johdotusliitännät edellä mainitulla tavalla ja työnnä moduuli testerin oikeanpuoleiseen kaappiin (Kuva 6.)
2. Valitse AC-jännite DSU-moduulin nimellisjännitteen mukaan (Kuva 11.)
3. Sulje testerin ovet
4. Valitse oikea apujännitetaso moduulille (Kuva 18. Numero 3.)
5. Kytke 230 V päälle (Kuva 18. Numero 1.)
6. Kytke 24 V päälle (Kuva 17. Numero 2.)
7. Kytke RDCU päälle (Kuva 18. Numero 4.)
8. Kytke pääkytkin päälle (Kuva 18 Numero 5.)
9. Tarkista, että AC-jännite on sama kuin moduulin nimellisjännite (Kuva 18. Numero 6.)
10. Kytke DC-kytkin päälle (Kuva 18 Numero 7.)
11. Anna käynnistyslupa (Kuva 18. Numero 8.)
12. Jos vika ilmenee, paina reset, jotta "main control fault (FF17)" katoaa. Remote ohjaus päällä
13. Tarkista, että DC-jännite nousee normaalisti eikä vikoja esiinny.
14. Tarkista oskilloskoopin mittauksista, että kaikki diodit/tyristorit laukeavat ja toimivat normaalisti.
15. Jos moduuli toimii normaalisti, lopeta koekäyttö.
16. Kytke käynnistyksen esto pois päältä (Kuva 18. Numero 8.)
17. Odota, että DC-jännite putoaa nolnaan (Kuva 13.)
18. Kytke DC-kytkin pois päältä (Kuva 18. Numero 7.)
19. Kytke pääkytkin pois päältä (Kuva 18. Numero 5.)
20. Sammuta RDCU (Kuva 18. Numero 4.)
21. Sammuta 24 V (Kuva 18. Numero 2.)
22. Sammuta 230 V (Kuva 18. Numero) 1.)
23. ODOTA 5 MINUUTTIA, ennen kuin avaat kaapin oven. On pakollista käyttää luokan 0 >1kv eristettyjä sähkökäsineitä ja HRC 3 (8cal/cm² + 8cal/cm²) Arc Flash PPE:tä poistettaessa suojusta ja testatessa jännitettä. (Älä käytä yleismittaria jännitteen testaamiseen).
24. Irrota moduuli testeristä.
(+OF250 = PAR 16.01 → RMIO DI)
(+F250 = PAR 16.01 → CMIB DI)



Kuva 18. ACS800-304/704 +V992 moduulien koestus



Kuva 19. ACS800-304/704 +V992 moduulien koestus

DSU kaappitesterin huolto-ohje

Ennen huoltotoimenpiteisiin ryhtymistä:

Suunnittele huolto: Käy läpi etukäteen minkälaisesta huollosta on kyse, esim. 9 y pm huolto, ennakkohuolto tai pc (mahdollinen) vaihtohuolto. Varmista, että sinulla on kaikki tarvittavat välineet saatavilla ennen huoltotöiden aloittamista.

Tutustu laitteeseen: Käy testerin käyttöohjeet, varoitusmerkit ja komponentit läpi. Eri komponentit vaativat erilaisen huollon ja tarkastuksen. lock out, tag out molemmille testerin pää- ja apusyötölle.

Valmistele työskentelyalue: Järjestä työskentelyalue niin, että sinulla on tarpeeksi tilaa työskennellä ja turvallisesti. Eristä alue niin, että ulkopuoliset eivät pääse sinne huollon aikana. Informoi muita työntekijöitä, että huolto on käynnissä, esimerkiksi varoituskyltillä.

Suojavarusteet: Käytä tarvittavia suojavarusteita, kuten suojalaseja, käsineitä tai muita suojavarusteita, jotka voivat olla tarpeen huollon luonteen mukaan.

Huolto

Varmista, että testeri on pois päältä ja irrotettu virtalähteestä ennen minkäänlaista huoltotoimenpidettä.

Puhdista testeri ulko- ja sisäpuolelta. Käytä ESD-imuria ja pehmeää kuivaa liinaa poistaaksesi pölyn ja lian. Tarvittaessa käytä puhdistusainetta, mutta varmista, ettei se vahingoita testerin elektroniikkaa.

Tarkista testerissä olevat komponentit ja kaapelit visuaalisesti. Etsi vaurioita, kulumisen merkkejä, halkeamia yms. Varmista, että kaapelien liitokset ja liittimet ovat kunnossa.

Tarkista testeriin liitetty pc ja sen ohjelmat mahdollisilta päivityksiltä (picoskope yms.) On suositeltavaa sammuttaa pc huollon jälkeen.

Kyselylomake

[X] Ruutuun, jos olet/tai tiedät, että joku on koestanut kyseisen mallin.

ACS800-304 D3 []

ACS800-704 D4

ACS800-304 +V992 D3 []

ACS800-704 +V992 D4

ACS880-304 D7T []

ACS880-304 D8T

ACS880-304 D8TLC []

muu, mikä? _____

