

Jesse Ilmén

Aurinkosähköinvertterin koestuslaitteisto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

3.12.2014

Tekijä Otsikko	Jesse Ilmén Aurinkosähköinvertterin koestuslaitteisto
Sivumäärä Aika	16 sivua + 4 liitettä 3.12.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Suunnittelupäällikkö Kimmo Heinonen lehtori Jukka Karppinen
<p>Tässä insinööriyössä selvitettiin kokeellisesti taajuusmuuttajalla syötetyn saarekeverkon soveltuvuutta aurinkosähköinvertterin koestukseen tuotannossa. Työ tehtiin ABB Oy:n Power Conversion -yksikölle Helsingissä.</p> <p>Työssä rakennettiin laboratorioon testilaitteisto, jolla saarekeverkon toimintaa päästiin käytännössä kokeilemaan ja mittaamaan. Laitteisto koostui saarekekäyttöön muokatusta taajuusmuuttajasta, kolmikäämimuuntajasta sekä kahdesta aurinkosähköinvertteristä.</p> <p>Käytössä ilmenneiden ongelmien vuoksi laitteistolla saatiin suoritettua vaadittavat testit hyväksytysti vain pienimmän teholuokan invertterillä. Saarekeverkon epävakaas ei mahdollistanut testien suorittamista suuremman nimellistehon inverttereillä. Laitteiston saattaminen koestuskäyttöön vaatisi jatkokehitystä.</p>	
Avainsanat	saarekeverkko, saarekekonvertteri, aurinkosähköinvertteri

Author Title	Jesse Ilmén Test System for Solar Inverters
Number of Pages Date	16 pages + 4 appendices 3 December 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Kimmo Heinonen, Design Manager Jukka Karppinen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to test in practice the applicability of a frequency converter fed island grid in factory testing of solar inverters. The work was carried out for ABB's Power Conversion unit in Helsinki.</p> <p>A laboratory setup was built as part of the thesis work to test and perform measurements on the island grid in practice. The test setup consisted of a frequency converter modified to an island converter, three winding transformer and two solar inverters.</p> <p>Due to problems faced during testing, the required measurements to use the setup in factory testing were only passed on the lowest rated inverter. The tests could not be performed on inverters with higher than the lowest nominal rating due to the instability of the island grid. To put the concept into practical use would require further development.</p>	
Keywords	island grid, island converter, solar inverter

Sisälllys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Aurinkosähköinvertteri	1
2.1	Verkkovaihtosuuntaajan rakenne ja toiminta	1
2.2	Aurinkosähkö vaihtosuuntaajan sovelluksena	3
2.3	Harmoninen kokonaissärö	4
3	Testilaitteisto	5
3.1	Saarekekonvertteri	7
3.2	Muuntaja	9
3.3	Testilaitte	9
3.4	DC-lähde	10
3.5	Käyttöönotto	10
4	Mittaukset	11
4.1	Mittaukset 100 kW:n testilaitteella	11
4.2	Mittaukset 630 kW:n testilaitteella	12
4.3	Mittaukset 1000 kW:n testilaitteella	14
5	Yhteenveto	15
	Lähteet	16

Liitteet

Liite 1. Muuntajan tekniset tiedot

Liite 2. PVS800 esite

Liite 3. Harmoninen kokonaissärö 100 kW:n testilaitteella

Liite 4. Laitteiden parametointi ja muut huomiot

Lyhenteet

DC *Direct current.* Tasavirta.

IGBT *Insulated-gate bipolar transistor.* Eristehila-bipolaaritransistori.

MPP *Maximum power point.* Maksimitehopiste.

THD *Total harmonic distortion.* Harmoninen kokonaissärö.

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena oli kokeellisesti testata taajuusmuuttajalla syötetyn saarekeverkon soveltuvuutta suuritehoisten sähköverkkoon kytkettävien aurinkosähköinverttereiden tuotannon koestukseen. Työssä rakennettiin testilaitteisto taajuusmuuttajasta, kolmikäämimuuntajasta sekä aurinkosähköinverttereistä, jolla suoritettiin toiminnallisia testejä nimellisteholtaan erikokoisille aurinkosähköinverttereille.

Saarekekonvertterina toimivalla taajuusmuuttajalla koestettavalle laitteelle voitiin säätää sopiva jännite ja taajuus. Kolmikäämimuuntajan toisiosta toisioon tehoa kierrättämällä voitiin nimellisteholtaan pienemmässä liityntäpisteessä käyttää koestettavaa invertteriä jopa sen nimellisteholla ottaen sähköverkosta vain laitteiston häviöteho.

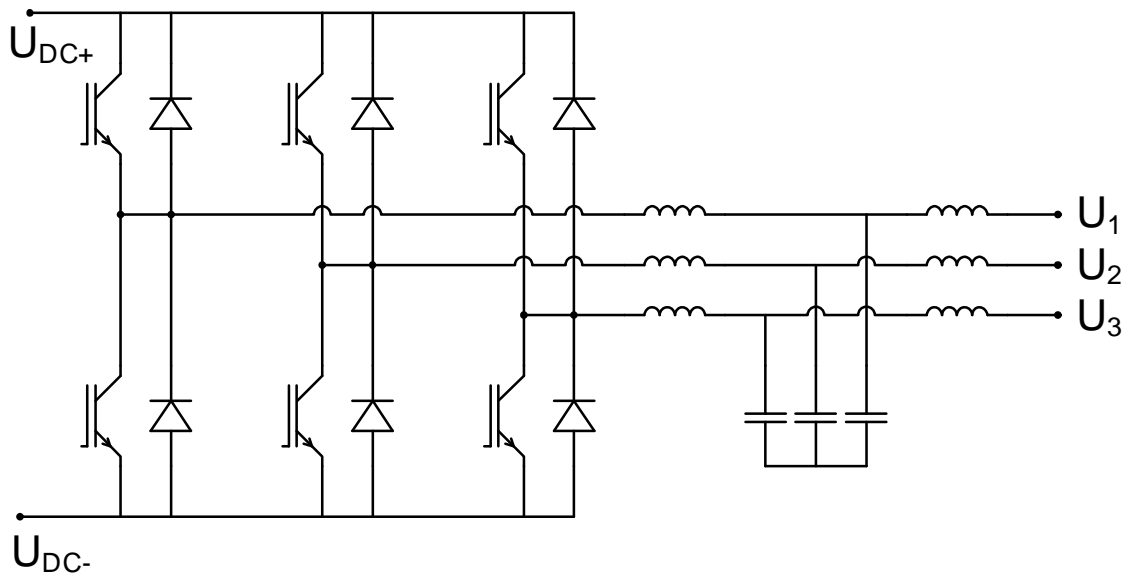
Työn aihe syntyi ABB:n kiinnostuksesta laajentaa aurinkosähköinverttereiden tuotannon koestamon mahdollisuuksia erilaisiin toiminnallisiin testeihin sekä asiakaskohtaisiin testeihin. Osa työn liitteistä on luovutettu vain ABB:n käyttöön.

2 Aurinkosähköinvertteri

2.1 Verkkovaihtosuuntaajan rakenne ja toiminta

Vaihtosuuntaaja eli invertteri muuttaa sille syötetyn tasajännitteen pulssimaiseksi halutun taajuiseksi vaihtojännitteeksi. Tasajännite voidaan tuottaa esimerkiksi aurinkokennoilla tai tasasuuntaamalla vaihtosähköverkon jännitteestä. Sähköverkkoon tehoa syötävän verkkovaihtosuuntaajan lähtöä suodatetaan lisäksi LC- tai LCL-suodattimella.

Kuvan 1 (ks. seur. s.) siltakytkentä on eristehila-bipolaaritransistoreilla (engl. insulated gate bipolar transistor, IGBT) ja niiden rinnalle vastakkaissuuntaan kytketyillä diodeilla toteutettu kaksitasoinen kolmivaiheinen invertteri, joka kahdella kytkimellä mahdollistaa kunkin lähtöjännitteen U_1 , U_2 ja U_3 kytkemisen joko positiiviseen tai negatiiviseen tasajännitepotentiaaliin. Lisäksi invertterin lähtöön on kytketty LCL-suodatin, jonka tarkoitus on suodattaa lähtöjännite ja -virta riittävän häiriöttömäksi sähköverkkoon syötettäväksi. [1, s. 87-93, 104-105.]



Kuva 1. Kaksitasoinen kolmivaiheinen invertteri LCL-suodattimella

Invertterin yhden haaran lähtöjännite voi olla kerralla kytkettynä vain toiseen tasajännitepotentiaaliin, eli saman haaran kytkimet eivät ole koskaan yhtäaikaisesti johtavassa tilassa. Modulaattori tuottaa IGBT:lle kytkentäohjeet määräten pulssien leveyden ja jaksonajan. Tuotetun vaihtojännitteen tehollisarvo määräytyy kytkentäpulsseiden pituudesta ja amplitudista sekä taajuus kytkentäpulsseiden jaksonajasta. Moduloinnin tarkoituksena on katkoa invertterille syötetty tasajännite leveydeltään vaihteleviksi pulsseiksi siten, että tuotettu vaihtojännite vastaa tehollisarvoltaan syötettävän sähköverkon jännitettä. [1, s. 88-89.]

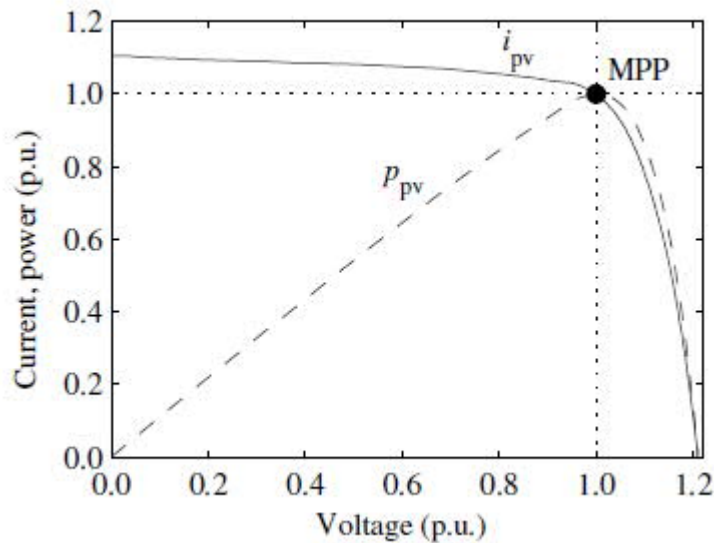


Kuva 2. LCL-suodattimen vaikutus jännitteen käyrämuotoon 1 kHz:n kytkentätaajuudella

Kuvassa 2 (ks. ed. s.) on esitetty kaksitasoisen invertterin yksi pääjännite pulssimuotoisena 1 kHz:n kytkentätaajuudella ennen suodatinta sekä kuorman suodattimelta saama jännite. Kuorman jännitteen käyrämuodosta voidaan havaita sen poikkeavan puhtaasti sinimuotoisesta jännitteestä, eli se sisältää perusaallon lisäksi harmonisia yliaaltoja. Suodattimen mitoituksella voidaan vaikuttaa invertterillä verkkoon syötetyn sähkön yliaaltopitoisuuteen.

2.2 Aurinkosähkö vaihtosuuntaajan sovelluksena

Aurinkopaneelien tuottama huipputeho muuttuu lämpötilan ja säteilyvoimakkuuden mukaan. Kuvassa 3 on esitettyä suhteellisena aurinkopaneelin virta i_{pv} jännitteen funktiona. Kuvaajalla oleva piste MPP tarkoittaa maksimitehopistettä (engl. maximum power point), jossa paneeleista saatu teho p_{pv} on huipussaan. Aurinkosähköinvertterin tulee pystyä sähköverkkoon syöttämän tehon lisäksi säätämään myös toimintapistettä joko paneelien virtaa tai jännitettä ohjaamalla. [2.]



Kuva 3. Aurinkopaneelin virta ja teho jännitteen funktiona [3]

2.3 Harmoninen kokonaissärö

Jännitteen ja virran säröytyminen on epätoivottu ilmiö, mutta useissa virtapiireissä sitä on mahdoton välttää. Säröytymisen aiheuttajia ovat mm. muuntajasydämen kyllästymisen ja epälineaariset kuormat kuten valokaariuuni tai hitsaus. Säröytymistä aiheutuu myös jännitteiden ja virtojen jaksollisesta kytkemisestä tehopuolijohdepiireissä. [4, s. 847.]

Harmoniset yliaallot ovat perusaallon kokonaislukukerrannaisia. Säröytynyt jännite tai virta sisältää perusaallon lisäksi sen parittomia kerrannaisia. Perusaallon ja yliaaltojen välinen suhde kertoo harmonisen kokonaissärön (engl. total harmonic distortion, THD). Harmoninen kokonaissärö voidaan laskea kaavalla

$$THD = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} * 100\% , \text{ missä} \quad (1)$$

THD = harmoninen kokonaissärö prosentteina,

I_1 = virran perusaallon tehollisarvo,

I_2, I_3, I_4, I_n = yksittäisten yliaaltokomponenttien tehollisarvot. [5.]

Luvussa 2.1 esitetty vaihtosuuntaaja pystyy oikeanlaisella modulaattorilla toteuttamaan aurinkopaneelien ominaiskäyrän mukaisen toimintapisteen ohjauksen sekä sähköverkkoon syötetyn virran ohjauksen. Kuvan 1 (ks s. 2) invertterin rakenne mahdollistaa transistorien rinnalle vastakkaissuuntaan kytkettyjen diodien kautta myös tehon kulkeamisen vaihtosähköverkosta suuntaajan tasajännitevälipiiriä kohti. Invertteriä voidaan siis käyttää tasa- ja vaihtosuuntaukseen.

Testilaitteistossa käytetty saarekekonvertteri koostuu kahdesta suuntaajasta, joista sähköverkon puoleinen toimii pääosin tasasuuntaajana ja saarekeverkon puoleinen vaihtosuuntaajana. Tehon suunta voi suoritettavissa testeissä myös hetkellisesti muuttua saarekeverkosta sähköverkkoon päin.

Saarekeverkon kannalta olennaista on myös virran harmonisen kokonaissärön suuruus, sillä laitteistolla pyritään näyttämään koestettavan laitteen tuottaman särön pysyvän sallituissa rajoissa. Saarekeverkko tuotetaan taajuusmuuttajalla ja sen lisäksi koestustilanteessa saarekeverkossa on muuntajan lisäksi vain inverttereitä, jotka ovat

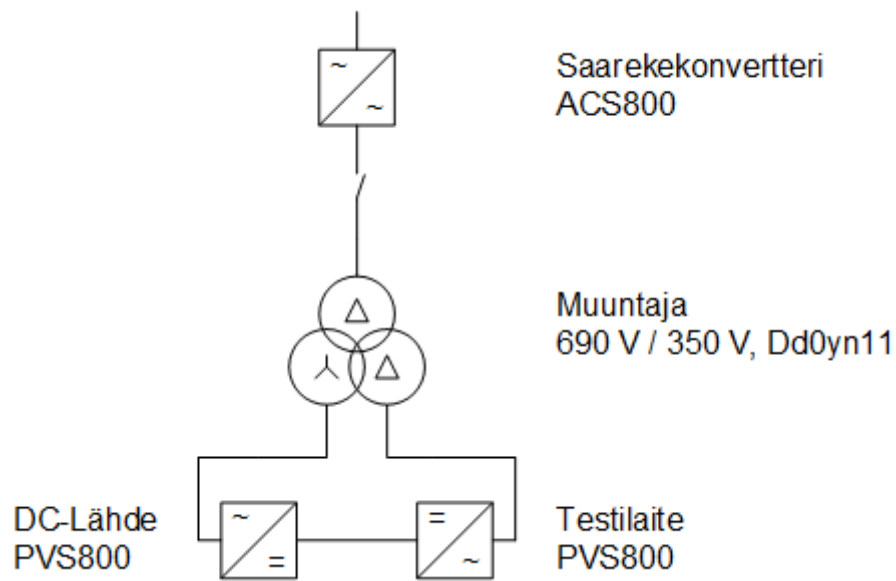
luvussa 2.3 mainittuja harmonisen särön aiheuttajia. Taajuusmuuttajalla tuotettu saarekoverkko ei harmonisen särön kannalta siis ole paras mahdollinen tapa toteuttaa mittauksia, mutta tässä insinööriyössä yhtenä selvitettävänä asiana oli päästäänkö tällä ratkaisulla kuitenkin annettuihin raja-arvoihin.

3 Testilaitteisto

Käytännön testejä ja mittauksia varten rakennettiin laboratorioon kuvan 4 (ks. seur. s.) mukainen laitteisto. Muuntajan toisioihin kytketyt invertterit vaihtuivat testilaitteen teholuokan mukaan.

Laitteiston toiminnan periaatteena on säätää saarekekonvertterilla verkon jännite ja taajuus testilaitteelle sopivaksi. Käynnistyksessä muuntajan jännite voidaan nostaa liukuvasti nolasta nimellisjännitteeseen ja sen ensiövirtaa voidaan rajoittaa saarekekonvertterilla. Kun verkon jännite on testilaitteelle sopiva, voidaan DC-lähde ja testilaitte käynnistää. Testilaitteen teho säädetään halutulle tasolle DC-lähteen teho-ohjella muuttamalla.

Laitteiston kaikkien osien toimiessa saarekekonvertteri syöttää muuntajan magnetointiin tarvittavan loistehon sekä koko saarekkeessa kuluvan häviötehon. DC-lähde ottaa muuntajalta testilaitteelle syöttämänsä tehon sekä DC-lähteessä kuluvan häviötehon. Testilaitte syöttää saamansa tehon omia häviöitään lukuun ottamatta takaisin muuntajalle. Kierrättämällä tehoa muuntajan toisioista toisioon voidaan nimellisteholtaan pienemmässä liityntäpisteessä käyttää sitä suurempia inverttereitä.



Kuva 4. Testilaitteiston piirikaavio

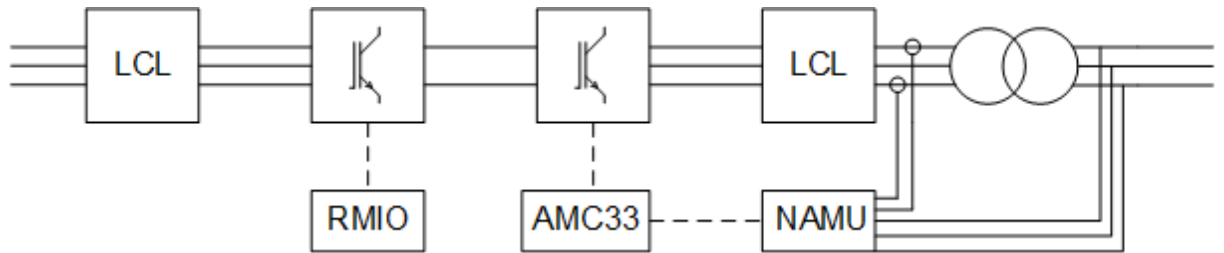
Laitteiston tilankäyttö oli myös yksi selvityksen aihe ennen kuin kaikki laitteet saatiin laboratorioon. Koestamossa saarekekäytölle kaavailtu tila on samanlainen kuin laboratoriossa ollut testauspaikka. Kuva 5 (ks. seur. s.) on otettu 100 kW:n testilaitteen ollessa käytössä. Kuvassa etuoikealla on saarekekonvertteri kolmessa osassa, joka tarkoitukseen tehtynä kokonaisena laitteena ei veisi lattiapinta-alaa yhtä paljoa.



Kuva 5. Testilaitteisto käytössä

3.1 Saarekekonvertteri

Laitteistossa käytettäväksi saarekekonvertteriksi valittiin ACS800-11-taajuusmuuttaja, jonka nimellisjännite on 690 V ja nimellisvirta 93 A. ACS800-11 on rakenteeltaan sähköverkkoon jarruttava taajuusmuuttaja, joten siinä on valmiiksi luvussa 2 esitetyn mukaiset suuntaajasillat tasa- ja vaihtosuuntaukseen sekä LCL-suodatin sähköverkon puolella. Sähkömoottorikäyttöön tehdyn taajuusmuuttajan moottorilähdössä ei ole suodatusta, joten muokatessa saarekekäyttöön sopivaksi siihen lisättiin toinen LCL-suodatin saarekeverkon puolelle. [6, s. 115.]



Kuva 6. Saarekekonverterin piirikaavio.

Kuvassa 6 on taajuusmuuttajasta muokatun saarekekonverterin piirikaavio ja siihen yhdistetyn mittauskortin mittapisteeet. Kuvassa 7 näkyvä saarekeverkon puoleinen LCL-suodatin on vastaavasta taajuusmuuttajasta purettu, eli sen impedanssi vastaa laitteen ohjelmiston oletusarvoja. Taajuusmuuttajan moottorilähdön puoleisen suuntaajan RMIO-ohjauskortti on vaihdettu AMC-33-korttiin, jolle saarekekonverterin ohjelmisto on tehty. Saarekeverkon ensiövirtaa ja toisiojännitettä mitataan laitteistoon lisätyllä NAMU-mittauskortilla.



Kuva 7. Saarekekonverteriksi muokattu ACS800-11 sekä sen ulkopuolelle lisätty saarekeverkon puoleinen LCL-suodatin

Saarekekonvertteri pyrkii toimiessaan pitämään muuntajan toisiojännitteen tasaisena asetusarvossa sekä pitämään saarekeverkon virran alle virtarajan [7, s.10].

3.2 Muuntaja

Laitteistossa käytetyn muuntajan tekniset tiedot ovat liitteessä 1. Muuntajan nimellinen ensiöjännite on 690 V, jonka lisäksi ensiössä on toisiojännitteen tasaukseen väliotot 7,7 % yli- ja alijännitteelle. Nimellistoisiojännite on 325 V, mutta osana tämän insinööriyön käytännön osuutta oli myös selvittää mahdollisuuksia käyttää muuntajaa ylijännitteellä siten että toisiojännitteeksi saataisiin 400 V. Jännitteen nostosta huolimatta muuntajaa tulitaisiin käyttämään sen nimellistoisiovirralla.

Suuritehoisten kuivamuuntajien kuormituksesta todetaan IEC-standardissa 60076-11, ettei muuntajaa tulisi käyttää yli 5 %:n ylijännitteellä jatkuvassa käytössä kasvaneiden rautahäviöiden vuoksi [8, s. 21]. Muuntajan valmistaneesta yrityksestä vastattiin tiedusteluun 14.2.2014 sähköpostilla magneettivuon tiheyden jäävän 400 V:n toisiojännitteellä noin 1,5 T:n suuruiseksi, joka ei vielä ole liian paljon, etteikö ylijännitettä voisi kokeilla, mutta kasvaneiden häviöiden vuoksi muuntajaan tulisi lisätä pakotettu ilmankierto kuormitustilanteessa [9].

3.3 Testilaite

Saarekeverkolla koestettava testilaite on PVS800-aurinkosähköinvertteri. PVS800 vastaa luvussa 2.1 esitettyä kaksitasoista kolmivaiheista invertteriä. Testilaitteen mukaan määräytyy saarekeverkossa käytettävä jännite sekä taajuus. PVS800:aa valmistetaan kolmelle eri nimellisjännitteelle, joten koestuslaitteiston tulisi pystyä toteuttamaan saarekeverkko 300-400 V:n jännitteillä.

Mittauksissa koestettavana invertterinä käytettiin 100 kW:n, 630 kW:n ja 1000 kW:n laitteita. Testilaitteen parametreihin asetetaan ulkoinen MPP-jänniteohje käyttöön, jolloin laite pyrkii tuohon DC-jännitteeseen ja syöttää saamansa tehon takaisin muuntajaan.

3.4 DC-lähde

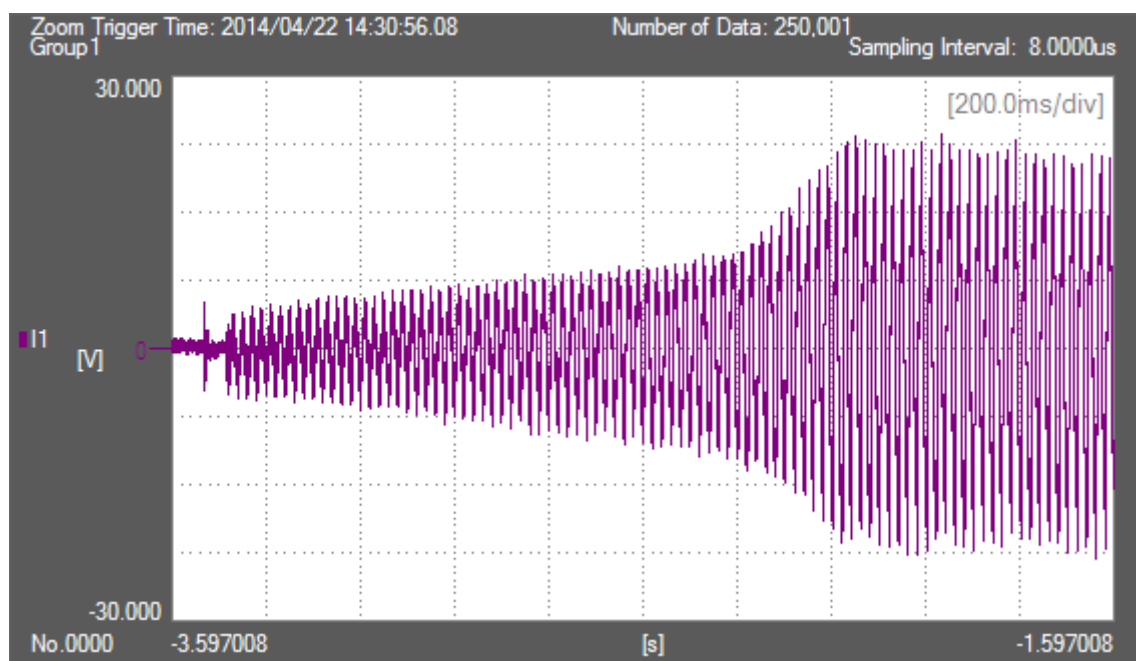
Mittauksissa käytetty DC-lähde on mekaniikaltaan PVS800-aurinkosähköinverteri, jonka ohjelmisto on vaihdettu luvussa 2.2 esitetyn aurinkopaneelin ominaiskäyrää simuloivaan ohjelmistoon. DC-lähteinä käytettiin 250 kW:n ja 630 kW:n laitteita.

DC-lähteen ja koestettavan laitteen MPP-jännitteet tulee olla aseteltu samaan arvoon, jolloin DC-lähteen teho-ohjeella ohjataan myös koestettavan laitteen tehoa, eli koko toisista toisioon kiertävää tehoa.

3.5 Käyttöönotto

Saarekekonvertterin parametriryhmään 39 aseteltiin haluttu toisiojännite, taajuus, muuntajan muuntosuhde, virtamuuntimien muuntosuhde sekä jännitteen nousuaika käynnistyksessä. Kuvassa 8 on muuntajan yhden ensiövirran käyrämuoto laitteiston käynnistyessä tyhjäkäynnille.

Inverterien käynnistyksestä on kirjoitettu tarkemmin liitteessä 4.



Kuva 8. Muuntajan ensiövirta käynnistystilanteessa

4 Mittaukset

Mittauksilla pyrittiin määrittämään laitteiston soveltuvuutta kokonaisuudessaan tuotannon koestamon testeihin. Laitteistolla tehtäviin testeihin kuuluisivat

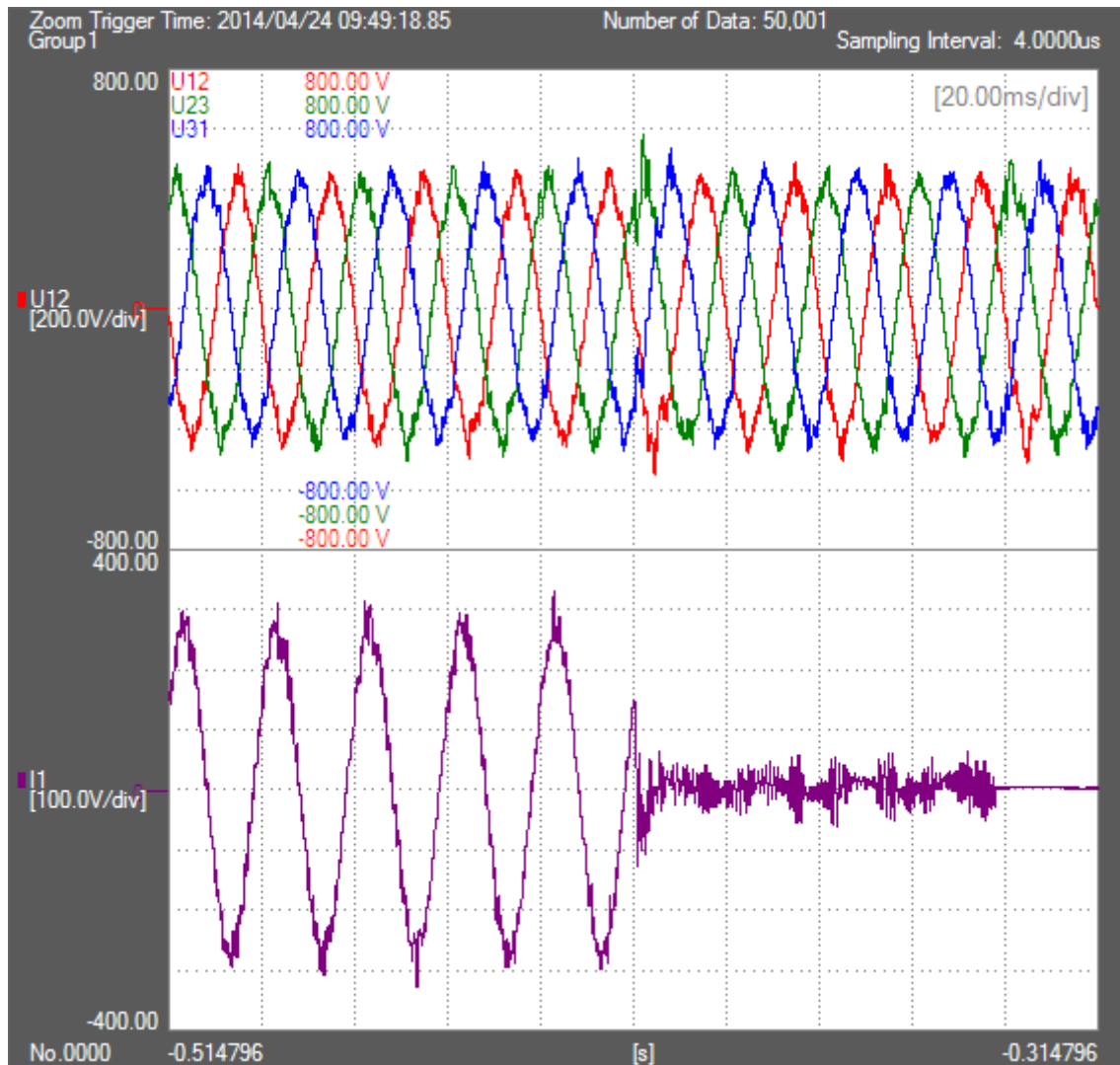
- lämpöajo, jossa laitetta käytetään noin 6 tunnin ajan täydellä nimellisteholla kunnes lämmöt tasaantuvat
- pysäytystesti, jossa testilaitte pakotetaan sammumaan täydeltä teholta
- harmonisen kokonaissärön mittaus.

Mittalaitteina käytettiin tehoanalysaattoria harmonisen kokonaissärön mittauksiin ja oskilloskooppia käyrämuotojen mittauksiin.

4.1 Mittaukset 100 kW:n testilaitteella

PVS800-sarjan inverttereistä pienimmän kohdalla testit sujuivat hyvin. Kaikki testit pystyttiin toistuvasti suorittamaan ilman ongelmia. DC-lähteenä käytettiin 250 kW:n invertteriä. Saarekekonvertterin syöttämä virta muuntajaan päin oli noin 15 A testilaitteen käydessä täydellä teholla. Kuvassa 9 (ks. seur. s.) ylhäällä on invertterin lähdöstä mitatut jännitteet ja alhaalla yksi vaihevirta, josta selkeästi näkyy pysäytyksen ajankohta. Jännitteiden käyrämuodosta pysäytyshetkellä nähdään, että vaihekulmasta riippuen jännitteiden huippuarvot ylittävät huomattavasti jatkuvuustilan huippuarvot.

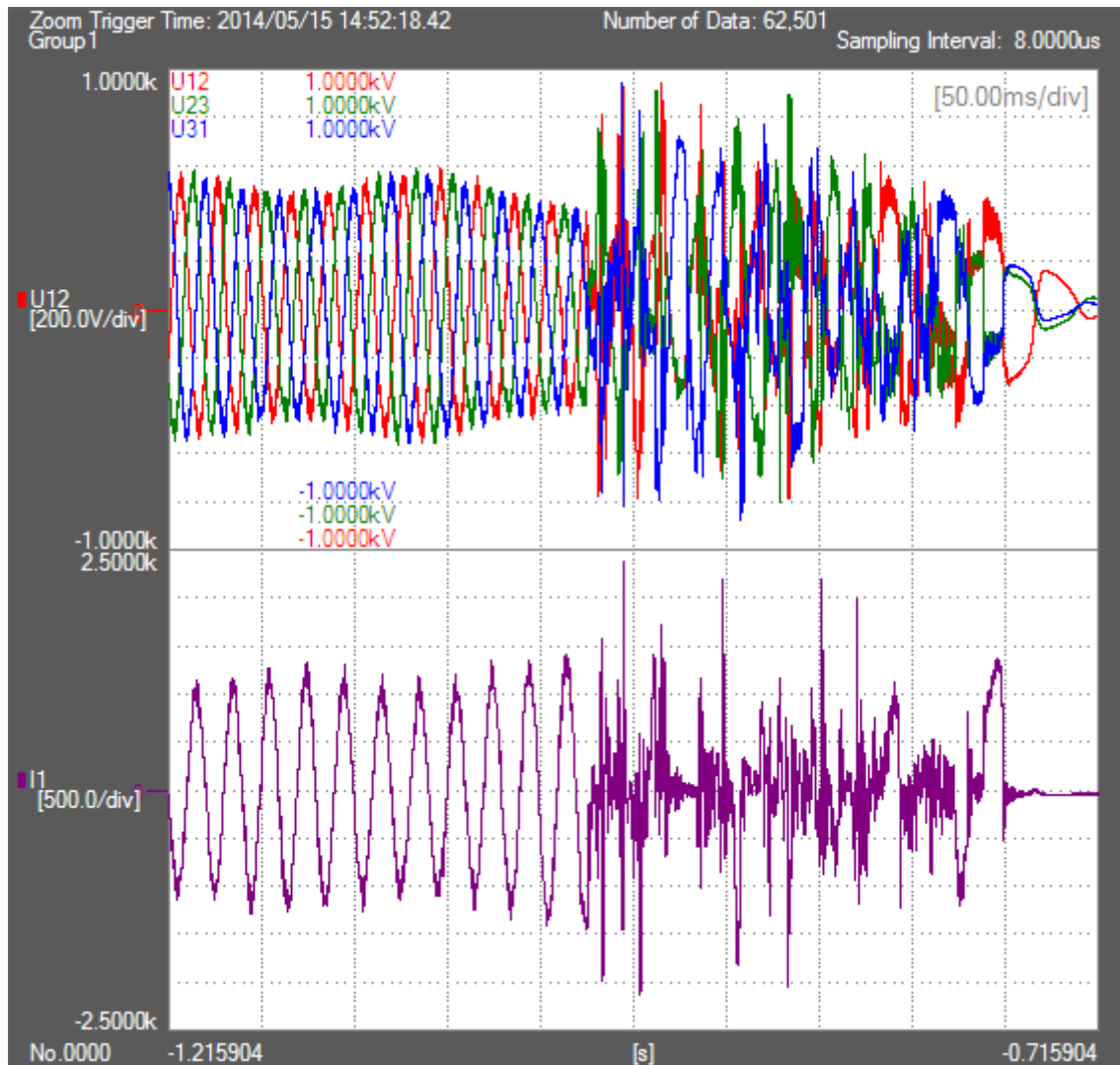
Tehoanalysaattorilla mitatut virran yliaaltopitoisuudet ovat kokonaisuudessaan liitteesä 3. Tehoelektroniikalla toteutettu saarekeverkko ei vastaa taustasärön osalta oikeata sähköverkkoa, sillä luvussa 2.3 mainittuihin harmonisen särön aiheuttajiin kuuluvat myös suuntaajakytkennät.



Kuva 9. Laitteen pysäytys nimellisteholla.

4.2 Mittaukset 630 kW:n testilaitteella

Siirtyessä suurempiin testilaitteisiin ja tehoa kasvattaessa saarekeverkko ei enää pystynyt pitämään jännitettä tasaisena.



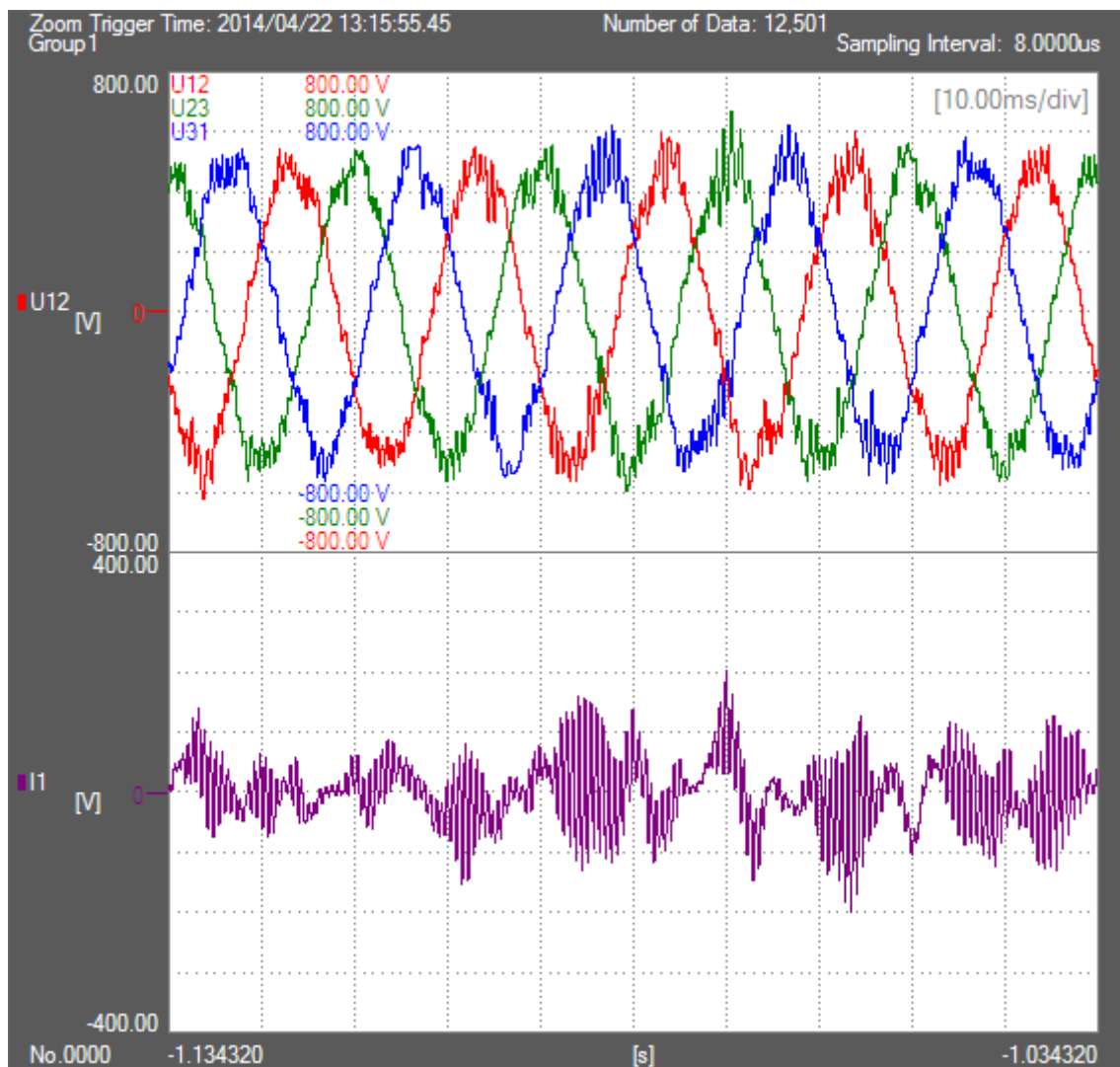
Kuva 10. Saarekeverkon epävakaus ja kaatuminen

Tehoa nostamalla päädyttiin kuvan 10 tilanteeseen, josta näkyy jännitteen huippuarvojen raju aaltoilu, joka johti lopulta saarekeverkon kaatumiseen kokonaan. Suurimmillaan 630 kW:n testilaitteella ja DC-lähteellä saatiin tasaisesti kierrätettyä muuntajassa noin 400 kW:n tehoa, jolloin saarekekonvertterin virranmittaus näytti noin 20 A virtaa muuntajaan päin.

Pysäytystestin tekeminen 630 kW:n testilaitteella näytti myös kaatavan saarekeverkon jo noin 150 kW:n teholla, joten pienemmällä laitteella saadut lupaavat tulokset jäivät onnistumisena ainoaksi.

4.3 Mittaukset 1000 kW:n testilaitteella

Aikataulullisesti 1000 kW:n laitteella kokeiltiin saarekeverkkoa ensimmäisenä. Laitteella ei kuitenkaan päästy alkua pidemmälle, sillä testilaitteen tahdistumisen onnistuttua saarekeverkkoon alkoi saarekekonvertterin käyntiäänä kuulostaa vialliselta. Kuvan 11 oskilloskooppikuvassa jännitteet näyttävät samalta kuin myöhemmin pienemmilläkin laitteilla, mutta testilaitteen virta on pahasti säröytynyt. 1000 kW:n testilaitteesta jouduttiin luopumaan aikataulullisista syistä lähes heti, joten asiaa ei päästy tutkimaan tämän pidemmälle.



Kuva 11. Tyhjäkäynti 1000 kW:n invertterillä

5 Yhteenveto

Suurin osa työhön käytetystä ajasta kului aiheeseen tutustuen ja sen pohjalta käytön rakentamiseen. Lopputuloksena ei saatu valmiiksi toimivaa alustaa, mutta ainakin mitausten perusteella voidaan poissulkea pienellä taajuusmuuttajalla tehty toteutus.

Mittauksissa saatujen tulosten perusteella laitteisto vaikuttaa virran harmonisen kokonaissärön osalta menevän annettuihin rajoihin. Pysäytystestissä jo 100 kW:n testilaitteella nähdään jännitteessä selkeä piikki pysäytyshetkellä. Jännitepiikin suuruus ei itsessään ole testien kannalta ongelma, mutta se vaikuttaa olevan syy saarekekonvertterin kaatumiseen.

Näiden mittausten yhteydessä ei ehditty selvittämään 400 V:n nimellisjännitteen invertterin tyhjäkäynnillä alkaneen virran säröytymisen tai resonoinnin syytä. Muuntajan voidaan todeta kestävän 400 V:n toisiojännitteen, joka toteutuakseen vaati noin 810 V:n ensiojännitteen. Näin suuren ensiojännitteen toteuttamiseen vaadittiin tosin saarekekonvertterin välipiirijännitteen nostamista 1000 V:sta vähintään 1150 V:iin jo tyhjäkäynnillä.

Laitteiston kaatuminen saarekeverkon ylivirtaan tai saarekekonvertterin välipiirin ylijännitteeseen pysäytystestissä voi olla ratkaistavissa suurentamalla käytettävää taajuusmuuttajaa, jolloin laitteessa on myös suurempi välipiiri ja enemmän suodatusta. Myös ylijännitteen ja ylivirran rajoja nostamalla voi olla mahdollista saada verkko pysymään pystyssä, sillä piikki on todella vain hetkellinen. Suurella teholla käytettäessä epävakausongelma voisi myös korjaantua kun välipiiri on suurempi, toisaalta luvun 4.2 mittaauksissa mainitun pienen virran perusteella ongelma ei välttämättä ole energian loppumisessa.

Asian jatkokehittelyn suhteen pitää pohtia, onko riskin arvoista lähteä sijoittamaan uuteen tähän tarkoitukseen kasattuun kunnolliseen saarekekonvertteriin, sillä varmemmin toimivan ratkaisun saisi aikaan generaattoriverkolla.

Lähteet

- 1 Hietalahti, Lauri. 2011. Tehoelektroniikan perusteet. Tammertekniikka.
- 2 Maximum power point tracking. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracking>. Luettu 2.9.2014.
- 3 Puukko, Joonas. 2012. Issues on Dynamic Modeling and Design of Grid-Connected Three-Phase VSIs in Photovoltaic Applications. Väitöskirja. Tampereen teknillinen yliopisto.
- 4 Wildi, Theodore. 2005. Electrical machines, drives and power systems. Pearson Education, Inc.
- 5 Total harmonic distortion. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Total_harmonic_distortion>. Luettu 16.6.2014.
- 6 ACS800 Hardware manual rev C. Verkkodokumentti. 2013. ABB Oy. <<http://www.abb.com>>. Luettu 20.7.2014.
- 7 Island converter manual. Sisäinen verkkojulkaisu. 2013. ABB Oy.
- 8 IEC 60076-11:2004. Power transformers - Part 11: Dry-type transformers. International Electrotechnical Commission.
- 9 Lyhykäinen, H. Muuntosähkö Oy Trafox. Sähköpostikeskustelu 14.2.2014.

Muuntajan tekniset tiedot

Muuntajan/tarjouksen numero / Serial/Offer number		
Muuntajan nimellisteho / Rated power	800	kVA
Ensiöjännite / Primary voltage	690V	V
Toisiojännite / Secondary voltage	325/325	V
Taajuus / Frequency	50	Hz
Ensiövirta / Primary current	670	A
Toisiovirta / Secondary current	2x1422	A
KytKentäryhmä / Vector group	Dd0y11	
Tyhjäkäyntihäviöt / No-load losses	~4000	W
Kuormitushäviöt / Load losses (t _{cu} = 120 °C)	~10000	W
Oikosulkuimpedanssi / Short circuit impedance	4	%
Suurin ympäristön lämpötila / Maximum ambient temperature	45	°C
Lämmön nousu sydämessä / Core temperature rise	70	°C
Lämmön nousu käämissä / Winding temperature rise	100	°C
Jäähdytys / Cooling	AN	
Kotelointiluokka / Protection class	IP-20	
Käämimateriaali / Winding material	Cu	
Staattinen suoja/Static shield	Yes	
Materiaalien lämpöluokka / Insulation class of materials	F	
Lämpötilanvalvonta / Temperature control	No	
Sovellettu standardi / Applied standard	IEC 60076-11	

PVS800 tekniset tiedot

Technical data and types

Type designation	-0100kW-A	-0250kW-A *)	-0315kW-B *)	-0500kW-A *)	-0630kW-B *)	-0875kW-B *)	-1000kW-C *)
PVS800-57	100 kW	250 kW	315 kW	500 kW	630 kW	875 kW	1000 kW
Input (DC)							
Maximum input power ($P_{PV,max}$) ¹⁾	120 kWp	300 kWp	378 kWp	600 kWp	756 kWp	1050 kWp	1200 kWp
DC voltage range, mpp ($U_{DC, mpp}$)	450 to 825 V	450 to 825 V	525 to 825 V	450 to 825 V	525 to 825 V	525 to 825 V	600 to 850 V
Maximum DC voltage ($U_{max,DC}$)	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V	1100 V	1100 V
Maximum DC current ($I_{max,DC}$)	245 A	600 A	615 A	1145 A	1230 A	1710 A	1710 A
Number of protected DC inputs	1 (+/-) / 4 2)	2, 4, 8 (+/-)	2, 4, 8 (+/-)	4, 8, 12 (+/-)	4, 8, 12 (+/-)	8, 12, 16 (+/-)	8, 12, 16 (+/-)
Output (AC)							
Nominal power ($P_{N(AC)}$) ³⁾	100 kW	250 kW	315 kW	500 kW	630 kW	875 kW	1000 kW
Maximum output power ⁴⁾	100 kW	250 kW	345 kW	500 kW	700 kW	1050 kW	1200 kW
Power at cos ϕ = 0.95 ³⁾	96 kW	240 kW	300 kW	475 kW	600 kW	830 kW	950 kW
Nominal AC current ($I_{N(AC)}$)	195 A	485 A	520 A	965 A	1040 A	1445 A	1445 A
Nominal output voltage ($U_{N(AC)}$) ⁵⁾	300 V	300 V	350 V	300 V	350 V	350 V	400 V
Output frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Harmonic distortion, current ⁶⁾	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%
Distribution network type ⁷⁾	TN and IT	TN and IT	TN and IT	TN and IT	TN and IT	TN and IT	TN and IT
Efficiency							
Maximum ⁸⁾	98.0%	98.0%	98.6%	98.6%	98.6%	98.7%	98.8%
Euro-eta ⁸⁾	97.5%	97.6%	98.3%	98.2%	98.4%	98.5%	98.6%
Power consumption							
Own consumption in operation	310 W	310 W	310 W	520 W	520 W	630 W	630 W
Standby operation consumption	60 W	60 W	60 W	70 W	70 W	45 W	45 W
External auxiliary voltage ⁹⁾	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz
Dimensions and weight							
Width/Height/Depth, mm (W/H/D)	1030/2130/646	1830/2130/646	1830/2130/646	2630/2130/646	2630/2130/646	3630/2130/646	3630/2130/646
Weight appr. ¹⁰⁾	550	1100	1100	1800	1800	2600	2600

1) Recommended maximum input power
 2) Optional MCB inputs, 80 A inputs
 3) 100, 250 and 500 kW units at 40 °C, 315 and 630 kW at 45 °C, 875 kW and 1000 kW at 50 °C.
 4) At 25 °C. See the user manual for details.
 5) +/- 10%
 6) At nominal power
 7) Inverter side must be IT type
 8) Without auxiliary power consumption at min UDC
 9) 115 V, 60 Hz optional
 10) For the smallest number of protected inputs. See the user manual for details.

*) Improved design, first shown at Intersolar 2014

Harmonisen kokonaissärön mittaukset 100 kW:n laitteella

Tämä liite on luovutettu ABB:n käyttöön.

Laitteiden parametointi ja muut huomiot

Tämä liite on luovutettu ABB:n käyttöön.