

Jussi Rouhiainen

UUDEN TAAJUUSMUUTTAJAMERKIN KÄYTETTÄVYYDEN
ARVIOINTI

Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikan suuntautumisvaihtoehto
2010

UUDEN TAAJUUSMUUTTAJAMERKIN KÄYTETTÄVYYDEN ARVIOINTI

Rouhiainen, Jussi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2010
Lehtio, Ari
Sivumäärä: 29
Liitteitä: 3

Asiasanat: taajuusmuuttaja, puhallinkäyttö, EMC

Opinnäytetyön aiheena oli erään Kiinalaisen taajuusmuuttajamerkin ominaisuuksien tutkiminen Suomen markkinoille saattamiseksi puhallinkäyttöihin. Opinnäytetyön tehtävänä on olla tukena tehtäessä päätöstä tuotteen saattamiseksi Suomen markkinoille.

Työssä selvitettiin taajuusmuuttajan markkinoille saattamisen ehtoja ja sitä kuinka hyvin tutkittava taajuusmuuttaja täytti ne. Lisäksi tutustuttiin laitteen parametrintiin sekä käytettävyyteen. Parametrintiin tutustuminen tehtiin perehtymällä tutkittavan laitteen ja kilpailijoiden manuaaleihin, jonka jälkeen laitteen käyttöön ja parametreihin tutustuttiin testaamalla laitetta.

Merkittäväksi esteeksi taajuusmuuttajamerkin Suomen markkinoille lanseeraamiseksi muodostui sen puutteellinen dokumentointi EMC-asioiden suhteen. Tähän ongelmaan ei saatu selvyyttä, koska taajuusmuuttajan valmistajalta ei saatu järkevää selvitystä kyselystä huolimatta. Mikäli taajuusmuuttajan valmistajalta saataisiin lisäinformaatiota, esimerkiksi uusien mallisarjojen kautta, esitettiin työssä, että EMC-häiriöitä voisi käydä mittaamassa Rauman EMC-laboratoriossa.

USABILITY EVALUATION OF NEW FREQUENCY CONVERTER

Jussi, Rouhiainen

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

November 2010

Lehtio, Ari

Number of pages: 29

Appendices: 3

Keywords: frequency converter, blower, EMC

The topic of the thesis was to research the properties of a Chinese frequency converter to be launched in Finland. The frequency drive would be used for fan drives. The purpose of this thesis is to support the decision to bring the product to the Finnish market.

The thesis clarified the conditions of bringing the frequency converter to the market and examined how well the drive met those conditions. In addition the, usability of the device and its parametrization were studied. The analysis of the parametrization was carried out by researching the devices and the competitors' manuals. Then, the use and parametrization of the device were studied more in detail by testing the device.

A major obstacle in bringing the product to the Finnish market proved to be its inadequate documentation of EMC matters. This problem could not be solved, since the frequency converter manufacturer did not provide information about the problem. If the drive manufacturer provided additional information e.g. for through a new model, the thesis proposes that the EMC disturbances could be measured in Rauma EMC laboratory.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 TAAJUUSMUUTTAJA	6
2.1 Syklokonvertteri	6
2.2 Välipiirilliset taajuusmuuttajat	7
2.3 PWM (pulse width modulation) taajuusmuuttaja	8
3 TAAJUUSMUUTTAJAN OHJAUS- JA SÄÄTÖMENETELMÄT.....	8
3.1 Skalaariohjaus	8
3.2 Skalaarisäätö	9
3.3 Vektorisäätö	10
3.4 Suoravääntömomenttisäätö (DTC)	10
4 TAAJUUSMUUTTAJA PUHALLINSOVELLUKSISSA	11
4.1 Taajuusmuuttajan edut puhallinkäytöissä	11
4.2 Ohjaus puhallinkäytöissä	12
5 TAAJUUSMUUTTAJA HÄIRIÖLÄHTEENÄ JA HÄIRIÖIDEN KOHTEENA....	12
5.1 Syyt häiriöpäästöjen syntyyn.....	13
5.2 Häiriöiden synnyn estäminen ja haittojen ehkäiseminen.....	14
6 DIREKTIIVIT JA TUOTTEEN MARKKINOILLE LANSEERAMISEN EHDOT	15
6.1 Tuotteen markkinoille lanseeraaminen	15
6.2 CE-merkki ja vaatimuksenmukaisuusvakuutus	16
6.3 EMC-direktiivi	17
6.4 Standardissa IEC/EN 61800-3 määritellyt asennuspaikat.....	17
7 TUTKITTAVA TAAJUUSMUUTTAJA.....	18
7.1 Tutkittavan taajuusmuuttajan käytettävyys ja parametrit yleisesti	19
7.2 Taajuusmuuttajan perusasetteluja ja skalaarisäädön asetteluja	21
7.3 Havaintoja laitetta testatessa ja taajuusmuuttajan vertailu kilpailijoihin....	22
7.4 EMC häiriöiden tutkiminen	24
8 YHTEENVETO.....	24
LÄHTEET	26
LIITELUETTELO.....	29

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Provendora Oy:n toimeksiannosta. Provendora on vuonna 2002 perustettu yritys. Provendora:n päätoimialoja ovat automaatiokeskusten sopimusvalmistus, tekninen kauppa ja automaatio suunnittelu ja – projektointi.

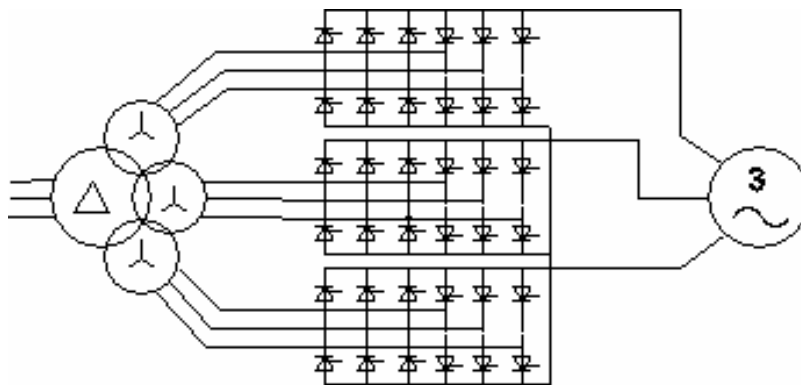
Opinnäytetyölle havaittiin tarvetta yrityksen löytäessä potentiaalisen edustuksen uudesta aasialaisesta taajuusmuuttajavalmistajasta. Työ päätettiin rajata koskemaan puhallinkäyttöjä, koska taajuusmuuttajia suunnitellaan markkinoitavan rakennusten ilmastointisovelluksiin. Työn alussa selvitetään yleistä tietoa taajuusmuuttajasta laitteena ja taajuusmuuttajan toimintaa puhallinsovelluksissa. Sen jälkeen työssä perehdytään taajuusmuuttajan markkinoille lanseeraamisen ehtoihin ja työn lopussa perehdytään tutkittavaan taajuusmuuttajaan.

2 TAAJUUSMUUTTAJA

Taajuusmuuttaja, invertteri, moottorivaihtosuuntaaja tutulla laitteella on monta nimeä. Taajuusmuuttaja on tehoelektronikkalaite, joka kytketään kahden eri sähköverkon välille. Tavallisimmin se kytketään sähkömoottorin ja verkon välille. Taajuusmuuttajaa käyttämällä saadaan sähkömoottori pyörimään halutulla tavalla, mikä auttaa prosessin säädössä, säästää energiaa ja oikein käytettynä vähentää mekaanisia rasituksia. Nykyään taajuusmuuttajat jaetaan yleensä kahteen pääryhmään välipiirillisiin ja suoriin. /1,2/

2.1 Syklokonvertteri

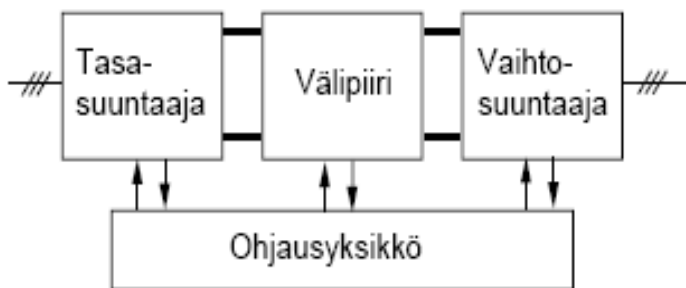
Suorissa taajuusmuuttajissa jännite pilkotaan puolijohdekytkimien avulla suoraan ilman välipiiriä haluttuun arvoon. Ainut kaupallinen sovellus suoralla jännitteen pilkkomistekniikalla toimivista taajuusmuuttajista ovat syklokonvertterit (Kuva 1). Ne rakentuvat kolmesta vastakkaiskytketystä tyristorisillasta, joita kukin syötetään omasta muuntajan kolmivaiheisesta toisiosta. Niiden käyttö on vähenemään päin, ja niitä käytetään nykyään isojen yli megawatin koneiden kanssa, joiden maksimipyörimisnopeus on 1000-1500rpm. /2,3/



Kuva 1. Kaavio kuva syklokonvertterista /3/

2.2 Välipiirilliset taajuusmuuttajat

Välipiirilliset taajuusmuuttajat koostuvat neljästä osasta: tasasuuntaajasta, välipiiristä, vaihtosuuntaajasta ja ohjausyksiköstä (Kuva 2). Tasasuuntaajan tehtävänä on tehdä AC/DC -muunnos. Välipiirin tehtävänä on suodattaa tasasähkön epäpuhtauksia ja toimia energia varastona. Vaihtosuuntaaja on yleensä toteutettu IGP-transistoreilla ja sen tehtävänä on muuntaa tasasähköstä vaihtosähköä halutulle taajuudelle. Ohjausyksikön tehtävänä on nimensä mukaisesti ohjata koko pakettia siihen syötettyjen parametrien mukaisesti. /2,3,4,6/

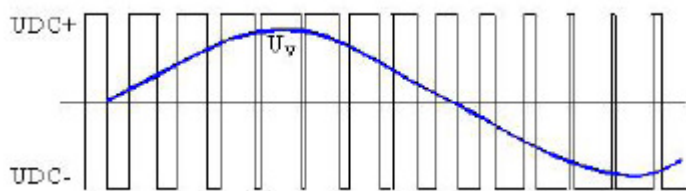


Kuva 2. Lohkokaavio välipiirillisestä taajuusmuuttajasta /5/

Välipiirilliset taajuusmuuttajat voidaan jakaa vielä kahteen pääryhmään virtavälipiirillisiin ja jännitevälipiirillisiin taajuusmuuttajiin, joista jännitevälipiirillinen ylivoimaisten ominaisuuksiensa takia on syrjäyttänyt virtavälipiirilliset taajuusmuuttajat. Virtavälipiiri koostuu kelasta, jonka tarkoituksena on tasoittaa tasavirran aaltoisuutta. Jännitevälipiirissä on kondensaattori, joka pienentää tasajännitteen aaltoisuutta sekä mahdollisesti tasoituskuristin kondensaattorin ja tasasuuntaajan välissä. Jännitevälipiirillisissä taajuusmuuttajissa lähtöjännitettä säädetään välipiirin jännitettä säätämällä tai muuttamalla lähtöjännitteen pulssikuviota. Näistä selvästi yleisin käytössä oleva taajuusmuuttajatyyppe on jännitevälipiirillinen PWM-modulointimenetelmään perustuva taajuusmuuttaja. /3,6,7/

2.3. PWM (pulse width modulation) taajuusmuuttaja

PWM-tekniikassa tasajännitteen muuttamista vaihtojännitteeksi ohjataan pulssinleveysmodulaation avulla. PWM-ohjauksessa nykyään yleensä IGP-transistoreita ohjataan päälle ja pois hyvin suurella kytkentätaajuudella, mistä saadaan hyvin lähelle sinimuotoista jännitettä. Kuva kolme havainnollistaa jännitteen muodostumista. PWM-taajuusmuuttajan etuihin kuuluu suuri säätönopeus, joka johtuu siitä, että jännitteen säätö tapahtuu vaihtosuuntaajassa. /3,6,8/



Kuva 3. Sinimuotoisen jännitteen muodostuminen pulsseista /6/

3 TAAJUUSMUUTTAJAN OHJAUS- JA SÄÄTÖMENETELMÄT

Sähkökäytöissä tavoitteena on asennon, nopeuden ja vääntömomentin ohjaaminen halutulla tavalla kussakin toimintatilassa. Oikosulkukoneen ohjaukseen ja säätöön on käytetty useita menetelmiä. Jännitevälipiirillisten taajuusmuuttajien ohjaus tai säätö perustuu joko skalaariohjaukseen, skalaarisäätöön, vektorisäätöön tai suoraan momenttisäätöön, DTC (direct torque control). /3,6/

3.1 Skalaariohjaus

Skalaariohjaus on yksinkertaisin, halvin ja helpoin toteuttaa kaikista edellä mainituista säätömenetelmistä. Skalaariohjauksessa moottorin pyörimisnopeutta ohjataan vaihtosuuntaajasta tulevan taajuuden arvoa muuttamalla. Moottorin

saama jännite riippuu lähtötaajuudesta, joka kasvaa lineaarisesti moottorin nimellistaajuuteen asti, jonka jälkeen se pysyy vakiona. /3,,6/

Skalaariohjaus perustuu kaavoihin, jotka pätevät tarkasti kuormituksen ja nopeuden ollessa vakioita. Se ei kykene reagoimaan vääntömomentissa tapahtuviin muutoksiin kovin hyvin. Skalaariohjauksessa ei ole nopeuden mittausta ja käytön nopeustarkkuuden määrää koneen jättämän suuruus. Usein jättämä on kuitenkin verrattain pieni, minkä vuoksi tarkkuus riittää useisiin käytännön sovelluksiin. Joissakin tapauksissa jättämän vaikutusta pyörimisnopeuteen pyritään korjaamaan staattorivirtaan perustuvan termin avulla. /3,5,9/

Skalaariohjauksessa koneen virtaan ei pyritä vaikuttamaan, vaan se saa määräytyä vapaasti kuormituksen mukaan. Periaatteessa oikosulkukone toimii skalaariohjauksessa samalla tavalla kuin verkosta syötettynä, minkä vuoksi sen stabiilius johtuu vain moottorista. Tästä voi muodostua ongelma tyhjäkäynnillä isoilla koneilla, koska ainoan vaimennuksen aiheuttavat koneen käämiresistanssit ja ne ovat suhteessa sitä pienempiä mitä isommasta koneesta on kysymys. Tätä voidaan parantaa takaisinkytkentätermillä, jolloin alkaakin olla kyse skalaarisäädöstä. /3,5,9/

3.2 Skalaarisäätö

Kun skalaariohjaukseen tuodaan säätöelementtejä, puhutaan skalaarisäädöstä, jolla voidaan hallita paremmin koneen tuottamaa vääntömomenttia. Skalaarisäätö perustuu nopeussäädöstä ja vääntömomenttisäädöstä, tai tarkemmin sanottuna näiden yhdistelmistä. Siinä vääntömomentinsäätö perustuu vääntömomentin ja jättämän väliseen riippuvuuteen. Vääntömomentti voidaan muodostaa nopeuden mittaamiseen perustuvia menetelmiä käyttäen. Nopeuden mittauksen tulee olla tarkka, koska jättämä on erityisesti suurilla koneilla pieni. Yhden prosentin vääntömomentin erottelukyvyn saavuttaminen voi vaatia alle 0,01 prosentin nopeuden mittaustarkkuuden. Säädön tarkkuutta voidaan lisätä alhaisilla taajuuden arvoilla, mittaamalla/mallintamalla koneen resistansseja ja käyttämällä niitä apuna vääntömomentin säätämisessä. Yleisesti kuitenkin alle

5Hz taajuuksilla momentinsäätö muodostuu niin hitaaksi, että on parempi siirtyä käyttämään pelkkää nopeussäätöä. /3,5,9/

Skalaarisäädöllä voidaan toteuttaa kohtuullisen hyvin koko nopeusalueella toimiva käyttö. Siinä koneen ohjaus perustuu kuitenkin pysyvän tilan kaavoihin, eikä näin ollen ole kovin tarkka muutos tilanteissa. Eli siis mitä nopeampia muutoksia vääntömomentissa tapahtuu sitä suurempia ovat skalaarisäädön tekemät virheet. /3,5,9/

3.3 Vektorisäätö

Vektorisäätö on jo varsin kehittynyt säätömenetelmä. Kuten edellä skalaarisäädössä niin vektorisäädössäkin tarvitaan tarkkaa nopeuden mittausta. Vektorisäädössä taajuusmuuttaja kuitenkin muodostaa moottorista tarkan matemaattisen mallin, missä se karkeasti sanottuna muodostaa moottorin virrasta magneettivuota ja vääntömomenttia kuvaavat vektorit, joilla pystytään säätämään hyvin nopeasti vääntömomenttia ja pitämään vuo vakiona. Käytännössä vääntömomenttia ja vuota hallitaan kuitenkin lähtöjännitettä ja taajuutta muuttamalla. Vektorisäätö sopii hyvin sellaisiin sovelluksiin, jossa tarvitaan nopeaa reagointia kuorman muutoksiin ja/tai tarkkaa nopeuden säätöä. Sen haittapuoliin kuuluu mahdollinen monimutkainen toteutus ja kalleus. /3,5,6,9/

3.4 Suoravääntömomenttisäätö (DTC)

DTC (direct torque control) on ABB:n kehittämä ohjaustapa. Siinä ohjataan suoraan magneettivuota ja vääntömomenttia. Niille asetetaan rajat, joiden sisällä on pysyttävä. Jolleivät ne pysy rajojen sisällä suoritetaan korjaustoimenpiteitä, jotta ne pysyvät rajojen sisällä. Suoravääntömomenttisäätö vaatii toimiakseen hyvin tarkan matemaattisen mallin ja tehokkaan laitteiston, koska siinä jokainen vaihtosuuntaajassa tapahtuva kytkentä tulkitaan erikseen, mikä vaatii laskentatehoa. Siinä ei tarvita takaisinkytkentätermiä moottorilta vaan taajuusmuuttaja

laskee ne itse, mikä nopeuttaa säädön momenttivasteen erittäin hyväksi. Suoramomenttisäätö onkin tällä hetkellä kehittynein säätötapa. /3,5,9/

4 TAAJUUSMUUTTAJA PUHALLINSOVELLUKSISSA

Yksi yleisimmistä taajuusmuuttajan käyttökohteista on puhallinsovellukset. Teollisuudessa puhaltimia voidaan käyttää moniin eri tarkoituksiin. Suurin yksittäinen sähköä kuluttava ryhmä puhaltimien parista ovat kuitenkin rakennusten ilmanvaihtokoneet. Nykyään lähes jokaiseen uuteen rakennukseen asennetaan ilmastointikone, mikä taas tarkoittaa valtavaa energian kulutusta. Myös kauppojen kylmälaitteiden puhaltimet ovat merkittäviä energian kuluttajia. /10,11/

4.1 Taajuusmuuttajan edut puhallinkäytöissä

Vanhoissa järjestelmissä ilmamäärää on perinteisesti säädetty säätöpelleillä kuristusta ohjaamalla tai säätämällä puhallin propellin lapoja. Edellä mainitut tavat kuitenkin kasvattavat häviöitä merkittävästi, koska moottori pyörii koko ajan täydellä nopeudella. Nykyaikaisessa ilmastointijärjestelmässä moottorin pyörimisnopeutta ohjataan PWM-tyypin taajuusmuuttajalla. Puhallinkäytöissä teho on verrannollinen nopeuden kuutioon. Tällöin nopeuden pienentäminen puoleen pienentää tehon yhteen kahdeksasosaan eli nykyaikaiset ilmastointijärjestelmät maksavat itsensä takaisin varsin nopeasti. Lisäsäästöä saavutetaan myös sillä, että taajuusmuuttajan avulla saavutettu pehmeämpi käynnistys säästää ilmastointi järjestelmien mekaanisia osia ja mittalaitteita. /10,12/

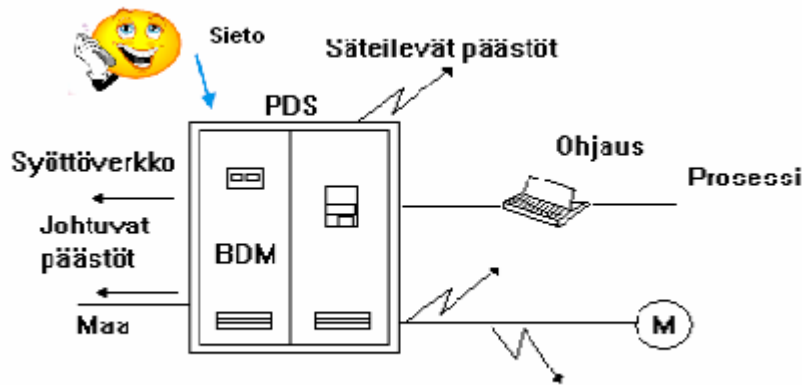
4.2 Ohjaus puhallinkäytöissä

Puhallinsovelluksissa harvoin on tarvetta tietää moottorin täsmällistä pyörimisnopeutta tai roottorin tarkkaa asentoa. Puhallinkäytössä yleisin säätömenetelmä on skalaariohjaus tai skalaarisäätö, koska jännitteen ja taajuuden säädöllä päästään riittävän hyvään lopputulokseen moottorinohjauksessa. Kuitenkaan puhallinkäytöissä ei kustannussyistä juurikaan käytetä vektori- ja DTC-säätömenetelmiä. /10,6/

Puhallinkäytöissä käytetään myös sensoreita, joilla ohjataan moottorin pyörimistä. Esimerkiksi luokkahuoneessa voi olla anturi, joka haistelee hiilidioksidin määrää luokkahuoneessa. Kun luokka täyttyy oppilaista, hiilidioksidin määrä huoneilmassa kasvaa ja taajuusmuuttaja saa anturilta ohjeen pyörittää moottoria nopeammin, jotta ilma raikastuisi. /10,12/

5 TAAJUUSMUUTTAJA HÄIRIÖLÄHTEENÄ JA HÄIRIÖIDEN KOHTEENA

Nykyaikainen tehoelektroniikka, jota taajuusmuuttaja edustaa aiheuttaa ja joutuu sietämään erilaisia häiriöitä (Kuva 4). Taajuusmuuttajaan kytkeytyvä häiriö voi kytkeytyä taajuusmuuttajan itsensä aiheuttamasta häiriöstä tai ulkopuolisesta lähteestä. Nykyään taajuusmuuttajat ovat kuitenkin yleensä rakennettu niin, että ne sietävät ulkopuolisia häiriöitä melko hyvin. Tämä johtuu siitä, että häiriöiden sietokyky vaikuttaa suoraan laitteen toimivuuteen ja luotettavuuteen. Suuremmaksi ongelmaksi onkin muodostunut niiden aiheuttamat häiriöt itselleen ja muille laitteille. /10,13/



Kuva 4. Taajuusmuuttajan häiriöt /13/

Taajuusmuuttaja aiheuttaa johtuvia sekä säteileviä häiriöitä. Johtuvat häiriöt etenevät johtimia pitkin ja kulkeutuvat syöttöverkkoon tai maadoituksiin. Säteilevät päästöt siirtyvät ilmaan pääasiassa käytön kotelon, moottorin tai moottorikaapelin toimiessa antennina. Taajuusmuuttajan asennus on siis hyvin merkittävässä osassa häiriöiden muodostumisessa. /10,13/

Häiriöt voivat kytkeytyä galvaanisesti yhteisen impedanssin kautta, induktiivisesti magneettikentän välityksellä, kapasitiivisesti sähkökentän välityksellä ja/tai kaukaa tulevan sähkömagneettisen aallon avulla. Johtuvat häiriöt toimivat matalammalla 50Hz-30MHz:n taajuusalueella, kun taas säteilevät häiriöt ilmenevät yli 30MHz:n taajuuksilla. /10,13/

5.1 Syyt häiriöpäästöjen syntyyn

PWM-tekniikalla toimivassa taajuusmuuttajassa vaihtosuuntaajan bipolaaritransistorit (IGPT) kytkeytyvät päälle ja pois hyvin nopeasti aiheuttaen häiriöitä. Vaihtosuuntaajan kytkentätapahtumien johdosta syntyvät virtapulssit ovat hyvin lyhyitä. Ne ovat alle mikrosekunnin pituisia, mutta yhdessä ne muodostavat merkittävän suuritaajuisenvirran, joka leviää taajuusmuuttajan ympäristöön aiheuttaen häiriöitä./10/

Taajuusmuuttajassa sijaitseva tasasuuntaaja aiheuttaa sähköverkkoon harmonisia yliaaltovirtoja ja johtuvia korkeataajuisia häiriöitä, koska sen ottama virta ei ole sinimuotoista. Tasasuuntaajan jälkeen tuleva välipiiri ei aiheuta häiriöitä, mutta sen rakenne vaikuttaa harmonisten yliaaltojen suuruuteen. /10/

Verkkovirran harmonissäröä eli perustaajuuden (50Hz) harmonisia kerrannaisia kuvataan THD-arvolla. THD (total harmonic distortion) eli kokonaisharmoninen särö määritellään särökomponenttien tehon suhteena signaalin kokonaistehoon. THD on suhdeluku, joten laskettavien arvojen ei tarvitse olla absoluuttisia, vaan riittää, että ne ovat suhteessa toisiinsa. Kokonaisharmoninen särö saadaan laskettua kaavalla: /14,15,17/

$$\text{THD} = \frac{\text{Särökomponenttien teho}}{\text{Koko signaalin teho}} \quad (5.2)$$

Tavanomaisten taajuusmuuttajien THD on 40-70%. Nykytekniikalla päästään kuitenkin huomattavasti alempiin jopa alle 5% särötasoihin, jolloin tasasuuntaaja pitää verkkovirran lähes sinimuotoisena. /16,17/

5.2 Häiriöiden synnyn estäminen ja haittojen ehkäiseminen

Merkittävimpänä asiana taajuusmuuttajien aiheuttamien häiriöiden ehkäisyssä voidaan pitää taajuusmuuttajan asennusta. Tämä tarkoittaa sitä, että käytetään oikean pituisia, oikeassa paikassa suojattuja EMC käyttöön tarkoitettuja kaapeleita. Varmistetaan, että suojaus jatkuu myös epäjatkuvuuskohdissa, ja että maadoitukset ovat kunnossa. Taajuusmuuttaja voidaan asentaa myös faradayn häkkiä vastaavaan kaappiin, jolloin mahdollinen häiriösäteily absorboituu kaapin seiniin. /10,13/

Taajuusmuuttajiin voidaan hankkia myös suotimia verkko tai/ja moottorin syöttöpuolelle. Verkkopuolelle asennettavalla suotimella voidaan ehkäistä verkkoon johtuvia häiriövirtoja. Verkkoon johtuvia häiriöitä voidaan myös ehkäistä käyttämällä taajuusmuuttajaa, jossa välipiiri on rakennettu niin, että se vähentää häi-

riövirtojen syntyä. Tällöin ei välttämättä tarvita erillistä suodinta verkkopuolella. Suotimilla saadaan tehokkaasti parannettua taajuusmuuttajien ominaisuuksia standardien mukaisiksi. /10,15,17/

6 DIREKTIIVIT JA TUOTTEEN MARKKINOILLE LANSEERAMISEN EHDOT

Direktiivi on Euroopan unionin jäsenilleen antama lainsäädäntöohje. Niiden tarkoituksena on yhdenmukaistaa EU:n jäsen valtioiden sisällä myytävien tuotteiden laatu- ja turvallisuusmääräyksiä. Direktiivit ovat yleisluontoisia ohjeita ja tarkempia niissä määriteltäviä ohjeita on yhdenmukaistetuissa standardeissa. Kaikkien EU:n alueella myytävien laitteiden on noudatettava niitä koskevia direktiivejä. Yhtä laitetta voi koskea monta eri direktiiviä. Taajuusmuuttajia koskevat direktiivit ovat EMC-direktiivi ja pienjännitedirektiivi. /13,18,19/

6.1 Tuotteen markkinoille lanseeraaminen

Sähkölaitteen vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa CE-merkillä ja valmistajan tai tuotteen jakelijan antamalla vaatimustenmukaisuusvakuudella. Käytön maahantuojaan eli jakelijan tulee kuitenkin aina toimittaa asiakkaalle myös kunnolliset asennusohjeet ja jo edellä mainittu vaatimustenmukaisuusvaatimus. Jälleenmyyjä saa yleensä asennusohjeet ja vaatimustenmukaisuusvakuutuksen tuotteen valmistajalta. Jos valmistajalla ole antaa tuotteeseen kunnollisia asennusohjeita ja vaatimustenmukaisuusvakuutusta, tulee maahantuojan tehdä ne itse. Lisäksi maahantuojan on huolehdittava siitä, että tuotteen tekniset asiakirjat pysyvät Euroopan talousalueella 10 vuotta viimeisestä valmistuspäivämäärästä. /13,19/

6.2 CE-merkki ja vaatimuksenmukaisuusvakuutus

CE-merkki on laitteen valmistajan tuotteeseen asentama merkki. Sillä laitteen valmistaja vakuuttaa viranomaisille sen, että laite täyttää sitä koskevien direktiivien vaatimukset. CE-merkki takaa tuotteelle vapaan liikkuvuuden Euroopan talousalueella. CE-merkitylle laitteelle tulee olla käytettävissä tekninen tiedosto, jonka tulee sisältää laitteen suunnitteluun, valmistukseen ja asennukseen liittyvät dokumentit, joilla pystytään todistamaan laitteen direktiivienmukaisuus. /18,19,20/

Vaatimuksenmukaisuusvakuus on nimensä mukaisesti asiakirja, jossa tuotteen valmistaja tai maahantuoja vakuuttaa laitteen olevan vaatimusten mukainen. Sen taajuusmuuttajaa koskien tulisi sisältää ainakin seuraavat tiedot: /18,19,20/

- valmistajan tai maahantuojan nimi ja yhteystiedot
- laitteen nimi tai muu kuvaus, mikä selventää, millainen laite on kyseessä
- tarvittaessa tiedot toimivaltaisesta arviointilaitoksesta, jossa tuotteen direktiivien mukaisuus on testattu
- luettelo standardeista, joita on käytetty tuotteen kunnolliseksi toteamisessa
- tiedot henkilöstä, joka on vastuussa laitteen toimivuudesta

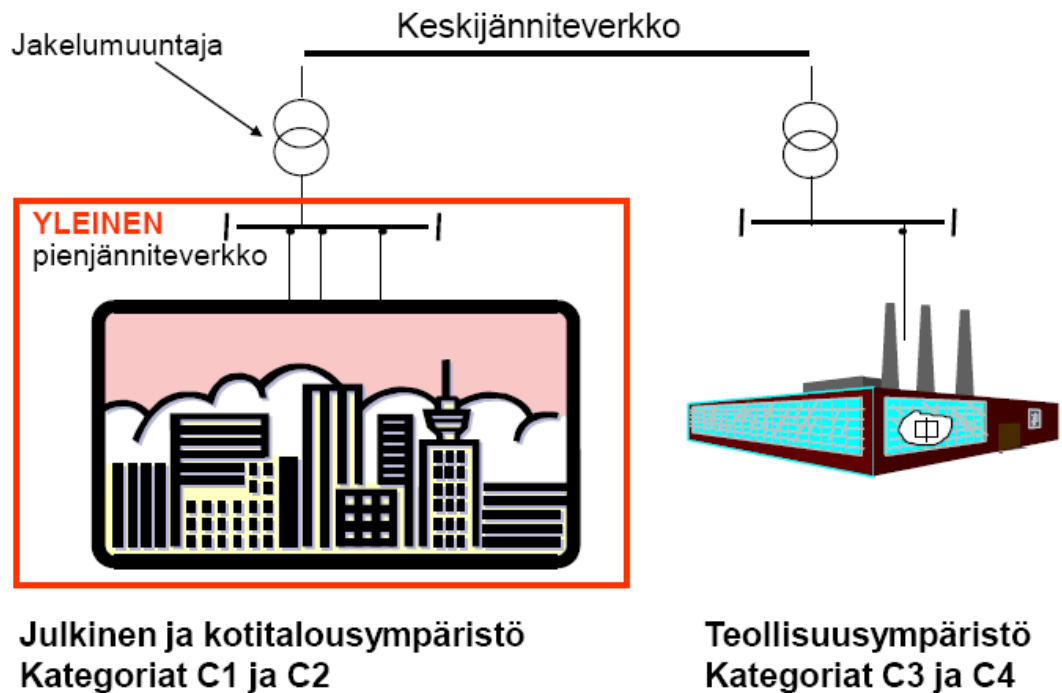
6.3 EMC-direktiivi

Euroopan unionin komission laatima EMC-direktiivi koskee sähkölaitteita, jotka voivat aiheuttaa sähkömagneettisia häiriötä tai häiriintyä niiden vuoksi. EMC-direktiivin oleellisin standardi taajuusmuuttajan markkinoille lanseeraamiseksi on taajuusmuuttajan tuotestandardi EN 61800-3, joka määrittelee vaadittavan häiriöiden sietokyvyn ja suurimmat häiriöpäästörajat. Myös standardi EN 61000-3-12 on tärkeä, koska se on rakennuksissa ilmeneviä häiriöitä rajoittava standardi. 1.8.2008 jälkeen standardien vaatimusten täyttäminen on ollut vaatimuksena CE-merkin mukaisuudelle. Standardissa EN 61800-3 määritellään, että valmistajan tulee selvästi dokumentoida ne keinot, joita mahdollisesti tarvitaan

taajuusmuuttajan saattamiseksi EMC-kelpoiseksi kussakin käyttöympäristössä.
/10,14,20/

6.4 Standardissa IEC/EN 61800-3 määritellyt asennuspaikat

Standardissa IEC/EN 61800-3 määritellään sähkönkäytön kelpoisuus sekä korkeiden taajuuksien häiriöpäästöjen raja-arvot luokkien C1-C4 mukaan (Kuva 5). Rajoittamatonta ja rajoitettua jakelua ei enää uusissa standardeissa määritellä. Luokat C1 ja C2 sisältyvät käyttöympäristöön 1, kun taas luokat C3-C4 sisältyvät käyttöympäristöön 2. Käyttöympäristö 1 tarkoittaa julkista jakeluverkkoa, kun taas käyttöympäristö 2 tarkoittaa teollisuusympäristöä eli teollisuuden omaa pienjänniteverkkoa. Luokan C1 ja C2 ero on siinä, että luokan C2 laite voi aiheuttaa häiriöitä käyttöympäristössä 1, minkä vuoksi voidaan joutua käyttämään mm. erilaisia suotimia. Niinpä C2-luokassa asentajien on oltava ammattilaisia myös EMC:n osalta, kun taas luokassa C1 riittää, että noudatetaan taajuusmuuttajan valmistajan antamia EMC-ohjeita. Luokan C3 ja C4 sähkönkäytön erot ovat, että C4-luokan laitteen jännitteen pitää olla vähintään 1000V ja virran 400A tai sähkönkäyttö on osa monimutkaista järjestelmää teollisuudessa. Luokan C3 ja C4 laitteita voidaan vain harvoin käyttää kiinteistöautomaatiossa.
/10,14/



Kuva 5. Taajuusmuuttajan asennusluokat /14/

7 TUTKITTAVA TAAJUUSMUUTTAJA

Testaukset ja tutkimukset tein tutkittavan taajuusmuuttajamerkin 2,2kW tehoisella taajuusmuuttajalla. Tutkittavan taajuusmuuttajan yleisvaikutelma vaikutti kohtalaiselta. Verkkokaapelin ja moottorikaapelin liittimet ovat riittävän suuria ja muutenkin laite vaikutti päälisin puolin hyvältä. Miinuksena voidaan kuitenkin pitää, että maadoitukselle ei ollut omaa liitinpaikkaa, vaan sille löytyi kytkentäpaikka taajuusmuuttajan rungon kiinnityksen yhteydestä, vaikka ohjekirjan mukaan sille olisi pitänyt olla liitinpaikka. Vielä suurempana haittana voidaan pitää EMC-asennusohjeiden lähes täydellistä puuttumista, muutamaa mainintaa/kuvaa suodattimen asentamisesta ja moottorikaapelin tyypistä ja pituudesta lukuun ottamatta. Myös on hieman merkittävää, että ohjekirjassa mainitaan, että taajuusmuuttaja täyttää CE-merkinnän vaatimukset, jos siinä käytetään EMI-suodatinta. Tutkittuani suodatinta en kuitenkaan löytänyt siitä CE-merkintää ja

sen liittimet eivät varmastikaan ilman lisäsuojauksia ole pienjännitedirektiivin mukaiset. Lisäksi suodattimen mukana tuli vain pieni kiinankielinen lappu, mistä ei saanut mitään muuta informaatiota kuin, että se asennetaan syöttöverkon puolelle. En myöskään löytänyt taajuusmuuttajan ohjekirjasta mitään tarkempaa tietoa suodattimen tyypistä. Yrittäessäni udella laitteen direktiivienmukaisuutta valmistajalta, en saanut heiltä siitä kelvollista informaatiota. Esimerkiksi tiedustellessani vaatimuksenmukaisuusvakuutusta, jota ei ollut laitteen mukana, sain linkin sivulle, jossa ei ollut kyseisen laitteen vaatimuksenmukaisuusvakuutusta. Samassa viestissä sain myös tiedon siitä, että he eivät pysty todistamaan mihin asennusluokkaan (C1-C4) laite häiriöidensä perusteella kuuluu. En myöskään löytänyt taajuusmuuttajasta tai sen ohjekirjasta merkintää sen IP-luokituksesta. Turvallisuusasiat olivat kuitenkin selkeästi ilmaistu taajuusmuuttajan osalta (lukuun ottamatta suodatinta) ohjeistuksessa. Ohjeissa esimerkiksi varoitetaan tahattomasta käynnistyksestä niiden parametrien kohdalla, missä se on aiheellista. Tutkittavan taajuusmuuttajan parametointi vaikutti riittävältä, ehkä jopa liiankin laajalta puhallinkäyttöön. /21/

7.1 Tutkittavan taajuusmuuttajan käytettävyys ja parametrit yleisesti

Taajuusmuuttajan käytettävyys on varsin hyvä. Sain paneelilla varsin nopeasti muutettua haluamani parametreja ja kaikki toimi niin kuin pitikin toimia. Ohjekirjassa on riittävät ohjeet siihen, että parametrien vaihtaminen ja laitteen käyttö alkaa sujua jouhevasti. Parametrin arvoa/parametrivalikossa eteenpäin pääsee liikkumaan napilla, jossa lukee PRG kun taas poistuminen parametrusta tapahtuu esc/displ -napilla ja parametrin asetusta tapahtuu set-napilla. Valmistajalta saamamme ohjelma, jolla taajuusmuuttajaa voisi ohjata, osoittautui valitettavasti demo-versioksi, eikä siihen ollut käyttöohjeita, joten en päässyt testaamaan sitä kunnolla. Puhallinkäytössä parametrien asettelu sujuu kuitenkin vallan mainiosti paneelinkin kautta.

7.2 Taajuusmuuttajan perusasetteluja ja skalaarisäädön asetteluja

Tutkittuani taajuusmuuttajaa ja sen parametreja havaitsin, että taajuusmuuttajasta löytyy kaikki tyypillisimmät ja tärkeimmät parametrit. Paitsi melko isona puutteena voidaan pitää sitä, että taajuusmuuttajassa ei ollut muita valmiita asetusvaihtoehtoja kuormatyyppin mukaan kuin F61 (Liite 1). Suurin osa parametreista toimi kuten kilpailijoillakin pieniä minusta merkityksettömiä asioita lukuun ottamatta, kuten esimerkiksi se, että virtaraja oli kiinteä arvo prosentteina nimellisvirrasta, kun muilla taajuusmuuttajamerkeillä säätö tapahtuu syöttämällä arvo ampeereina. Yleisesti ottaen voidaan kuitenkin todeta, että kaikki tärkeimmät perusasettelut löytyivät ja ne toimivat niin kuin niiden pitääkin, joskin voidaan kuitenkin todeta, että mitään uusia ja mullistavia ominaisuuksia laitteesta en löytänyt. Ohessa on vielä esiteltynä tärkeimpiä perusparametreja sekä skalaarisäädön parametreja ja kerrottu, mistä ne löytyvät tutkittavasta laitteesta. Lyhyet kuvaukset parametreista löytyvät liitteestä 1. Lisäksi liitteestä 2 löytyy esimerkki parametrionnista tutkittavalla taajuusmuuttajalla, jos sitä käytetään puhallinsovelluksessa. Esimerkki puhallinparametrionnista liitteessä 2 ei ole ainoa oikea malli parametrionnista, vaan se on tarkoitettu vain avuksi laitteen parametrien asetuksessa. /21,22,23,24/

Kentänheikennyspiste:

F14

Taajuusrajat:

F16, F17 ja F22

Virtarajat:

F43, F45 ja F46

Kriittisten taajuuksien ylihyppääminen:

F37-F40

Prosessin pehmeään käyttöön vaadittavia parametreja:

F18-F21, F09 ja F10

Skalaarisäädön ominaisuuksia:

Jännite-taajuuskäyrä:

F67

Momentin maksimoimiseen tarkoitetut parametrit, mm. ir-kompensointi:

F07 ja F08

Jättämän kompensointi:

F11

Jumisuoja:

F42

KytKentätaajuus:

F15

7.3 Havaintoja laitetta testatessa ja taajuusmuuttajan vertailu kilpailijoihin

Taajuusmuuttajaa käyttäessäni käytin moottorina ABB 1,5 kW:n moottoria. Testeissä taajuusmuuttaja suojasi moottoria siihen aseteltujen parametrien mukaisesti. Esimerkiksi, jos ylikuormitin moottoria, taajuusmuuttaja katkaisi syötön moottorille. En löytänyt puutteita tutkittavan taajuusmuuttajan suojausasetuksista/parametreista. Hieman outona kuitenkin pidin, että vian ilmetessä näytölle ilmestyi viasta ilmoittava koodi, jonka edessä oli e-kirjain ja numero. Selattuani ohjekirjaa havaitsin, että siellä oli taulukko, josta ilmeni hyvin, mitä vikakoodit tarkoittavat. Aluksi oletin, että ohjekirjasta löytyisi vielä parametriluettelo, joka alkaisi e-kirjaimella. E-kirjain ilmeisesti kuitenkin tarkoitti error, mutta numerolle en löytänyt muuta selitystä, kuin että sen täytyy olla virheellinen, koska ne eivät täsmänneet taulukon numerointiin.

Taulukko 1. Vikakoodit /21/

Serial number	LED display	Fault message
0	OC_C	Over current signal from current inspected circuit
1	OCFA	Over current signal from drive circuit.
2	OC_2	Output over current, OC protection when current exceeds motor's 1.5~3 times of rated current (G/S:2; F:1.5; Z/M/T:2.5; H:3)
3	OU	over voltage
4	OL	over load
5	PH_O	phase-loss
6	OH	over heat
7	LU	under voltage
8	UL	under load
9	EEPr	EEPROM error
10	OC_P	System is disturbed or impacted by instant over current
11	E_FL	external fault
12	PG	PG error
13	PID	PID regulation fault
14	DATE	Time limit fault

Minulla oli myös pieniä ongelmia testatessani ohjelma-ajoa parametri F50 ja 68. Asettaessani nopeuksia, kiihtyvyyksiä ja aikoja, en saanut moottoria pyörimään halutulla tavalla. Uskon tämän johtuvan siitä, että asetin rampit liian nopeiksi. Havaitsin myös ongelmaksi sen, että tutkittavan taajuusmuuttajan ohjekirjasta ei löytynyt valmiita malleja parametrionnille, kun taas kaikilta kilpailijoilta sellaiset löytyvät. Muutenkin tutkittavan taajuusmuuttajan ohjeistus on jätetty melko suppeaksi. Ohjekirjassa lähinnä luetellaan, mitä parametreja on käytettävissä, mutta niistä ja niiden vaikutuksista kerrotaan vain välttämätön, jos edes sitäkään. Parametrit ovat kuitenkin hyvin paljon samankaltaisia kuin kilpailijoilla. Vertaillessani kilpailijoiden ja tutkittavan taajuusmuuttajan manuaaleja havaitsin, että parametrit muistuttivat kilpailijoista eniten Omronia, osa parametreista oli aivan identtisiä Omronin parametrien kanssa. Myös Omronin parametritaulukot muistuttivat tutkittavan taajuusmuuttajan parametritaulukoita. /21,22,23,24/

7.4 EMC häiriöiden tutkiminen

Samalla kun testasin taajuusmuuttajaa, seurasin sen aiheuttamia häiriöitä. Testien aikana en huomannut tutkittavan taajuusmuuttajan aiheuttavan häiriöitä missään vaiheessa muille sähkölaitteille, kuten radiolle, matkapuhelimelle tai tietokoneelle jne.

Mikäli häiriöistä halutaan vielä tarkempaa tietoa, voidaan laitteelle tehdä tuotekehitystestejä Rauman EMC-laboratoriossa tai täydelliset testit laitteen EMC-kelpoisuuden toteamiseksi. Tuotekehitystesteillä tarkoitetaan testejä, jotka eivät ole ns. virallisia EMC-testejä. Ne ovat tarkoitettu lähinnä yrityksen omaan käyttöön, ja niiden aikana voidaan vapaasti valita, mitä halutaan mitata. Kelpoisuustesteillä tarkoitetaan taas virallisia EMC-testejä, jotka vaaditaan sähkölaitteen markkinoille saattamiseksi. Koska emme saaneet taajuusmuuttajan valmistajalta riittävää tietoa laitteen EMC-asioista ja opinnäytetyön valmistumisaika alkoi uhkaavasti lähestyä, päätimme Provendin edustajan kanssa, että emme mene suorittamaan Rauman EMC-laboratorioon testejä tämän opinnäytetyön puitteissa. Mikäli taajuusmuuttajalle halutaan tulevaisuudessa suorittaa EMC-mittauksia löytyy liitteestä 3 tietoja Rauman EMC-laboratoriosta. Jos taajuusmuuttaja merkin EMC-asioiden dokumentoinnissa tapahtuu kehitystä esimerkiksi uusien mallisarjojen myötä, pitäisin EMC-laboratoriotestejä Raumalla hyvänä ja edullisena keinona selvittää laitteen EMC-kelpoisuutta. /25/

8 YHTEENVETO

Mittauksien osuus jäi työssä melko vähäiseksi alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen, niiden hankalan toteuttamisen takia. Merkittäväksi ongelmaksi työssä muodostui taajuusmuuttajan manuaaleissa ja ohjeistuksessa ilmenevät puutteet. Erityisesti EMC-asiat olivat dokumentoitu erittäin huonosti. Myös laitteen

parametrien esittely/ohjeistus oli paikoittain melko suppeaa verrattuna kilpailijoihin. Parametrien selvityksessä käytin apuna muiden valmistajien manuaaleja.

LÄHTEET

- /1/ Lappeenrannan teknillisen yliopiston sivut [verkkodokumentti]. [Viitattu 4.9.2010]. Saatavissa:
http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/articles/inverter/Sivut/Default.aspx
- /2/ Piironen, H. Nykyaikaisen taajuusmuuttajan periaatteet. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Tekniikka Pori.1998. Saatavissa:
<http://www.tp.spt.fi/~salabra/yk/sk2/taajuusm.doc>
- /3/ Niiranen, J. Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus. Helsinki: Yliopistokustannus/Otatieto, 1999. 379 s.
- /4/ Hedman, A. Taajuusmuuttajat. [verkkodokumentti]. [Viitattu 4.9.2010] Saatavissa:
<http://www.tyopooli.pkky.fi/Resource.phx/pkky/projektit/taitaja-osaaminen/sahko.htx.i2025.pdf>
- /5/ ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Luku 18: Sähkömoottorikäytöt. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 22.9.2010]. Saatavissa:
http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/18_S%84hk%94moottorik%84yt%94t.pdf
- /6/ Saari, J. Taajuusmuuttajan käyttökohteet [verkkodokumentti]. Helsinki: 2008 [viitattu 4.9.2010] Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu, sähkövoimatekniikan koulutusohjelma. 33s. Saatavissa:
<https://publications.theseus.fi/handle/10024/2413>
- /7/ Järvinen, L. Pienitehoisen taajuusmuuttajan kilpailijavertailu [verkkodokumentti]. Helsinki: 2010 [viitattu 22.9.2010] Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma, elektroniikka ja automaatio. 41 s. Saatavissa:
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13254/Insinoorityo_Lauri-Jarvinen.pdf?sequence=1
- /8/ Tampereen teknillisen yliopiston kurssimateriaali: Vaihtosuuntaajat [verkkodokumentti]. [Viitattu 22.9.2010]. Saatavissa:
http://webhotel2.tut.fi/units/set/opetus/kurssit/TEL_1120/2009/Lisamateriaali.pdf
- /9/ Niemelä, M. Taajuusmuuttajan ohjaus toteutettuna digitaalisella signaaliprosessorilla [verkkodokumentti]. Lappeenranta: 2010 [viitattu 4.9.2010]. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta. 20 s. Saatavissa:
<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/63586/nbnfife201008242354.pdf?sequence=3>
- /10/ Koponen, A. Taajuusmuuttajien käytön ongelmakohdat kiinteistöautomaatiossa [verkkodokumentti]. Helsinki: 2007 [viitattu 24.9.2010]. Diplomityö. Helsin-

gin teknillinen yliopisto, sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto, tehoelektroniikka ja sähkökäytöt. 106 s. Saatavissa:
<http://lib.tkk.fi/Dipl/2007/urn007838.pdf>

/11/ Sähkötieto ry:n ST-kortisto: Taajuusmuuttajat rakennus automaatiassa. Espoo: Sähköinfo Oy, 2006. 10 s.

/12/ Lehtinen, K. Puhallinlaitteiston käyttöönotto [verkkodokumentti]. Tampere: 2006 [viitattu 22.9.2010]. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma, sähkövoimatekniikka. 41 s. Saatavissa:
<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9919/TMP.objres.333.pdf?sequence=2>

/13/ Lehtori Ari Lehtion luentomateriaali. 11.6.2008. Taajuusmuuttajan saattaminen EMC-direktiivin mukaiseksi. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

/14/ Yliaallot taajuusmuuttajakäytössä EMC ja harmoniset [verkkodokumentti]. [viitattu 22.9.2010]. Saatavissa:
<http://www.tyopooli.pkky.fi/Resource.phx/pkky/projektit/taitaja-osaaminen/sahko.htx.i2026.pdf>

/15/ Hämäläinen, T. Vaihtosähkösuodatus invertterin lähdössä [verkkodokumentti]. Tampere: 2010 [viitattu 23.9.2010]. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Saatavissa:
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12802/Hamalainen_Toni.pdf?sequence=1

/16/ Koivula, P. Jännitesärö kuriin taajuusmuuttajalla. ABB Oy:n asiakaslehti, 2007. s. 8-9.

/17/ Harmoniset ojennukseen, tehokerroin kuntoon. ABB Oy:n asiakaslehti, 2007. s. 9.

/18/ Yliopettaja Yrjö Kerkkäisen haastattelu. 7.10.2010. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

/19/ Sähkölaitteiden myynti ja maahantuonti. Tukes-opas. Turvatekniikan keskus.[Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.10.2010]. Saatavissa:
http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:rwcw6AAutsJ:www.tukes.fi/tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_opaat/sahkolaitt_myynti_maahantuonti.pdf+tukes+S%C3%A4hk%C3%B6laitteiden+myynti+ja+maahantuonti&hl=fi&pid=bl&srcid=ADGEESioCOs7VzYbqlpXHSyB0UvymIlgQLUxhMHRcYHRQanYGjj0ok3uVmOqGDm1ry-QBKZ-WCB2UxKh1zwgARPC93T6IUmVWebNPoqUpZ_IEpRdahFidHGnrrnGgiUMxLW-npsoadxDb&sig=AHIEtbR4vq6JKSFxZJdRuBZcxaGaLLd3KA

/20/ Vacon CX/CXL/CXS käyttöohje [verkkodokumentti].[Viitattu 2.10.2010]. Saatavissa:
www.vacon.com/File.aspx?id=457091&ext=pdf.

/21/ Frequency Inverter. P17600/7800 Family User´s Manual. Powtran, 2010. 129 s.

/22/ NX-taajuusmuuttajat, ”all in one” –sovellusopas. Tampere: Vacon Traction Oy, 2007. 223 s.

/23/ Omronin Sysdrive 3G3MV taajuusmuuttajan käyttäjän opas [verkkodokumentti]. [Viitattu 27.9.2010]. Saatavissa: downloads.industrial.omron.eu/.../I527-FI2-01+3G3MV+UsersManual.pdf

/24/ Mitsubishiin D700 taajuusmuuttajan lyhyt käyttöohje puhallinkäyttöille, pumpukäyttöille, PID-säätösovellutuksille [verkkodokumentti]. [Viitattu 27.9.2010]. Saatavissa: <http://www.eco-paronen.fi/uploads/files/Dsarja.pdf>

/25/ EMC-laboratorioinsinööri Teijo Nietolan haastattelu. 28.10.2010. Satakunnan ammattikorkeakoulu.



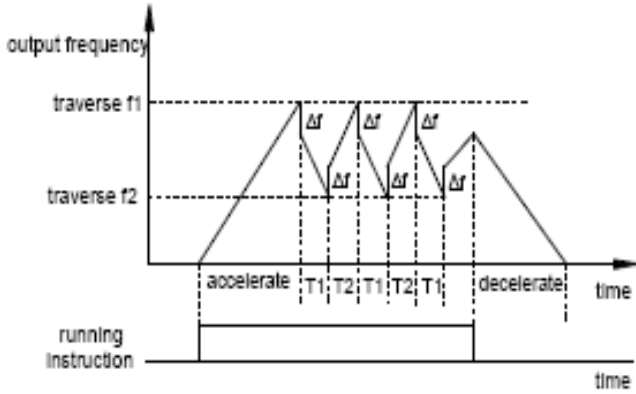
LIITELUETTELO

- LIITE 1 Lyhyet selitykset laitteen parametreista
- LIITE 2 Esimerkki puhallinsovelluksen parametroinnin teosta
- LIITE 3 Tietoja Rauman EMC-laboratoriosta

Taulukko 1. Lyhyet selitykset laitteen parametreista. Tarkoituksena käyttää yhdessä ohjekirjan kanssa.

Parametrit	Nimi	Tehtäsarvo	
	Selitys		
F00	Laitteen näytön arvo	0	
	Laitteen näytössä näkyvän tiedon valinta käytön aikana 16 vaihtoehtoa: taajuus, nopeus jne. (Liite 2)	Asetus taajuus	
F01	Ohjaus/säätötavan valinta	0	
	Valitaan käyttääkö laite skalaariohjausta, skalaarisäätöä vai vektorisäätöä.	Skalaariohjaus	
F02	Asetustaajuus	F03=0	50Hz
	Taajuuden asetus. Tehtäsarvo ja säätöalue riippuvat parametrilla F03.	F03=1	500Hz
F03	Taajuuden näyttämisen tarkkuusasetus	0	
	Näytössä näytettävän taajuuden tarkkuusasetus. Vaikuttaa maksimitaajuusalue valintaan. 0-parametrin arvona tarkkuus 0.01Hz taajuuden näyttämä *1. 1 parametrin arvona tarkkuus 0,1Hz taajuuden näyttämä*10 (Suosittelemme käyttämään 0 riittävä/tavanomainen alue.)		
F04	Taajuuden arvon asetus tavan valinta	0	
	Valittavissa 11 eri tapaa kuinka moottorin taajuus saadaan asetettua/asetetaan. Paneeli/väylänasetusarvo, PID-säätö, potentiometrillä, analogia ohjaukset, esiohjelmoidut taajuusrampit jne. (varsinkin kattavat valinnat).	Paneeli tai väylä (RS 485)	
F05	Taajuusmuuttajan ohjauksen valinta	0	
	Kuinka taajuusmuuttajan arvoja ohjataan. Valittavana on väylä, paneeli ja riviliitinohjaus sekä niiden yhdistelmiä. Lisäksi kehitteillä järjestelmä, jossa "isäntä" taajuusmuuttaja ohjaa "orjia". Eli ohjataan taajuusmuuttajalla taajuusmuuttajaa. "Ei valittavana vielä, tulee luultavasti valittavaksi seuraavaan versioon taajuusmuuttajasta".	Paneeli tai väylä (RS 485/CAN)	
F06	Taajuus muuttajan ulos antaman aaltomuodon rakennus valinta	0	
	PWM-aallon rakentumistavan valinta. Valittavana on mm. avaruusvektori modulointi sekä 2 muotoa vektori säädössä käytettyä kasiakselimallin perustuvia aallonmuodostus tapoja. Vaikuttaa kytkentä tiheyteen (VEKTORISÄÄDÖSSÄ) ja valinnoilla pyritään vähentämään harmonisia häiriöitä aalto muodossa. En suosittelen muuttamaan, hyvin outo parametri! Tutkittavan taajuusmuuttajan ohjekirjassa kerrottu hyvin suppeasti, joten en saanut tästä enempää selville muidenkaan valmistajien manuaalien avulla.		
F07	Automaattinen momentin maksimoiminen	0%	
	Parantaa taajuusmuuttajan ominaisuuksia matalilla taajuuksilla, kasvattamalla jännitettä. Auttaa raskaissa käynnistyksissä. Maksimi arvo 10%. (IR-kompensointi)		
F08	momentin maksimoiminen (manuaalinen)	2	
	60 Eri käsin valittavaa momentin maksimoimiseen tarkoitettua käyrää (kuten edellä), joiden valinta riippuu kuormasta tai sen käyrä muodosta (lineaarinen, neliöllinen ja kuutiollinen kuorma). Valittavana kentänheikennys pisteeseen asti ulottuva korostus mahdollisuus käyrille tai 1/3 vakiovoalueeseen ulottuvat käyrät. Jos parametriin asetetaan 61, käyttäjä määrittää V/F käyrän.	(Hieman moottorin normaalin V/F käyrän yläpuolella)	
F09	Kiihdytys aika	5s	
	Kiihdytys aika 0 maksimitaajuuteen		
F10	Jarrutus aika	5s	
	Jarrutusaika maksimista nolnaan riippuu myös parametrilla F56		

F11	Jättämän kompensointi	0%
	Pyritään vähentämään jättämän arvoa. Perustuu siihen, että moottorin arvot ovat syötetty/mitattu oikein. Taajuusmuuttaja laskee kompensoidun taajuuden. Säättö 0-10 %.	
F12	Antojännitteen säätö	100%
	Voidaan säätää taajuusmuuttajan ulostulojännitettä pienemmäksi tai suuremmaksi. Säättö tapahtuu niin, että nimellistä jännitettä kerrotaan prosenttiarvolla. Säättö 50-110 %.	
F13	Maksimi ulostulojännitteen säätö	50Hz
	Säädetään moottorin maksimipyörimisnopeutta eli maksimi ulostulo taajuuden säätö. Säädettäessä pitää ottaa huomioon moottorin ominaisuudet. Jos ongelmia, katso myös F02/F03.	
F14	Kentänheikennyspisteen asetus	50Hz
	Asetellaan moottorin mukaisesti. Nimellistaajuuden ja jännitteen kohtauspiste.	
F15	Kytkenätäajuus	Määräytyy taajuusmuuttajan tehon ja tyypin mukaan
	Säädetään vaihtosuuntaajassa olevien kytkin komponenttien kytkentä taajuutta. Kasvattamalla voidaan vähentää moottorin tärinöitä, kasvattaminen lisää myös taajuusmuuttajan aiheuttamia häiriö virtoja.	
F16	Alaraja asetustaajuudelle	0Hz
	Säädetään minimiarvo ulostulotaajuudelle. Vaikka taajuuden ohjearvo olisi alempi, se asettuisi silti tähän taajuuteen. F16 ja F17 Parametreilla pystytään asettamaan väli jossa moottorin tulee toimia. Moottori pystytään pysäyttämään normaalisti. Jos käynnistetään pysäytetty moottori, sen nopeus nousee F16 arvoon tai asetettuun taajuuden arvoon kiihdytysajan mukaisesti. F22 voi kumota tämän parametrin, jos on suurempi kuin 0.	
F17	Yläraja asetustaajuudelle	50Hz
	Voidaan säätää maksimiarvo ulostulo taajuudelle. Vaikka taajuuden ohjearvo olisi suurempi, taajuus kasvaisi vain tähän arvoon. Moottorin nopeus nousee kiihtyvyyden rajojen mukaan.	
F18	S-muotoinen Kiihdytyskäyrä (Kiihdytyksen alussa)	0%
	Pyöristää kiihtyvyyden ramppia alusta. Max säätöväli 0-50% kiihdytysajasta (parametri F09). Jos säädetään yhdessä F19 kanssa, Max-arvoilla saadaan s-muotoinen käyrä. Näiden parametrien avulla vähennetään mekaanista kulumista ja virtapiikkejä, joita esiintyy ohjearvoja vaihtaessa. Jos käytetään, niin luonnollisesti hidastaa kiihtymistä.	
F19	S-muotoinen Kiihdytyskäyrä (kiihdytyksen lopussa)	0%
	Pyöristää kiihtyvyyden ramppia lopusta, ennen asetustaajuutta. Max säätöväli 0-50% kiihdytysajasta (parametri F09). Jos säädetään yhdessä F18 kanssa, Max-arvoilla saadaan s-muotoinen käyrä. Näiden parametrien avulla vähennetään mekaanista kulumista ja virtapiikkejä, joita esiintyy ohjearvoja vaihtaessa. Jos käytetään, niin luonnollisesti hidastaa kiihtymistä	
F20	S-muotoinen hidastuskäyrä (kun hidastaminen aloitetaan)	0%
	Pyöristää hidastuvuusrampia alusta. Max-säätöväli 0-50% hidastuvuussajasta (parametri F10). Jos säädetään yhdessä F21 kanssa, Max-arvoilla saadaan s-muotoinen käyrä. Näiden parametrien avulla vähennetään mekaanista kulumista ja virtapiikkejä, joita esiintyy ohjearvoja vaihtaessa. Jos käytetään, niin luonnollisesti pidentää hidastuvuus aikaa.	
F21	S-muotoinen hidastuskäyrä (asetus ennen pysähtymistä)	0%
	Pyöristää hidastuvuusrampia lopusta ennen pysähtymistä. Max säätöväli 0-50% (hidastuvuus parametri F10). Jos säädetään yhdessä F20 kanssa, Max-arvoilla saadaan s-muotoinen käyrä. Näiden parametrien avulla vähennetään mekaanista kulumista ja virtapiikkejä, joita esiintyy ohjearvoja vaihtaessa. Jos käytetään, niin	

	luonnollisesti pidentää hidastuvuus aikaa.	
F22	Minimitaajuus	0Hz
	Taajuusmuuttaja pysäyttää moottorin, mikäli asetettu taajuus on pienempi kuin tämän parametrin arvo. Ohittaa tärkeys järjestyksessä parametrin F16, alaraja asetus taajuudelle.	
F23	DC jarrutusvirta	100%
	Määrittelee tasavirran suuruuden, joka ohjataan moottorille jarrutuksen aikana. Perustuu taajuusmuuttajan nimellisvirtaan prosentiosuus siitä. Tehokkailla taajuusmuuttajilla tarvitaan erillinen jarru.	
F24	Käynnistyksen yhteydessä käytettävän Dc- jarrutuksen aika	0s
		
F25	Dc jarrutuksen aika pysähdyksiin saakka	0s
		
F26	jarrutuksen aloitus taajuus	0Hz
	Kun taajuusmuuttaja jarruttaa tähän taajuuteen normaali syöttöaalto moottorille loppuu ja DC-jarrutus alkaa. Katso F24 ja F25.	
F27	Moottorin pysäytys tavan valinta	0
	Määritetään se, kuinka moottori pysähtyy annettaessa seis-käsky. Jos asetuksena 0 taajuusmuuttaja suorittaa hidastuksen, eli alentaa taajuutta vähitellen tietyn hidastus rampin mukaisesti. Jos asetuksena 1, vapaa pyöriminen pysähdyksiin.	
F28	Ryömintäajan kiihdytys aika	1s
	Määrittää ajan joka taajuus muuttajalla menee kun kiihdytetään se 0 nopeudesta ryömintä taajuuteen tai ryömintä taajuudesta maksiminopeuteen. Oltava sama kun hidastetaan nopeutta F29	
F29	Ryömintäajan jarrutusaika	1s
	Määrittää hidastuvuuden maksiminopeudesta ryömintätaajuuteen tai ryömintä taajuudesta 0. Oltava sama F28 kanssa.	
F30	Ryömintä taajuuden toiminto asetus	0
	Jos 0 lopettaa ajon kun ryömintä ajo on ohi, resetoit tilan ennen ryömintä ajoa.	
F31	Ryömintätaajuuden taajuusasetus	6Hz
	Ryömintätaajuus on asetettava alarajataajuuden F16 ja ylärajataajuuden F18 väliin.	
F32	Ramppiajo moodi taajuusasetus1	40Hz
		

Taajuusmuuttaja suorittaa ohjeen mukaisen ajon eli kiihdyttää taa-

	juuteen f1, jonka jälkeen laskee ajan t1 mukaisesti taajuuteen f2, jonka jälkeen kiihdyttää taas nopeuteen f1 ajan t2 mukaisesti. Ajo määritellään parametreilla F32-F36. On käytössä kun F04:ssä on valittuna 6.	
F33	Ramppiajo moodi taajuusasetus 2 Katso F32	20Hz
F34	Erotaajuuden asetus Taajuusasetus, jolla moottori saadaan pyörimään vapaasti ennen kuin aika t1 tai t2 alkaa vaikuttaa moottorin hidastumiseen tai kiihtymiseen.	2Hz
F35	Ramppiajomoodi aika-asetus 1 katso F32	2s
F36	Ramppiajomoodi aika-asetus 2 katso F32	2s
F37	Estotaajuus 1 Joissakin järjestelmissä voi olla syytä välttää tiettyjä taajuuksia, mekaanisten resonanssien vuoksi. Parametreilla F37-F40 pystytään asettamaan estotaajuusalueet. Pystytään asettamaan 3 eri estotaajuusalueita.	0Hz
F38	Estotaajuus 2 Joissakin järjestelmissä voi olla syytä välttää tiettyjä taajuuksia mekaanisten resonanssien vuoksi. Parametreilla F37-F40 pystytään asettamaan estotaajuusalueet. Pystytään asettamaan 3 eri estotaajuusalueita.	0Hz
F39	Estotaajuus 3 Joissakin järjestelmissä voi olla syytä välttää tiettyjä taajuuksia, mekaanisten resonanssien vuoksi. Parametreilla F37-F40 pystytään asettamaan estotaajuusalueet. Pystytään asettamaan 3 eri estotaajuusalueita.	0Hz
F40	Estotaajuusalueen asetus Tällä parametrilla pystytään kasvattamaan estotaajuuksien 1,2 ja 3 taajuusalueita. Esim. jos F37 on 10 ja F40 on 2, on estetty taajuus alue 8-12Hz. Estotaajuuksien taajuusalueita ei voida säätää erikseen, vaan säätö tapahtuu kaikille samansuuruisena parametrilla F40. Aika, joka menee estotaajuuden ylittämiseen, ei myöskään voi säätää, vaan se määräytyy normaalisti kiihtyvyys/hidastuvuus parametrien mukaan.	0Hz
F41	Automaattinen jännitteen valvonta Säätää moottorille menevän jännitteen oikeaksi lyhyissä verkkojännitteen heilahdus tilanteissa.	0 ei käytössä
F42	Jumisuoja jarrutuksessa Suojaa taajuusmuuttajaa jarrutuksessa. Jos moottorin taajuusmuuttajaan syöttämä tasavirta kasvaa liian suureksi, pysäyttää taajuusmuuttaja jarrutuksen. Asetuksen pitää olla 0 invalid kun käytetään ulkoista/lisäjarrulaitetta.	1 käytössä
F43	Jumisuoja/virtarajatoiminto Estää taajuusmuuttajaa syöttämästä liikaa virtaa moottorille, jos sen kuorma kasvaa äkillisesti. Jos käytetään, niin virtarajat määräytyvät taajuusmuuttajan tyyppin mukaan. Esimerkiksi yleiseen käyttöön tarkoitettujen G-luokan taajuusmuuttajien virtaraja on 150% nimellisvirrasta. Tämän rajan ylittyessä taajuusmuuttaja pysäyttää kiihdytyksen ja jatkaa sitä pienemmällä taajuudella kunnes virran arvot ovat sallituissa rajoissa. Haittana se, että ei ole muutettavissa.	0 ei käytössä
F44	jälleenkäynnistys toiminto Kun parametri 0 ei käytössä, aloitustaajuuden pitää olla 0. Arvo on 1, jälleenkäynnistys alijännite vian jälkeen. Palautetaan moottori samaan pyörimistilaan, missä se oli ennen kuin vika ilmeni. Arvo on 2, vauhtikäynnistys.	0 ei käytössä

F45	Moottorin elektroninen yllämpösuoja	1 käytössä
	Laskee moottorin matemaattisesta mallista, milloin moottori mahdollisesti yllämpenisi. Mikäli lämpötila nousisi liian suureksi, syöttö moottorille lakkaisi ja näytölle ilmestyisi viasta ilmoittava koodi.	
F46	Moottorinsuojauksen taso (moottorin suojauksen aika vakio)	Riippuu taajuusmuuttajan mallista.
	Prosenttiarvo, jolla nimellisvirta kerrotaan, jotta moottorin suojaus toteutuisi. Asetetaan automaattisesti taajuus muuttajan mallimerkinän mukaan, joka taas vaikuttaa siihen, millainen kuorma taajuusmuuttajalla on. G-luokalla eli yleisellä luokalla 150 %. Arvoa pystytään muuttamaan.	
F47	Jarrutustehon kulutusvalinta	0 ei käytössä
	Taajuusmuuttajassa ilmenee helposti ylijännitteitä, kun sillä jarrutetaan tai sen kuorma muuttuu äkillisesti. Tämä valinta ohjaa sitä milloin tehoa aletaan siirtää taajuusmuuttajan jarruvastukseen/jarrutusyksikköön. 0 ei käytössä. 1 "turva moodi" kun virtarajat ylittyvät ja taajuusmuuttaja hidastaa toiminto alkaa toimia. 2 "yleinen asetus" Aina kun virtarajat nousevat suuremmaksi kuin asetusarvo.	
F48	Ylijännite/virta automaattinen ilmoituksen resetointi	0
	Jos ilmenee alle 10s pituisia ylijännitteitä, pystyy taajuusmuuttaja automaattisesti resetoimaan niistä tuleva ilmoitukset. Pystytään valitsemaan käyttöön kymmenen aikaa. Taajuusmuuttaja käynnistyy uudestaan aina 1min jälkeen.	
F49	Vikojen välillä vaadittava aika	1s
	Määrittää ajan, kuinka kauan täytyy mennä ennen kuin vika voi ilmetä uudestaan. Jos ilmenee nopeammin kuin tässä on asetettu, automaattista resetointia ei voida käyttää enää.	
F50	Ohjelma-ajo	0
	Valitaan kuinka ohjelma-ajo moodi toimii. 0 ajaa läpi yksittäisen 7 nopeuksisen ohjelmakierron ja pysähtyy sitten. 1 sama kuin edellä, mutta jatkaa ohjelma ajoa kunnes painetaan stop-käskyä. Ajaa läpi ohjelmakierron, mutta kun ollaan viimeisessä 7 nopeudessa, ei pysähdy vaan jatkaa ajoa nopeudella, joka on määritelty 7 askeleeseen. Askelen nopeudet ja ajat määritetään parametrissa F68.	
F51	ohjelma-ajon uudelleen aloituksen määrittäminen	0
	Määrittää, mitä tehdään, kun ohjelmakierto keskeytetään. 0 jatkaa ensimmäisestä askeleesta. 1 jatkaa siitä, mihin jäätin ennen pysäytystä.	
F52	RTS Resetointi "sisääntulo" signaalin käyttö	0
	0 käytetään vain vikatilassa. 1 käytetään ulkoisen vian tulo signaalina ja vikatilalla signaalina.	
F53	Tuulettimen käynnistyslämpötila	0°C
	Tuuletin käynnistyy, kun lämpötila nousee tämän arvon yläpuolelle. Säädettävissä 0-60°C.	
F54	Moottorin pyörimissuunnan valinta	0
	0 eteen, 1 taakse	
F55	Peruuttamisen kielto	0
	Tällä parametrilla pystytään kieltämään peruuttaminen. 0 sallittu. 1 kielletty.	
F56	Toiminta aika asetus	0
	Saadaan kasvatettua taajuusmuuttajan toiminta-aikaa.	
F57	Energiaa säästävä ajotapa	100%
	Taajuusmuuttaja laskee täsmälleen oikean ulosmenojännitteen kuorman mukaan ja laskee jännitettä tarvittaessa, mikä säästää energiaa. (Toimii vain lineaarisesti käyttäytyvällä kuormalla.) Asetusarvo 100% meinaa ei käytössä, säätöväli 30%-100%.	
F58	Valitaan signaalien toimintarajat yläraja	0Hz
	Ylärajasignaalien toiminta rajalle	
F59	Valitaan signaalien toimintarajat alaraja	0Hz
	Alarajasignaalien toiminta rajalle	

F60	Valitaan tutkimus alue I/O parametreille.	0Hz
	Määrittää taajuusalueen I/O ulostulotoiminnolle.	
F61	Kuorma tyyppin valinta	0 Yleinen
	Taajuusmuuttaja asettaa automaattisesti parametrit, kun valitsee tästä kuorman tyyppin. Tulee olla tarkkana. Väärä kuormatyyppi voi vahingoittaa laitteita. Ei voi käyttää, koska ei kerrota, mitä parametreja muuttaa.	
F62	Riviliittimien ohjaus tapa	
	Valitaan liittimien toiminta tapa.	
F63	Nopeus- ja vääntömomenttiohjauksen säätö riviliittimiltä	
	Tällä parametrilla voidaan kontrolloida nopeuden ja momentin säätöä. Takaisin kytkennän kautta.	
F64	Sisääntuloliittimien napaisuus	
	0 laskevan reunan mukaan. 1 nousevan reunan mukaan.	
F65	2 näytön valinta	
	Valitaan 2 näytön näkymä parametrissa F00 (Lisävarusteena saatava paneeli (JP6C7000)).	
F66	Varalla	
	Ylimääräinen parametripaikka	
F67	Jännite-taajuuskäyrän asetukset	
	Tämän parametrin takaa pystytään asettamaan 8 eri pistettä, jonka mukaan U/F-käyrä määritellään. Määrittelyt tehdään parametreista U00-U15.	
F68	Nopeusohjelmoinnin ja ohjelma-ajon nopeuksien määrittely	
	Määritellään nopeudet, ajoajat, kiihdytys ja hidastuvuusajat askeleisiin. Tehdään parametreihin H00-34.	
F69	I/O toiminnot	
	Sisältää o-luokan parametrit, jotka sisältävät taajuusmuuttajan ohjausliitäntöjen asetukset.	
F70	Virtasilmukan asetukset	
	Takaisinkytkentävirran asetuksia C00-C05.	
F71	Nopeussilmukan asetukset	
	Takaisinkytkentävirran asetuksia D00-D03.	
F72	PID toiminnot	
	P-luokan parametrit sisältävät PID-säädön asetukset. PID-säätö on tarkoitettu käytettäväksi erilaisten takaisinkytkettyjen ohjausjärjestelmien, kuten paineen säädön, virtauksen säädön jne. kanssa.	
F73	Järjestelmä parametrit	
	Tämän parametrin takaa löytyvät y-luokan parametrit. Ne sisältävät järjestelmään liittyviä parametreja, kuten vikailmoitusten tallennuspaikat, vikailmoitusten resetointi, taajuusmuuttajan nimellisen ulostulovirran ja taajuusmuuttajan nimellisen käyttöjännitteen arvon, aika asetukset, taajuusmuuttajan valmistustietoja, viestiyhteysasetuksia ja salasana-asetukset, millä voidaan lukita taajuusmuuttaja.	
F74	Moottoria koskevat parametrit	
	b-luokan parametrit, joihin asetetaan moottoria koskevat tiedot. b13-parametri asettaa/mittauttaa parametrit b05-b09, muuta b01-b04 ja b10,b12 ja b14. b15 on taajuusmuuttajan kommunikointiosoite 1-127. Nämä ovat tärkeitä parametreja moottorin käyttöönnotossa.	

Esimerkki puhallinsovelluksen parametroidin teosta. Mallin tekemisessä katsoin ohjeita Mitsubishiin D700 taajuusmuuttajan käyttöohjeesta. Tarkoitettu avuksi laitteen parametroidinissa.

F74= Moottorin arvojen asettaminen

b00= moottorin napapariluvun asetus

b01= moottorin nimellisvirta [A]

b02= moottorin nimellisjännite [V]

b03= moottorin nimellisaajuus [Hz]

b04= moottorin nimellisaajuus [f]

b13= asetetaan ykköseksi, jolloin taajuusmuuttaja asettaa moottorin arvot (b05-b09).

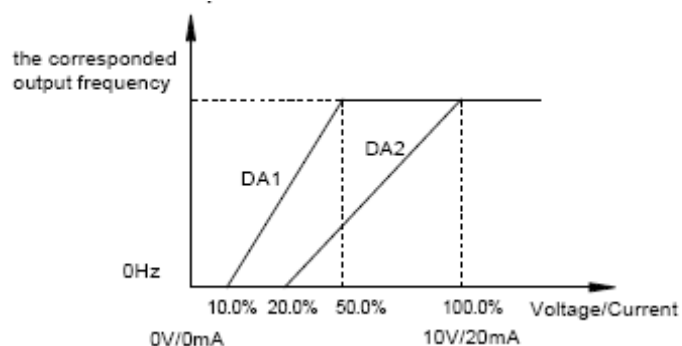
b14= asetetaan prosettiarvo, jolla saadaan jättämä huomioitua ja näin ollen laitteen näytössä näkyy moottorin todellinen pyörimisaajuus. [%]

F00= valitaan 6, jolloin näyttö näyttää moottorin pyörimisaajuuden

F04= asetetaan 1, jolloin taajuutta säätää anturi, joka lähettää jänniteviestiä.

o01= Valitaan V2 minimijännite

o02= Valitaan V2 maksimijännite



Kuva 7. Kuva o01 ja o02 asetusten vaikutuksesta.

F08 tai F67= Valitaan F08 käppyrävalikosta oikea käppyrä tai asetellaan jännite-taajuuskäyrä itse parametrin F67 sisällä, jolloin F08 on 61.

F09= kiihdytysajan asetus [s]

F10= jarrutusajan asetus [s]

F14= tarkistetaan, että kentänheikennyspisteen taajuus on oikea [Hz]

F16= asetetaan alarajataajuus [Hz]

F17= asetetaan ylärajataajuus [Hz]

F27= asetetaan 1, valitaan, että kun painetaan stop-nappia, moottorin kuorma pysäyttää moottorin, eli moottorin annetaan pyöriä vapaasti stop-napin painamisen jälkeen

F44= asetetaan 1 eli otetaan automaattinen käynnistys hetkellisen verkkokatkoksen jälkeen käyttöön

F55= asetetaan 1, jolloin kielletään peruuttaminen moottorilta

Rauman EMC-laboratorio:
Syväraumankatu 39
26100 Rauma

EMC - laboratorioinsinööri Teijo Nietola
Puh. (02) 620 3604
GSM 044 7103604
Fax. (02) 620 3601
teijo.nietola@samk.fi

– 28.11.2010 saadun tiedon mukaan mittausten hinta 80e/h.

– Jos mitattava laite tarvitsee kuormitusta, laboratorio ei pysty järjestämään kuormaa, vaan se jää asiakkaan järjestettäväksi.

– Teijo Nietola arvioi, että jotta saadaan todettua, millä tasolla taajuusmuuttajan häiriöpäästöt ovat, vaatii se noin 3h testausta, joka tehdään tuotekehitys testaus nimikkeen alla.

– Täydellisten kelpoisuustestien vaativa aika vaikeammin määritettävissä taajuusmuuttajan osalta.

