

## Taajuusmuuttajien ennakkohuoltosuunnitelma

Tomi Leskelä

Teollisuuden ja luonnonvarojen opinnäytetyö  
Sähkövoimatekniikka  
Insinööri (AMK)

KEMI 2014

## ALKUSANAT

Haluan kiittää suuresti Timo Räihää opinnäytetyöni aiheesta sekä Outokumpu Stainless Oy:n yhdyshenkilönä toimimisesta opinnäytetyöni aikana. Kiitän myös Jaakko Ettoa opinnäytetyöni ohjauksesta.

Lisäksi kiitän koko Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon sähkökorjaamon henkilöstöä teknisestä tuesta.

## TIIVISTELMÄ

## LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Teollisuus ja luonnonvarat

|  |  |
|--|--|
| Koulutusohjelma:   | Sähkötekniikka                             |
| Opinnäytetyön tekijä(t):   | Tomi Leskelä                               |
| Opinnäytetyön nimi:  | Taajuusmuuttajien ennakkohuoltosuunnitelma |
| Sivuja (joista liitesivuja):   | 63 (27)                                    |
| Päiväys:   | 9.4.2014                                   |
| Opinnäytetyön ohjaaja(t):  | DI Jaakko Etto<br>Ins. Timo Rähä           |
| <p>Opinnäytetyö tehtiin Outokumpu Stainless Oy:lle. Työn tavoite oli laatia kuumavalssaamon taajuusmuuttajille ennakkohuoltosuunnitelma. Samalla oli tarkoitus kartoittaa laitteiston elinkaari huollettavuuden ja varaosasaatavuuden suhteen.</p> <p>Työn teoriaosassa perehdytään yleisesti kuumavalssaamon prosessiin, taajuusmuuttajan toimintaan sekä sen huoltoon ja kunnossapitoon.</p> <p>Itse työ toteutettiin käymällä fyysisesti kaikki kuumavalssaamon taajuusmuuttajat läpi. Taajuusmuuttajista kirjattiin ylös oleelliset tiedot ennakkohuoltosuunnitelman kannalta. Valmistaja- ja tyyppitiedoilla selvitettiin valmistajan suosittamat ennakkohuoltotoimenpiteet sekä kyseisen taajuusmuuttajamallin elinkaaren vaihe. Selvitykseen käytettiin toimittajien www-sivuja, laitteiden käyttöohjeita sekä muita dokumentteja. Yksittäisissä tapauksissa jouduttiin myös käymään laitetoimittajien kanssa sähköpostikeskusteluja.</p> <p>Lopputuloksena saatiin laadittua tilakohtaiset huoltotoimenpidetaulukot taajuusmuuttajille. Taajuusmuuttajien tiedot saatiin tarkastettua, taajuusmuuttajamallien elinkaaren vaihe selvitettyä ja kunkin taajuusmuuttajan huolto-ohjelma valmiiksi kunnossapitojärjestelmään kirjausta varten. Elinkaaren tarkasteluvaiheessa saatiin selvitettyä taajuusmuuttajat, joihin valmistaja ei takaa enää huoltopalveluita eikä varaosasaatavuutta. Näiden laitteiden osalta voidaan valmistautua korvaavien laitteiden hankinnan suunnitteluun ja toteutukseen.</p> |  |
| Asiasanat: taajuusmuuttaja, huolto, elinkaari  |  |

## ABSTRACT

LAPLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Industry and natural resources

|  |   |
|--|---|
| Degree programme:  | Electrical Engineering                                  |
| Author(s):   | Tomi Leskelä  |
| Thesis title:  | Preventive Maintenance Plan of the Frequency Converters |
| Pages (of which appendixes):   | 63 (27)   |
| Date:  | 9 April 2014  |
| Thesis instructor(s):  | Jaakko Etto, MSc (El.Eng)<br>Timo Rähä, BEng            |
| <p>This bachelor thesis was made for Outokumpu Stainless Oy. The goal of this thesis was to produce preventive maintenance plan and life-cycle determination for the frequency converters. Life-cycle determination includes frequency converters service ability and spare parts availability.</p> <p>Theory part includes general information about the process of the hot rolling mill, as well as, function and maintenance of the frequency converters.</p> <p>The work was carried out by listing all the frequency converters. Essential information was documented about the frequency converters. Recommended maintenance procedures and life-cycles were clarified with information given by the manufacturer's manuals and websites. In some cases e-mailing the vendor was required.</p> <p>Final product was maintenance plan for every facility that had frequency converters. Information for frequency converters was checked, life-cycle determined and maintenance plan for every frequency converter was made ready to be added to the maintenance system. Life-cycle determination clarified frequency converters which manufacturers do not ensure service ability and spare parts availability for. Those devices that could not receive manufacturer maintenance or spare parts anymore were found.</p> |   |
| Keywords: frequency converter, maintenance, life-cycle   |   |

## SISÄLLYS

|   |    |
|---|----|
| ALKUSANAT .....   | 2  |
| TIIVISTELMÄ .....   | 3  |
| ABSTRACT .....  | 4  |
| SISÄLLYS .....  | 5  |
| KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....                          | 7  |
| 1 JOHDANTO .....  | 8  |
| 2 OUTOKUMPU STAINLESS OY .....                              | 9  |
| 2.1 Yleistä.....  | 9  |
| 2.2 Kuumavalssaamo.....                                     | 9  |
| 3 TAAJUUSMUUTTAJA .....                                     | 11 |
| 3.1 Yleistä.....  | 11 |
| 3.2 Taajuusmuuttajan osat ja toimintaperiaate .....         | 11 |
| 3.3 Tasasuuntaaja .....                                     | 12 |
| 3.4 Välipiiri .....   | 13 |
| 3.5 Vaihtosuuntaaja .....                                   | 15 |
| 3.6 Ohjaus-/säätöpiiri, ohjausliitännät ja parametrit ..... | 15 |
| 3.7 Jäähdytys .....   | 16 |
| 3.8 Linjakäyttö.....  | 17 |
| 3.9 Syklokonvertteri .....                                  | 18 |
| 4 TAAJUUSMUUTTAJIEN HUOLTO .....                            | 20 |
| 4.1 Yleistä.....  | 20 |
| 4.2 Taajuusmuuttajan huollon määräävät tekijät.....         | 21 |
| 4.3 Varastoidut taajuusmuuttajat .....                      | 22 |
| 4.4 Lämmönvaihdinyksikkö .....                              | 22 |
| 5 KUUMAVALSSAAMON TAAJUUSMUUTTAJAT .....                    | 23 |
| 6 KUUMAVALSSAAMON LÄMMÖNVAIHDINYKSIKÖT .....                | 25 |
| 7 ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMA .....                            | 27 |
| 7.1 Taajuusmuuttajat ja lämmönvaihdinyksiköt.....           | 27 |
| 7.2 Varaosat ja tarvikkeet .....                            | 29 |
| 8 ELINKAARIKARTOITUS .....                                  | 30 |
| 8.1 Taajuusmuuttajat .....                                  | 30 |
| 8.2 Johtopäätökset ja toimenpiteet .....                    | 31 |

|                 |    |
|-----------------|----|
| 9 POHDINTA..... | 32 |
| LÄHTEET.....    | 33 |
| LIITTEET .....  | 35 |

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

|      |                   |
|------|-------------------|
| APU  | Askelpalkkiuuni   |
| APU2 | Askelpalkkiuuni 2 |
| EV   | Etuvälssain       |
| NV   | Nauhavälssain     |
| VHK  | Välssihiomakone   |

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamolle Tornioon. Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa kaikki kuumavalssaamon prosessin alaiset taajuusmuuttajat ja luoda niille ennakkohuoltosuunnitelma. Samalla selvitettiin taajuusmuuttajien elinkaari varaosien saatavuuden ja huollettavuuden vuoksi. Opinnäytetyössä huomioitiin myös elinkaarikartoituksesta johtuvat toimenpiteet.

Opinnäytetyön laajuus rajattiin kuumavalssaamon prosessin alaisiin taajuusmuuttajiin. Kuumavalssaamolla sijaitsee myös useita nostureihin sekä ilmanvaihtoon liittyviä taajuusmuuttajia. Lisäksi vanhoja tasavirtakäyttöjä ollaan uusimassa parasta aikaa, joten kyseiset käytöt rajattiin myös opinnäytetyön ulkopuolelle.

Taajuusmuuttajien ennakkohuoltosuunnitelma tuli tarpeeseen Outokumpu Stainless Oy:lle, sillä taajuusmuuttajista ei vielä kattavaa ennakkohuoltosuunnitelmaa ollut. Valmis suunnitelma taajuusmuuttajien huollosta on helppo lisätä kunnossapitojärjestelmään.



## 2 OUTOKUMPU STAINLESS OY

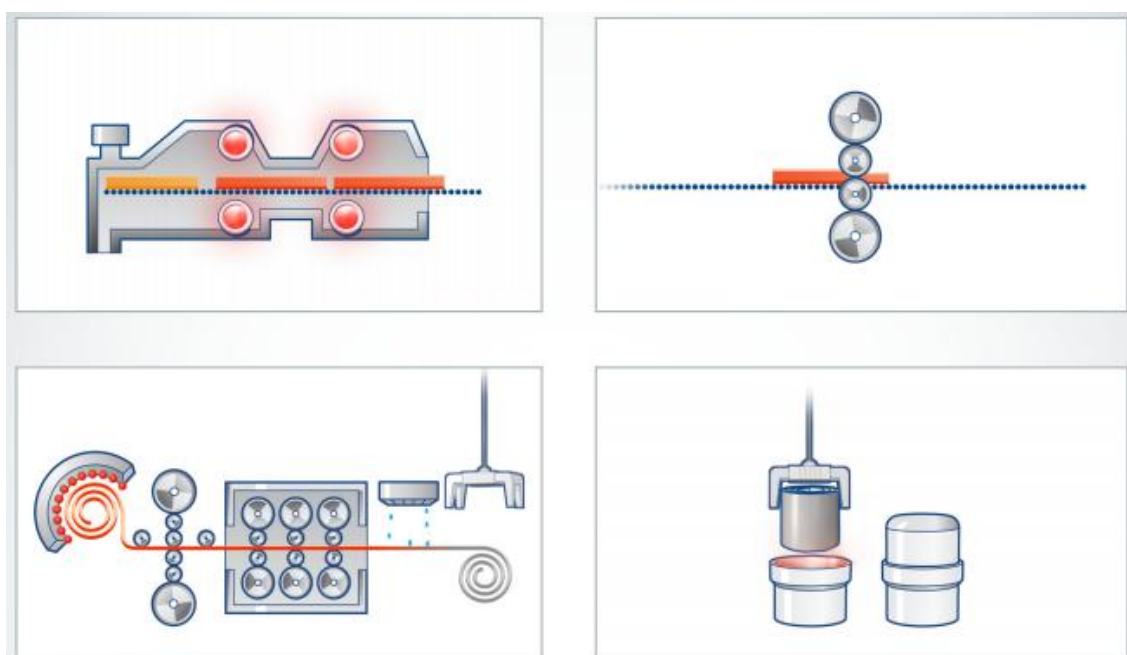
### 2.1 Yleistä

Outokumpu Stainless Oy on Outokumpu Oyj:n tuotantoyksikkö ja se on osa Outokumpu Tornio Works:ä. Sen toimiala on ruostumattoman teräksen valmistus. (Outokummun www-sivut 2014, hakupäivä 29.1.2014.)

Outokumpu Stainless Oy sisältää kolme terästuotannon osastoa, jotka ovat terässulatto, kuumavalssaamo ja kylmävalssaamo. (Outokummun www-sivut 2014, hakupäivä 29.1.2014.)

### 2.2 Kuumavalssaamo

Kuumavalssaamo on keskeinen tuotanto-osasto Outokumpu Stainless Oy:n kolmesta osastosta. Kuumavalssauksen vaiheet pääpiirteittäin on esitetty kuviossa 1. (Outokummun www-sivut 2014, hakupäivä 29.1.2014.)



**Kuvio 1. Kuumavalssaus (Outokummun www-sivut 2014, hakupäivä 29.1.2014)**

Teräsaihoiden tullessa terässulattoilta ne kuumennetaan askelpalkkiuuneissa valssaukselle ihanteelliseen lämpötilaan. Kuumennuksen jälkeen teräsaihio valssataan etuvalssaimella. Teräsaihion ohetessa sen pituus kasvaa. Etuvalssauksen jälkeen teräsaihio on

muuttunut niin kutsutuksi esinauhaksi. (Outokummun www-sivut 2014, hakupäivä 29.1.2014.)

Etuvälssauksen jälkeen on vuorossa kaksi muuta välssainta. Välssaimet ovat Steckel- ja Tandem-välssaimet. Teräsnauhan ollessa tavoitepaksuudessaan se kelataan rullalle ja jäädytetään jäädytysaltaassa. Jäädytetyt rullat kuljetetaan kylmävälssaamalla jatkokäsittelyä varten tai myydään sellaisenaan. (Outokummun www-sivut 2014, hakupäivä 29.1.2014.)

Osa rullista kuitenkin käsitellään kuumavälssaamon kupu-uuneissa jotta rullat saavat ruostumattoman teräksen ominaisuudet. Kupu-uuneissa käsitellyt rullat toimitetaan kylmävälssaamolle. (Outokummun www-sivut 2014, hakupäivä 29.1.2014.)

### 3 TAAJUUSMUUTTAJA

#### 3.1 Yleistä

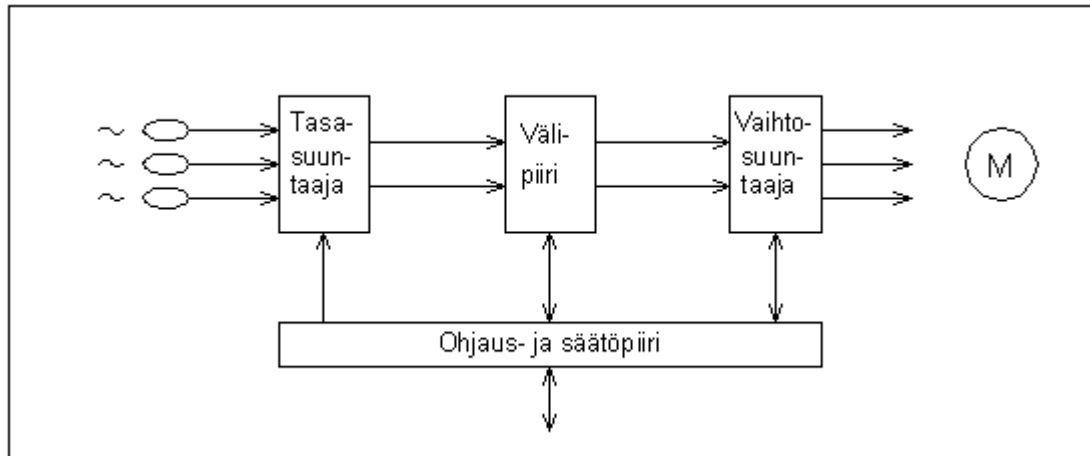
Taajuusmuuttaja on sähkölaite, jonka avulla voidaan säädellä portaattomasti sähkömoottorin pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia. Tyypillisiä käyttökohteita taajuusmuuttajille ovat erilaiset pumput, puhaltimet, hissit ja kuljettimet. (ABB 2008, hakupäivä 27.1.2014.)

Taajuusmuuttajien käyttämisellä päästään merkittäviin energiansäästöihin, voidaan vaimentaa sähkömoottorin käynnistyksessä ilmenevää virtapiikkiä sekä vähentää laitteiden mekaanista rasitusta. (Hedman 2009, hakupäivä 27.1.2014.)

#### 3.2 Taajuusmuuttajan osat ja toimintaperiaate

Taajuusmuuttaja koostuu neljästä pääosasta, jotka ovat tasasuuntaaja, välipiiri, vaihtosuuntaaja ja ohjaus-/säätöpiiri. (Erkinheimo, Käyhkö, Niemelä, Pullola, Saloriutta & Tuomainen 1997, 11.)

Taajuusmuuttaja toimii siten, että tasasuuntaaja muuttaa syöttöverkon kolmivaiheisen vaihtojännitteen sykkiväksi tasajännitteeksi. Taajuusmuuttajan välipiirityypistä riippuen se muuttaa tasasuunnatun sykkivän tasajännitteen tasavirraksi, stabiloi tasajännitteen tai muuttaa sen muuttuvaksi tasajännitteeksi. Vaihtosuuntaaja ohjaa aina taajuusmuuttajan ohjaaman moottorin taajuutta. Ohjaus-/säätöpiirin elektroniikka lähettää viestejä muihin taajuusmuuttajan osiin. Taajuusmuuttajan säädettävät osat riippuvat taajuusmuuttajan rakenteesta. Kuviossa 2 on esitetty taajuusmuuttajan periaatekaavio. (Erkinheimo ym. 1997, 11.)

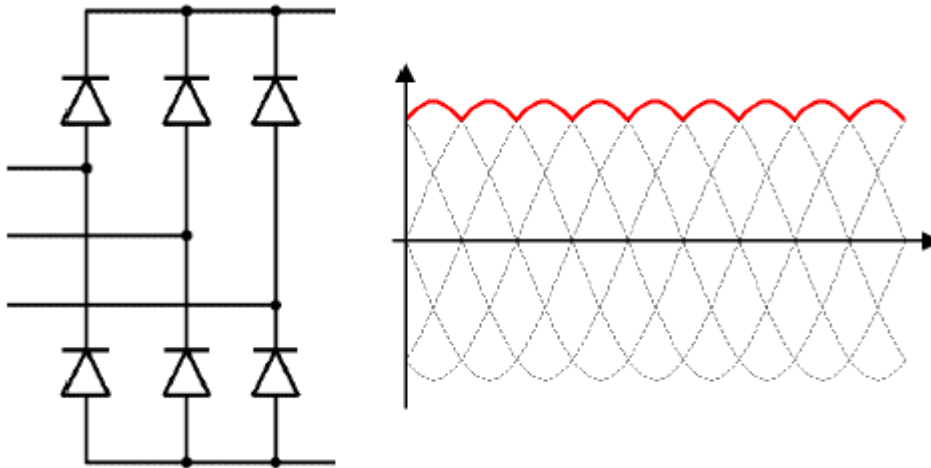


**Kuvio 2. Taajuusmuuttajan periaatekaavio (Erkinheimo ym. 1997, 11)**

### 3.3 Tasasuuntaaja

Taajuusmuuttajan tasasuuntaajan tehtävänä on muuttaa vaihtojännite tasajännitteeksi. Tämä toteutetaan diodeilla, tyristoreilla, näiden yhdistelmällä tai transistoreilla. Mikäli tasasuuntaajassa on vain diodit, sitä nimitetään ohjaamattomaksi tasasuuntaajaksi. Jos taas tasasuuntaajassa on vain tyristorit, sitä nimitetään ohjatuksi kokoaaltotasasuuntaajaksi. Yleisimmin käytössä on kuitenkin ohjaamaton tasasuuntaaja, sillä ohjattu kokoaaltotasasuuntaaja ottaa huomattavan suuren loisivirran tyristoreiden lyhyt aikaisten johdavuuksien vuoksi. (Hedman 2009, hakupäivä 27.1.2014; Erkinheimo & Käyhkö & Niemelä & Pullola & Saloriutta & Tuomainen 1997, 13–16.)

Kuviossa 3 on esitetty ohjaamaton tasasuuntaaja. Samasta kuvasta näkyy myös, miltä jännite näyttää tasasuuntauksen jälkeen.



**Kuvio 3. Ohjaamaton tasasuuntaaja ja sykkivä tasajännite (Hedman 2009, hakupäivä 29.1.2014)**

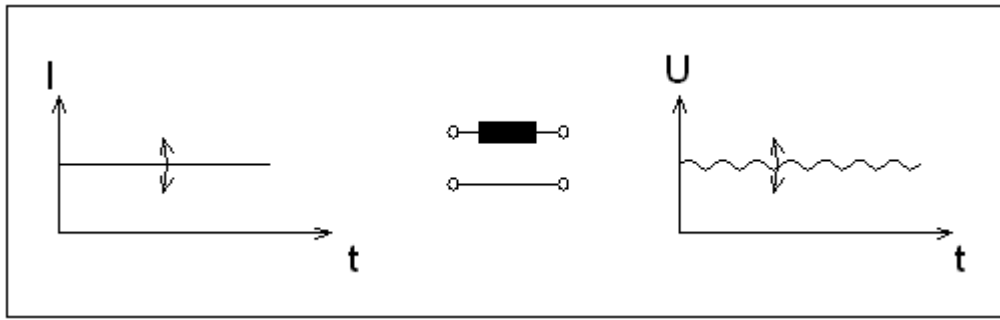
### 3.4 Välipiiri

Taajuusmuuttajan välipiiri toimii energiavarastona, joka toteutetaan yleisimmin kondensaattoriparistolla. Myös välipiirittömiä taajuusmuuttajia on olemassa. Nämä ovat niin kutsuttuja suoria taajuusmuuttajia. Suorat taajuusmuuttajat ovat kuitenkin melko harvinaisia. (Hedman 2009, hakupäivä 27.1.2014.)

Välipiiri on mahdollista toteuttaa kolmella eri tavalla. Välipiirin toteutustapa on riippuvainen taajuusmuuttajan tasa- ja vaihtosuuntaajan tyypeistä. Mahdolliset toteutustavat ovat muuttava tasavirtavälipiiri, vakio- tai muuttuvajännitteinen välipiiri ja muuttuvajännitteinen välipiiri. (Erkinheimo ym. 1997, 16.)

Muuttavaa tasavirtavälipiiriä käytetään ohjatun tasasuuntaajan kanssa. Muuttavassa tasavirtavälipiirissä on suuri käämi, joka muuttaa muuttuvan tasajännitteen muuttuvaksi tasavirraksi. Näin ollen taajuusmuuttajan ohjaaman moottorin jännite määräytyy sen kuorman mukaan. (Erkinheimo ym. 1997, 16 - 17.)

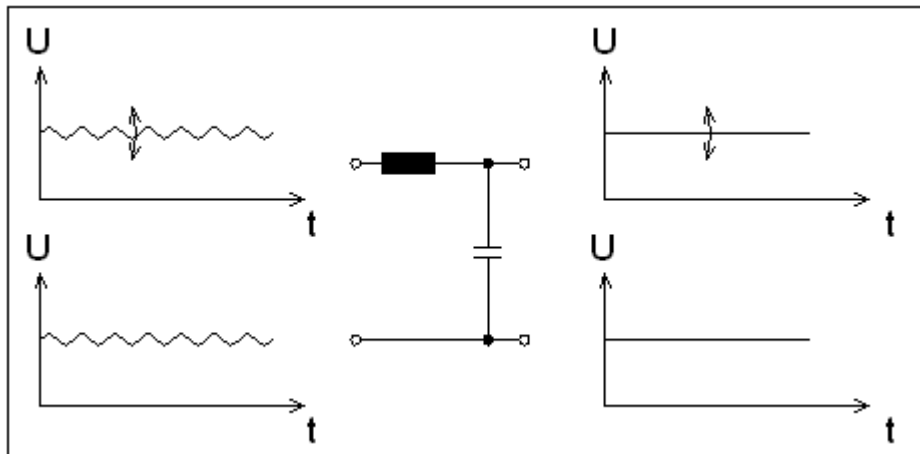
Kuviossa 4 on esitetty muuttuvan tasajännitteen muutos muuttuvaksi tasavirraksi välipiirin käämin vaikutuksesta.



**Kuvio 4. Muuttava tasavirtavälipiiri (Erkinheimo ym. 1997, 16)**

Vakio- tai muuttuvajännitteistä välipiirissä on käämin ja kondensaattorin muodostama suodatin. Kyseinen välipiiri on yhteensopiva molempien tasasuuntaajatyypien kanssa. Välipiirin suodatin tasaa tasasuuntaajalta tulevan sykkivän tasajännitteen. Ohjatun tasasuuntaajan tapauksessa jännite pysyy kuitenkin vakiona vain tietyllä taajuudella. Tätä välipiirityyppiä käytettäessä moottorin virta määräytyy sen kuormituksen mukaan. (Erkinheimo ym. 1997, 17.)

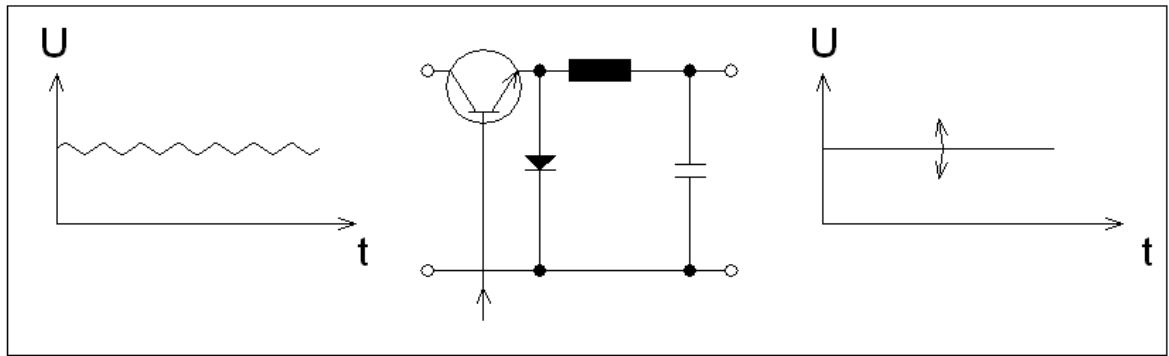
Kuviossa 5 on esitetty sykkivän tasajännitteen tasaus suodatinpiirin vaikutuksesta.



**Kuvio 5. Vakio- tai muuttuvajännitteinen välipiiri (Erkinheimo ym. 1997, 17)**

Muuttuvajännitteisessä välipiirissä on samalla tavalla käämistä ja kondensaattorista muodostettu suodatin. Suodattimen eteen on kuitenkin sijoitettu transistori ja ohitusdiodi. Transistoria ohjataan ohjaus-/säätöpiirillä, jonka avulla saadaan jännitetasoa nostettua ja laskettua vaihtelemalla transistorin tilaa. Ohitusdiodin tarkoitus on estää suodatinpiirin muodostamaa jännitteenousua transistorin katkaistessa virran kulun. Suodatinpiiri tasaa piirin jännitteen. (Erkinheimo ym. 1997, 17 - 18.)

Kuviossa 6 on esitetty sykkivän tasajännitteen muutos muuttuvaksi tasajännitteeksi muuttuvajännitteisen välipiirin ansiosta.



**Kuvio 6. Muuttuvajännitteinen välipiiri (Erkinheimo ym. 1997, 17)**

### 3.5 Vaihtosuuntaaja

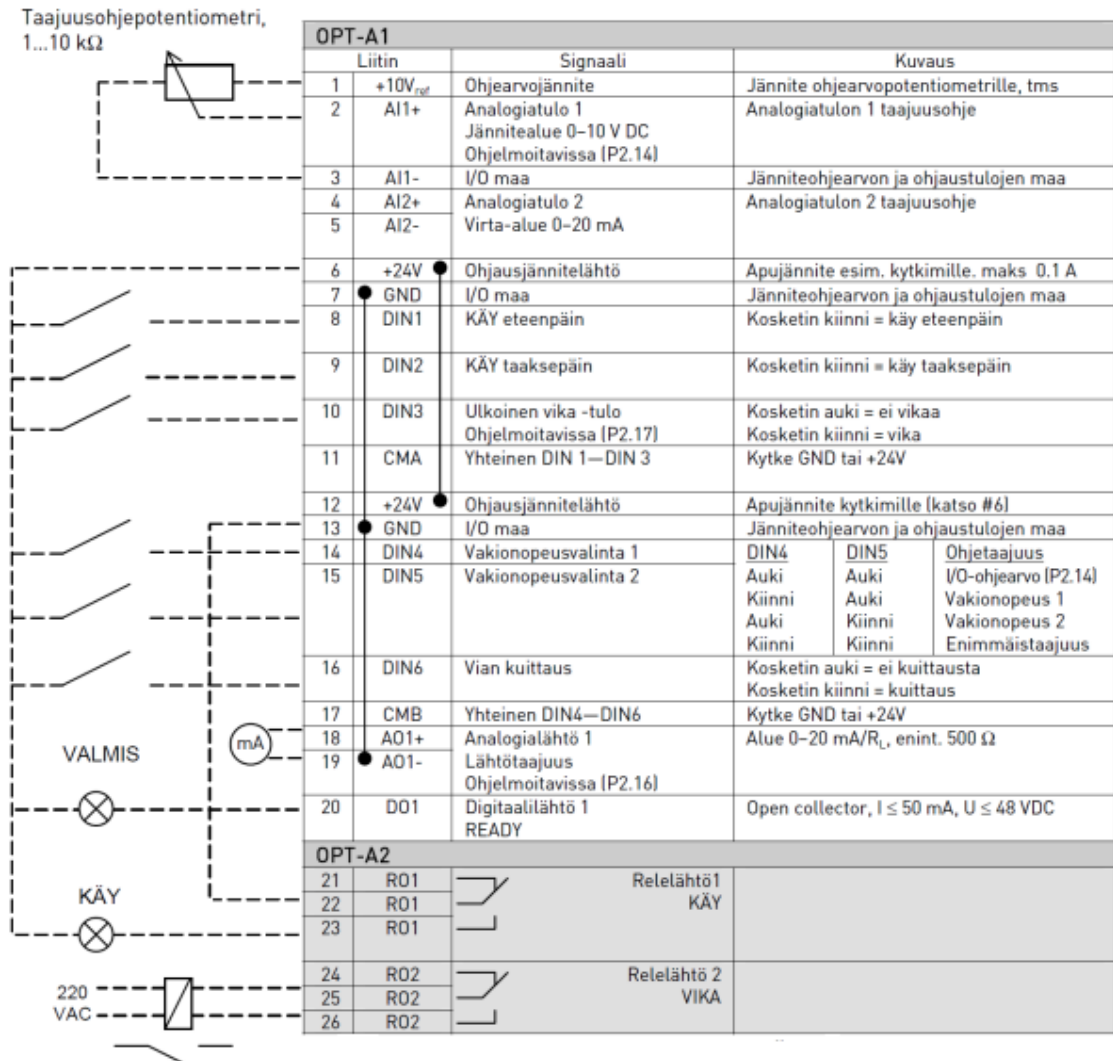
Vaihtosuuntaaja muuttaa välipiirin muuttuvan tasavirran, muuttuvan tasajännitteen tai vakiotasajännitteen takaisin moottorin tarvitsemaksi vaihtosähköksi. Vaihtosuuntaaja on taajuusmuuttajan viimeinen osa. Vaihtosuuntaaja muuntaa taajuusmuuttajan ohjaamalle moottorille välipiiristä vaihtosähkön, eli tuottaa sille taajuuden. (Hedman 2009, hakupäivä 27.1.2014; Erkinheimo ym. 1997, 18.)

Tasasähkön muuttaminen vaihtosähköksi toteutetaan tyristoreilla tai transistoreilla. Vaihtosuuntaajan komponenttien tilaa ohjataan ohjaus-/säätöpiirillä. Eri toteutustavan vaihtosuuntaajat toimivat periaatteessa samalla tavalla. Pareittain olevat puolijohteet ovat kolmessa haarassa. (Erkinheimo ym. 1997, 19.)

### 3.6 Ohjaus-/säätöpiiri, ohjausliitännät ja parametrit

Taajuusmuuttajan ohjaus-/säätöpiirin tehtävä on ottaa vastaan taajuusmuuttajaa ohjaavien laitteiden viestit sekä lähettää niitä eteenpäin taajuusmuuttajan komponenteille (Hirvonen 2007, 8.)

Ohjausviestien vastaanottamiseen käytetään taajuusmuuttajan ohjausliitäntöjä, joissa sijaitsee sekä analogiasia että digitaalisia tuloja ja lähtöjä. Kuviossa 7 on esitetty erään valmistajan taajuusmuuttajan ohjausliitännät.



**Kuvio 7. Esimerkki taajuusmuuttajan ohjausliitännöistä (VACON NX – Taajuusmuuttajat, All in one –sovellusopas)**

Taajuusmuuttajan toimintojen sovittaminen ja asentaminen tapahtuu parametroinnilla. Parametrit on yksilöity parametrimumerolla ja -nimellä. Parametreilla määritellään muun muassa ohjauspaikka ja -tapa, erilaiset käynnistys- ja pysäytysrampit sekä ohjattavan sähkömoottorin nimellisarvot.

### 3.7 Jäähdytys

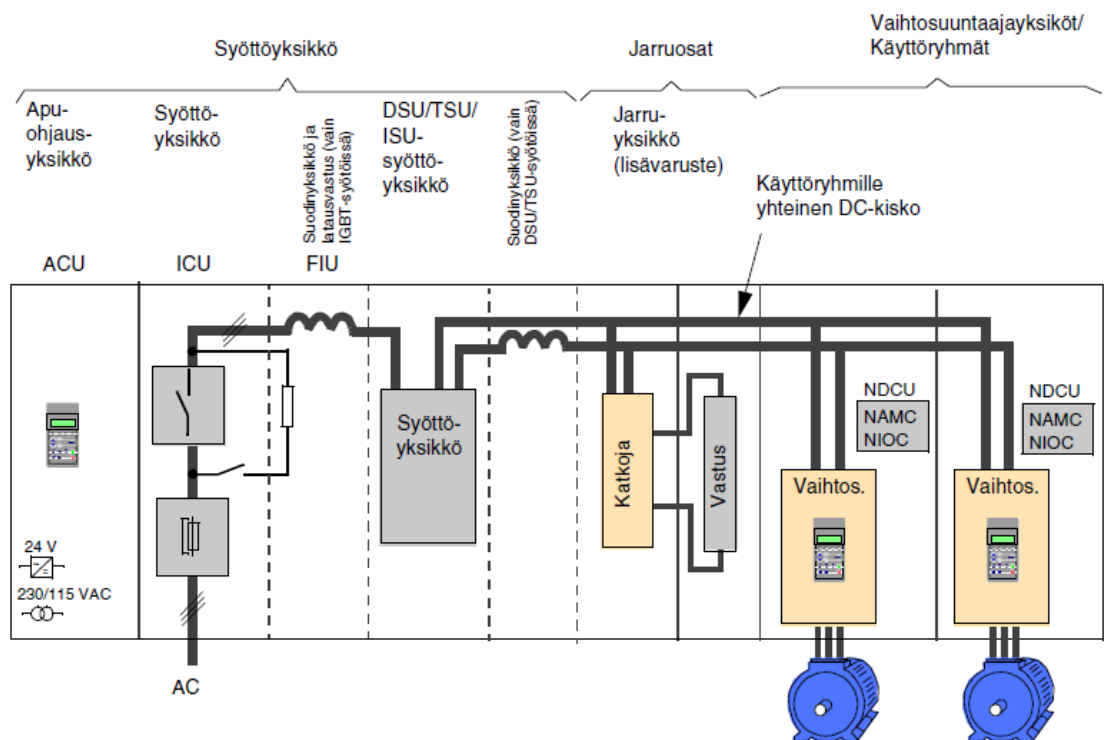
Taajuusmuuttajan jäähdytyksellä on tarkoitus estää sen liiallista lämpenemistä. Tällä saavutetaan toimintavarmuutta sekä laitteen eliniän kasvua. Taajuusmuuttajien jäähdytys on mahdollista toteuttaa joko ilma- tai nestejäähdytyksellä. Yleisimmin käytössä on ilmajäähdytys, jolloin ilmaa kierrätetään erilaisia sähkötoimisia puhaltimia käyttäen.



Nestejäähdytys tulee kuitenkin kyseeseen, jos taajuusmuuttaja on sijoitettu erityisen pölyiseen paikkaan. Nestejäähdytteisellä ratkaisulla päästään myös huomattaviin tilan säästöihin eikä puhaltimista aiheutuvaa melua synny. Lisäksi saman teholuokan nestejäähdytteinen taajuusmuuttaja on fyysisesti pienempi kuin ilmajäähdytteinen. Nestejäähdytteinen taajuusmuuttaja tarvitsee kuitenkin lämmönvaihtimen sekä siihen liittyvät apulaitteet. (Valtonen, hakupäivä 29.1.2014.)

### 3.8 Linjakäyttö

Yksittäisen taajuusmuuttajan sisältävän sähkökäytön lisäksi laajoissa prosesseissa voidaan moottorin ohjaukset toteuttaa niin kutsutuilla linjakäytöillä. Linjakäytöt ovat sähkökäyttöjä, jotka koostuvat syöttöyksiköstä ja yhdestä tai useammasta vaihtosuuntaajayksiköstä. Kuviossa 8 on esitetty erään valmistajan linjakäytön tärkeimmät osat. (ABB 2001, 1-1.)



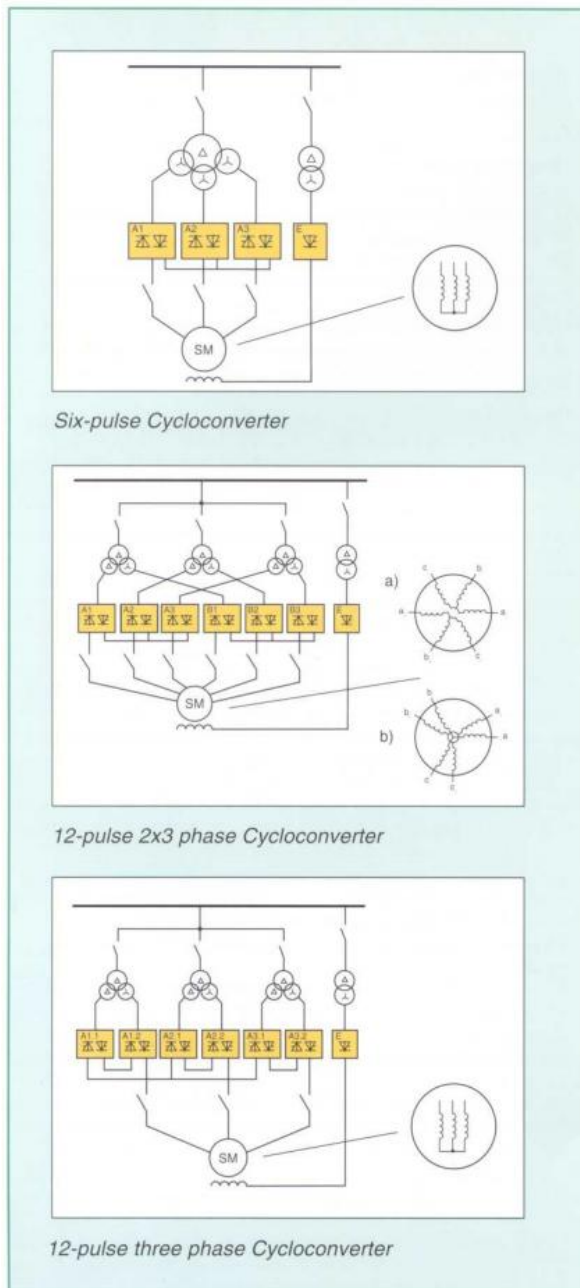
**Kuvio 8. Linjakäytön tärkeimmät osat (ABB 2001, 1-2)**

Kuvion 8 linjakäytössä on vain 2 vaihtosuuntaajayksikköä, vaikka niiden määrä voi vaihdella. Vaihtosuuntaaja voi myös koostua useasta vaihemoduulista. Tällä toteutustavalla voidaan ohjata jokainen ohjattavan moottorin vaihe oman moduulinsa kautta moottorille. Yhdellä vaihtosuuntaajalla voidaan myös ohjata useampia moottoreita. Ky-

seisessä kuviossa on myös jarruysikkö, jonka avulla moottoreilla jarrutettaessa, saadaan myös jarrutusenergia hyötykäyttöön. (ABB 2001, 1-2 – 1-4.)

### 3.9 Syklokonvertteri

Syklokonvertteri on niin kutsuttu suora taajuusmuuttaja. Sen avulla voidaan muuttaa jännitettä ja taajuutta ilman välipiiriä. Syklokonvertterin katsotaan soveltuvan parhaiten suurille tehoille. Yleiset syklokonvertterityypit ovat 6-pulssinen, 12-pulssinen 2x3-vaiheinen ja 12-pulssinen kolmivaiheinen syklokonvertteri. Yleisimmät syklokonvertterityypit on esitetty kuviossa 9. (ABB, ACS6000c; Hyytiä 2012, 33 - 34.)



**Kuvio 9. Syklokonvertterityypit (ABB, ACS6000c)**

Syklokonvertterin pulssilukua voidaan myös kasvattaa 24:ään. Pulssimäärän kasvaessa saadaan vähennettyä taajuuden harmonisia yliaaltoja. (ABB, ACS6000c; Hyytiä 2012 33 - 34.)

## 4 TAAJUUSMUUTTAJIEN HUOLTO

### 4.1 Yleistä

Taajuusmuuttaja tarvitsee huoltoa siinä missä muutkin tekniset laitteet. Kuitenkin oikein ja oikeaan ympäristöön asennettu taajuusmuuttaja tarvitsee suhteellisen vähän huoltoa. Yleisimmin huollontarve sijoittuu taajuusmuuttajan jäähdytykseen sekä kondensaattoriparistoihin. Taajuusmuuttajien laitetuulettimien, mahdollisten lisätuulettimien sekä kondensaattoriparistojen vaihto ovat keskeisiä huoltotoimenpiteitä. Muita huoltokohteita ovat vikahistorian seuranta, johtojen kiristysmomenttien tarkistaminen, jäähdytuselementtien puhdistaminen, irtopölyn poistaminen laitteen sisältä, pölysuotimien tarkistaminen ja vaihtaminen sekä parametrien varmuuskopiointi. Parhaaseen lopputulokseen päästään laitteen eliniän ja luotettavuuden/käyttövarmuuden kannalta, kun noudatetaan laitteiden valmistajien huolto-ohjeita. (Kiiski 2012, 33; Saarenpää 2006, 48 - 49; Ylijääskö 2006, 21 - 22.)

Taulukkoon 1 on kerätty taajuusmuuttajien valmistajien huoltotoimenpiteitä sekä huoltotoimenpiteitä, jotka lisätään kuumavalssaamon kunnossapitojärjestelmään.

Taulukko 1. Taajuusmuuttajien huoltotoimenpiteet (ABB 2005; ABB 2007; Vacon 2012.)

| Toimenpiteet  | Taajuus     |
|---|-------------|
| Parametrien varmuuskopiointi, vikahistorian tarkistus, jäähdytuselementtien tarkistus ja puhdistus sekä jäähdytyspuhaltimien, suodattimien ja ympäristöolosuhteiden (pöly, korrosio, lämpötila) tarkistus. Johdotusten kiristysmomenttien pistokoeluontoinen tarkistus. | 1 vuosi     |
| Pääjäähdytyspuhaltimien, lisäpuhaltimien ja pölysuotimien vaihto.   | 3-7 vuotta  |
| Välipiirikondensaattorien vaihto.   | 5-12 vuotta |

Puhaltimien ja välipiirikondensaattoreiden vaihto on yleensä esitetty taajuusmuuttajien manuaaleissa yksityiskohtaisesti. Kaikki taulukossa 1 esitetyt huoltotoimenpiteet vaati-

vat laitteen jännitteettömyyden. Näin ollen huoltotoimenpiteitä voi suorittaa vain huoltoseisokkien aikana.

Edellisten lisäksi suuremmissa sähkökäyttöissä suositellaan kondensaattorien ja releiden ajoittaista tarkistusta. Myös kuitumittauksia tehdään suurimpiin linjakäyttöihin ja syklokonverttereihin. (ABB 2005; ABB 2007.)

Osa taajuusmuuttajavalmistajista suosittelee myös kaapelointien kiristystä vuosittain. Tulimme kuitenkin kuumavalssaamon kunnossapitosuunnitelman huoltotoimenpiteitä suunniteltaessa siihen tulokseen, että tämä työvaihe on viisainta suorittaa pistokoeluo-  
toisesti. Vuosittaisella kiristyksellä voi nimittäin olla ikäviä seurauksia, sillä ennen pitkään etenkin heikkovirtajohtimia kiristettäessä ne voivat katketa liittimissä.

Nestejäähdytteisten taajuusmuuttajien kunnossapito poikkeaa ilmajäähdytteisistä yksiköistä siten, että niissä ei ole vaihdettavia puhaltimia. Yleisohjeena jäähdytysjärjestelmä suositellaan puhdistettavaksi tiettyjen aikajaksojen kuluessa. Kuitenkaan tähän ei ole tarvetta, mikäli jäähdytysjärjestelmä on suljettu, jäähdytysnesteessä on glykolia ja inhibiittoria sekä inhibiittoria on säännöllisin väliajoin lisätty. (Palmunen 14.3.2014, sähköpostiviesti.)

#### 4.2 Taajuusmuuttajan huollon määräävät tekijät

Taajuusmuuttajan huoltotaajuuden kannalta on keskeistä millaiseen ympäristöön laite on sijoitettu sekä miten paljon sille on kertynyt käyttötunteja. Eritoten edellä mainittu vaikuttaa laitetuulettimen ja kondensaattoripariston elinikään. Joidenkin laitevalmistajien suositusten mukaan laitetuulettimen elinikä saattaa jopa puolittua, mikäli laite sijaitsee erityisen kuumassa tai likaisessa ympäristössä. Taajuusmuuttajien kondensaattoripariston kannalta ympäristön vaikutus on vielä kriittisempi. Erityisen lämpimässä tilassa sijaitseva sekä kovalla käytöllä olevan taajuusmuuttajan kondensaattoriparisto saattaa kulua loppuun jo kolmessa vuodessa. Kun taas pienellä käytöllä ihanneolosuhteessa noin 20°C asteen lämpötilassa kondensaattoriparisto saattaa kestää jopa 30 vuotta. (Ylijääskö 2006, 21.)

### 4.3 Varastoidut taajuusmuuttajat

Varastoidut taajuusmuuttajat tarvitsevat huoltoa siinä missä käytössä olevatkin taajuusmuuttajat. Taajuusmuuttajien kondensaattoriparisto tulee elvyttää tietyin väliajoin valmistajan ohjeiden mukaisesti. Varastointilämpötila tulisi olla  $-40\dots+70$  °C välillä sekä tilan suhteellinen kosteus  $< 95\%$ , jotta taajuusmuuttajaan ei pääse kondensoitumaan vettä. Taajuusmuuttajia ei kuitenkaan ole suositeltavaa varastoida pitkiksi ajoiksi. (VACON 2013, 15; Ylijääskö 2006, 23.)

### 4.4 Lämmönvaihdinyksikkö

Nestejäähdytteisiä taajuusmuuttajia käytettäessä tarvitaan lämmönvaihdinyksikkö sekä siihen liittyvät apulaitteet. Sekä lämmönvaihdin että apulaitteet tulee myös huoltaa asianmukaisella tavalla.

Vacon suosittelee ensiöpiirin jäähdytinnesteen vaihtoa viiden vuoden välein jäähdytysjärjestelmään eri yksiköistä irronneiden epäpuhtauksien kertymisen sekä korroosion estämisen vuoksi. (Vacon, Käyttöönotto- ja huolto-opas, 41.)

Muita säännöllisiä huoltotoimenpiteitä ovat paisunta-astian esipaineen tarkistaminen/lisääminen sekä kuukausitarkistus. Paisunta-astian esipaineen tarkastuksen taajuuteen vaikuttaa kumpaa esipaineistuskaasua on käytetty, ilmaa vai typpeä. Tarkistus on suoritettava typpeä käytettäessä 2 vuoden ja ilmaa käytettäessä vuoden välein. Kuukausitarkistus pitää sisällään yksikön silmämääräisen tarkistuksen vuotojen varalta, ensiöpiirin paineen tarkistuksen painemittarista, virtausmäärän tarkistuksen sekä lämpötilan tarkistuksen. (Vacon, Käyttöönotto- ja huolto-opas, 41.)

Kunnossapitosuunnitelmaa laatiessa sovittiin myös että lämmönvaihtimista otetaan 3 vuoden välein vesianalyysit laboratoriotutkimuksia varten, jotta saadaan selville, mikäli jäähdytysjärjestelmässä on epäpuhtauksia.

## 5 KUUMAVALSSAAMON TAAJUUSMUUTTAJAT

### ABB

Kuumavalssaamolla on ABB:n valmistamia Single Drive -taajuusmuuttajia yhteensä 28 kpl, ACS800 Multidrive -käyttöjä 2 kpl, ACS600 Multidrive -käyttöjä 1 kpl sekä ACS6000C -syklokonvertterikäyttöjä 7 kpl.

Single Drive -taajuusmuuttajista 12 kpl on ACS800, 5kpl ACS500, 2 kpl DCS500 -tasavirtakäyttöjä, 1 kpl ACS400 ja 1 kpl ACS300 -sarjaa.

ACS800 Multidrive -käytöt sisältävät 84 kpl huollettavaa taajuusmuuttajayksikköä. Yksiköistä kuusi kappaletta on vaihtolaitteita.

ACS600 Multidrive -käyttö sisältää moottorisillan, jarrusillan, DC-kuristimen ja 15 vaihtosuuntaajaa, joista 6 koostuu kolmesta vaihemoduulista ja yksi 12 vaihemoduulista. Huollettavia yksiköitä on siis 41 kpl.

ACS6000C -syklokonvertterikäyttöistä 5 kpl on nestejäähdytteisiä ja 2 kpl ilmajäähdytteisiä.

### Siemens

Kuumavalssaamolla on Siemensin valmistamia Simovert Masterdrives -taajuusmuuttajia yhteensä 50 kpl, joista viisi sijaitsee kuumavalssaamon varastoissa. Simovert 611 -servokäyttöjä on 5 kpl, Micromaster 440 -sarjan taajuusmuuttajia 2 kpl sekä Micromaster 3 -sarjaa 1 kpl.

### Vacon

Kuumavalssaamolla on Vaconin valmistamia NXP-sarjan taajuusmuuttajia 19 kpl, joista kaksi on kuumavalssaamon varastoissa. Nestejäähdytteisiä NXP-sarjan taajuusmuuttajia on puolestaan 6 kpl, NXS-sarjaa 2 kpl, NXI-sarjaa 6 kpl, NXA-sarjaa 1 kpl sekä CX-sarjaa 1 kpl.

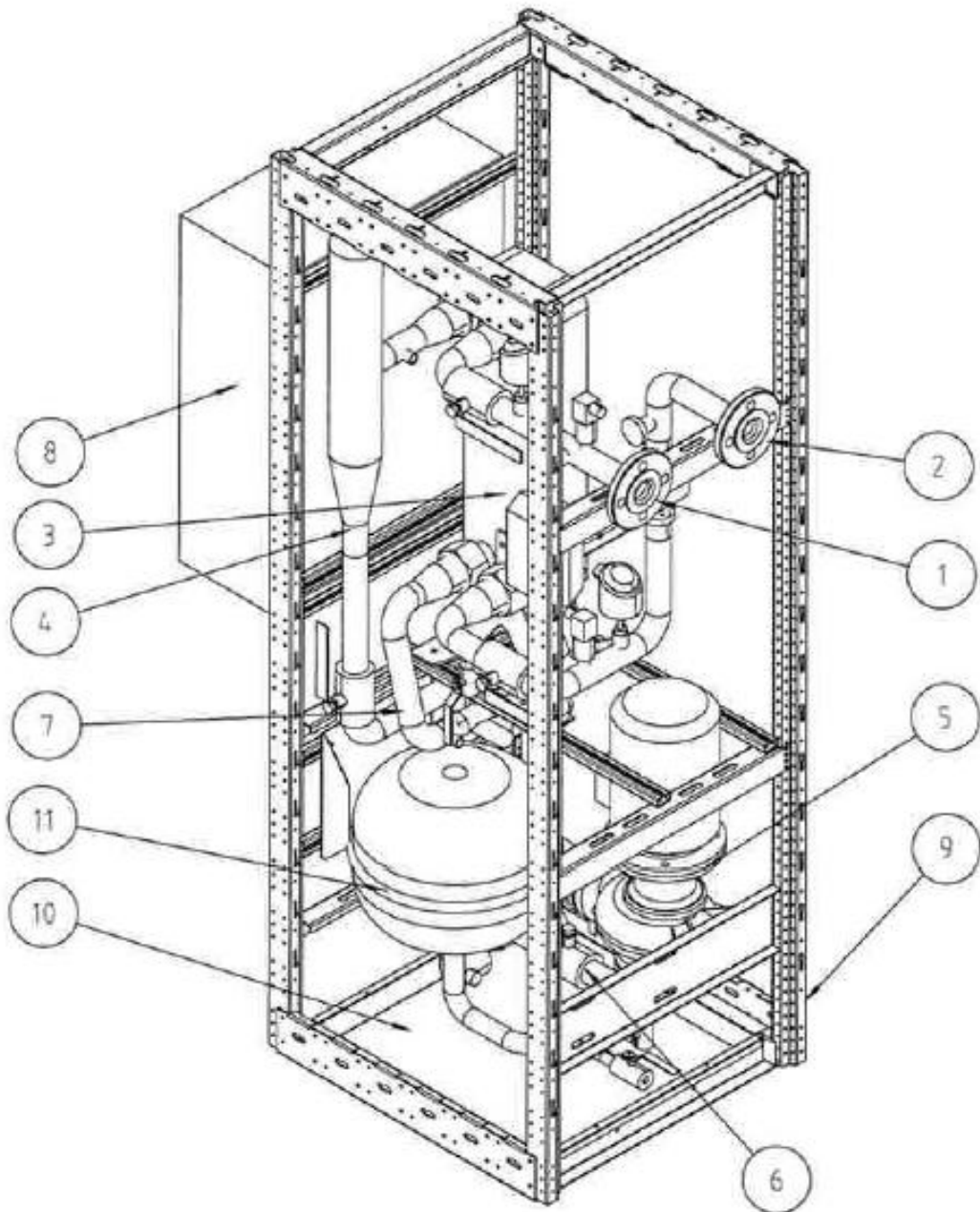
## Lenze

Kuumavalssaamolla on Lenzen valmistamia taajuusmuuttajia 3 kpl. Kaikki ovat mallia E82MV152-4B151. Yksi taajuusmuuttajista on vaihtolaiteyksikkö ja se sijaitsee kuumavalssaamon varastossa.



## 6 KUUMAVALSSAAMON LÄMMÖNVAIHDINYKSIKÖT

Kuumavalssaamon vedenkäsittelylaitoksella sijaitsee kaksi Vaconin HX40 jäähdytysyksikköä. Jäähdytysyksiköt ovat rinnakkain jäähdyttämässä vesilaitoksella sijaitsevia Vaconin NXP -sarjan nestejäähdytteisiä taajuusmuuttajia. Kuviossa 10 on esitetty Vaconin lämmönvaihdinyksikön osat.



**Kuvio 10. Vaconin HX40 lämmönvaihdinyksikkö**

Kuviossa 10 esitetyn HX40 lämmönvaihdinyksikön numeroidut pääosat on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Vaconin HX40 lämmönvaihdinyksikön osat

|    |                            |
|----|----------------------------|
| 1  | Ensiöpiirin tuloputkisto   |
| 2  | Ensiöpiirin lähtöputkisto  |
| 3  | Lämmönvaihdin              |
| 4  | Toisiöpiirin lähtöputkisto |
| 5  | Pumppu                     |
| 6  | Toisiöpiirin tuloputkisto  |
| 7  | Toisiöpiirin lähtöputkisto |
| 8  | Sähkökaappi                |
| 9  | Runko                      |
| 10 | Pohja/kaukalo              |
| 11 | Paineastia                 |

ACS6000C:n nestejäähdytteisissä syklokonverttereissa on keskuksiin sijoitetut ABB:n toimittamat lämmönvaihdinyksiköt.

## 7 ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMA

### 7.1 Taajuusmuuttajat ja lämmönvaihdinyksiköt

Taajuusmuuttajien ja lämmönvaihdinyksiköiden ennakkohuoltosuunnitelmat on pyritty laatimaan siten, että ne on helppo siirtää kuumavalssaamon kunnossapitojärjestelmään. Listaukset huoltotoimenpiteistä on laadittu tila- ja sähkötilakohtaisesti. Liitteitä on yhteensä 24 ja niiden sisältö on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Huoltotoimenpiteet alueittain

| Liite    | Tila/alue  |
|----------|--|
| Liite 1  | Aihoiden kuljetusvaunu (JEPPE)                               |
| Liite 2  | APU2:n sähkötila   |
| Liite 3  | APU2:n vedenkäsittelylaitos                                  |
| Liite 4  | EV:n sähkötila   |
| Liite 5  | EV:n sähkötila ABB ACS 6000C -käytöt                         |
| Liite 6  | EV:n sähkötila ABB ACS800 Multidrive                         |
| Liite 7  | FX:n sähkötila ABB ACS 6000C -käytöt                         |
| Liite 8  | Kelaimen sähkötila   |
| Liite 9  | Kelaimen sähkötila ABB ACS600 Multidrive                     |
| Liite 10 | Kelaimen sähkötila ABB ACS800 Multidrive                     |
| Liite 11 | Muualla sijaitsevat taajuusmuuttajat                         |
| Liite 12 | NV:n sähkötila   |
| Liite 13 | NV:n sähkötila ABB ACS6000C -käytöt                          |
| Liite 14 | Rulla-altaiden sähkötila                                     |
| Liite 15 | Valssihiomo, hiomanesteiden käsittely                        |
| Liite 16 | Valssihiomo, VHK1  |
| Liite 17 | Valssihiomo, VHK2  |
| Liite 18 | Valssihiomo, VHK3  |
| Liite 19 | Valssihiomo, VHK4  |
| Liite 20 | Varastot   |
| Liite 21 | Vedenkäsittelylaitos 1                                       |
| Liite 22 | Vedenkäsittelylaitos 2                                       |
| Liite 23 | Vedenkäsittelylaitos 2:n nestejäähdytteiset taajuusmuuttajat |
| Liite 24 | Vedenkäsittelylaitos 2:n lämmönvaihtimet                     |

Kuviossa 11 on esitetty liitteiden kaltainen esimerkki huolto-ohjelmista.

| Alue              |        |                   |            | Parametrien varmuuskopiointi, vikahistorian tarkistus, jäähdytyslaitteiden tarkistus ja puhdistus sekä jäähdytyspuhaltimien, suodatinten ja ympäristöolosuhteiden (pöly, korroosio, lämpötila) tarkistus. Johtousten kiristysmomenttien pistokoelunonoinen tarkistus. | Pääjäähdytyspuhaltimien, lisäpuhaltimien ja pölysuotimien vaihto. | Välipiirikondensaattorien vaihto. |     |
|-------------------|--------|-------------------|------------|---|---|-----------------------------------|-----|
| Nimi              | Keskus | Tyyppi            | Valmistaja | 1v  | 3v  | 6v                                | 12v |
| Taajuusmuuttaja 1 | K1234  | ACS604-0210-3     | ABB        | x   | x   |                                   | x   |
| Taajuusmuuttaja 2 | K1234  | ACS604-0210-3     | ABB        | x   | x   |                                   | x   |
| Taajuusmuuttaja 3 | K1234  | ACS601-120-3C1290 | ABB        | x   |   | x                                 | x   |
| Taajuusmuuttaja 4 | K1234  | ACS601-120-3C1290 | ABB        | x   |   | x                                 | x   |
| Taajuusmuuttaja 5 | K1234  | ACS601-120-3C1290 | ABB        | x   |   | x                                 | x   |

### Kuvio 11. Huolto-ohjelma

Esimerkki kunnossapitojärjestelmästä tulostetusta ennakkohuoltotyöstä on esitetty kuviossa 12.

**TYÖ**

990748352

21.03.2014

**OUTO  
KUMPU**

Sivu 1

|                        |   |                     |
|------------------------|---|---------------------|
| <b>Nimi</b>            | <b>K1062 ACS800 6-vuotinen ennakkohuolto</b>                            |                     |
| <b>Kuvaus</b>          | Katkaisijakentän ja tammujen tuulettimien sekä muistiparistojen vaihto. |                     |
|                        | Leskelä Tomi ma 01.07.2013 13:00<br>*****                               |                     |
| <b>Työohje</b>         | 3-EV-RR   | Rullaradat          |
| <b>Sijainti</b>        | 3-EV  | Etuvälssain         |
|                        | 3   | Kuumavälssaamo      |
| <b>Kustannuspaikka</b> |   | Etuvälssain         |
| <b>Kustannuslaji</b>   |   | Sähköautomaatiokäpi |
| <b>G/L Account:</b>    |   |                     |
| <b>Ilmoittaja</b>      | KUVA:n tabsta poistunut hlö   | Ilm.pvm 01.07.2013  |
| <b>Vastuukäpi</b>      |   |                     |
| <b>Kireellisyys</b>    |   |                     |
| <b>Työvaihe</b>        |   |                     |
| <b>Suunnitelmaspvm</b> |   |                     |
| <b>Suunnitelmaspvm</b> |   |                     |

### Kuvio 12. Ennakkohuoltotyö

Ennakkohuoltotyöstä käyvät ilmi työn nimi, kuvaus, työkohde, kustannuspaikka, kustannuslaji, ilmoittajan ja vastuuhenkilön tiedot, kiireellisyyskuvaus, työvaihe sekä suunniteltu aloitus- ja lopetuspäivämäärä.

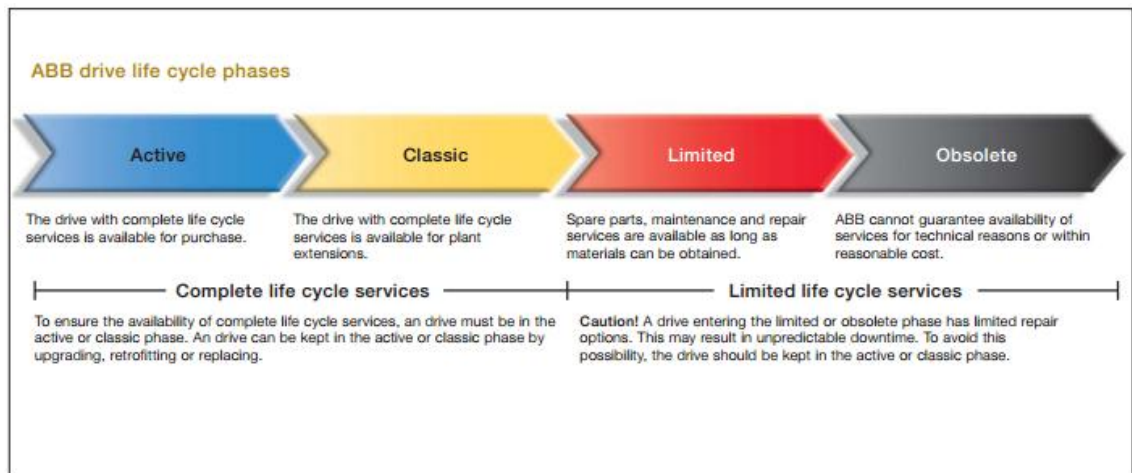
## 7.2 Varaosat ja tarvikkeet

Tarvittavat varaosat löytyvät pääpiirteittäin kunnossapitojärjestelmän osaluetteloista. Ennen huoltotoimenpiteitä työsuunnittelussa ilmenneistä puutteista on tavaraa tilatessa helppo laatia nimike kunnossapitojärjestelmään. Tällä hetkellä varaosaluetteloiden päivitysten vuoksi kaikkia osia ei löydy osaluetteloista. Näissä tapauksessa osien tyypit saa selvitettyä myös sähködokumenttien osaluetteloista.

## 8 ELINKAARIKARTOITUS

### 8.1 Taajuusmuuttajat

ABB jaottelee tuotteensa neljään elinkaarivaiheeseen. Vaiheet ovat active, classic, limited ja obsolete. ABB:n elinkaarivaiheet on esitetty kuviossa 13. (ABB:n www-sivut 2014, hakupäivä 12.3.2014.)



**Kuvio 13. ABB:n elinkaarivaiheet (ABB:n www-sivut 2014, hakupäivä 12.3.2014)**

Active-vaihe kestää aina tuotteen lanseerauksesta tuotannon päättymiseen, josta seuraa classic-vaihe. Tässä vaiheessa ABB antaa vielä täydet palvelut tuotetuen, huoltopalveluiden ja varaosasaatavuuden kannalta, vaikka itse tuotetta ei enää valmisteta. Laitteen siirtyessä limited-tilaan, varaosien saatavuus sekä kunnossapito- ja korjauspalvelut ovat saatavilla niin kauan, kuin niihin vaadittavat materiaalit ja varaosat ovat saatavilla. Tuotteen siirtyessä obsolete-tilaan ABB ei enää takaa palvelujen eikä varaosien saatavuutta. (ABB:n www-sivut 2014, hakupäivä 12.3.2014.)

Kuumavalssaamon ABB:n taajuusmuuttajien elinkaaren tarkastelussa kävi ilmi, että elinkaareltaan classic-vaiheessa ovat ACS607 ja ACS604 –taajuusmuuttajat, DCS501 tasavirtakäyttö sekä ACS600 Multidrive –käyttö. Obsolete-vaiheessa ovat puolestaan ACS601, ACS501, ACS401 sekä ACS301 taajuusmuuttajat. (ABB:n www-sivut 2014. Hakupäivä 12.3.2014.)

Siemensin valmistamista taajuusmuuttajista valtaosa on Simovert Masterdrive -sarjaa. Tämä sarja on siirtynyt Siemensin mukaan varaosatuotteeksi 1.10.2011. Siemens takaa

varaosasaatavuuden 1.10.2020 saakka. Myös Micromaster 3 -sarjan valmistus on päätynyt. (Siemensin www-sivut 2014. Hakupäivä 12.3.2014.)

Lenze on lopettanut E82MV152-4B151 –mallin sekä Vacon CX-sarjan valmistamisen. (Vaconin www-sivut 2014. Hakupäivä 17.3.2014; Lenzen www-sivut 2014. Hakupäivä 12.3.2014.)

## 8.2 Johtopäätökset ja toimenpiteet

Suurin osa kuumavalssaamon taajuusmuuttajista on varaosien saatavuudeltaan ja huollettavuudeltaan ajantasaista kalustoa. Yhteensä kuumavalssaamolla on 9 taajuusmuuttajaa, johon valmistaja ei takaa enää palveluita eikä varaosia. Näiden taajuusmuuttajien vaihto tulee mitä ilmeisimmin ajankohtaiseksi lähivuosina. Taulukossa 4 on esitetty kyseiset taajuusmuuttajat.

Taulukko 4. Vanhat taajuusmuuttajat

| Valmistaja | Tyyppi                 | Nimi                              | Keskus          |
|------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| ABB        | ACS601-120-3C1290      | -GF2201                           | Aihiojuna       |
| ABB        | ACS601-120-3C1290      | -GF2301                           | Aihiojuna       |
| ABB        | ACS601-120-3C1290      | -GF2401                           | Aihiojuna       |
| ABB        | ACS501-020-3-00P200000 | APU Välijäähdytin B-puoli         | KC237           |
| ABB        | ACS501-020-3-00P200000 | APU Välijäähdytin B-puoli         | KC237           |
| ABB        | ACS501-020-3-00P200000 | APU Välijäähdytin A-puoli         | KC236           |
| ABB        | ACS501-020-3-00P200000 | APU Välijäähdytin A-puoli         | KC236           |
| ABB        | ACS301-6P6-3           | Polymerointipumput P3407 ja P3408 | VK1:n sähkötila |
| Siemens    | 6SE3221-7DG40          | Hiomanest. Käsittely              | KR920           |

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyössä kartoitettiin kaikki Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon prosessin alaiset taajuusmuuttajat. Valtaosa taajuusmuuttajista on ilmajähdytteisiä mutta joukossa on myös muutama nestejäähdytteinenkin taajuusmuuttaja.

Taajuusmuuttajien ennakkohuollosta on niukasti kirjallisuutta taajuusmuuttajien manuaalien ja muiden laitetoimittajien dokumenttien lisäksi.

Koska kuumavalssaamon taajuusmuuttajia on runsaasti, tietojen selvittely ja tarkastus osoittautuivat oletettua työläämmiksi. Laitteisto on suhteellisen uutta, joten valmistajat takaavat valtaosalle taajuusmuuttajista vielä huolto- ja varaosapalveluita. Muutamien taajuusmuuttajien elinkaari on jo siinä vaiheessa, että valmistaja ei enää takaa laitteille edellä mainittuja palveluita.

Sain työnteon aikana paljon lisätietoa taajuusmuuttajista ja sähkökäyttöistä sekä niiden toiminnasta. Väistämättä tutustuin myös Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon prosessiin ja sen toimintaan. Mielestäni opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin ja työ onnistui varsin hyvin.



## LÄHTEET

- ABB 2001. ACS600 Multidrive, ACA 6xx –taajuusmuuttajat 3...4300 kW. Laiteopas.
- ABB 2005. ACS600 AC-käytöt, Ennakkohuolto-osasarjat. Palveluesite.
- ABB 2007. ACS800-teollisuuskäytöt, Ennakkohuolto-osasarjat. Palveluesite.
- ABB, ACS6000c Cycloconverter. Esite.
- ABB, Mikä taajuusmuuttaja on? 2008. Hakupäivä 27.1.2014.  
<<http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.aspx>>
- ABB:n www-sivut 2014. Hakupäivä 12.3.2014. <[www.abb.fi](http://www.abb.fi)>
- Erkinheimo, Harri & Käyhkö, Kalevi & Niemelä, Hannu & Pullola, Erkki & Saloriutta, Juha & Tuomainen, Martti 1997. Taajuusmuuttajat: käyttö, asennus, häiriöt, Tamperre: Tammer-Paino Oy.
- Hedman, Antti , Taajuusmuuttajat 2009. Hakupäivä 27.1.2014.  
<[http://cna.mikkeli.amk.fi/Public/KosonenH/s%C3%A4hk%C3%B6\\_ja\\_automaatio/Taajuusmuuttaja\\_ABB.pdf](http://cna.mikkeli.amk.fi/Public/KosonenH/s%C3%A4hk%C3%B6_ja_automaatio/Taajuusmuuttaja_ABB.pdf)>
- Hirvonen, Sampsa 2007. Taajuusmuuttajan vaihtaminen pakkaajarobottiin. Insinööriyö. Helsingin ammattikorkeakoulu, Helsinki.
- Hyytiä, Kalle 2012. Laivan sähköverkon simulointi. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Espoo.
- Kiiski, Tuomas 2013. Taajuusmuuttajien luotettavuus, huollettavuus ja kunnossapito teollisessa ympäristössä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.
- Lenzen www-sivut 2014. Hakupäivä 12.3.2014. <[www.lenze.com](http://www.lenze.com)>
- Outokummun www-sivut 2014, hakupäivä 29.1.2014. <<http://www.outokumpu.com>>
- Palmunen, Jaakko, myyntipäällikkö, kotimaan myynti, Vacon Plc. Sähköpostiviesti tomi.leskela@outokumpu.com 14.3.2014.
- Saarenpää, Jari 2006. Sähköteknisten laitteiden kunnossapidon kehittäminen sinkkitehtaalla. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Lappeenranta.
- Siemensin www-sivut 2014. Hakupäivä 12.3.2014. <[www.siemens.com](http://www.siemens.com)>
- VACON 2012. NXP 2012, Enhanced AC Drives, General instructions service manual. Yleiset ohjeet.
- VACON 2013. NX – Taajuusmuuttajat 2013. Käyttöohje.
- Vacon, Käyttöönotto- ja huolto-opas. HXL040-jäähdytysyksikkö. Käyttöohje.
- VACON NX – Taajuusmuuttajat. All in one –sovellusopas.
- Vaconin www-sivut 2014. Hakupäivä 17.3.2013. <[www.vacon.fi](http://www.vacon.fi)>

Valtonen, Mikko. Nestejäähdytys on hyvä ratkaisu. Hakupäivä 29.1.2014.  
<<http://www.vem.fi/toimialaratkaisut/kaivisteollisuus/nestejaahdytys-on-hyva-ratkaisu>>

Ylijääskö, Ilpo 2006. Taajuusmuuttajien ennakkohuoltosuunnitelma. Opinnäytetyö.  
Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Kemi.

## LIITTEET

- Liite 1. Aihoiden kuljetusvaunu (JEPPE)
- Liite 2. APU2:n sähkötila
- Liite 3. APU2:n vedenkäsittelylaitos
- Liite 4. EV:n sähkötila
- Liite 5. EV:n sähkötila ABB ACS 6000C -käytöt
- Liite 6. EV:n sähkötila ABB ACS800 Multidrive
- Liite 7. FX:n sähkötila ABB ACS 6000C -käytöt
- Liite 8. Kelaimen sähkötila
- Liite 9. Kelaimen sähkötila ABB ACS600 Multidrive
- Liite 10. Kelaimen sähkötila ABB ACS800 Multidrive
- Liite 11. Muualla sijaitsevat taajuusmuuttajat
- Liite 12. NV:n sähkötila
- Liite 13. NV:n sähkötila ABB ACS6000C -käytöt
- Liite 14. Rulla-altaiden sähkötila
- Liite 15. Valssihiomo, hiomanesteiden käsittely
- Liite 16. Valssihiomo, VHK1
- Liite 17. Valssihiomo, VHK2
- Liite 18. Valssihiomo, VHK3
- Liite 19. Valssihiomo, VHK4
- Liite 20. Varastot
- Liite 21. Vedenkäsittelylaitos 1

- Liite 22. Vedenkäsittelylaitos 2
- Liite 23 Vedenkäsittelylaitos 2:n nestejäähdytteiset taajuusmuuttajat
- Liite 24 Vedenkäsittelylaitos 2:n lämmönvaihtimet