



# **TAAJUUSMUUTTAJAN ELINKAA- REEN HALLINTA**

Lassi Kotiranta

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2015  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka

KOTIRANTA, LASSI:  
Taajuusmuuttajan elinkaaren hallinta

Opinnäytetyö 42 sivua, joista liitteitä 5 sivua  
Huhtikuu 2015

---

Opinnäytetyö tehtiin Tampereen Energiantuotanto Oy:n Naistenlahden voimalaitokselle. Työn tavoitteena oli tehdä Naistenlahti 2 -voimalaitoksen taajuusmuuttajien elinkaaren hallinta. Suunniteltua elinkaaren hallintaa pyritään soveltamaan muihin laitteistoihin samalla tavalla kuin sitä sovelletaan taajuusmuuttajiin.

Työssä käsiteltiin taajuusmuuttajaa laitteena yleisesti sekä tutkittiin ABB:n ja Vaconin valmistamia taajuusmuuttajia. Näiden kahden valmistajan taajuusmuuttajia tutkitaan laitteiden elinkaaren, elinkaaripalveluiden ja huollon osalta.

Elinkaariajattelussa pyritään ymmärtämään ja hallitsemaan laitteen valmistuksen ja käytön kokonaisvaikutuksia koko laitteen elinkaaren ajan. Elinkaariarvio alkaa laitteen suunnitteluvaiheessa ja loppu, kun laite poistetaan käytöstä. Tässä työssä selvitettiin taajuusmuuttajan käytön aikaista elinkaarta.

Työssä tarkasteltiin elinkaarivaiheesta toiseen siirtymisen ajankohtia sekä tehtiin selkeä huoltotaulukko, josta ilmenee tulevan huollon ajankohta ja tehtävä työ. Laitteistojen elinkaari jakautuu kolmeen eri vaiheeseen ja ne on nimetty niin, että niitä voidaan hyödyntää kaikissa laitteistoissa. Ensimmäisessä vaiheessa valmistajan laitteisto on sarjatuotannossa. Toisessa vaiheessa valmistaja on lopettanut laitteiston sarjatuotannon, mutta varaosien valmistamista laitteistoille jatketaan. Viimeisessä vaiheessa valmistajan laitetuki laitteistolle on päättynyt.

Tampereen Energiantuotanto Oy sai opinnäytetyöstä taulukoidun listan tulevien taajuusmuuttajahuoltojen, elinkaarivaiheesta toiseen siirtymisen ja uusimisen ajankohdista. Taulukkoa voidaan soveltaa muihin laitteistoihin elinkaarivaiheesta toiseen siirtymisen ja laitteistojen uusimisen ajankohtien osalta viemällä ne työnhallintaohjelmistoon.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical Engineering  
Option of Electrical Power Engineering

**KOTIRANTA, LASSI:**  
Life Cycle Management of Frequency Converters

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 5 pages  
April 2015

---

The thesis was made for Tampereen Energiantuotanto Ltd. powerplant in Naistenlahti. The purpose of the thesis was to make a life cycle management for frequency converters at Naistenlahti 2 powerplants. The aim is to apply the designed life cycle to other installations in the same way as it is applied to frequency converters.

The thesis addresses frequency converters as a machine in general but also studies the frequency converters produced by ABB and Vacon. From these two producers the life cycle of their products, their life cycle services and maintenance were studied particular.

The aim in life-cycle thinking is to understand and control the manufacturing and use of the devices' overall impact throughout its life cycle. Life cycle assessment begins in the design stage and ends when the device is taken out of use. In this work the period when the frequency converter is used has been researched.

In the thesis the point in time of transition to different phase in the life cycle was studied. Also a clear maintenance chart that states the date and the needed work of the next maintenance was made. The life cycle of the installations is in three phases and they are named so that they can be used in all installations. In the first phase the manufacturer's installation is in serial production. In the second phase the manufacturer has ended the serial production of installations, but the production of spare parts for the installations is continued. In the final phase the manufacturer's hardware support for the installations has ended.

Tampere Energiantuotanto Ltd. got a charted list of the future maintenance, transitions in life cycle phases and renewal dates from thesis. The chart, concerning the transitions in life cycle phases and renewal dates, can be applied to other installations by using a labor management software.

---

Key words: frequency converter, life cycle management, maintenance

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	NAISTENLAHDEN VOIMALAITOS.....	8
	2.1 Naistenlahti 1 .....	8
	2.2 Naistenlahti 2 .....	8
	2.3 Ohjattavat prosessit voimalaitoksessa .....	9
3	LAITTEISTON ELINKAARI.....	10
	3.1 Taajuusmuuttajan elinkaari .....	10
	3.2 Elinkaaren ylläpito .....	13
4	TAAJUUSMUUTTAJA.....	15
	4.1 Taajuusmuuttajan toimintaperiaate.....	16
	4.1.1 Tasasuuntaaja .....	17
	4.1.2 Välipiiri .....	17
	4.1.3 Vaihtosuuntaaja.....	18
	4.1.4 Ohjaus-/säätöpiiri .....	18
	4.1.5 Taajuusmuuttajan jarrutukset .....	19
	4.2 Taajuusmuuttajan mitoitus.....	20
	4.2.1 Pumppu- ja puhallinkäyttö .....	21
	4.2.2 Vakiomomenttikäyttö.....	22
	4.2.3 Vakiotehokäyttö .....	22
	4.3 Taajuusmuuttajan EMC vaatimukset.....	22
	4.4 Taajuusmuuttajan asennus ja asennuspaikan vaatimukset.....	23
5	Naistenlahden taajuusmuuttajat.....	25
	5.1 Taajuusmuuttajien huoltovälit ja uusimiset .....	25
	5.1.1 Naistenlahden taajuusmuuttajien huoltovälit .....	26
	5.1.2 Korvaavan taajuusmuuttajan etsiminen .....	28
	5.1.3 Ohjelmistotyökalu taajuusmuuttajan uusimiseen.....	28
	5.1.4 Valmistajien manuaalit ja tiedotteet.....	30
	5.2 NSL:n taajuusmuuttajien elinkaari .....	30
	5.3 Taajuusmuuttajien vertailu .....	31
	5.3.1 ABB:n elinkaaripalvelut.....	31
	5.3.2 Vacon:n taajuusmuuttajien elinkaaripalvelut.....	32
	5.3.3 Hyödyntäminen muihin laitteistoihin.....	33
6	Pohdinta.....	34
	LÄHTEET.....	35
	LIITTEET .....	37
	Liite 1. ABB:n taajuusmuuttajan vuositiedote .....	37

Liite 2. Taajuusmuuttajan kierrätysohjeet .....	38
Liite 2.1. Taajuusmuuttajan kierrätysohjeet .....	39
Liite 2.2. Taajuusmuuttajan kierrätysohjeet .....	40
Liite 2.4. Taajuusmuuttajan kierrätysohjeet .....	41
Liite 3. Taajuusmuuttajan modernisointi.....	42

**LYHENTEET JA TERMIT**

NSL1	Naistenlahden voimalaitos 1
NSL2	Naistenlahden voimalaitos 2
MW	megawatti
GWh	gigawattitunti
UDC+	tasajännite liitin positiivien
UDC-	tasajännite liitin negatiivinen
kW	kilowatti
kV	kilovoltti

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Tampereen Energiantuotanto Oy ja työ tehtiin Naistenlahden voimalaitokseen. Työn tavoitteena oli luoda systematiikka laitteistojen elinkaaren hallinnalle ja luoda esimerkkinä Naistenlahti 2:n taajuusmuuttajille elinkaaren hallinta. Esimerkkiä hyväksi käyttäen on tarkoitus soveltaa elinkaaren hallintaa myös muille Tampereen Energiantuotanto Oy:n laitteistoille. Työn tarkoituksena on parantaa elinkaaren hallintaa ja auttaa ennakoimaan tulevia investointeja. Eliniän hallinta on tehty Microsoft Excel ohjelmistolla, josta se siirretään Microsoft Solax ohjelmistoon. Microsoft Solax ohjelmisto on huolto- ja kunnossapito palveluiden hallintaa helpottava ohjelma.

Taajuusmuuttajan elinkaaren hallinnassa on otettava huomioon taajuusmuuttaja valmistajien sille antamat elinkaariluokka. Elinkaariluokasta selviää mitä tuotetukien saataavuus ja valmistajan tarjoamat palvelut eri elinkaarivaiheessa.

Tunnetuinpa taajuusmuuttaja valmistajia ovat Siemens, Danfoss, Mitsubishi, Yaskawa, Omron, Vacon ja ABB. Näistä suomessa toimivat ABB ja Vacon. Tässä työssä tutustutaan ABB:n ja Vacon Oy:n valmistamiin taajuusmuuttajien elinkaaren ja niiden elinkaaren eri vaiheisiin.

## 2 NAISTENLAHDEN VOIMALAITOS

Tampereen Energiantuotanto Oy:n Naistenlahden voimalaitos koostuu kahdesta voimalaitosyksiköstä Naistenlahti 1 ja Naistenlahti 2.

### 2.1 Naistenlahti 1

NSL 1 on valmistunut vuonna 1971 jolloin sen pääpolttoaineena toimi öljy. Vuonna 1982 Naistenlahti 1:seen tehtiin polttoainemuutos jolloin öljyn sijaan polttoaineeksi tuli jyrsinturve. Viimeisin muutos NSL 1:seen on modernisointi vuonna 2000 jolloin se muutettiin kombilaitokseksi, jonka pääpolttoaine on maakaasu. NSL 1:n sähköteho on 129 MW ja lämpöteho on 144 MW. (Tampereen sähkölaitos, 2015).

### 2.2 Naistenlahti 2

NSL 2 on valmistunut vuonna 1977 ja sen pääpolttoaineena käytettiin jyrsinturvetta. Vuonna 1998 on tehty modernisointi, jossa polttotekniikka muutettiin kerrosleijupolttotekniikaksi. Modernisoinnin myötä NSL 2:ssa voidaan käyttää polttoaineina turvetta, puuta, kaasua ja öljyä. NSL 2:n sähköteho on 60 MW ja lämpöteho 120 MW. (Tampereen sähkölaitos, 2015).

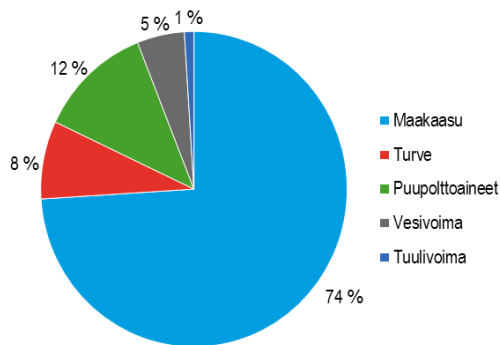
TAULUKKO 1. Sähkön ja lämmöntuotanto, lukuina. (Tampereen sähkölaitos, 2015).

Energiantuotanto (GWh)	Sähkö (brutto)		Kaukolämpö	
	2013	2012	2013	2012
Naistenlahti 1	523	419	630	572
Naistenlahti 2	267	334	611	733
Lielähti	371	414	492	560
Vesivoimalaitokset	53	86,5		
Lämpökeskukset			451	540
<b>Yhteensä</b>	<b>1214</b>	<b>1254</b>	<b>2184</b>	<b>2405</b>

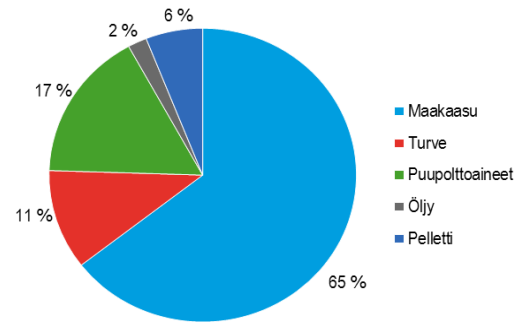
Taulukosta 1 nähdään Tampereen energiantuotannon kaikkien voimalaitoksien tuottama sähkö ja kaukolämpö.



Kuvassa 1 on sähköntuotannon ja kuvassa 2 on kaukolämmöntuotannon energialähteiden osuudet vuonna 2013. Käytetyin energialähde sähköntuotannossa, että kaukolämmön tuotannossa oli maakaasu.



KUVA 1. Sähköntuotannon energialähteet.  
(Tampereen sähkölaitos, 2015).



KUVA 2. Kaukolämmöntuotannon energialähteet.  
(Tampereen sähkölaitos, 2015).

### 2.3 Ohjattavat prosessit voimalaitoksessa

Naistenlahden voimalaitoksella taajuusmuuttajia käytetään paljon pumppu-, kuljetin- ja purkausruuvien ohjaamiseen. Pumppu sovelluksissa olevat taajuusmuuttajat vaihtelevat pienen teholuokan kemiakaalipumppujen ohjaamisesta aina ison teholuokan kaukolämpö meno- ja paluu pumppujen ohjaukseen.

Naistenlahdessa sijaitsevat kuljettimet ovat polttoaineen syöttökuljettimia, sekä näytteenottokuljettimia. Kuljettimista turve siirtyy purkausruuveille, jotka siirtävät polttoaineen kattilalle.

### 3 LAITTEISTON ELINKAARI

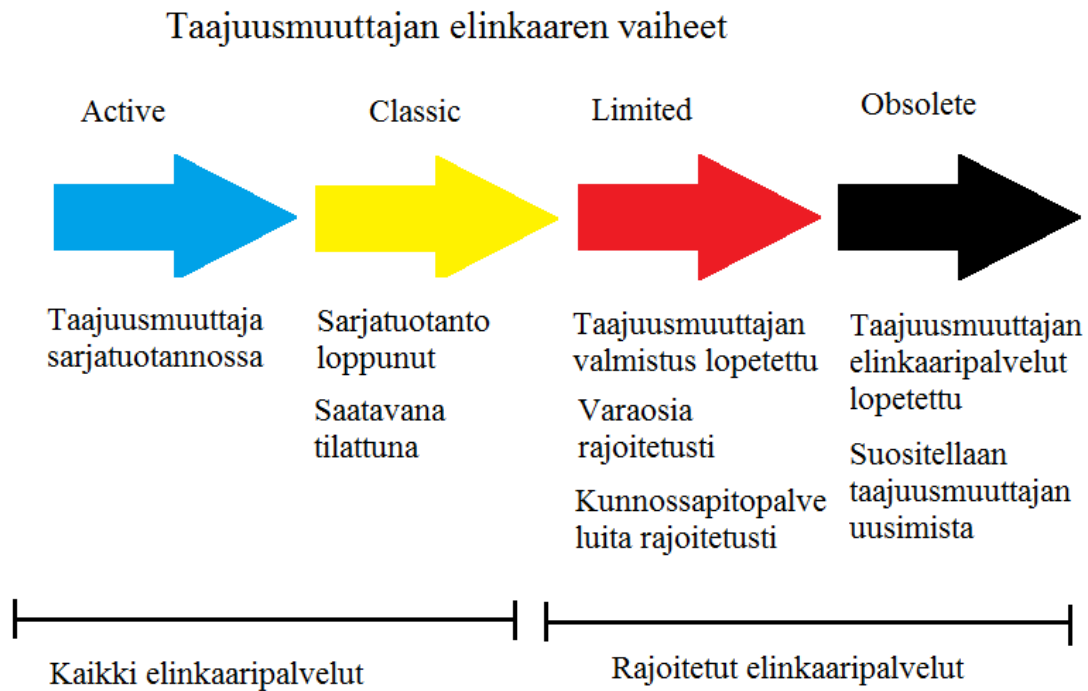
Elinkaari ajattelun periaatteena on ymmärtää ja hallita tuotteen valmistuksen ja käytön kokonaisvaikutukset koko sen eliniän ajan. Laitteiston käytön aikaisessa elinkaaressa, valmistajan tarjoamat palvelut pidentävät laitteiston elinikää. Valmistajan elinkaarta pidentäviä toimia on esimerkiksi huolto- ja kunnossapitopalvelut, varaosien valmistaminen, modernisointipalvelut, sekä tietopalvelut. Elinkaaren seuraamisella ja ymmärtämisellä pystytään auttamaan päätöksenteossa laitteen uusimista varten. Tarkan elinkaariviarvion tekeminen on melko työläs toteuttaa, jonka takia tässä työssä keskitytään vain taajuusmuuttajan elinkaaren sen käyttöiän aikana. (Mäkipää, netPLM -projektin loppuraportti, 2013).

Laitteiston elinkaari alkaa sen suunnitteluvaiheesta ja loppuu kun laitteisto poistetaan käytöstä. Eri valmistajilla on omat elinkaaret laitteistoilleen. Yleensä laitteistojen paras käyttöikä on sen elinkaaren keskivaiheessa ja vähän sen jälkeen. Silloin käyttöönoton jälkeiset viat on huomattu, eikä laitteiston vanhenemisestä johtuvia vikoja ole vielä syntynyt.

#### 3.1 Taajuusmuuttajan elinkaari

Taajuusmuuttajan elinkaari on n. 15 – 20 vuotta riippuen prosessista, ympäristöolosuhteista, sekä taajuusmuuttajien elektroniikan kehittymisestä. Elinkaareen vaikuttava tekijä joka on syytä huomioida, on taajuusmuuttajan prioriteetti prosessissa. Korkeamman prioriteetin laitteilla elinkaari saattaa loppua jo ennen kun varaosien saanti on lopetettu, kun taas matalamman prioriteetin laitteilla voidaan mennä niin pitkälle kun laite lopullisesti hajoaa eikä varaosia ole saatavissa. Oikeissa ympäristöolosuhteissa ja oikein asennettuna taajuusmuuttaja ei tarvitse juuri ollenkaan huoltotoimenpiteitä. Tässä työssä tutustutaan kahden eri valmistajan elinkaari luokkaan ja kerrotaan mitä mikäkin vaihe työympäristössä merkitsee.

ABB taajuusmuuttajien elinkaari on kuvattu neljällä eri vaiheella.



KUVA 3. ABB:n taajuusmuuttajien elinkaari. (Ratavaara, 2011, s. 24).

ABB:n valmistamien taajuusmuuttajien elinkaaren vaiheet on nähtävissä kuvassa 3. Active, Classic, Limited ja Obsolete ovat vaihteita, joita ABB käyttää laiteidensa elinkaaren kuvaamiseksi.

Useasti valmistajat antavat tietoja taajuusmuuttajiensa elinkaarenvaiheesta, sekä ennusteen seuraavaan vaiheeseen siirtymisen ajankohdasta. Eri elinkaarivaiheessa on omat huoltotoimet ja kunnossapitotoimet. Tietyin väliajoin tehtävillä ylläpitävillä huolto/kunnossapitotoimilla saadaan varmistettua taajuusmuuttajan arvon säilyminen koko sen eliniän ajan.

Active -vaihe tarkoittaa taajuusmuuttajan kohdalla sitä, että kyseinen malli on sarjatuotannossa ja sille tehdään jatkuvaa tuotekehitystä. Active-vaihe kestää yleensä noin 5-10 vuotta riippuen mallin menestyksestä markkinoilla. Active-vaiheessa taajuusmuuttajalla on täysituotetuki, valmistaja tekee jatkuvaa kehitystyötä ja päivityksiä on saatavilla. (ABB drive life cycle management, 2012).

Kun taajuusmuuttajan sarjatuotanto lopetetaan alkaa Classic-vaihe ja se kestää tyypillisesti 7-10 vuotta. Classic-vaiheessa tuotteella on edelleen täysi tuotetuki eli tuotteeseen on saatavilla kaikki mahdolliset varaosat, korjauspalvelut ja päivityspaketit. Classic-vaiheessa yleensä tehdään taajuusmuuttajalle ensimmäinen suurempi määräaikaishuolto, jossa vaihdetaan taajuusmuuttajan puhallin sekä mahdollisesti kondensaattorit. Kondensaattorit vaihdetaan vain siinä tapauksessa, mikäli on ilmaantunut kondensaattoreiden varaoskyvyn heikkenemistä, eivätkä ne mahdollisesti pysty enää toteuttamaan tehtävänsä tulevaisuudessa.

Valmistajalla on tuotteen manuaalissa huoltotaulukko, josta ilmenee kuinka usein tietyt taajuusmuuttajan osat olisi syytä vaihtaa sekä mitä toimenpiteitä huollossa vaaditaan, jotta se parantaa tuotteen elinikää. Jokaisen mallin manuaalissa on kyseisen taajuusmuuttajan huolto-ohje. Säännöllisellä huollolla saadaan taajuusmuuttajan arvo säilymään sekä sen elinikää kasvatettua. Classic-vaiheessa taajuusmuuttajan valmistaja julkaisee joka vuosi tiedotteen, jossa ilmenee tarkemmin laitteelle saatavista palveluista, varaosista sekä niiden loppumisajankohdan. Tiedotteen avulla valmistaja pystyy auttamaan asiakkaastaan varautumaan hankkimaan varaosia varastoon esimerkiksi taajuusmuuttajan puhaltimia.

Limited-vaiheessa tuotetuki on päättynyt eikä tuotetta enää valmisteta. Varaosia ja huoltopalvelu toimivat vielä niin kauan kuin komponentteja on varastossa tai muuten saatavilla. Limited-vaihe kestää tyypillisesti noin kolme vuotta. Limited-vaiheessa valmistaja suosittelee laitteistojen uusimista varsinkin tärkeissä prosesseissa joissa käyttökatko voisi aiheuttaa suurempaa vahinkoa. Ennen Obsolete-vaiheeseen siirtymistä valmistaja ilmoittaa tiedotteessa vielä viimeisien varaosien saatavuuden sekä niiden arvioidun loppumisajankohta.

Obsolete-vaiheessa tuotteen valmistaminen on lopetettu kokonaan eikä sille ole enään saatavilla kunnossapito palveluita. Varaosia on vielä Obsolete-vaiheessa saatavilla niin kauan kuin varastossa niitä on tai jostain muualta saadaan hankittua. Yleisesti taajuusmuuttajan tukipalvelut kestävät yli 20 vuotta. Elinkaarimallin ja valmistajan tiedotteiden avulla käyttäjä pysyy tietoisena taajuusmuuttajansa sen hetkisestä vaiheesta, saatavista palveluista, varaosista yms. (ABB, 2012)

### 3.2 Elinkaaren ylläpito

Ylläpito alkaa jo taajuusmuuttajan asennusvaiheesta alkaen ja jatkuu huolloilla koko sen eliniän ajan. Laitetta mekaanisesti asennettaessa täytyy huolehtia, ettei pölyä tai mitään vieraita esineitä pääse laitteen sisälle. Sähköä johtava pöly laitteen sisällä saattaa vahingoittaa laitetta tai aiheuttaa laitteelle ylimääräisiä toimintahäiriöitä. Asennettavasta tilasta tulee tarkistaa, että taajuusmuuttajalle asetetut jäähdytys vaatimukset täyttyvät. Taajuusmuuttajan mukana tulevassa käyttöohjeissa on tarkistuslista ja ohjeet oikeaoppisesta taajuusmuuttajan käyttöönotosta. Tällä tavoin voidaan varmistaa, ettei asennusvaiheessa tapahdu mitään, joka voisi estää taajuusmuuttajan toimintaa ja vaikuttaa taajuusmuuttajan elinikään. (ABB ACS800, 2013).

Huoltovälit vaihtelevat eri taajuusmuuttajan mallista riippuen. Huoltotöitä kuten myös asennuksen saa tehdä vain valtuutettu sähköalan ammattilainen. Useimmiten teollisuudessa taajuusmuuttajan valmistajalta tulee asentajat, jotka hoitavat tämän.

Ennen kuin huoltotyöt voivat alkaa täytyy taajuusmuuttajalta katkaista jännitteet ja antaa tasajännitevälipiirien kondensaattoreiden purkaa jännitteensä. Moottorin ja moottorikäsitteilyn voi aloittaa kun kondensaattorin on annettu purkautua vähintään 5 minuuttia. Yleismittarilla tulee varmistaa, että taajuusmuuttajan tulovaiheiden ja rungon välinen jännite on nolla ja liittimien UDC+ ja UDC- ja rungon välinen jännite on 0 voltia tai lähellä sitä. (ABB ACS800, 2013).

Oikein asennettuna ja oikeassa ympäristössä olevaa taajuusmuuttajaa ei tarvitse usein huoltaa. Taulukoissa 2 on esiteltynä taajuusmuuttajille tehtäviä huoltoja, niiden huoltovälit ja ohjeet mitä huollossa tulisi tehdä taajuusmuuttajalle.

TAULUKKO 2. Taajuusmuuttajan huolto, huoltovälit ja ohjeet. (ABB ACS800, 2013).

Väli	Huolto	Ohje
Vuosittain, jos taajuusmuuttajaa pidetään varastossa	Kondensaattorien elvytys	<i>Kondensaattorien elvytys</i>
Vuosittain	IP54-ilmansuodattimen vaihto	<i>Ilmansuodattimien tarkastaminen ja vaihtaminen</i>
	IP42-ilmansuodattimen tarkistus ja vaihto, jos tarpeen	
	IP22-ilmansuodattimen tarkistus ja vaihto, jos tarpeen	
	Puhtauden tarkistus	<i>Jäähdytyslementti</i>
6 vuoden välein	Kaapin jäähdytyspuhaltimen vaihto (runkokoot R5 ja R6)	<i>Kaapin puhaltimien vaihtaminen (R5 ja R6)</i>
6 vuoden välein	Kaapin jäähdytyspuhaltimen vaihto (runkokoko R8)	<i>Kaapin puhaltimien vaihtaminen (vain runkokoko R8)</i>
6 vuoden välein	Kaapin katossa olevan jäähdytyspuhaltimen vaihto (runkokoot R7 ja R8)	<i>Lisäpuhaltimen vaihtaminen (vain runkokokojen R7 ja R8 IP22- ja IP42-laitteet, joissa on kaapelointi alakautta)</i>
6 vuoden välein	Kaapin alaosassa olevan jäähdytyspuhaltimen vaihto (runkokoot R7 ja R8)	<i>Lisäpuhaltimen vaihtaminen (vain runkokokojen R7 ja R8 IP22- ja IP42-laitteet, joissa on kaapelien tulo ylhäältä ja lähtö alhaalta, tulo alhaalta ja lähtö ylhäältä tai koko kaapelointi yläkautta)</i>
Väli	Huolto	Ohje
6 vuoden välein	Jarruvastuskentän (1xSAFUR ja 2xSAFUR) puhaltimen (lisävaruste +D151) vaihto Du/dt-suotimen puhaltimen (lisävaruste +E205) vaihto ACS800-07-0120-3- ja ACS800-07-0140-5-laitteissa	-
6 vuoden välein	IP54- ja IP54R-puhaltimien vaihto (lisävaruste +B055 ja lisävaruste +B059) (runkokoot R6, R7 ja R8)	<i>IP54-puhaltimen (UL-tyyppi 12) vaihtaminen runkokoossa R6 (lisävaruste +B055 ja +B059) tai IP54-puhaltimen (UL-tyyppi 12) vaihtaminen runkokoossa R7 tai R8 (lisävaruste +B055 ja +B059)</i>
6 vuoden välein	Taajuusmuuttajamoduulin jäähdytyspuhaltimen vaihto (runkokoot R5 ja R6)	<i>Taajuusmuuttajamoduulin puhaltimen vaihtaminen (R5 ja R6)</i>
6 vuoden välein	Taajuusmuuttajamoduulin jäähdytyspuhaltimen vaihto (runkokoko R7)	<i>Taajuusmuuttajamoduulin puhaltimen vaihtaminen (R7)</i>
6 vuoden välein	Taajuusmuuttajamoduulin jäähdytyspuhaltimen vaihto (runkokoko R8)	<i>Taajuusmuuttajamoduulin puhaltimen vaihtaminen (R8)</i>
9 vuoden välein	Kondensaattorin vaihto	<i>Kondensaattorit</i>

Taulukosta 2 nähdään että jäähdytyspuhaltimen vaihdolle on annettuna tälle mallille vaihdettavaksi kuuden vuoden välein. Pienemmän teholuokan taajuusmuuttajissa kuitenkin suositellaan vaihtamaan kolmen vuoden välein. Jäähdytyspuhaltimeen elinikään vaikuttaa huomattavasti puhaltimen käyttötunnit, ympäristön lämpötila ja pölyisyys. Vaconin valmistamilla taajuusmuuttajilla on lähes samat huoltovälit ja toimet kuin ABB:n valmistamilla taajuusmuuttajilla.

Taajuusmuuttajan ollessa elinkaarensa lopussa on järkevää alkaa miettimään, onko huollosta saatava elinkaaren kasvu riittävä kustannuksiin nähden vai olisiko järkevintä investoida suoraa korvaavaan taajuusmuuttajaan.

## 4 TAAJUUSMUUTTAJA

Taajuusmuuttajien valmistaminen on aloitettu Tanskassa 60-luvun lopussa. Ensimmäisten taajuusmuuttajien tehoalue oli aluksi 10 - 30 kW ja niiden fyysinen koko oli huomattavasti suurempi kuin nykyään. Taajuusmuuttajien pääasiallinen käyttökohde on kolmivaiheisten oikosulkumoottorien pyörimisnopeuden säätäminen. Taajuusmuuttajien myötä teollisuuden tasavirtamoottorit ovat vaihtuneet vaihtovirtamoottoreihin. (Mäkinen & Kallio, 2004).

Taajuusmuuttajassa käytettävät jännitteet ovat yleensä 230 - 690 voltia teollisuuden oikosulkumoottorien jännitetason mukaan. Suurissa teollisuusprosesseissa saatetaan myös käyttää 2,3 - 11 kV:n taajuusmuuttajia. Valtaosa taajuusmuuttajista kuitenkin valmistetaan jännitealueelle 230 - 690 V.

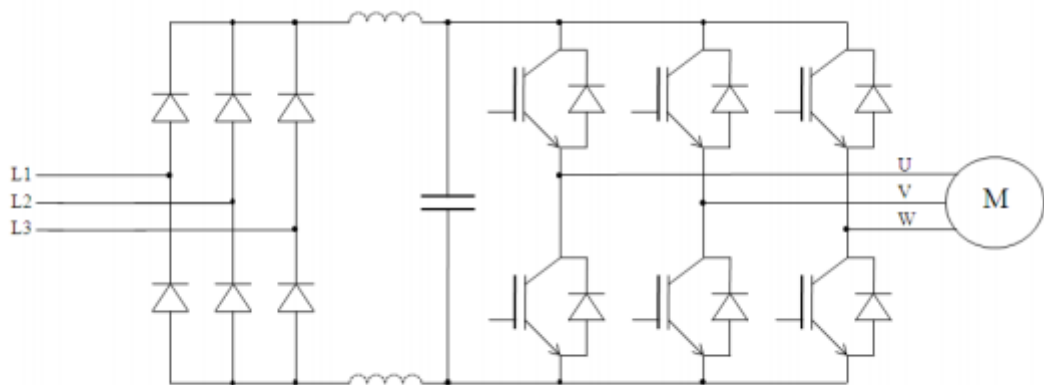
Nykyaikaisilla taajuusmuuttajilla on monipuoliset säätö- ja ohjaustoiminnot, jotka käyttäjä voi itse asetella. Taajuusmuuttajalla saadaan myös ohjauksen lisäksi suojaustoimenpiteitä kuten ylikuormitukselta ja jumitilanteista syntyviltä häiriöiltä. Käyttöönottovaiheessa taajuusmuuttajalle asetetaan ohjattavan sähkömoottorin tai sähkökoneen tiedot, joita esimerkiksi on nimelliskoosteus, jännite, teho ja taajuus. Tyypillisesti taajuusmuuttajalla syötetään yhtä taajuusmuuttajaa, mutta taajuusmuuttajalla on mahdollista ohjata useampaa sähkömoottoria, jolloin puhutaan monimoottorikäytöstä. (Hietalahti, 2013).

Taajuusmuuttajat ovat selkeästi tehokkain tapa moottorinopeuden ohjaamiseen, verrattuna muihin moottorin ohjaukseen käytettyihin menetelmiin. Suurimmat energiasäästöt taajuusmuuttajille tulevat laitteissa, joiden vastamomentti on neliöllinen. Neliöllisellä vastamomentilla tarkoitetaan, kun kuormitus lisääntyy pyörimisnopeuden neliössä ja tehon kulutus kasvaa silloin pyörimisnopeuden kuutiossa. Neliöllisiä vastamomentteja on teollisuudessa esim. puhaltimet ja pumput. . (Mäkinen & Kallio, 2004).

#### 4.1 Taajuusmuuttajan toimintaperiaate

Taajuusmuuttajan päätyypppejä on kaksi: välipiirillinen ja suora taajuusmuuttaja. Välipiirillisessä taajuusmuuttajassa muunnetaan syötetty vaihtosähkö tasasähköksi ja siitä uudelleen vaihtosähköksi. Suorissa taajuusmuuttajissa syötetty vaihtosähkö pilkootaan puolijohdekytkimien avulla haluttuun taajuuteen ja jännitteeseen. (Hietalahti, 2013).

Taajuusmuuttaja toimintaa voidaan kuvata kolmivaiheiseksi. Nämä vaiheet ovat tasasuuntaus, välipiiri, vaihtosuuntaaja ja mahdollinen ulkoinen ohjaus-/säätöpiiri. Kuvassa 4 on esitettyä taajuusmuuttajan pääpiirikaavio.



KUVA 4. Taajuusmuuttajan pääpiirikaavio. (Mpoweruk, 2005).

Kuvassa neljä tasasuuntaus on toteutettu diodisillalla. Tasasuuntaus voidaan toteuttaa myös tyristorisillalla. Tasasuuntauksessa verkosta tuleva vaihtojännite muutetaan tasajännitteeksi. Välipiirissä tasasuuntaajalta tuleva tasasähkö suodatetaan LC-suodattimella tai tasoituskuristimella. Kuvassa neljä on tasasähkö suodatettu LC-suodattimella. Välipiiristä suodatettu tasasähkö menee vaihtosuuntaajaan, joka on toteutettu IGBT-transistoreilla. Vaihtosuuntaajan tehtävänä taajuusmuuttajissa on muuntaa välipiiristä tuleva tasasähkö halutun taajuiseksi vaihtosähköksi. Ohjaus-/säätöpiirit lähettävät viestejä vaihtosuuntaajan puolijohteille, jonka perusteella ne vaihtavat tilaansa auki- ja kiinni-tilan välillä.



### 4.1.1 Tasasuuntaaja

Tasasuuntaaja muuttaa verkosta tulevan vaihtosähkön tasasähköksi. Tasasuuntaus suoritetaan yleensä diodi- tai tyristorisillalla. Diodi- tai tyristorisilta koostuu yleensä kuudesta diodista/tyristorista. Diodisillalla toteutettu tasasuuntaussilta voidaan kutsua myös ohjaamattomaksi ja tyristorisillalla toteutettu tasasuuntausta ohjatuksi, sillä tyristorit tarvitsevat ohjaussignaalin. (Hietalahti, 2013).

Diodi ja tyristori johtavat virtaa vain yhteen suuntaan, minkä vuoksi ne sopivat hyvin tasasuuntaukseen. Vaihtojännitteen kulkiessa diodin/tyristorin läpi, muuttuu jännite sykkiväksi tasajännitteeksi. Tyristorilla on ohjaussignaalin ansiosta mahdollista ohjata sen johtavuutta haluttuna hetkenä, mutta ohjauksesta johtuen siitä syntyy suuremmat häviöt kuin diodilla toteutetulla tasasuuntauksella. Tyristorilla ohjattu tasasuuntaussilta myös ottaa verkosta suuren loisvirran, koska ohjausloisteho on verrannollinen ohjauskulman  $\alpha$  cosiniin. Ohjauskulman ollessa nolla tyristorisilta toimii samalla tavalla kuin diodisilta.

### 4.1.2 Välipiiri

Taajuusmuuttaja on joko välipiirillinen tai suora. Suurin osa nykyisistä taajuusmuuttajista on välipiirillisiä. Välipiirilliset taajuusmuuttajat voidaan jakaa kahteen ryhmään jännitevälipiirillisiin ja virtavälipiirillisiin. (Hietalahti, 2013).

Jännitevälipiirillisessä taajuusmuuttajassa on tasoituskuristin ja kondensaattori. Kondensaattori pienentää tasasuuntauksesta tulevan tasajännitteen aaltoisuutta. Kondensaattori ja kela toimivat välipiirissä myös energiavarastona. Jännitevälipiirillisiä taajuusmuuttajia käytetään niin yhden moottorin ohjaukseen kuin monimoottorikäytöissä. Jännitevälipiirillistä taajuusmuuttajaa voidaan ohjata esimerkiksi pulssinleveysmoduloinnilla, jolla saadaan nopeasti säädettyä taajuusmuuttajan jännitettä. (Korpinen, 2015)

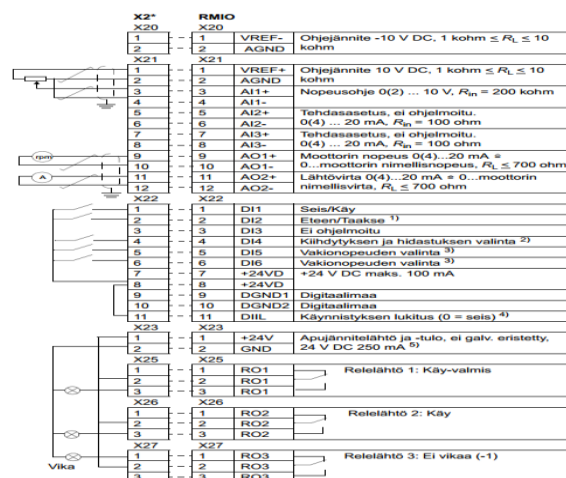
Virtavälipiirillisessä taajuusmuuttajassa on tasoituskuristin, jolla saadaan tasasuuntauksesta tulevan tasavirran aaltoisuutta tasoitettua. Välipiirin kela toimii virtalähteenä moottorille syöttäen sille sellaisen virran, että moottorin navoissa on haluttu jännite. Virtavälipiirilliset taajuusmuuttajat on tarkoitettuna ainoastaan yhden moottorin ohjaukseen. (Hietalahti, 2013)

#### 4.1.3 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaajan tehtävänä on muuttaa välipiiristä tuleva tasasähkö halutuksi vaihtojännitteeksi, sekä säätää haluttu taajuus. Vaihtosuuntaajan toiminta perustuu välipiiristä tulevan tasasähkön pilkkomiseen. Vaihtosuuntaaja koostuu kuudesta ohjattavasta tyristorista tai vaihtoehtoisesti kuudesta IGBT-transistorista. IGBT-transistori on tällä hetkellä yleisin komponentti vaihtosuuntaajan rakentamiseen. (Hietalahti, 2013).

#### 4.1.4 Ohjaus-/säätöpiiri

Vaihtosuuntaajan tyristorien tai transistorien tilaa ohjataan ohjaus-/säätöpiirillä. Nimensä mukaisesti ohjaus-/säätöpiirin tehtävänä on vastaanottaa taajuusmuuttajalle tulevia viestejä ja lähettää niitä eteenpäin taajuusmuuttajan komponenteille. Taajuusmuuttajissa on yksilöllinen ohjausyksikkö, johon on voidaan syöttää käytön perustiedot, seurata toimintaa ja valvoa toiminta-arvoja. Arvoja joita voidaan seurata, on esim. virta, pyörimisnopeus, pyörimissuunta, teho, energian kulutus ja häiriöt. (Hietalahti, 2013).



KUVA 5. ABB ACS800 ulkoiset ohjausliitännät. (ABB ACS800, 2013).

Kuvassa viisi on esitettyä ACS800 mallisen taajuusmuuttajan ulkoiset ohjausliitännät.

#### 4.1.5 Taajuusmuuttajan jarrutukset

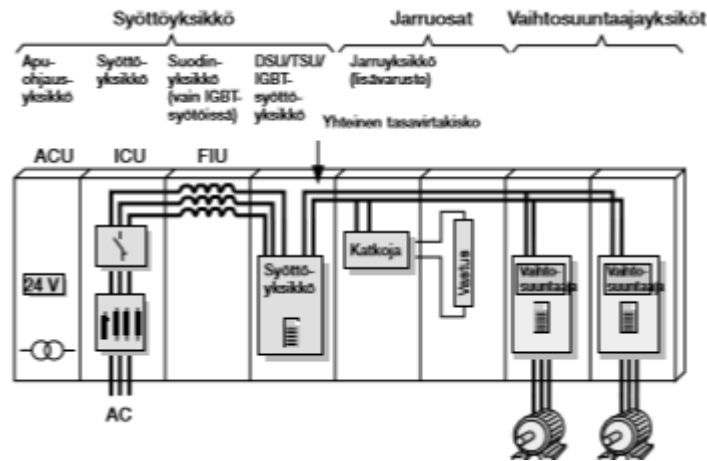
Taajuusmuuttajakäytöissä voidaan tarvita jarrutusta, joihin taajuusmuuttajilla on useita erilaisia mahdollisuuksia riippuen prosessista. Säädetyissä käytöissä esiintyy monenlaisia jarrutustarpeita, kuten kun moottorin tarvitsee pysähtyä nopeammin kuin se luonnollisesti pysähtyisi tai mikäli moottorissa kiinni oleva kuorma alkaa vetää moottoria. Yleisin taajuusmuuttajalla suoritettu jarrutustapa on vastajarrutus. Muita jarrutustapoja on vastarinnan kytketty tyristorisilta kokoonpano, IGBT yksiköllä suoritettu verkkoon jarrutus ja yhteinen tasavirtapiiri. Vastajarrutuksessa moottori pyörii nopeammin kuin taajuusmuuttajalla syötetty taajuus siltä edellyttää, jolloin moottori muuttuu generaattoriksi ja alkaa syöttää sähkötehoa jännitevälipiiriin. Tällöin välipiirin jännite alkaa nousta, jolloin ohjauselektronikka kytkee välipiirin jarrutusvastukseen. Jarruvastuksesta virta ohjataan jarrukatkojaan, joka on elektroninen kytkin, joka avautuu ja sulkeutuu jarrutustarpeen mukaisella taajuudella. (Hietalahti, 2013).

Jarruvastuksessa syntyy lämpöhäviöitä johtuen pyörimisliikkeen energiasta. Jarruvastuksen lisäksi tarvitaan myös mekaanista jarrua, koska jarruvastus ei pysty pidättelemään jo pysähtynyttä moottoria. Jarrutuksessa syntyvien lämpöhäviöiden vuoksi, taajuusmuuttajan jarrukatkojalle tarvitaan oma jäähdytys. (Hietalahti, 2013).

Mikäli prosessissa on jatkuvia jarrutuksia tai jarrutusteho on erittäin suuri hetkellisesti ja ympäristö on pölyinen tai muuten paloherkkä olisi syytä harkita muuta jarrutusvaihtoehtoa kuin jarrukatkoja ja jarruvastus. (ABB tekninen opas nro 8, 2001).

Verkkoon jarruttavaa IGBT-transistorisiltaa kannattaa käyttää, mikäli jarrutus toistuu usein, on jatkuvaa, tarvitaan suuri jarrutusteho, jarru-yksikkö täytyy saada pieneen tilaan tai verkossa esitetyt yliaalorajat ovat kriittisiä. (ABB tekninen opas nro 8, 2001).

Yhteinen tasavirtapiiri on erittäin käytännöllinen monimoottori käytöissä. Yhteinen tasavirtapiiri koostuu erillisistä syöttötasasuuntaajista, joilla muutetaan vaihtovirta tasavirraksi ja vaihtosuuntaajista, joilla syötetään yhteisessä tasavirtakiskossa olevia vaihtovirtamoottoreita. Tasavirtakiskon kautta yhden moottorin jarrutusenergia siirretään käytettäväksi toisille moottoreille. Kuvassa kuusi on esitettyinä yleiskuva yhteisestä tasavirtapiiri ratkaisusta. (ABB tekninen opas nro 8, 2001).



KUVA 6. Yhteisen tasavirtapiirin rakenne (ABB tekninen opas nro 8, 2001).

Yhteisellä tasavirtapiirillä saavutettuja etuja ovat muun muassa tehojen helppo tasaaminen eri moottorikäyttöjen välillä, häviöt pienet, koska pystytään hyödyntämään jarrutusenergiaa muilla moottoreilla, vaikka jarrutusteho olisi suurempi kuin moottoriteho ei siltikään tarvitse jarrukatkojaa tai -vastusta mitoittaa täyden jarrutustehon mukaan, mahdollisuus käyttää tasasuuntaajayhdistelmiä. (ABB tekninen opas nro 8, 2001).

Yhteisen tasavirtapiirin huonoja puolia ovat: hetkellisen moottoritehon tulee olla yhtä suuri tai suurempi kuin jarrutusteho, tarvitaan jarrukatkojaa tai -vastusta, jos hetkellinen jarrutusteho ylittää moottorintehon, voi olla kallis ratkaisu jos moottoreiden teho on pieni tai niitä on vähän. Yhteistä tasavirtapiiriä käytetäänkin silloin kun moottoreiden määrä on suuri tai kun tiedetään prosessissa olevan jarrutustehon olevan aina pienempi kuin moottoriteho. (ABB tekninen opas nro 8, 2001).

## 4.2 Taajuusmuuttajan mitoitus

Taajuusmuuttajan mitoitus on yksinkertaista, jos prosessissa ei ole ylikuormitustilanteita. Silloin taajuusmuuttaja voidaan valita suoraan verkkojännitteen ja tehon perusteella. Teholla tarkoitetaan tässä tapauksessa moottorin akselitehoa ja sen tulee olla taajuusmuuttajassa sama kuin moottorilla tai mahdollisesti yhtä teholuokkaa suurempi. Taajuusmuuttaja valmistajat ovat yleensä tarjonneet valinnan helpottamiseksi valintataulukoita, joissa on esitettyä eri taajuusmuuttajien tyypilliset moottoritehot. (Hietalahti, 2013).

Mikäli prosessissa on vaihtelevia kuormamomenteja, on mitoitus tehtävä moottorin ottamien virtojen perusteella. Moottoreiden nimellisvirta antaa viitteitä virran suuruudesta, mutta mitoitus tulee tehdä prosessissa esiintyvän suurimman virran mukaan. Taajuusmuuttajilla ei ole yhtä hyvää ylikuormitus kestävyyttä kuin moottoreilla, mutta joillekin taajuusmuuttaja malleille sallitaan hetkellistä ylikuormitusta. Esim. 150% kuormitettavuus 1 minuutin ajan. (Hietalahti, 2013).

Eri kuormitustilanteille taajuusmuuttaja valmistajat ovat antaneet omat luokkansa, jonka avulla voidaan varmistaa taajuusmuuttajan varma toimiminen prosessissa. Nämä luokat ovat jatkuva käyttö eli normaali tilanne, jossa ei tule ylikuormituksia ja raskas käyttö, missä on annettu sallitun ylikuormituksen raja-arvot. (Hietalahti, 2013).

Mitoituksessa tulee olla huomioituna myös kuormitustyyppi. Perinteiset kuormitustyypit taajuusmuuttaja käytöille ovat: pumppu- ja puhallin käyttö, vakiomomentti käyttö ja vakioehto käyttö. (Hietalahti, 2013).

#### **4.2.1 Pumppu- ja puhallinkäyttö**

Pumppu- ja puhallinkäytöt ovat yleisin taajuusmuuttajia käyttävä prosessissa teollisuudessa. Käytön mitoitus on varsin suoraviivaista, mitoituksessa on otettava huomioon seuraavat asiat:

- Tarkistaa kierrosalue ja laskea teho suurimmalla mahdollisella kierrosluvulla
- Tarkistaa käynnistysmomentin tarve
- Valita moottori kierrosnopeus, niin että on mahdollista hyödyttää kentänheikennysaluetta
- Valita moottorinteho niin, että teho on käytettävissä maksimikierrosnopeudella
- Valita taajuusmuuttaja pumpun tai puhaltimen arvojen mukaan tai moottorin virran mukaan. (Hietalahti, 2013).

### 4.2.2 Vakiomomenttikäyttö

Vakiomomenttikäytön mitoittaminen on hieman haastavampaa kuin pumppu- ja puhallinkäytöissä. Mitoitukseen vaikuttaa varsinkin itse tuulettavien moottoreiden kuormitettavuuden aleneminen heikentyneen tuuletuksen vuoksi. Kuormitettavuuden aleneminen johtaa väkisin suuremman moottorin ja taajuusmuuttajan valintaan. Vakiomomenttisolvelluksen mitoituksessa on otettava seuraavat asiat huomioon:

- Tarkistaa tarvittava vakiomomentti
- Tarkistaa mahdolliset kiihdytykset ja hitausmomentit
- Tarkistaa käynnistysmomentti
- Valita moottorin siten, että momentti on kuormitettavuuskäyrän alapuolella
- Valita taajuusmuuttaja mitoitusvirran mukaan. (Hietalahti, 2013).

### 4.2.3 Vakiotehokäyttö

Vakiotehokuormituksia on esimerkiksi erilaiset rullainkäytöt. Rullan nopeus ja vetokiereys ovat vakioita, mistä seuraa että rullauksen teho on vakio halkaisijan muuttuessa. Rullauskäyttöjen mitoituksessa käytetään kentänheikennysaluetta hyväksi. Vakiotehokäytöissä on huomioitava:

- Tarvittavat tehot
- Mitoittaa moottori niin, että kentänheikennysaluetta hyödynnetään. (Hietalahti, 2013).

## 4.3 Taajuusmuuttajan EMC vaatimukset

EMC (electromagnetic compatibility) tarkoittaa sähkölaitteiden sähkömagneettista yhteensopivuutta. EMC-direktiivissä (2004/108/EY) liitessä 1 on määriteltynä sähkölaitteelle olennaiset suojausvaatimukset ja kiinteitä asennuksia koskevat erityisvaatimukset. EMC direktiivin liitteessä 1 on määritetty, ettei sähkölaitte saa häiritä kohtuuttomasti ympäristöään ja sen on kestävä jonkin verran sähkömagneettisia häiriöitä. Kiinteitä asennuksia koskevia erityisvaatimuksia on:

"Kiinteän asennuksen asentamisessa on noudatettava hyviä teknisiä käytäntöjä ja otettava huomioon komponenttien aiottua käyttötarkoitusta koskevat tiedot, jotta varmistetaan, että kohdassa 1 esitetyt suojausvaatimukset täyttyvät. Nämä hyvät tekniset käytännöt on kirjattava asiakirjoihin ja vastuuhenkilöiden on säilytettävä nämä asiakirjat kyseeseen tulevien kansallisten viranomaisten saatavilla tarkastuksia varten niin kauan kuin kiinteä asennus on käytössä." (Lainaus EMC-direktiivi (2004/108/EY) liite 1 kohta 2).

Maaliskuussa 2014 julkaistiin uusi direktiivi (2014/30/EU), mutta sitä sovelletaan vasta 20.4.2016 alkaen. Uudessa direktiivissä juuri tuo vaatimuksien toinen kohta on muutettu. (EMC-direktiivi 2004/108EY, 2004).

Uudessa direktiivissä ei vaadita asiakirjoihin kirjaamista, eikä säilyttämistä.

Taajuusmuuttajakäytöissä EMC vaatimuksien täyttymisen saavuttamiseksi on huomioitava asennustapa, kaapelin valinta ja komponentit. Taajuusmuuttajan ja moottorin välinen kaapelointi on tehtävä EMC hyväksytyillä kaapeleilla, joita on esim. EMCMK ja AEMCMK. Ensiksi mainittu on kuparikaapeli ja jälkimmäinen on alumiinikaapeli. Hyväksytyin kaapeloinnin lisäksi on myös tiivisteholkkien oltava EMC tiivisteholkkeja, joilla varmistetaan että maadoitus on 360 ° astetta. (EMC-direktiivi 2004/108EY, 2004).

Mikäli taajuusmuuttajakäytössä esiintyy edelleen häiriöitä, voidaan käyttää suodattimia, jotka asennetaan taajuusmuuttajan verkonpuolelle. Suodattimen tehtävänä on tehdä jännite ja virta mahdollisimman sinimuotoiseksi, jolloin estetään häiriöiden siirtyminen verkkoon. Nykyään taajuusmuuttajaa tilatessa on mahdollista valita lisävarusteena valmiiksi haluttu suodatin. Häiriö voi syntyä jos käytetään nopeasti ohjautuvaa verkkovaihtosuuntaajaa tai vaihtosuuntaajalla syötetty verkko vuotaa ympäristöönsä häiriöitä. Yleensä häiriöiden korjaamiseen käytetään LC tai LCL suodattimia. (Hietalahti 2013)

#### **4.4 Taajuusmuuttajan asennus ja asennuspaikan vaatimukset**

Taajuusmuuttajat tulee sijoittaa sähkötilaan tai sähkötilaa vastaavaan tilaan. Joissakin erikoistapauksissa täytyy taajuusmuuttaja asentaa säädettävän prosessilaitteen viereen kentälle. Tällöin tulee huomioida taajuusmuuttajan asennusvaatimukset, sekä taajuusmuuttajan kotelointiluokan riittävyys. Taajuusmuuttajien manuaalissa, on kerrottu jokaisen eri taajuusmuuttaja mallin käyttöolosuhteiden vaatimuksista. Olosuhteita, joihin on syytä ottaa huomiota, on asennettava seinä, taajuusmuuttajan alapuolella oleva lattia,

sekä taajuusmuuttajan ympärillä oleva vapaatila. Kun taajuusmuuttaja asennetaan seinälle, tulee seinän olla mahdollisimman suora ja tasainen, seinän tulee olla syttymätöntä materiaalia ja sen tulee olla riittävän vahva, jotta se kestää taajuusmuuttajan painon. Lattian tulee olla myös seinän tavoin syttymättömää materiaalista valmistettu. Taajuusmuuttajan ympärille tulee jättää vapaata tilaa taajuusmuuttajan jäähdytystä varten. ABB ACS355 sarjan manuaalissa on asetettu vaatimus, että taajuusmuuttajan ala- ja yläpuolella tulee olla 75 mm vapaata tilaa. Taajuusmuuttajan sivulle ei tarvitse jättää vapaata tilaa. Tämä mahdollistaa taajuusmuuttajien asettamisen vierekkäin. Esimerkkinä kuvassa kahdeksan ABB ACS355 sarjan taajuusmuuttajan häviöt ja jäähdytystiedot eri sarjan tyypeille. (ABB ACS355 manuaali, 2012).

Tyyppi ACS355- x = E/U	Lämpö-häviö			Virtaus	
	Pääpiiri	Ohjauspiiri		m <sup>3</sup> /h	ft <sup>3</sup> /min
	Nimellinen $I_{1N}$ ja $I_{2N}$	Min	Max		
L	L	L			
<b>1-vaiheinen <math>U_N = 200 \dots 240</math> V (200, 208, 220, 230, 240 V)</b>					
01x-02A4-2	25	6,1	22,7	-	-
01x-04A7-2	46	9,5	26,4	24	14
01x-06A7-2	71	9,5	26,4	24	14
01x-07A5-2	73	10,5	27,5	21	12
01x-09A8-2	96	10,5	27,5	21	12
<b>3-vaiheinen <math>U_N = 200 \dots 240</math> V (200, 208, 220, 230, 240 V)</b>					
03x-02A4-2	19	6,1	22,7	-	-
03x-03A5-2	31	6,1	22,7	-	-
03x-04A7-2	38	9,5	26,4	24	14
03x-06A7-2	60	9,5	26,4	24	14
03x-07A5-2	62	9,5	26,4	21	12
03x-09A8-2	83	10,5	27,5	21	12
03x-13A3-2	112	10,5	27,5	52	31
03x-17A6-2	152	10,5	27,5	52	31
03x-24A4-2	250	16,6	35,4	71	42
03x-31A0-2	270	33,4	57,8	96	57
03x-46A2-2	430	33,4	57,8	96	57

KUVA 7. ABB ACS355 sarjan häviöt ja jäähdytystiedot. (ABB ACS355 manuaali,2012).

Kuvasta seitsemän on nähtävissä, että kyseisen sarjan taajuusmuuttajat vaativat jäähdytysvirtaukseksi 21 m<sup>3</sup>/h - 96 m<sup>3</sup>/h.

Tässä työssä tutkitut taajuusmuuttajat ovat kaikki teollisessa käytössä ja ne on sijoitettuna poikkeuksetta sähkötiloihin tai tiloihin, jotka vastaavat sähkötiloja ja moottorit sekä niiden turvakytkimet on sijoitettuna voimalaitoksella sijaitsevan toimilaitteen yhteyteen.



## 5 Naistenlahden taajuusmuuttajat

Naistenlahdenvoimalaitoksessa on monia satoja taajuusmuuttajia, josta johtuen tässä työssä on tutkittu vain naistenlahti 2:n prosesseissa toimivia taajuusmuuttajia. Naistenlahden taajuusmuuttajat ovat jakautuneet kahden kotimaisen valmistajien taajuusmuuttajiin. Taajuusmuuttajille tehtiin valmistajien manuaalien pohjalta taulukkoon seuraavien huoltojen ajankohtaa (vuoden tarkkuudella). Huollot naistenlahdessa jakautuu vuosittaisiin, joka kolmas vuosi, joka kuudes vuosi ja joka kymmenes vuosi tehtäviin huoltoihin. Jokaiselle naistenlahti 2:n taajuusmuuttajalle on valmistajien antamien tietojen pohjalta annettu elinkaaren vaiheen siirtymisen ajankohta. Useat naistenlahden taajuusmuuttajat ovat elinkaarensa Active-vaiheessa, jolloin niistä ei ole vielä annettu seuraavaan elinkaaren vaiheeseen siirtymisen ajankohtaa. Näissä tapauksissa on tarkasteltu aikaisempien mallien Active-vaiheen kestoa ja sen pohjalta tehty ennuste elinkaarivaiheiden päättymisajankohdista.

### 5.1 Taajuusmuuttajien huoltovälit ja uusimiset

Taajuusmuuttajat ovat oikeassa ympäristössä ja oikein asennettuna hyvinkin kestäviä. Taajuusmuuttajien yleisin huolto on puhallinhuolto, joka tehdään 3-6 vuoden välein riippuen sarjasta ja ympäristöstä.

Uusiessa taajuusmuuttajaa on järkevää vertailla hieman eri valmistajien tarjoamia vaihtoehtoja ja palveluita. Taajuusmuuttajissa ei nyt niin suuria eroja ole valmistajien kanssa, mutta taajuusmuuttajaan liittyvissä muissa palveluissa voi olla huomattaviakin eroja. Kuten esimerkiksi valmistajien tarjoamat tiedot taajuusmuuttajansa elinkaaripalveluista ja taajuusmuuttajien huolto-ohjeiden saatavuudessa oli eroja.

Tampereen Energiantuotanto Oy käyttää laitteiston tietojen ylläpitämiseen Microsoft Solax -ohjelmistoa, josta myös löytyi NSL 2 taajuusmuuttajista lista. Listalla on 94 taajuusmuuttajaa, joista osasta oli puuttuvia tietoja, joten yhdessä muutaman työntekijän kanssa kävimme paikanpäällä tarkistamassa tietojen paikkansa pitävyyden ja lisäämässä puuttuvat tiedot. Paikanpäällä kierrellessä huomasimme muutamien taajuusmuuttajien puuttuvan listalta, sekä listalla olevan vielä sellaisia taajuusmuuttajia, jotka ovat jo hävitetty. Yhteensä listalla oli 8 taajuusmuuttajaa, jotka katsottiin uusittaviksi, johtuen lä-

hinnä siitä, että olivat jo olleet käytössä yli 15 vuotta ja, emme uskoneet, että niillä olisi enää elinikää jäljellä.

Pääsääntöisesti NSL 2 taajuusmuuttajat olivat edelleen sarjatuotanto vaiheessa, mistä johtuen niiden elinkaaren arviointi oli haastavaa. Toisaalta huoltojen määrittäminen oli helppoa, koska valmistajien manuaaleja lukiessa löytyi lähes jokaiselle mallille tyyppi-kohtaiset huoltovälit. Niistä taajuusmuuttajista joista kyseistä tietoa ei löytynyt, käytettiin muista taajuusmuuttajista saatuja tietoja hyväksi ja arvioitiin niiden tarvitsevan saman verran huoltoa.

### **5.1.1 Naistenlahden taajuusmuuttajien huoltovälit**

Huollot on siis jaettu vuosittaisiin, kolmen vuoden välein, kuuden vuoden välein ja kymmenen vuoden välein tehtäviin huoltoihin. Microsoft Solax ohjelmaan tehdään ennakkohuolto suunnitelma, jossa taajuusmuuttajat kasataan nipuiksi. Näin saadaan yhden ennakkohuolto suunnitelman alle kaikki sinä vuonna huollettavat taajuusmuuttajat. Ennakkohuolto suunnitelmat jaetaan 2-3 eri nippuun. Kaikille taajuusmuuttajille yhteiset huollot, ovat vuosittainen ja kymmenen vuoden välein tehtävä huolto. Taajuusmuuttajat joissa puhaltimen vaihtoväli on kolme vuotta, on yksi ryhmä. Tälle ennakkohuoltosuunnitelman alle voidaan laittaa myös lisä maininta, että joka toinen kerta tehdään puhaltimen vaihdon yhteydessä teholiittimien kireyden tarkistus. Viimeinen huoltoryhmä tulee taajuusmuuttajista, joissa puhaltimen huoltoväli on kuusi vuotta. Taajuusmuuttajien huoltoryhmiin valinnassa vaikuttaa, myös huollon ajankohta. Samana vuonna tehtäviä huoltoja pyritään niputtamaan yhteen huoltosuunnitelmaan. Huollosta riippuen joko Tampereen Energiantuotanto Oy:n oma kunnossapitoyksikkö suorittavat huollon tai vaihtoehtoisesti tilataan valmistajalta huolto.

Taajuusmuuttajan vuosittainen huolto koskee kaikkia NSL 2:n taajuusmuuttajia. Vuosittain tehtävä huoltoon kuuluu silmämääräinen tarkistus, puhdistus pölystä ja korroosiosta sekä tarkistetaan lämpötilat.

Kolmen vuoden välein tehtäviä huoltotoimenpiteitä on jäähdytyspuhaltimen vaihtaminen, pienemmän kokoluokan taajuusmuuttajiin. Näitä ei ole kuin muutama NSL 2:ssa,

joten vaihdon kanssa kannattaa tutkia hieman jäädytyspuhaltimia ja arvioida kestäisivätkö ne vielä seuraavat kolme vuotta.

Kuuden vuoden välein tehtäviä huoltoja on loppujen taajuusmuuttajien jäädytyspuhaltimen vaihto, sekä teholiittimien kireyden tarkistaminen. Teholiittimen kireyden tarkistus tehdään kaikille taajuusmuuttajille.

Kymmenen vuoden välein tehdään kondensaattorien vaihtaminen, sekä mikäli taajuusmuuttajassa on ohjauspaneeli, niin paneeliin patterin vaihto tehdään myös kymmenen vuoden välein. Kaikki taajuusmuuttajat kuuluvat tähän kymmenen vuoden välein tehtävään huoltoon. Jokaiselle taajuusmuuttajalle on tehty Microsoft Excel ohjelmistolla aikataulu huoltojen ajankohdasta vuoden tarkkuudella. Huoltoaikataulut on tehty kestämään koko taajuusmuuttajan arvioidun eliniän ajan.

Kuvassa kahdeksan on ote tehdystä NSL 2 taajuusmuuttajien huoltotaulukosta.

Valmistaja	Vuosittainen huolto	Jäädytyspuhaltimen vaihto (3-vuoden vä)	Jäädytyspuhaltimen vaihto(6-vuoden vä)	Teholiittimien kireyden tarkistus (6 vuoden vä)	Kondensaattorivaihto ja ohjauspaneelin patterinvaihto
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2016,2019,2021,2024		2019,2025,2031	2023,2033
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2016,2019,2021,2024		2019,2025,2031	2023,2033
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2016,2019,2021,2024		2019,2025,2031	2023,2033
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2016,2019,2021,2024		2019,2025,2031	2023,2033
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2016,2019,2021,2024		2019,2025,2031	2023,2033
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2016,2019,2021,2024		2019,2025,2031	2023,2033
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2016,2019,2021,2024		2019,2025,2031	2023,2033
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	
ABB	Silmämääräinen tarkistus (pöly,korroosio.lämpötila)	2015,2021,2027		2019,2029	

KUVA 8. Taajuusmuuttajille tehtävät huollot

Microsoft Excelistä siirretään taulukko Microsoft Solax ohjelmaan, josta ne löytyvät jokaisen laitteen oman laitetunnuksen avulla. Solaxiin voidaan laittaa erilaisia hakuehtoja, josta tässä työssä on ajateltu mahdollisuutta hakea vuosiluvulla tulevia huoltoja. Kun haetaan esimerkiksi 2016 vuonna tehtäviä huoltoja, saataisiin kaikki taajuusmuuttajat, joilla olisi jokin huolto tulossa kyseisenä vuonna. Näin voidaan ottaa tulevat huoltokustannukset mukaan yhtiön vuosittaiseen huoltobudjettiin, sekä pystytään tilaamaan huoltoja/varaosia isommissa erissä, jolloin niistäkin saadaan säästettyä.

### 5.1.2 Korvaavan taajuusmuuttajan etsiminen

Uusimisessa on syytä ottaa ainakin seuraavat asiat huomioon: tutustua valmistajien tarjoamiin tiedotteissa esitettyihin korvaaviin malleihin, tarkastella taajuusmuuttajan virta-arvon riittävyys prosessin virran tarpeeseen, selvittää onko taajuusmuuttajien tekniikka kehittynyt paljon vanhasta, onko uusi taajuusmuuttajan fyysinen koko pienentynyt, minkälaiset kaapelit sopivat uuteen taajuusmuuttajaan.

Valmistajan vaihtuessa, on syytä selvittää uuden valmistajan tarjoamat palvelut, varaosien saatavuus, sekä päivitys mahdollisuudet.

### 5.1.3 Ohjelmistotyökalu taajuusmuuttajan uusimiseen

ABB:llä on myös tarjottavanaan erilaisia ohjelmistoja, joilla on mahdollista mitoitaa ja valita taajuusmuuttaja. Yksi heidän ohjelmistaan on ABB DriveUpgrade 1.2, joka on tarkoitettu löytämään sopivimman uuden taajuusmuuttajan vanhan tilalle. Kuvassa yhdeksän on nähtävillä ohjelman valintaikkunasta, johon voidaan valita taajuusmuuttajan sarja, malli, kuormakäyttö, sekä jos tiedetään niin jännite, moottorin teho, moottorin jatkuva virta ja moottorin ylikuormitus virta.

DriveUpgrade 1.2 AC/AC		<a href="#">Help</a>
<b>Existing drive and load type:</b>		<b>Additional technical information:</b>
Drive family <b>ACS140</b> ▼	Mains Voltage [V] <input type="text" value="400"/>	<b>Select from:</b>
Drive type <b>ACS143-4K1-3</b> ▼	Req. motor power [kW] <input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> Stand alone
<input type="radio"/> Pump& Fan	Req. load current [A] <input type="text"/>	<input type="radio"/> Module
<input checked="" type="radio"/> Constant, no overload	Req. overload current [A] <input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> 6-pulse
<input type="radio"/> Constant 110% overload 1 min		<input type="radio"/> 12-pulse
<input type="radio"/> Constant 150% overload 1 min		<input checked="" type="radio"/> Nonregenerative
		<input type="radio"/> Regenerative
		<input type="button" value="Select replacement"/> <input type="button" value="Clear"/>

KUVA 9. ABB DriveUpgrade taajuusmuuttajan valintaikkuna (ABB, Ohjelmistotyökalut, 2015).

Kun tiedetyt arvot on syötetty antaa ohjelma vaihtoehtoja taajuusmuuttajista, jolla voitaisiin korvata vanha taajuusmuuttaja. Kuvassa kymmenen on nähtävillä ohjelman antamat tulokset.

Used dimensioning data:

Type	Volt.range [V]	Constant no overload In [A]	Constant no overload Pn [kW]
ACS143-4K1-3	380 - 480	4.9	2.2

New drive information:

	Type	Volt.range [V]	Constant no overload In [A]	Constant no overload Pn [kW]	Diff. [%]	Dim. criteria
<a href="#">Select</a>	ACS880-01-05A6-3	380 - 415	5.6	2.2	14	Next bigger(In)
<a href="#">Select</a>	ACS880-01-04A0-3	380-415	4	1.5	-19	Next smaller(In)
<a href="#">Select</a>	ACS800-01-0003-3	380 - 415	5.1	1.5	4	Next bigger(In)
<a href="#">Select</a>	ACS800-01-0004-5	380-500	4.9	2.2	0	Next smaller(In)
<a href="#">Select</a>	ACS150-03X-05A6-4	380 - 480	5.6	2.2	14	Next bigger(In)
<a href="#">Select</a>	ACS150-03X-04A1-4	380-480	4.1	1.5	-17	Next smaller(In)
<a href="#">Select</a>	ACS550-01-05A4-4	380 - 480	5.4	2.2	10	Next bigger(In)
<a href="#">Select</a>	ACS550-01-04A1-4	380-480	4.1	1.5	-17	Next smaller(In)
<a href="#">Select</a>	ACS355-03X-05A6-4	380 - 480	5.6	2.2	14	Next bigger(In)
<a href="#">Select</a>	ACS355-03X-04A1-4	380-480	4.1	1.5	-17	Next smaller(In)

KUVA 10. ABB DriveUpgrade ohjelman antamat tulokset.(ABB, ohjelmistotyökäyt,2015).

Kuvassa yhdeksän oli esitettynä edellisen taajuusmuuttajan tiedot, jotka olivat erittäin epätarkkoja, koska en määrittänyt moottorin tehoa tai/ja virtoja ollenkaan. Silti kuten kuvasta kymmenen nähdään, tarjoaa ohjelma kohtalaisen hyvät vaihtoehdot. Näistä malleista kannattaa valita sen mukaan onko tarvetta isommalle tai pienemmälle teholle tai virralle, sekä suosittelen tarkistamaan viimeisimmässä valmistajan raportissa suositeltuja vaihtoehtoja. Kuten kuvasta kymmenen nähdään, ohjelma tarjoaa peräti neljää erilaista taajuusmuuttaja mallia. Itse uskon tämän ohjelman toimivan hyvänä apuna taajuusmuuttaja uusimisessa, vaikka en itse lähtisi pelkästään tämän ohjelman tietojen varassa uusimaan taajuusmuuttajaa kentälle. Liitteessä 1 on nähtävissä ABB:n vuosittainen raportti, josta ilmenee koska sarja on siirtynyt tähän elinkaaren vaiheeseen, mitä palveluita on vielä tarjolla ja mitä ei. Myös on annettu aikataulua koska taajuusmuuttaja seuraavan kerran vaihtaa elinkaari luokkaansa, sekä suositellut toimenpiteet.

Vacon:n Internet sivuilta on myös ladattavissa erilaisia ohjelmistotyökaluja, mutta uusimiseen liittyvää ohjelmaan en heidän valikoimastaan löytänyt.

#### **5.1.4 Valmistajien manuaalit ja tiedotteet**

ABB:n taajuusmuuttajista on saattavilla Classic-vaiheesta eteenpäin vuosittainen raportti, jossa kerrotaan koska seuraava elinkaarivaihe alkaa yms. Viimeiset raportit tulevat, kun taajuusmuuttaja on siirtynyt Obsolete-vaiheeseen. Silloin valmistaja antaa oman ehdotuksensa mallista, jolla voidaan korvata käytöstä kohta poistuva taajuusmuuttaja.

ABB:n taajuusmuuttajilla on aina kyseisen sarjan/mallin manuaalissa huolto-ohjeet. Jos taajuusmuuttaja on elinkaaren Active-vaiheessa eli edelleen sarjatuotannossa ei valmistaja kerro tarkkoja ajankohtia seuraavaan vaiheeseen siirtymisestä eli Classic-vaiheeseen. Classic-vaiheessa alkaen valmistaja julkaisee vuosittaisen raportin elinkaaresta.

Vacon taajuusmuuttajilla oli joissakin malleissa annettuna manuaalissa huolto-ohjeet ja huoltovälit, mutta ei läheskään kaikissa. Vacon taajuusmuuttajien elinkaaripalveluista ei ollut niin tarkasti tietoa kuin ABB:n taajuusmuuttajista. Vacon esittelee Internet sivuillaan palveluita, jotka kuuluvat elinkaaripalveluihin.

## **5.2 NSL:n taajuusmuuttajien elinkaari**

NSL 2:n taajuusmuuttajat ovat lähes kaikki asennettu viimeisen 6 vuoden sisällä, mistä johtuen ei sinne tarvitse huolehtia vielä 10 vuoteen huolehtia niiden uusimisesta. Taajuusmuuttajan elinikä on 15 vuodesta 20 vuoteen asti. Kuten jo aiemmin olikin jo esillä, oli NSL 2:ssa kahdeksan taajuusmuuttajaa, jotka oli uusittava mahdollisimman pian. Nämä kaikki kahdeksan taajuusmuuttajaa oli valmistaja siirtänyt Obsolete-vaiheeseen, eli niille ei tarjota valmistajan puolelta minkäänlaista tuotetukea. Varaosien saaminen riippuu tässä vaiheessa täysin alihankkijoista ja siitä, kuinka paljon he ovat varastoineet varaosia. Taajuusmuuttaja valmistajat suosittelevatkin jo Limited-vaiheessa valmistautumaan uuden taajuusmuuttajan investointiin. NSL 2:n taajuusmuuttajat olivat suurimmaksi osaksi edelleen sarjatuotannossa. ABB ACS800-01 sarja on luultavasti ensimmäinen Naistenlahdessa olevista taajuusmuuttajista, jotka tulevat siirtymään Classic-vaiheeseen. Tästä tieto tuli ABB:ltä sähköpostilla, jossa he kertoivat sarjan olevan vielä 1-3 vuotta sarjatuotannossa. ACS800 sarjalle on jo valmistettu seuraaja eli ACS880 sarja. ACS880 on tällä hetkellä sarjatuotannossa ja ABB suosittelee sen hankkimista mikäli, on tarvetta ACS800 sarjan taajuusmuuttajan ominaisuuksille.

Muutamille Vacon Oy:n valmistamille taajuusmuuttajille käytetään tässä työssä samantyylistä elinkaarta kuin ABB:n taajuusmuuttajille. Tämä johtuu siitä, ettei Vacon ole julkaissut taajuusmuuttajiensa elinkaariluokitusta, eikä taajuusmuuttajien elinkaaresta ole saatavan tietoa, ainakaan heidän julkaisuistaan.

### 5.3 Taajuusmuuttajien vertailu

Tässä työssä suurin osa taajuusmuuttajista oli ABB:n valmistamia, mutta myös Vacon:n taajuusmuuttaja oli muutamia. Vertailu painottuu taajuusmuuttajien elinkaareen ja valmistajan tarjoamiin palveluihin elinkaaren ylläpidossa.

#### 5.3.1 ABB:n elinkaari palvelut

ABB:n kotisivuilla luvataan käyttöille koko elinkaareen aikainen ylläpito. Elinkaaren hallintamallissa on esitettyä ennakkohuoltopalvelut, joilla ABB mainostaa takaavansa tuotteelleen maksimi käytettävyyden ja suorituskyvyn koko elinkaareen ajan. ABB:n elinkaari palveluiden ehkäpä suurin etu on suuressa huoltoverkossa, jonka ansiosta saadaan taajuusmuuttajille valmistajan valtuuttama huolto/korjaus, oltiin missä päin maailmaa tahansa. Elinkaari palveluihin kuuluu myös tuotekohtaiset elinkaariselvitykset ja ilmoitukset. Näiden selvityksien ja ilmoitusten avulla voidaan ennakoida/arvioida koska mahdollisesti tarvitaan uusi taajuusmuuttaja. ABB:n nettisivuilta löytyy erikseen sivut taajuusmuuttajista, jotka ovat Classic-, Limited- ja Obsolete-vaiheessa. Kuvassa yksitoista on nähtävillä ABB:n taajuusmuuttajat, jotka eivät enään ole sarjatuotannossa.

Classic products					
ACS604	ACS607	ACS624	ACS627		
Limited products					
ACV700 system drives	Sami Star				
Obsolete products					
ACS50	ACS100	ACS140	ACS160	ACS200	ACS300
ACS400	ACS502/503/504/5	ACS501	ACS601	Sami A	Sami B
Sami C	Sami Flowstar	Sami Microstar	Sami Ministar		

KUVA 11. ABB:n classic, limited ja obsolete vaiheessa olevat taajuusmuuttajat. (ABB poistuvat/poistuneet tuotteet, 2015).

Kuvassa yksitoista nähtävistä mallit, joihin ABB on tehnyt elinkaariselvitykset. Liitteessä 1 on ABB:n tekemä taajuusmuuttajan elinkaariselvitys.

ABB on myös valmistanut kierrätysohjeet taajuusmuuttajilleen. Kierrätysohjeissa ilmenee kaikki taajuusmuuttajassa käytetyt materiaalit ja miten jokainen materiaali tulisi kierrättää. Liitteessä 2 on esitettyä Sami Star malliperheen kierrätysohjeista tärkeimmät osat, eli mistä materiaalista tuote on valmistettu ja miten ne kuuluu kierrättää.

Kun, taajuusmuuttaja malli alkaa lähestyä elinkaarensa loppua, alkaa ABB:ltä tulla suosituksia modernisoida heidän uudella laitepaketilla vanha taajuusmuuttaja. Laitepakettiin yleensä sisältyy suunnittelun, jälkiasennussarjan ja työt. Liitteessä 3 on ABB:n muutamia vuosia sitten tekemä retrofit-paketti, jossa korvataan taajuusmuuttajan sisäiset osat uudemman mallin osilla.

### **5.3.2 Vacon:n taajuusmuuttajien elinkaaripalvelut**

Vacon Oy:n elinkaaripalvelut alkavat taajuusmuuttajan käyttöönotosta, jolloin Vacon Oy:n henkilökunta suorittaa asentamisen, asentamisen tarkastuksen, ohjauskäyttöliittymän testaamisen, sovelluskohtaisen konfiguroinnin ja käyttöönoton, koeajon, käyttäjän opastuksen ja käynnistysraportin. Vacon Oy pitää taajuusmuuttajan käyttöönottoa kriittisimpinä vaiheena koko käyttöaikana. (Vacon palvelut, 2015).

Vacon Oy:n valtuutettuja huoltopalveluita on saatavilla yli 50 maassa, joten ABB:n tavoin sillä on laaja huoltoverkosto. Vacon huoltopalvelun voi tilata paikanpäälle korjamaan tai vioittunut laite voidaan lähettää heidän lähimpään huoltoja tekevään toimipisteeseen. Huoltopakettiin kuuluu myös huoltojen suunnittelu, sekä huoltosuositukset. Myös ennakkohuoltopaketteja on tarjolla, kaikki varaosat ovat Vacon:n varaosia. Vacon Oy:llä on laajat varasto verkostot, jolla pystytään varmistamaan varaosien saatavuus nopeasti. Huoltojen ajaksi on mahdollista saada käyttöön vaihtoyksiköitä, joilla voidaan varmistaa prosessin jatkuva toimiminen. (Vacon, 2015).

Taajuusmuuttajan päivitys palveluissa tarjotaan vanhan järjestelmän arviointi ja neuvonta, jonka pohjalta suoritetaan vaihto/modernisointi taajuusmuuttajalle. Tämä tarkoittaa



taa, että joko vaihdetaan koko taajuusmuuttaja tai sitten vaan ne komponentit, jotka eivät enään vastaa prosessin vaatimuksia. Vacon Oy mainostaa olevansa ns. cleantech - yritys eli he varmistavat käytettyjen osien kierrätyksen tai mahdollisesti korjataan uudelleen käyttöön. (Vacon, 2015).

### **5.3.3 Hyödyntäminen muihin laitteistoihin**

Työn tarkoituksena on saada tehtyä taajuusmuuttajille systematiikka huoltojen ja uusimisen ajankohdan määrittelyssä ja siihen varautumisessa. Tätä systematiikkaa hyväksi käyttäen pyritään soveltamaan muihinkin Tampereen Energiantuotanto Oy:n laitteistoihin. Taajuusmuuttajan tyyllisille laitteille (sisältää elektroniikka) voidaan elinkaari arvioida käyttäen niidenkin eliniän arvioimiseen. Tietenkin on laitteita, joiden elinkaari on huomattavasti pitempi. Erilaisten laitteiden eliniän hallinnassa pyritään käyttämään kolmea eri vaihetta, jota seuraamalla pystytään päättämään uusimisen tarpeesta. Ensimmäinen vaihe on kun laite on sarjatuotannossa, toinen vaihe on kun valmistajan sarjatuotanto loppuu, mutta varaosien valmistus jatkuu. Kolmas vaihe on, valmistajan laitetuki päättyy, jolloin ei valmistaja enään valmista varaosia ja muut palvelut loppuvat. Kahden ensimmäisen vaiheen aikana laite on edelleen Energiantuotannon hankintalistalla. Kolmannen vaiheen aikana ruvetaan etsimään korvaavaa laitetta ja valmistaudutaan laiteen investointiin.

## 6 Pohdinta

Työ aloitettiin aloituspalaverilla naistenlahden kokoustiloissa yhdessä suunnittelijapäällikkö Esko Lehtosen ja suunnittelijan Esa Riihosen kanssa. Aloituspalaverissa minulle esiteltiin tutkittavien taajuusmuuttajien lista, jonka taajuusmuuttajien tiedoissa oli muutamia puutteita. Samaisessa palaverissa myös käytiin läpi työntavoitteet, aikataulu ja kirjoitettiin sopimus opinnäytetyön tekemisestä.

Työt naistenlahdessa aloitettiin täydentämällä taajuusmuuttajien tiedot ja tarkistamalla, että listalla olevat tiedot pitävät paikkansa myös kentällä. Kun tiedot listalle oli saatu paikkansa pitäväksi aloitin lukemaan taajuusmuuttaja valmistajien eri mallien manuaaleja, sekä tutustumaan valmistajien Internet sivuilla esiteltyihin elinkaari palveluihin. Työtä helpotti huomattavasti, että tutkittavia taajuusmuuttaja valmistajia ei ollut kuin kaksi ABB ja Vacon. Myös aiheesta tehdyistä insinööri töistä ja diplomitöistä sain paljon apua tätä insinööriä kirjoitettaessa.

Työn haastavin osuus oli eliniän hallinnan saaminen selkeäksi ja sellaiseksi, että sitä voidaan käyttää hyväksi muillekin laitteistoille. Taajuusmuuttajille tekemälläni elinkaarihallinnalla pystytään nyt riittävällä tarkkuudella saamaan selville eliniän eri vaiheet ja eliniän päättymiskohdan. Eliniän hallinnan helpottamiseksi tehtiin kolme eri eliniän vaihetta, jotka toimivat erilaisille laitteistoille. Jotta eliniän hallinta sopii eri laitteistoille, siitä täytyi saada hyvin yksinkertainen. Eri laitteistoille tulee erilaiset eliniät ja muiden laitteistojen eliniän määrittäminen jää Tampereen Energiantuotanto Oy:lle. Samanlaista eliniän hallintaa voidaan käyttää laitteistoilla, joissa on elektroniikkaa ja mekaanisesti kuluvia osia.

Dokumentoinnissa kerrotaan taajuusmuuttajasta yleisesti laitteena, sekä millä keinoilla taajuusmuuttajan elinikä saadaan maksimoitua. Microsoft Solax ohjelmistossa ei olla juurikaan puhuttu, mutta laatimaani Excel taulukon tiedot siirretään sieltä Solaxiin, josta eri laitteistoille tehdään huoltotyön toimeksianto, taulukkooni määrittäminä ajankohtina. Toimeksiantoihin kuuluu tehtävät huollot ja laitteiden uusimiset. Uskon, että tekemästäni elinkaaren hallinnasta on apua Tampereen Energiantuotannon työsuunnittelussa ja tarvittavien investointien suunnittelussa.

## LÄHTEET

ABB. 2012. ACS355 käyttäjänopas. Luettu 20.1.2015

ABB, 2013. ACS800 käyttäjänopas. Luettu 20.1.2015

ABB. 2012. Drive life cycle management. Luettu 20.1.2015

[http://www09.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b175436e7c743ae7c1257e0a00321a80/\\$file/16097\\_FactFile\\_EN\\_SP37\\_Drive\\_life\\_cycle\\_management\\_RevE.pdf](http://www09.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b175436e7c743ae7c1257e0a00321a80/$file/16097_FactFile_EN_SP37_Drive_life_cycle_management_RevE.pdf)

ABB. 2008. Mikä taajuusmuuttaja on?. Luettu 10.2.2015

<http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.aspx>

ABB. 2015. Ohjelmistotyökalut. Drive upgrade. Käytetty 11.3.2015

<http://new.abb.com/drives/fi/ohjelmistotyokalu>

ABB. Tekninen opas nro 8. Sähköinen jarrutus. 2001. Luettu 1.3.2015.

[http://www08.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/2e30f9c0e2d07b9ac1256d28004152df/\\$file/Tekninen\\_opasnro8.pdf](http://www08.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/2e30f9c0e2d07b9ac1256d28004152df/$file/Tekninen_opasnro8.pdf)

ABB. 2015. Vanhat ja poistuneet tuotteet. Luettu 19.2.2015

<http://new.abb.com/drives/fi/pienjannitetaajuusmuuttajat/vanhat-ja-poistuneet-tuotteet>

EMC-direktiivi 2004/108EY. 2004. Luettu 17.2.2015

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32004L0108&from=FI>

Lauri Hietalahti. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. Tammer-tekniikka. Tampere.

Mikko Kautto. 2014. Taajuusmuuttajien uusinta. Insinööriyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Tuomas Kiiski. 2012. Taajuusmuuttajien luotettavuus, huollettavuus ja kunnossapito teollisessa ympäristössä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto

Leena Korpinen. Sähkömoottorikäytöt. Luettu 25.2.2015.

[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/11sahkomoottorikaytot.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/11sahkomoottorikaytot.pdf)

Mpoweruk. 2005. Motor controls. Luettu 10.4.2015

<http://www.mpoweruk.com/motorcontrols.htm>

Markku J.J Mäkinen, Raimo Kallio. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Otava. Helsinki

Markku Mäkipää. 2013. netPLM -projektin loppuraportti. Luettu 15.4.2015

<http://issuu.com/industrialsystems/docs/tuotetiedonelinkaarihallinta>

Maarit Ratavaara. 2011. Arkkipakkaamo 2:n taajuusmuuttajien uusiminen. Insinööriyö. Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulu

Tampereen sähkölaitos. 2015.Energiantuotanto. Luettu 12.1.2015

<https://www.tampereensahkolaitos.fi/yritysjaymparisto/energiantuotanto/Sivut/default.aspx#.VSPGEvmsWfw>

Vacon. 2015. Palvelut. Luettu 10.3.2015

<http://www.vacon.com/fi-FI/palvelu/>

Vacon. 2007. Käyttöohje NXS/P. Luettu 27.3.2015

# LIITTEET

## Liite 1. ABB:n taajuusmuuttajan vuositiedote

<b>ABB</b>		Life Cycle Status Statement			Document nr 4FPS10000044927	
Issued by	Date	Language	Revision	Distribution	Page	
ABB Oy, Drives Service	01.01.2014	en	G	Public	1 (1)	

### SAMI STAR F Frequency Converters

#### 1. CURRENT LIFE CYCLE STATUS

The SAMI STAR F drive product has been in the limited phase since 1.1.2014 according to the ABB Life cycle model outlined below.

#### 2. SUPPORT AVAILABILITY IN LIMITED PHASE

Following services are available:

- Retrofit services
- Replacement services
- Spare part availability will be limited
- Onsite services will be limited

Following services are not available:

- Technical support services
- Training services
- Preventive maintenance and reconditioning services
- Re-manufacturing services and exchange units
- Workshop repair services
- Upgrade services

#### 3. LIFE CYCLE PLAN

The product is planned to be kept in the limited phase at least until the end 2016 after which it will be transferred to the obsolete phase.

The ABB life cycle management approach allows us to manage an orderly transition to a new product while we ensure that our valued customers have access to our continuing support.

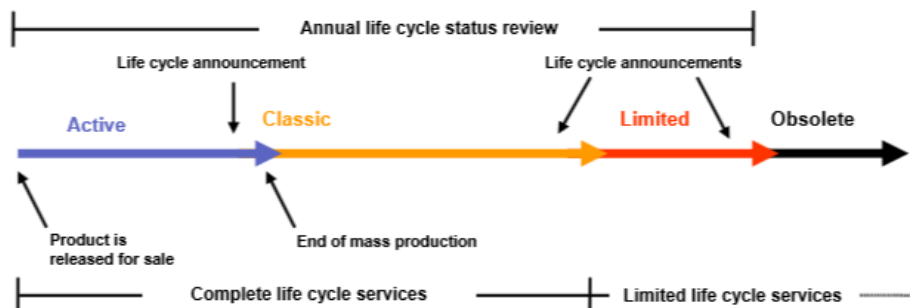
#### 4. RECOMMENDED ACTION

During the limited phase it is highly recommended to retrofit or replace the existing installation with newer product family.

#### 5. FURTHER INFORMATION

For more information on drives life cycle management and available services contact your local ABB organization or at <http://www.abb.com/driveservices>.

#### 6. ABB LIFE CYCLE MODEL



© Copyright 2014 ABB Oy. All rights reserved.

Specifications subject to change without notice.

## Liite 2. Taajuusmuuttajan kierrätysohjeet

ABB Automation Technologies		<b>Recycling Instructions</b>		DOCRISAMIF001	
Product Service, Drives		SAMI STAR product family			
Department: TLC	Date: 21.2.2003	Author: Ari Niskanen	Checked / Approved: Mikko Eskelinen	Revision: A	Page: 3 (9)

**2. Product package**

Plastic and wood-based materials used in the package can be recycled and other materials can be landfilled. No harmful materials are used in the package.

To avoid pollution caused by unnecessary transportation, the manufacturing factory is not taking back used packages. Package recycling is organized by the importing ABB sales company locally, according to local regulations.

Package recycling is recommended while recycling preserves raw materials and reduces waste being landfilled.

In the following table the packing materials of different package types are listed.

1. Standing crate	2. Seaworthy export packing to Europe	3. Seaworthy export packing outside Europe (Al-foil)	4. Seaworthy export packing to Europe and North America (VCI-film)
Rough board	Rough board	Rough board	Rough board
Cardboard	Corrugated board		
	Plywood (birch veneer)	Plywood (birch veneer)	Plywood (birch veneer)
	Antistatic PE-film	Antistatic PE-film	
	Stretch film		
	PE-film		PE-film with VCI
		Bubble plastic	Bubble plastic
	PC board		Plastic supports
		Rubber board (optional)	
		Al-foil	
Steel strap			
	VCI paper	VCI paper	VCI paper
	Desiccant	Desiccant	
	Silicone seal	Silicone seal	

For abbreviations, see Chapter 3.

## Liite 2.1. Taajuusmuuttajan kierrätysohjeet

ABB Automation Technologies	<b>Recycling Instructions</b>		DOCRISAMIF001	
Product Service, Drives	SAMI STAR product family			
Department: TLC	Date: 21.2.2003	Author: Ari Niskanen	Checked / Approved: Mikko Eskelinen	Revision: A
			Page: 4 (9)	

**3. Product materials**

SAMI STAR frequency converter consists of the following units.

LSU LINE SUPPLY UNIT  
 CBU CAPACITOR BANK UNIT  
 INU INVERTER UNIT

<u>LINE SUPPLY UNIT</u>	
Rectifier	Cu, Al, Si, Mo, Q, ceramic, Fe, Ni, Rh, PUR, PP, PC, UP
Screwfuse	Cu, SS, Ag, ceramic
Disconnection switch	Cu, steel, brass, plastic
Power semiconductors	Cu, Si, Mo, Q, ceramic, Ni, Rh
Transformer	steel, Cu, plastic, varnish
Fuse	Cu, SS, ceramic, Ag
Fuse bases	Cu, steel, plastic
Circuit breaker	Cu, steel, brass, plastic
Contactors	Cu, steel, brass, plastic
Relay	Cu, steel, brass, plastic
Electrolytic capacitor	Al, electrolytic solute
<u>CAPACITOR BANK UNIT</u>	
Electrolytic capacitor	Al, electrolytic solute
Mechanics	Cu, Al
<u>INVERTER UNIT</u>	
Power supply board	Zn-coated steel, GF, Cu, Sn, plastic
Processor board	GF, Cu, Sn, plastic, Ni-Cd battery
Serial comm. board	GF, Cu, Sn, plastic
Tachometer board	GF, Cu, Sn, plastic
Chopper control board	GF, Cu, Sn, plastic, electrolytic capacitor
Pulse Amplifier board	GF, Cu, Sn, plastic, electrolytic capacitor
Current meas. board	GF, Cu, Sn, plastic
Power semiconductors	Cu, Si, Mo, Q, ceramic, Ni, Rh
Power semiconductor clamp	plastic, steel
Heat transmission grease for power semiconductors	Q, ZnCr, Li Stearate

## Liite 2.2. Taajuusmuuttajan kierrätysohjeet

ABB Automation Technologies		<b>Recycling Instructions</b>		DOCRISAMIF001	
Product Service, Drives		SAMI STAR product family			
Department: TLC	Date: 21.2.2003	Author: Ari Niskanen	Checked / Approved: Mikko Eskelinen	Revision: A	Page: 5 (9)

MECHANICS	
Terminal blocks, socket-outlets	Steel, brass, Cu, plastic
Wires, cables	Cu, Sn, PVC, PTFE, Si
Post insulators	PA, PTFE, EP, brass, Al, steel
Optical fibres & connectors	Plastic
Screw connection equipments	Zn-coated steel
Screws	Zn coated steel
Busbar	Cu, surface-treated Cu, Al
DC busbar	Al
Doors, side & roof plates	Zn-coated steel, polyester powder paint
Frame bars, partition plates, base channels, slide rails, cover plates for DC fuses	Galvanised steel
Cover plates, cover strips	Galvanised steel, paint
Intermediate supports	Steel, paint
Lifting bars	Steel, paint
Stripterminals	Cu, Ag, Sn
Phase board/bars	Cu, Ni

## Abbreviations

Brass	Cu, Zn	
Ceramics	Mg- and Al- oxides	
EP	Epoxy	
EPDM	Ethylenpropylenediene rubber	
FPM	fluoro elastomer (rubber)	
GF	Glasfibre	
PBT	Polybutylenetrephtalate	
PC	Polycarbonate	
PCB	printed circuit board	
PE	Polyethylene	
PTFE	Polytetrafluoroethylene (Teflon)	(Teflon® is registered trademark of DuPont on the page)
PVC	polyvinyl chloride	
Q	silicone (rubber)	
UP	unsaturated polyester	
VCI	volatile corrosion inhibitor	

## 3.3 Product manuals and sales brochures



## Liite 2.4. Taajuusmuuttajan kierrätysohjeet

ABB Automation Technologies		<b>Recycling Instructions</b>		DOCRISAMIF001	
Product Service, Drives		SAMI STAR product family			
Department: TLC	Date: 21.2.2003	Author: Ari Niskanen	Checked / Approved: Mikko Eskelinen	Revision: A	Page: 8 (9)

Table: List of possibly harmful substances in different materials and components after previously mentioned references

Component	Harmful substance(s)	Reference
Printed circuit boards	lead (in solder)	1 2 3
	tetrabromobisphenol A (TBBA, flame retardant)	1 2 3
Processor card	+ Ni Cd battery	4
Plastics	None	
Metals	None	
Electromechanics	None	
Cables	PVC	1
Electrolytic capacitors	May contain harmful chemicals (DMAC/DMF)*	

\* composition varies with the manufacture and technical development of the electrolytic capacitors  
N/A = not available

Note. According to the "European Waste Catalogue", an end-of-life product is classified by code 16 02 14.

Printed circuit boards and electrolytic capacitors, removed from the product, are however classified as "hazardous components removed from discarded equipment", code 16 02 15, requiring special treatment.

Ni-Cd batteries removed from the product, are however classified as "Ni-Cd batteries", code 16 06 02, requiring special treatment.

#### **5.4 One recycling method**

The procedure described below complies with regulations valid in Finland in January, 2002.

- steel                      recycled as material
- aluminum                recycled as material
- plastics                    energy recovery (incineration) or landfilled
- printed circuit boards    sent for hazardous material treatment
- electrolytic capacitors    sent for hazardous material treatment
- cables                      landfilled
- other materials            energy recovery (incineration) or landfilled

### Liite 3. Taajuusmuuttajan modernisointi

#### Services note

#### SAMI STAR- ja ACV700-taajuusmuuttajien modernisointi - kustannustehokas tapa lisätä tuottavuutta

ABB suosittelee käyttökänsä loppua lähestyvälle SAMI STAR- ja ACV700-taajuusmuuttajille modernisointia retrofit-paketilla, joka sisältää suunnittelun, jälkiasennussarjan ja työn.

ABB:n insinöörit määrittävät nykyisen taajuusmuuttaja-asennuksen ja suosittelevat asianmukaisesti mitoitettua retrofit-pakettia, jolla korvataan taajuusmuuttajakaapiston kaikki nykyiset sisäiset osat uusilla nykyaikaisilla ACS800 sukupolven osilla. Monet sähköiset ja mekaaniset osat, kuten kaapitot ja kaapelit, voidaan käyttää uudelleen, joten retrofit maksaa tyypillisesti selkeästi vähemmän kuin koko taajuusmuuttajan ja kaapiston vaihtaminen.

Retrofit-paketti sisältää kaikki keskeiset osat, joita taajuusmuuttajan tehokas käyttäminen edellyttää:

- ABB:n invertterimoduli
- kytkinvaroke tai varokealusta
- ohjauskortti
- ACS800-käytön moottorinohjaus- ja I/O-kortti ja tehonlähde
- yhteisluotusodatin
- EMC-suodattimet
- oveen asennettava ohjauspaneeli
- uusi kaapinovi tehokasta jäähdytystä varten
- asennussarjat, johdot ja liittimet
- kattava dokumentaatio.

#### Seuraavat osat voidaan liittää toimitukseen:

- kenttäväyliin ja tiedonsiirtoon liittyvät laitteet
- Ethernet-liitäntä
- PC-ohjelmisto taajuusmuuttajan hallintaa varten.

ABB:n valtuutetut huoltoinsinöörit suorittavat kaikki asennus- ja käyttöönototyöt.

#### Retrofit-paketin hyödyt uusiasennukseen verrattuna

- pienemmät pääomakulut olemassa olevien laitteiden uudelleenikäytön takia
- pienemmät suunnittelukustannukset, koska vain jälkiasennussarjan osat on valittava ja mitoitettava
- pienemmät työkustannukset, koska purku ja asennus vie vähemmän aikaa
- ei tuotannon menetyksiä, koska jälkiasennus tehdään asiakkaan suunnitteleminen seisokkien aikana
- nopea asennus - yksi taajuusmuuttajayksikkö vaihdetaan yleensä päivässä
- joustava aikataulus, koska suuret projektit voidaan toteuttaa useassa osassa

#### Tehokkaasta suunnittelusta optimaaliseen lopputulokseen

Kun harkitset SAMI STAR- tai ACV700-taajuusmuuttajien modernisointia, ota yhteys paikalliseen ABB:n toimipisteeseen, niin sinua autetaan valitsemaan oikeat retrofit-paketit ja -palvelut.



SAMI STAR -vaihtosuuntaajayksiköt (yllä) ennen jälkiasennusta ja uudet ABB:n teollisuustaajuusmuuttajat, jotka on asennettu SAMI STAR -kaappeihin (alla).



Power and productivity  
for a better world™

