

Taajuusmuuttajat ja parametrintiö- jeen laatiminen

Henri Alex Kettunen

Opinnäytetyö

Joulukuu 2015

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Sähkövoimatekniikka

Tekijä(t) Kettunen Henri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 04.12.2015
	Sivumäärä 92	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Taajuusmuuttajat ja parametrintiöhteen laatiminen		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, sähkövoimatekniikka		
Työn ohjaaja(t) Veli-Matti Häkkinen, Pasi Puttonen		
Toimeksiantaja(t) JEEC Oy		
Tiivistelmä <p>JEEC Oy:n toimeksianto koski taajuusmuuttajien parametrintiöhteen laadittavia ohjeita, sillä tarvittavia manuaaleja ei aina löydy työmaalta ja lisäksi niiden läpi selaamiseen kuluu turhaa aikaa. Tästä syystä työhön laadittiin olennaisimmat parametrintiöhteen ainoastaan yrityksen useimmin kohtaamiin taajuusmuuttajiin. Samoin tuli myös laatia lyhyt ohjeistus tarkistuksista, jotka tulee suorittaa moottorin ja/tai taajuusmuuttajan vaihtuessa.</p> <p>Tavoitteena oli parametrintiöhteen ja tarkastuslistan lisäksi selvittää mahdollisia ongelmakohtia taajuusmuuttajien parametrintiöhteen tavoitteena oli löytää sekä kirjoittaa vain JEEC:n töiden kannalta tarpeelliset parametrit ohjeeseen. Toimeksianton lisäksi tulisi myös selvittää taajuusmuuttajiin liittyviä asioita laajemmin.</p> <p>Taajuusmuuttajiin liittyvää teoriaa on käsitelty niiden valmistajien ja alan kirjallisuuden sekä kansainvälisten verkojulkaisujen avulla. Työn empiirisessä osuudessa keskityttiin työntilaajan kannalta oleellisiin asioihin taajuusmuuttajien parametrintiöhteen ja niistä johtuvien ongelmatilanteiden testaamiseen Jyväskylän ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa.</p> <p>Testauksien johtopäätöksinä huomattiin, että taajuusmuuttajissa olisi hyvä olla parametroituna väylän katkeamisesta huomauttava parametri. Väylää voidaan myös tutkia graafisesti, mikä voi helpottaa joissain tapauksissa vian löytämistä, ProfiTrace-nimisellä ohjelmistolla sekä oskilloskoopilla. Näin esimerkiksi asiakaskäynnin aikana pystyttiin myös graafisesti havainnoimaan, miltä viat näyttivät väylässä, kun vikaa yritettiin paikallistaa. Laboratorio-olosuhteissa todettiin myös vikojen niin sanotun replikoinnin olevan erittäin vaikeaa, samoin niiden aiheuttajan löytämisen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Taajuusmuuttajat, parametrintiöhti		
Muut tiedot		

Author(s) Kettunen Henri	Type of publication Bachelor's thesis	Date 04.12.2015 Language of publication: Finnish
	Number of pages 92	Permission for web publication: x
Title of publication Variable frequency drives and compiling of parameterization instruction		
Degree programme Automation Technology Study Program, Electrical Power Engineering		
Supervisor(s) Veli-Matti Häkkinen, Pasi Puttonen		
Assigned by JEEC Oy		
Abstract <p>The bachelor's thesis assignment by JEEC Oy was to compile parameterization instructions for JEEC Oy, as there often are no manuals or guides to use on site. Browsing them through is also very time consuming. For these reasons, the thesis compiled the most essential parts of the parameterization instructions for the variable frequency drives only, which the company more often deals with in their work. Simultaneously, the guidelines of checks which should be carried out when a motor or a variable frequency drive or both are changed were also requested by the company.</p> <p>The objectives including the parameterization instruction and the checklist were to study potential problems when using them in practice, as well as to find out only relevant parameters for the purposes of the assigner company. In addition to these, also the context of the variable frequency drives was to be elaborated on in more detail.</p> <p>The used source material in the theory part consisted mainly of the manuals of the producers, literature on electrical engineering as well as international online publications. The details discussed in the empirical part were mostly examined in JAMK laboratory, where the written instructions were tested and the possible problem situations were created.</p> <p>The tests found out that there is a parameter, which shows an error if there is a line break in a fieldbus, however, most often it is not switched on. The fieldbus could also be observed with an oscilloscope, which might help in some cases to trace the failure. During the customer's visit ProfiTrace program was used together with an oscilloscope to demonstrate with a graphical diagram the failure in the fieldbus. The lab tests also showed that replicating the potential problems is not that easy; nor is detection of reasons causing failures.</p>		
Keywords/tags (subjects) Variable frequency drives, parameters		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Työn lähtökohta ja tavoitteet.....	6
1.2	Työn rakenne.....	6
1.3	JEEC Oy	7
2	Taajuusmuuttajat	7
2.1	Toiminta.....	9
2.2	Rakenne	11
2.3	Moottorin ohjaustavat	18
2.3.1	Skalaariohjaus ja -säätö	18
2.3.2	Vektorisäätö.....	19
2.3.3	Suoramomenttisäätö (Direct Torque Control)	19
2.4	Taajuusmuuttajan ohjaustavat.....	21
2.5	Käyttökohteet.....	25
2.5.1	Puhallin	25
2.5.2	Pumppu.....	26
2.5.3	Kuljetin.....	29
2.6	Parametroinnin tarkoitus	30
3	Moottorit	32
3.1	Toimintaperiaatteet	32
3.1.1	Epätahtikoneen toiminta.....	32
3.1.2	Tahtikoneiden toiminta	36
3.2	Kyt kentöjen vertailu	37

4	Tarkastuslista moottorin tai taajuusmuuttajan vaihtuessa	39
5	Kenttäkokemukset	40
5.1	Yleisimmät vikatilanteet kentällä	40
5.2	Vikatilanne Profibus-väylällä	41
6	Parametrointi testausympäristössä.....	49
6.1	ABB ACS 880 testaus	49
6.2	Vacon NX ja ABB ACS 350 taajuusmuuttajien testaus	57
7	Tulokset ja pohdinta	58
	Lähteet	62
	Liitteet.....	65
	Liite 1. Paramerointiohjeet taajuusmuuttajille	65
	Liite 2. Tarkastuslista moottorin tai taajuusmuuttajan vaihtuessa.....	92

Kuviot

Kuvio 1. Momentin ja nopeuden suhde.....	9
Kuvio 2. Taajuusmuuttajan rakenne	11
Kuvio 3. Tasasuuntaaja.....	12
Kuvio 4. Diodien asettelu sekä jännitepiikit	13
Kuvio 5. Välipiiri.....	13
Kuvio 6. Kytkentään liitetty kondensaattori sekä kytkennän muuttunut jännite.....	14
Kuvio 7. Vaihtosuuntaaja	15
Kuvio 8. Moottorille syötetyn jännitteen muoto sekä moottorin kytkentä	15
Kuvio 9. Ulostulon jännitteen muodostus.....	17
Kuvio 10. Skalaariohjauksen ja -säädön toimintaperiaate.....	18
Kuvio 11. Vektorisäädön toimintaperiaate sekä vuo, i_d ja i_q	19
Kuvio 12. DTC toimintaperiaate	20
Kuvio 13. Tehontarve eri säädöillä puhaltimissa	25
Kuvio 14. Pumpun ja järjestelmän käyrät	26
Kuvio 15. Järjestelmän käyrään yhdistetty kitkan ja staattisen paineen vaikutus	27
Kuvio 16. Pumpun käyrän siirto taajuusmuuttajalla.....	28
Kuvio 17. Taajuusmuuttajan mahdollistamat säästöt pumppukäytöissä.....	29
Kuvio 18. Magneettivuon kulkureitti	32
Kuvio 19. Roottorin ja staattorin uritukset	33
Kuvio 20. Oikosulkumoottorin rakenne	34
Kuvio 21. Häkkikäälämityksen rakenne	34
Kuvio 22. Avonapa- ja umpinaparoottori.....	36

Kuvio 23. Suorakäytön vaatimukset.....	38
Kuvio 24. Taajuusmuuttajan ja moottorin kytkentä	39
Kuvio 25. Väylän diagnostiikka parametrit	42
Kuvio 26. Parametrin 50.02 eri vaihtoehdot.....	43
Kuvio 27. ACS880 väylävirheen ilmoitus	43
Kuvio 28. ACS880 pyytää käyttäjää korjaamaan vian	44
Kuvio 29. Siemensin diagnostiikan laiteluettelo	45
Kuvio 30. Diagnostiikan kuvaus viasta	45
Kuvio 31. Testeissä käytetyt taajuusmuuttajat.....	46
Kuvio 32. Oskilloskoopin havaitsemat virheet väylässä.....	47
Kuvio 33. ACS 880 ohjattavan moottorin arvokilpi	49
Kuvio 34. ACS 880 päänäyttö	50
Kuvio 35. ACS 880 täydellinen luettelo asetuksista	51
Kuvio 36. ACS 880:n asetuksiin lisätyt moottorin tiedot	52
Kuvio 37. ACS 880:n asetuksiin lisätyt moottorin loput tiedot	52
Kuvio 38. ACS 880 raja-arvot nopeudelle ja taajuudelle.....	53
Kuvio 39. ACS 880 raja-arvot viralle ja taajuudelle	54
Kuvio 40. ACS 880 menun näkymä.....	55
Kuvio 41. ACS 880 Assistentin valinta	55
Kuvio 42. ACS 880 Basic set up:n kyselemät raja-arvot	56

Taulukot

Taulukko 1. ABB:n adapterien sopivuus heidän omiin taajuusmuuttajiin.....	21
---	----

1 Johdanto

1.1 Työn lähtökohta ja tavoitteet

Opinnäytetyön idea lähti alun perin liikkeelle siitä, että olin työharjoittelussa JEEC Oy:llä ja sieltä tuli toive, että opinnäytetyönä tuottaisin parametrintiohjeet heidän työssään yleisimmin kohtaamilleen taajuusmuuttajille. Näiden lisäksi tulisi myös selvittää niissä mahdollisesti esiintyviä ongelmatilanteita esimerkiksi alkuperäisten laitteiden vaihtuessa. Aiheen hyväksynnän jälkeen totesimme, että opinnäytetyö koskisi taajuusmuuttajiin liittyvää aihealuetta yleisesti ja työn liitteeksi tulisivat varsinaiset parametriohteet sekä tarkastuslista.

Tavoitteena oli tehdä neljälle eri taajuusmuuttajille parametrintiohjeet, koska laitteiden manuaaleja tai oppaita ei yleensä löydy työmaalta. Erillisten ladattavien laitekohtaisten taajuusmuuttajien parametrintiohjeiden avulla on helpompi löytää oikean parametrin kohdalle, kuin esimerkiksi selaamalla koko täyspitkä manuaali netistä. Ohjeista tulisi löytyä yleisemmin tarvittut parametrit sekä niiden selitykset. Samoin myös lyhyt tarkastuslista tilanteisiin, joissa joko moottori tai taajuusmuuttaja tai molemmat vaihtuvat. Toimeksiannon lisäksi itse opinnäytetyössä tulisi myös selvittää taajuusmuuttajien käyttöön liittyviä asioita laajemmin.

1.2 Työn rakenne

Tässä opinnäytetyössä käsitellään asioita, jotka liittyvät ABB:n, Siemensin ja Vaconin taajuusmuuttajien käyttöönottoon. Teoriaosassa tutustutaan taajuusmuuttajiin sekä niiden rakenteeseen että toimintaan ja käsitellään erilaisia moottoria sekä taajuusmuuttajia koskevia ohjaustapoja. Taajuusmuuttajien käyttötavoista esitetään mm. pumppu- ja puhallinkäytöt sekä miksi taajuusmuuttajia parametroidaan. Tämän jälkeen työssä käydään sähkömoottoreiden erilaiset toimintaperiaatteet sekä rakenteet.

Opinnäytetyön rinnalla valmistui yrityksen käyttöön PDF-pohjaiset parametrintiohjeet ABB:n ACS355 ja ACS880 sekä Vacon 100 ja Siemensin Simanics G120C -taajuus-

muuttajille sekä tarkastuslista tilanteisiin, joissa alkuperäinen laite mahdollisesti vaihtuu. Työn empiirisessä osuudessa käsitellään näiden ohjeiden testausta Jyväskylän ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa sekä erilaisia kenttäkokemuksia. Lisäksi Jyväskylän ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa yritettiin selvittää mahdollisia ongelmatilanteita ABB:n ACS350 ja Vacon NX taajuusmuuttajilla. Työn lopussa pohditaan käsitellyjä asioita sekä arvioidaan saatuja tuloksia.

1.3 JEEC Oy

JEEC Oy on Jyväskylässä toimiva suunnittelu- ja konsultointipalveluja tarjoava yritys, joka on perustettu vuonna 2009. Yrityksen päätoimiala on prosessiautomaatiojärjestelmien suunnittelu sekä käyttöönotto, jota täydentävät sähkö- ja instrumentointisuunnittelu. Yrityksen sähköpuoli toimii osana tarjottavia automaatiopalveluita. Yritys tarjoaa sähköpuolen palveluina esimerkiksi prosessi-, rakennus- ja teollisuustilojen sähköistystä, asennusvalvontaa sekä käyttöönottoa.

Yrityksen arvot perustuvat laatuun, osaamiseen, asiakaslähtöisyyteen ja luottamukseen sekä jatkuvaan parantamiseen. Näitä arvoja noudattamalla yritys sekä toimii että markkinoi palvelujaan.

JEEC Oy:n palveluksessa on 17 henkilöä. Heistä kaksi toimii vanhempana pääsuunnittelijana. Pääsuunnittelijoina yrityksellä on kolme ja vanhempina suunnittelijoina kaksi henkilöä. Suunnittelijan rooleissa on neljä ja nuorempina suunnittelijoina toimii kolme henkilöä. Yrityksessä on lisäksi kaksi henkilöä avustavina suunnittelijoina sekä kirjanpitäjä.

2 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttaja on tehoelektroniikkalaite, jolla voidaan ohjata moottorin nopeutta ja momenttia portaattomasti moottorin syöttöjännitteen taajuuden avulla (JAO n.d.). Taajuus (hertsi) liittyy suoraan moottorin nopeuteen (rpm). Toisin sanoen, mitä suurempi syötetty taajuus on, sitä korkeampi on moottorin kierrosnopeus. (Hartman 2014.)

Ainoastaan taajuusmuuttajalla voidaan säätää oikosulkumoottoreiden pyörimisnopeutta tai momenttia tehokkaasti ja tarkasti. Nykyään on myös reluktanssimoottoreita ja kestopagneettimoottoreita, joita ei voida ajaa suoraan kolmivaiheisella vaihtojännitteellä, vaan ne tarvitsevat toimiakseen nykyaikaisen taajuusmuuttajan. (JAO n.d.)

Sähkömoottoreiden nopeutta on perinteisesti aseteltu muuttamalla moottorin napalukua, jolloin moottorin pyörimisnopeus on muuttunut, esimerkiksi 2-napaisella moottorilla nopeus on 3000 kierrosta minuutissa (rpm) ja muuttamalla se 4-napaiseksi moottoriksi nopeus tippuu 1500:an kierrokseen minuutissa. Ennen taajuusmuuttajia moottoreiden nopeutta ohjattiin myös erilaisilla mekaanisilla jarruilla ja vaihteistolla, jolloin moottorin jättämä muuttui, mutta tämä lisäsi käytön häviöitä huomattavasti. Taajuusmuuttajien kehittyttyä on moottoreita voitu entistä tarkemmin ohjata muuttamatta moottorin napalukua tai asentamatta erilaisia mekaanisia välineitä. (JAO n.d.)

Jos sovellus ei vaadi sähkömoottorin ajoa täydellä nopeudella, voidaan taajuusmuuttajalla säätää taajuus ja jännite alas sähkömoottorin kuormitusta vastaavaksi. Kun sovelluksen nopeusvaatimukset muuttuvat, taajuusmuuttaja voi nostaa tai laskea helposti moottorin nopeutta vastaamaan vaadittua nopeutta. (Hartman 2014.)

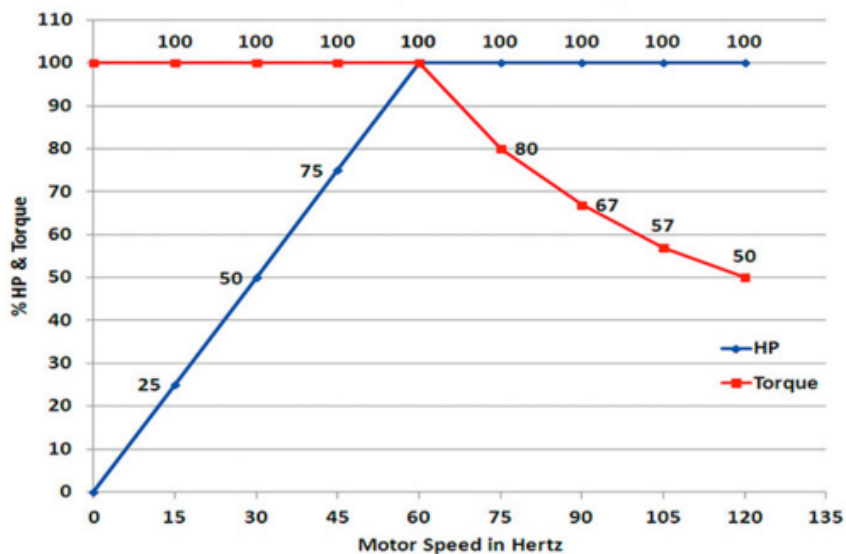
Käytettäessä taajuusmuuttajaa moottorin ohjauksessa säästetään samalla huomattava määrä sähköä ja näin myös energiakustannukset pienenevät. Taajuusmuuttajaohjauksella on mahdollista vähentää sähköverkkojen kuormitusta sekä koneiden mekaanista rasitusta, joka aiheutuu koneen käynnistyessä. Taajuusmuuttaja vaikuttaa viimeksi mainittuun seikkaan siten, että sen käyttö mahdollistaa hallitun käynnistymisen ja näin koneistoa kuluttavat alkunykäykset saadaan pois käyttöpaikoista. (JAO n.d.)

Tyypillisiä taajuusmuuttajien käyttökohteita ovat esimerkiksi hissien ohjaus, kuljettimet, pumput, vinssit sekä rullaportaat. (JAO n.d.)

2.1 Toiminta

Teknologian kehittymisen ja uusien sovellusohjelmien vuoksi taajuusmuuttajia voidaan käyttää nykyään yhä useammassa paikassa. Ohjelmistot mahdollistavat sen, ettei niitä tarvitse muuttaa asiakaskohtaisesti, vaan sovellusohjelmalla voidaan räätälöidä taajuusmuuttajan toiminnot käyttökohteen mukaan. Tällä tavoin taajuusmuuttajien sisäisiä komponentteja ei tarvitse lähteä muuttamaan. (JAO n.d.)

Kun vaihtovirtamoottorin nopeutta ohjataan taajuusmuuttajalla, teho tai vääntömomentti muuttuu taajuuden muutoksen mukaan. Kuviossa 1 on graafinen esitys näistä muutoksista. X-akselilla on moottorin syöttöjännitteen taajuus 0–120 hertsiä. Y-akselilla on teho ja vääntömomentti prosentteina. Esimerkkinä toimii 60 Hz:llä toimiva moottori. 60 Hz:ssä (moottorin nimellinen taajuus) teho ja vääntömomentti ovat 100 prosenttia. (Evans 2013.)



Kuvio 1. Momentin ja nopeuden suhde (Evans 2013)

Kun taajuusmuuttaja vähentää taajuutta ja moottorin nopeutta, se myös vähentää jännitettä pitäen jännite-per-taajuus suhteen (V/Hz) vakiona. Vääntömomentti on tällöin edelleen 100 prosenttia, mutta teho pienenee suoraan suhteessa nopeuden muutokseen. 30 hertsillä teho on vain 50 prosenttia 60 Hz tehosta. Tämä johtuu siitä,

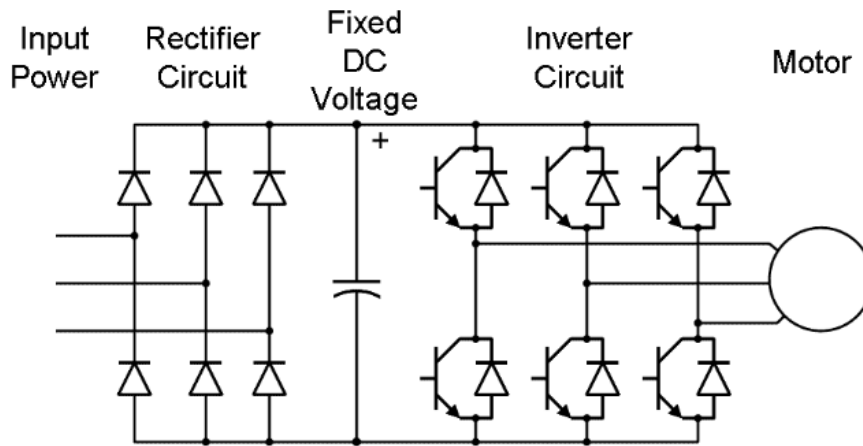
että tuotettu vääntömomentti aikayksikköä kohti vähenee myös 50 prosentilla, koska moottori pyörii pienemmillä kierroksilla. Tarkistamiseen voidaan käyttää tehon ja vääntömomentin yhtälöä todentamaan tätä suhdetta. Kun taajuusmuuttaja lisää taajuutta yli 60 hertsiä, teho ja vääntömomentti vaihtavat osia täysin. (Evans 2013.)

Taajuusaluetta, joka on pienempi kuin nimellistaajuus, kutsutaan vakiovoalueeksi. Taajuusaluetta, joka on puolestaan suurempi kuin nimellistaajuus, kutsutaan kentän heikennysalueeksi. Moottori voi toimia kentänheikennysalueella vakioteholla, jonka takia aluetta voi kutsua myös vakiotehoalueeksi. (ABB 2001, 10.) Tällöin teho on edelleen 100 prosenttia, mutta vääntömomentti pienenee taajuuden kasvaessa. Vääntömomentin pieneneminen johtuu siitä, että moottorin impedanssi kasvaa yhä taajuuden kasvaessa. Koska taajuusmuuttaja ei voi lisätä jännitettä yli sen syöttöjännitteen, virta pienenee taajuuden kasvaessa vähentäen käytettävissä olevan vääntömomentin määrää. Teoreettisesti vääntömomentti pienenee nimellinopeutta nopeammilla alueilla. Todellisissa sovelluksissa muut tekijät voivat vähentää käytettävissä olevaa vääntömomenttia selvästi alle teoreettisten arvojen, jotka esiintyvät kuviossa 1. Näitä ovat lisääntynyt laakerikitka, tuuletinkuorma sekä roottorin ilmanvastushäviöt. Esimerkin moottorin täyden kuormituksen vääntömomenttia täytyy pienentää, kun käytetään yli 60 hertsin nopeuksia. Tyypillisiä valmistajien pienennyssuuntaviivoja kannattaa käyttää perustaajuuden ja maksimitaajuuden suhteena nopeuksille jopa 90 hertsiin saakka. Yli 90 hertsin nopeuksissa suhteen neliötä käytetään usein. (Evans 2013.)

Roottorin tasapaino, laakereiden kesto ja kriittinen nopeus ovat tyypillisiä huolenaiheita. Laadukkaiden 1800 rpm ja 1200 rpm moottoreiden, jotka ovat jopa 200 Hp (noin 149 kW), pitäisi pystyä käsittelemään kaksi kertaa nimellinopeutta suurempaa nopeutta ilman ongelmia. Ylinopeus ei yleensä ole sallittua 3600 rpm moottoreilla, jotka ovat yli 50 Hp (noin 37 kW) tehoiltaan ja seikka tulisi tarkistaa valmistajalta ennen moottorin ajamista nimellinopeutta suuremmilla nopeuksilla. (Evans 2013.)

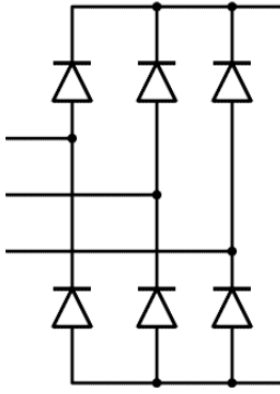
2.2 Rakenne

Taajuusmuuttaja koostuu seuraavista piireistä: tasasuuntaajasta, välipiiristä, vaihtosuuntaajasta, ohjauselektronikasta ja suotimista (ABB 2015b, 2). Kuviossa 2 on esitetty taajuusmuuttajan rakenne piirroksena.



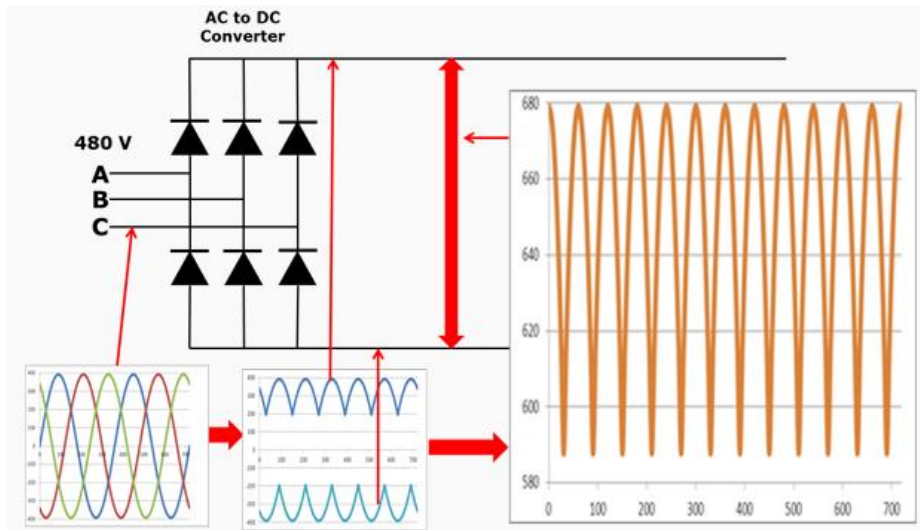
Kuvio 2. Taajuusmuuttajan rakenne (ABB 2015b, 2)

Ensimmäinen vaihe taajuusmuuttajassa on tasasuuntaaja, joka koostuu kuudesta diodista. Niiden avulla saadaan kolmivaiheinen vaihtojännite tasasuunnattua välipiirin tasajännitteeksi. (Hartman 2014.) Tasasuuntaaja voidaan toteuttaa myös 12-pulssisena tyristöreilla ja transistoreilla. Kuviossa 3 on havainnollistettu tasasuuntaajaa. (ABB 2015b, 3–4.)



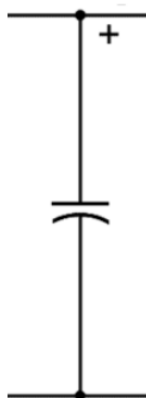
Kuvio 3. Tasasuuntaaja (ABB 2015b, 3)

Jarrutustilanteissa jarrutusteho voidaan muuntaa takaisin sähköverkkoon. Suuntaa havainnollistetaan symboleissa nuolen avulla, mihin päin diodi päästää. Esimerkiksi, kun A vaiheen jännite on positiivisempi kuin B tai C vaihejännite, niin silloin diodi niin sanotusti avautuu ja mahdollistaa virran kulun. Kun B-vaiheen jännitteestä tulee positiivisempi kuin A-vaiheen, tällöin B-vaiheen diodi avautuu ja A-vaiheen diodi sulkeutuu. Sama koskee kolmea (3) negatiivisen linjan diodia. Siten saadaan kuusi "pulssia", koska jokainen diodi avautuu ja sulkeutuu vuorotellen. Tätä kutsutaan "kuuden pulsin tasasuuntaajaksi", joka on standardikokoonpano nykyisissä taajuusmuuttajissa. Oletetaan, että moottori toimii 480 voltin (V) jännitteellä. Jännitteen huippuarvo 480 V järjestelmässä on 679 V taajuusmuuttajan välipiirissä ja siinä on tasasähkön jännite ja vaihtosähkön aaltoilu. Jännite sykkii noin 580 V ja 680 V välillä. Kuviossa 4 on havainnollistettu tasasuuntaajan muodostamaa jännitettä. (Hartman 2014.)



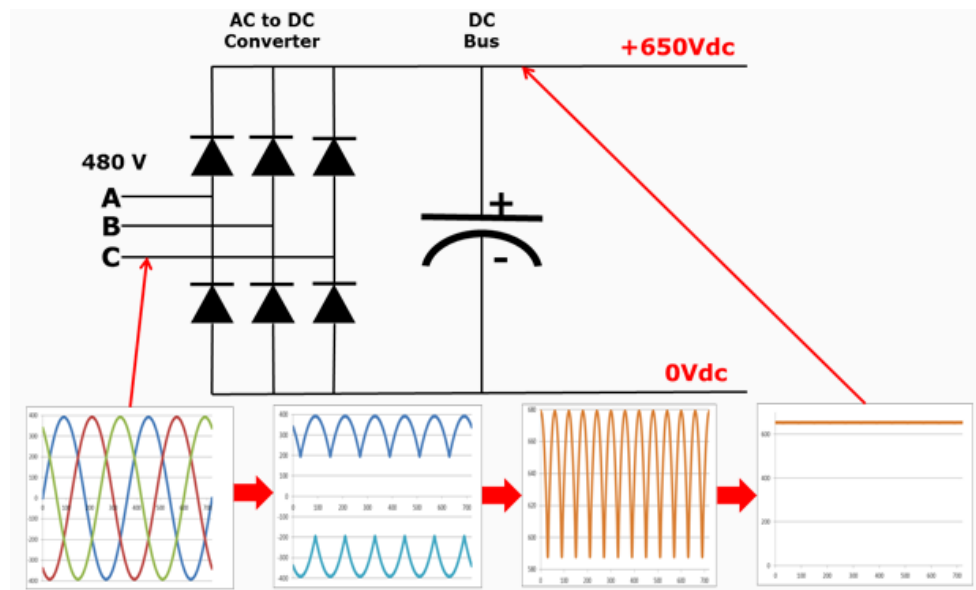
Kuvio 4. Diodien asettelu sekä jännitepiikit (Hartman 2014)

Välipiiri toimii energiavarastona ja yleisin ratkaisu on tehdä se kondensaattoripatteristona, jolloin kapasitanssi toimii varastona välipiirissä. Välipiirissä on myös usein kuristin, jolla tasoitetaan tasavirran muutoksia. Myös välipiirittömiä taajuusmuuttajia on olemassa. Välipiirin tasajännitteen aaltoilusta päästään eroon lisäämällä väylään kondensaattori. Kondensaattori vuoroin purkautuu ja vuoroin latautuu ja muodostaa näin pehmeän DC-jännitteen. (Hartman 2014.) Kuviossa 5 on havainnollistettu välipiiriä taajuusmuuttajassa. (ABB 2015b, 5.)



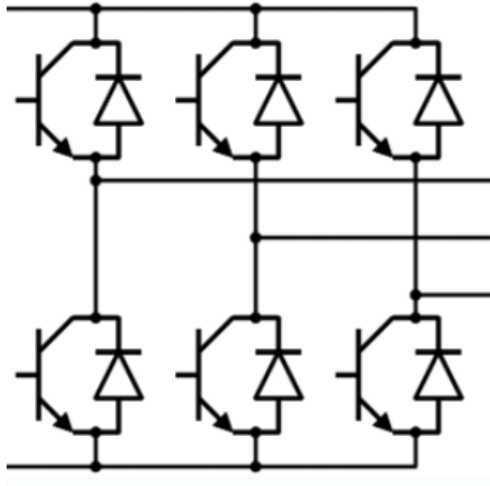
Kuvio 5. Välipiiri (ABB 2015b, 5)

Kondensaattorin ansiosta aaltoilu tasajännitevälipiirissä on tyypillisesti alle 3 V ja välipiirin jännite kasvaa noin 650 VDC-arvoon. Todellinen jännite riippuu taajuusmuuttajaa syöttävän vaihtosähköpiirin jännitetasosta, jännite-epätasapainosta sähköjärjestelmässä, moottorin kuormituksesta, impedanssista sähköjärjestelmässä, kondensaattoreista ja yliaaltosuodattimista taajuusmuuttajassa. Kuvio 6 havainnollistaa minikälaiseksi kytkentä muuntaa jännitteen. (Hartman 2014.)



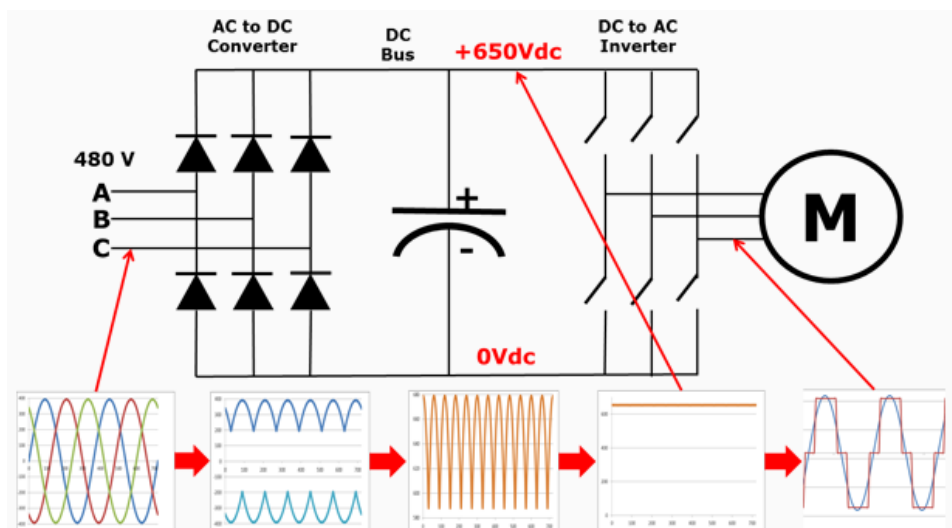
Kuvio 6. Kytkeentään liitetty kondensaattori sekä kytkennän muuttunut jännite (Hartman 2014)

Vaihtosuuntaajat taajuusmuuttajissa toteuttavat välipiirin tasasähkön muuntamisen vaihtosähköksi moottorin tarvitsemalle taajuudelle. Vaihtosuuntaajassa käytetään puolijohdekytkimiä, jotka on toteutettu IGBT:eilla. Kuviossa 7 on havainnollistettu IGBT:llä toteutettua vaihtosuuntaajaa. (ABB 2015b, 6.) Vaihtosuuntaajaa kutsutaan yleensä invertteriksi. Nimitys on yleistynyt teollisuudessa viittaamaan mihinkä tahansa DC-AC-muuntimeen. (Hartman 2014.)



Kuvio 7. Vaihtosuuntaaja (ABB 2015b, 6)

Puolijohdekytkimet kytkevät kuormaa toistuvasti tietyn ajan sisällä. Näin saadaan halutun taajuinen ja suuruinen välipiirin jännite moottorin käämeille. Parhaimmilla puolijohdekytkimillä voidaan tehdä yli kymmeniä tuhansia kytkentöjä sekunnissa, joka vastaa 10 kHz:n taajuutta. Kuviossa 8 on havainnollistettu kytkentöjen muodostamaa jännitettä. (Tuusa 1998, 4.)

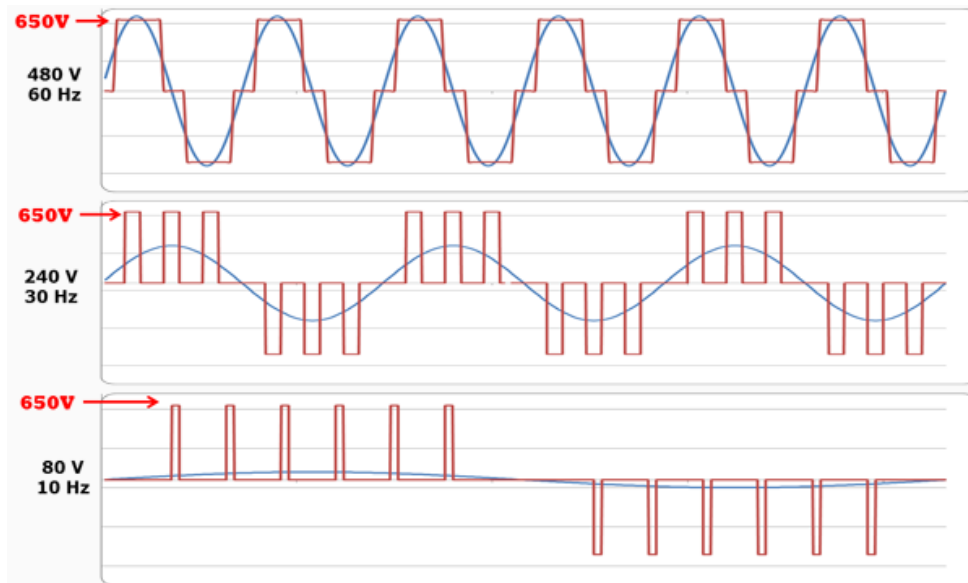


Kuvio 8. Moottorille syötetyn jännitteen muoto sekä moottorin kytkentä (Hartman 2014)

Kun yksi kuvion 8 ylemmistä kytkimistä suljetaan invertteristä, moottorin vaihe kytkeytyy positiiviseen tasajännitteeseen ja vaiheen jännite muuttuu positiiviseksi. Kun suljetaan yksi alemmista kytkimistä, vaihe, joka on kytketty tasajännitteen 0-potentialiin, muuttuu negatiiviseksi. Näin voidaan tehdä mikä tahansa moottorin vaiheen jännite positiiviseksi tai negatiiviseksi tai nolaksi ja siten muodostaa haluttu taajuus. (Hartman 2014.)

Kuvioista 8 ja 9 huomataan, että taajuusmuuttajan ulostulon jännitteen ”aalto” on suorakulmaisessa muodossa. Taajuusmuuttajilla ei voida muodostaa sinimuotoista jännitettä. Suorakulmainen aaltomuoto ei ole hyvä valinta yleiskäyttöön jakelujärjestelmissä, mutta se on täysin riittävä moottorikäyttöön. (Hartman 2014.)

Jos halutaan vähentää moottorin taajuutta esimerkiksi 30 hertsiin (Hz), täytyy tällöin myös pienentää jännitettä 240 V:iin, jotta jännitteen ja taajuuden suhde säilyy. Kysymys kuuluukin, miten voidaan pienentää jännitteen tehollisarvoa, jos välipiirin tasajännitteenä on 650 VDC? Taajuutta ja samalla myös jännitteen tehollisarvoa voidaan muuttaa pulssinleveysmodulaatiolla (toiselta nimeltään myös PWM). Ymmärtääksien asian täytyy huomata, että ensimmäisen syklin puoliskon aikana jännite on päällä ja puolet ajasta pois päältä. Näin ollen keskimääräinen jännite on puolet 480 V:sta tai 240 V:sta. Pulssimaisella ulostulolla voidaan saavuttaa mikä tahansa keskimääräinen jännite taajuusmuuttajan ulostulosta. Kuviossa 9 havainnollistetaan ulostulon jännitteen muodostus 650 V jännitteen pulsseilla. (Hartman 2014.)



Kuvio 9. Ulostulon jännitteen muodostus (Hartman 2014)

Taajuusmuuttajassa käytetään tehpuolijohdekomponentteja, joita ovat diodi, tyristori, IGBT-transistori ja GTO-tyristori. Esimerkiksi diodia käytetään yleisesti tasasuuntaajissa, koska se päästää sähköä läpi vain toiseen suuntaan. Tyristori on puolestaan samanlainen kuin diodi, mutta toisin kuin diodia, tyristoria voidaan ohjata. Tyristorilla voidaan sallia sähköän kulkeminen toiseen suuntaan hilan avulla. Normaalisti diodissa ja tyristorissa virta kulkee anodilta katodille. (Tuusa 1998, 4.)

IGBT-transistori yhdistää parhaimmat bipolaaritransistorin ja MOS-fetin ominaisuudet yhdeksi kokonaisuudeksi. Tällä tavalla on voitu saavuttaa IGBT-transistori, jonka tarvitsema ohjausteho on pieni, mutta samalla sen kytkentänopeus on erittäin suuri, noin 20 kHz. Tämän avulla IGBT-transistori soveltuu hyvin satojenkin kilowattien tehoisiin tehoelektronikkaan suunniteltuihin ja toteutettuihin laitteistoihin. IGBT-transistori eroaa tyristorista vain sillä tavalla, että virran kulku voidaan katkaista halutulla hetkellä, kun ohjausjännite muutetaan nolaksi tai negatiiviseksi. IGBT-transistori on myös huomattavasti nopeampi kuin tyristori. (Tuusa 1998, 5.)

GTO-tyristori on IGBT-transistorin kaltainen ja täten kumpaakin ohjataan hilan kautta. GTO-tyristori tarvitsema ohjausteho on kuitenkin huomattavasti suurempi ja näin myös kytkentänopeus on hitaampi, noin 1 kHz luokkaa, mutta se kestää huo-

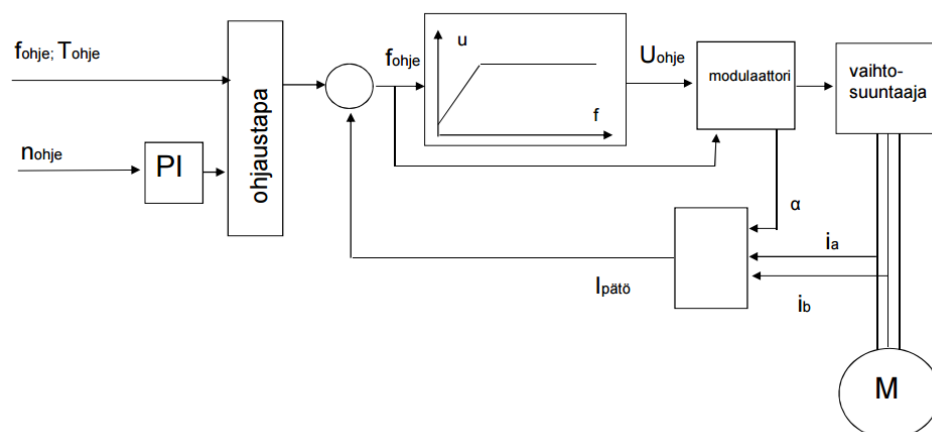
mattavan paljon suurempia kytkettäviä tehoja. Tehopuolijohteiden ansiosta taajuusmuuttajalla voidaan luoda minkä tahansa muotoista jännitettä. Tämä johtuu tehopuolijohteiden nopeasta toiminnasta. (Tuusa 1998, 5.)

2.3 Moottorin ohjaustavat

Taajuusmuuttajista löytyy yleensä useampi eri ohjaustapa moottoreille. Erilaisia ohjaustapoja ovat esimerkiksi skalaariohjaus ja -sääto, vektorisääto sekä suoramomentisääto.

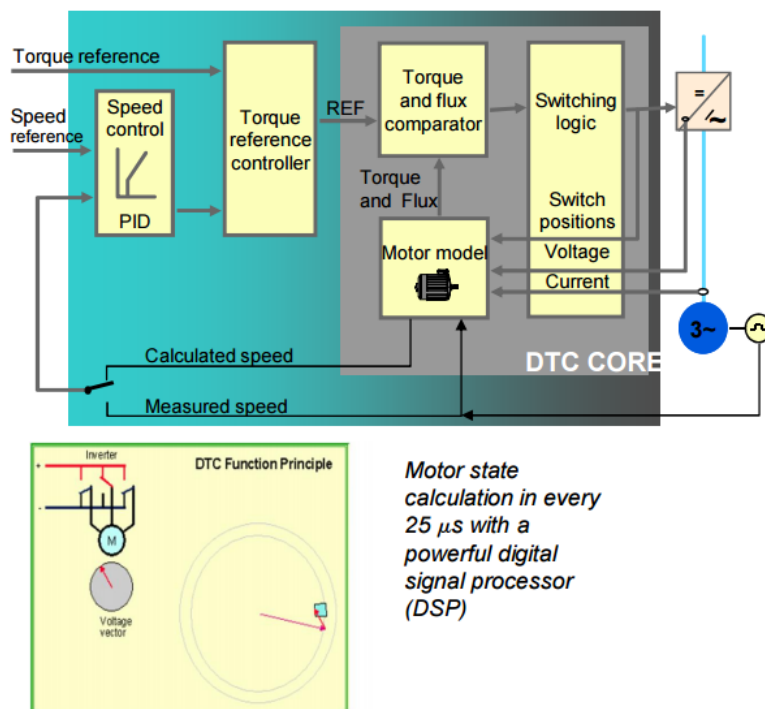
2.3.1 Skalaariohjaus ja -sääto

Skalaariohjauksella tarkoitetaan moottorin ohjaustapaa, kun moottorissa ei ole takaisinkytkentää nopeuden mittaukseen (Moottoriohjain n.d.). Skalaarisäädössä moottorin nopeutta ohjataan lähtötaajuutta muuttamalla. Skalaariohjaus ei ole yhtä tarkka ohjaustapa kuin vektorisääto. Skalaariohjaus ja -sääto eivät huomioi moottorin ominaisuuksia. Skalaarisäätoä käytetään lähinnä vain yksinkertaisissa sovelluksissa kuten esimerkiksi pumpeissa, puhaltimissa ja kuljettimissa. Kuviossa 10 on esitetty skalaariohjauksen ja -säädon toimintaperiaate. (ABB 2015b, 30.)



Kuvio 10. Skalaariohjauksen ja -säädon toimintaperiaate (ABB 2015b, 31)

mahdollistaa sen, että säädön momenttivaste on huomattavasti paljon nopeampi. DTC:n on periaatteeltaan samanlainen kuin hystereesisäätö, jossa pyritään pitämään vuo ja momentti tietyn kaistan sisällä. Kaista valitaan jännitevektorilla (puolijohdekytkimellä), joka sopii tilanteeseen. Tästä syystä taajuusmuuttaja tutkii jokaisen kytkennän erillisinä. DTC:llä saadaan aikaiseksi erinomainen tarkkuus, jopa ilman takaisin-kytkentää. DTC reagoi erittäin nopeasti kuorman muutokseen. Täten momentin muutos on erittäin nopeaa ja pienellä lähtötaajuudella tarkkaa. Tämä mahdollistaa pehmeät moottorin kiihdytykset sekä pysäytykset. DTC:llä ohjattaessa momentti on lineaarinen ja täten momentti saadaan pysymään tasaisena koko nopeusalueella. Kuviossa 12 on esitetty DTC:n toimintaperiaate. (ABB 2015b, 34.)



Kuvio 12. DTC toimintaperiaate (ABB 2015b, 35)

DTC optimoi osakuormilla moottorin magneettivuota nopeuden sekä kuormituksen perusteella. Tämä parantaa huomattavasti hyötysuhdetta sekä vähentää moottorin melutasoa pumppu- ja puhallinsovelluksissa. DTC:llä aikaansaadaan nopeampi säätö

ja tätä kautta prosessien turvallisuustaso paranee, koska äkkinykäykset jäävät pois.
(ABB 2015b, 36.)

2.4 Taajuusmuuttajan ohjaustavat

Taajuusmuuttajaa voidaan ohjata monella eri tapaa. Erilaisia ohjaustapoja ovat esimerkiksi DeviceNet, EtherNet/IP, Modbus RTU, Modbus TCP ja Profibus DP sekä paikallinen ohjaus. Jokaiseen eri ohjaustapaan löytyy oma adapteri, jonka avulla voidaan yhdistää eri logiikoita ohjaamaan taajuusmuuttajaa, paitsi paikallisessa ohjauksessa. Taulukosta 1 löytyy ABB:n eri taajuusmuuttajiin sopivat väyläadapterit. (ABB 2015a.) Sarakkeissa olevat X-merkit tarkoittavat, että adapteri sopii kyseiseen taajuusmuuttajaan, kun puolestaan miinusmerkki tarkoittaa, ettei kyseinen adapteri sovi taajuusmuuttajaan. Adapterit voivat käydä moneen eri väylätyyppiin.

Taulukko 1. ABB:n adapterien sopivuus heidän omiin taajuusmuuttajiin (ABB 2015a)

Fieldbus	ACS M1	ACS 355	ACS 550	ACH 550	ACS 580	ACS 800	ACQ 810	ACS 850	ACS 880
BACnet MS/TP	-	-	-	X	-	-	-	-	-
BACnet/IP RBIP-01	-	-	-	X	-	-	-	-	-
CANopen® FCAN-01	X	X	-	-	-	-	X	X	X
CANopen® RCAN-01	-	-	X	X	-	X	-	-	-
ControlNet RCAN-01	-	-	X	X	-	X	-	-	-
DeviceNet™ FDNA-01	X	X	-	-	-	-	X	X	X
DeviceNet™ RDNA-01	-	-	X	X	-	X	-	-	-
EtherCAT® FECA-01	X	X	-	-	-	-	X	X	X
EtherCAT® RECA-01	-	-	X	X	-	X	-	-	-
Ethernet Powerlink FEPL-02	X	X	-	-	-	-	X	X	X
Ethernet Powerlink REPL-02	-	-	X	X	-	X	-	-	-
EtherNet/IP™ FENA-01	-	X	-	-	-	-	-	-	-
EtherNet/IP™ FENA-11	X	X	-	-	X	-	X	X	X
EtherNet/IP™ FENA-21	X	X	-	-	X	-	X	X	X
EtherNet/IP™ RETA-01	-	-	X	X	-	X	-	-	-
LonWorks® FLON-01	-	-	-	-	-	-	X	X	-
LonWorks® RLON-01	-	-	X	X	-	X	-	-	-

Fieldbus	ACS M1	ACS 355	ACS 550	ACH 550	ACS 580	ACS 800	ACQ 810	ACS 850	ACS 880
Modbus RTU FMBA-01	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Modbus RTU FRSA-00	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Modbus RTU FSCA-01	X	-	-	-	X	-	X	X	X
Modbus RTU RMBA-01	-	-	-	-	-	X	-	-	-
Modbus TCP FENA-01	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Modbus TCP FENA-11	X	X	-	-	X	-	X	X	X
Modbus TCP FENA-21	X	X	-	-	X	-	X	X	X
Modbus TCP RETA-01	-	-	X	X	-	X	-	-	-
Modbus TCP RETA-02	-	-	X	X	-	X	-	-	-
PROFIBUS DP FPBA-01	X	X	-	-	X	-	X	X	X
PROFIBUS DP RPBA-01	-	-	X	X	-	X	-	-	-
PROFINET IO FENA-01	-	X	-	-	-	-	-	-	-
PROFINET IO FENA-11	X	X	-	-	X	-	X	X	X
PROFINET IO FENA-21	X	X	-	-	X	-	X	X	X
PROFINET IO RETA-02	-	-	X	X	-	X	-	-	-
SERCOS II FSEA-21	X	-	-	-	-	-	-	-	-

Jokaiselle adapterille ja taajuusmuuttajalle löytyvät omat parametrinsa, joten ne tulee tarkastaa adapterin omasta manuaalista sekä se mitä niihin tulee määrittää. Alla on esimerkki siitä, mitä tulee muuttaa, kun käytössä on Profinet-väylä ja adapterina FENA-21. Esimerkissä FENA-21 kenttäväyläadapteri on kytkettynä ABB:n ACS335 taajuusmuuttajaan. FENA-21 on valittu esimerkiksi siksi, että kyseisestä adapterista löytyivät jo valmiiksi tarvittavat parametrit ACS355 taajuusmuuttajaa varten. Esimerkin tilanteessa tulee parametreja adapterin väyläosoitteen lisäksi moottoria koskevia väylätietoja sekä myös nopeusohjeita, jotta taajuusmuuttaja osaa hidastaa moottorin tarpeeksi nopeasti.

Esimerkkitapauksessamme parametriluettelosta tulee vaihtaa parametriryhmän 98 (OPTIOT) alta parametrin 9802 (KOMM PROT VAL) parametriarvo neloseksi (4). Oletuksena arvo on nolla (0). Kyseisellä parametrilla otetaan käyttöön ulkoinen sarjaliikenne ja valitaan liitântätapa. Arvolla 0 (EI KÄYTÖSSÄ) ulkoinen sarjaliikenne ei ole käytössä, kun taas arvolla 4 (ULK FBA) valitaan ulkoinen sarjaliikenne käyttöön. Tällöin tiedonsiirto tapahtuu taajuusmuuttajan X3-liittimeen kytketyn kenttäväyläsovitinmoduulin kautta.

Seuraavaksi tulee vaihtaa parametriryhmän 10 (KÄY/SEIS/SUUNTA) parametrin 1001 arvoksi 10. Oletuksena arvona on kaksi (2). Arvolla 2 (DI1,2) käynnistys ja pysäytys tapahtuvat digitaalitulon DI1 kautta ja pyörimissuunta DI2 kautta, kun taas arvolla 10 (KOMM) toiminnot tapahtuvat kenttäväyläliitännän kautta.

Tämän jälkeen määritetään minimi- ja maksimitaajuusohjeet parametriryhmässä 11 (OHJEARVON VALINTA) parametreilla 1104 (OHJE 1 MIN) ja 1105 (OHJE 1 MAX). Parametriin 1104 määritetään pienin haluttu minimitaajuus ja parametriin 1105 maksimitaajuus. Arvo määritetään kokonaislukuna, jossa 1 tarkoittaa 0,1 Hz tai 1 rpm. Jos ohjaustavaksi on määritetty skalaari, kirjoitetaan tällöin arvo kierrosnopeuteen suhteutettuna (1 = 1 rpm).

Adapteria käytettäessä tulee myös käydä muuttamassa parametriryhmässä 16 (SYSTEMIOHJAUS) parametrin 1601 (KÄYNNINESTO) arvoksi seitsemän (7). Oletusarvona on nolla (0). Arvolla 0 (EI KÄYTÖSSÄ) ulkoinen käynninestosignaali ei ole käytössä, kun taas arvolla 7 (KOMM) käynninesto signaalin lähteenä käytetään kenttäväyläliitettä. Tällä tavalla saadaan käynnistykseenesto toimimaan taajuusmuuttajassa adapterin kanssa.

Myös taajuusmuuttajan toimintarajat tulee asettaa parametriryhmässä 20 (RAJAT) parametreille 2007 (MINIMITAAJUUS) ja 2008 (MAKSIMITAAJUUS). Parametrin 2007 arvo tulee vastata aikaisemmin määritettyyn parametrin 1104 arvoa ja parametrin 2008 puolestaan 1105 parametrin arvoa. Oletuksena parametrissa 2007 on 0,0 Hz ja 2008 parametrissa 50,0 Hz.

Seuraavaksi tulee laittaa tarvittavat moduulikohtaiset asetukset. Nämä parametrit löytyvät parametriryhmän 51 (ULK KOMM.MODUULI) alta parametreilla 5102–5109, 5120 ja 5127 sekä parametriryhmän 54 (KENTTÄV TULO) alta parametreilla 5403 ja 5406. Nämä parametrit tulee tarkastaa kyseisen moduulin omasta manuaalista.

Parametrilla 5102 (FB PAR 2) valitaan Modbus/TCP protokolla ja ABB:n taajuusmuuttaja profiili adapterille. Tässä tapauksessa arvoksi tulee laittaa 10, jolla saadaan protokollaksi Profinet IO ja PROFIdrive profiili.

Parametrilla 5103 (FB PAR 3) valitaan ethernetin viestintänopeus. Arvoksi tulee laittaa nolla (0), jolloin nopeus määräytyy automaattisesti.

Parametrilla 5104 (FB PAR 4) valitaan IP-osoitteen tyyppi. Arvoksi tulee laittaa nolla (0), jolloin voidaan määrittää taajuusmuuttajalle oma staattinen IP-osoite.

Parametrilla 5105 (FB PAR 5) valitaan IP-osoitteen ensimmäinen osa. Yleensä ensimmäinen osa on arvoltaan 192, mutta tämä voi vaihtua paikasta riippuen.

Parametrilla 5106 (FB PAR 6) valitaan IP-osoitteen toinen osa, joka on yleensä muotoa 168, mutta tämäkin riippuu paikasta, jossa laitetta käytetään.

Parametrilla 5107 (FB PAR 7) valitaan IP-osoitteen kolmas osa, joka on yleensä 0 tai 1.

Parametrilla 5108 (FB PAR 8) valitaan IP-osoitteen viimeinen osa, joksi valitaan saatavilla oleva paikka osoiteavaruudesta, yleensä 40 tai 50.

Parametrilla 5109 (FB PAR 9) valitaan aliverkonpeite. Arvoksi tulee vaihtaa 24, kun aliverkonpeite on muotoa 255.255.255.0.

Parametrilla 5120 (FB PAR 20) valitaan kuinka adapteri tunnistaa väylän kommunikointikatkoksen. Arvoksi parametrille tulee vaihtaa arvo 4 (PPO4).

Parametrilla 5403 (FBA DATA IN 3) valitaan, mitä tietoa taajuusmuuttaja syöttää väylään. Parametrin arvoksi tulee vaihtaa parametrisoitin 104 (VIRTA). Muoto tulee parametrieriymästä 01 (KÄYTTÖTIEDOT) ja parametrissa 0104 (VIRTA). Parametrisoittimiksi voi laittaa minkä tahansa arvon, mutta tässä esimerkissä halutaan virran arvo vietäväksi väylään.

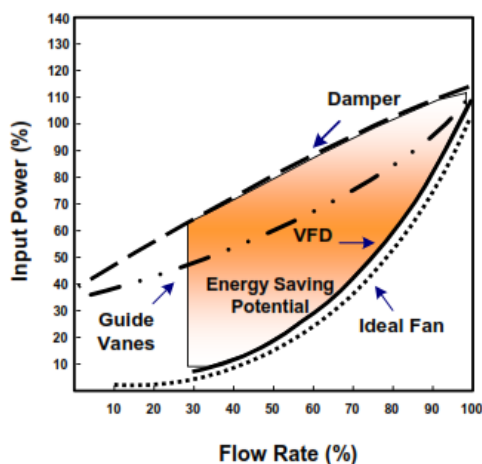
Parametrilla 5406 (FBA DATA IN 6) valitaan, mitä tietoa taajuusmuuttajasta lähetään väylään. Tässä esimerkissä parametrisoittimen arvoksi tulee vaihtaa 160 (DI 1–5 TILA). Tätä tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi turvakytkimen seuraamiseksi.

Tämän jälkeen täytyy vielä päivittää parametrit muuttamalla parametrieriymässä 51 parametrin 5127 (FBA PAR REFRESH) arvo ykköseksi (1). Tällä tavalla vahvistetaan kaikki adapteriin tehdyt konfigurointiasetukset, ja adapteri on nyt konfiguroitu eli parametroidu.

2.5 Käyttökohteet

2.5.1 Puhallin

Kolme yleisintä menetelmää säätaa virtausta puhaltimissa ovat purkausilmapelleillä, ohituspellillä ja tuloilman ohjaussiipien avulla. Kuviossa 13 verrataan näiden menetelmien tehon tarvetta verrattuna taajuusmuuttajakäyttöön. (Yorkland Controls 2005, 9.)



Kuvio 13. Tehontarve eri säädöillä puhaltimissa (Yorkland Controls 2005, 9)

Purkausilmapellit lisäävät ilman virtausvastusta hyvin paljon samalla tavalla kuin venttiili pumppukäytössä. Puhallin pysyy vakionopeudella pelleillä säädettäessä ja pellit on sijoitettu ilmavirran ulostulokanavaan. Ilmavirran suuruus pienenee, kun pellit säädetään pienemmäksi tai suljetaan. Järjestelmän paineet ja häviöt kasvavat, kun pellit suljetaan. Tästä syystä peltejä säätämällä ei saavuteta juuri energiankustannussäästöjä ja lisäksi ohituspellit ovat tehottomin tapa ilmavirran säätelyyn. Myös tällöin puhallin pysyy vakionopeudella, mutta ilmavirtaus ohjataan tuuletusaukkoon. Tämän tyyppinen säätö on yksinkertainen ja alhainen kustannuksiltaan, mutta ei säästä energiaa. (Yorkland Controls 2005, 9.)

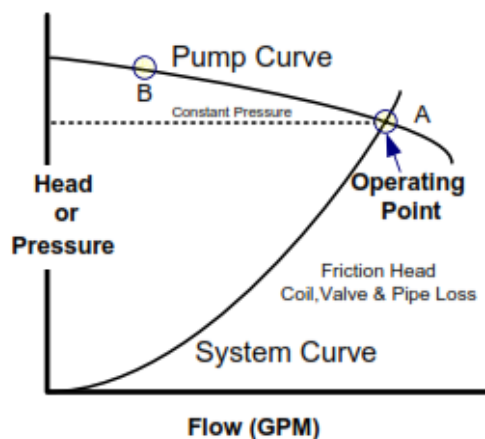
Muuttuvan sisääntulon ohjaussiipien avulla ohjataan ilmaa puhaltimeen. Siipien avulla vähennetään tehontarvetta, kun virtaus on pienempi. Niiden avulla puhallin myös pysyy vakionopeudella. Ilmavirran suuruus vaihtuu vaihtamalla siipien asentoa.

Huoltokustannukset tämän kaltaisissa järjestelmissä voivat olla kalliita, koska ohjaustavat ovat mekaanisia ja ne tarvitsevat säännöllistä huoltamista. Taajuusmuuttajien käytöllä puhaltimissa saadaan aikaiseksi suuremmat säästöt verrattuna puhaltimiin, joita säädetään mekaanisesti esimerkiksi pelleillä, sillä käytetty teho pienenee virtauksen ja nopeuden pienentyessä. (Yorkland Controls 2005, 9.)

Puhallinkäytöt ovat useimmiten muuttuvia momenttikuormia (Turkel 1999). Tarvittu aloitusmomentti puhaltimella voi olla hyvin pieni kunnes se saavuttaa nimellinopeutensa esimerkiksi 1750 rpm 60 Hz taajuudella. Nimellistaajuuden ylitys ajoissa on harvinaista, koska se vaatii huomattavan määrän tehoa. (Danfoss 2004, 7.)

2.5.2 Pumppu

Affiniteettilait koskevat pumppuja samoin kuin puhaltimia. Ymmärtääkseen taajuusmuuttajasovelluksien käyttöä pumppuissa, on hyvä läpikäydä perusasiat sekä pumppujen yleiset käyttötavat. Kuviossa 14 esitetään pumpun käyrä suhteessa hydraanisen järjestelmän käyrään. (Yorkland Controls 2005, 4.)

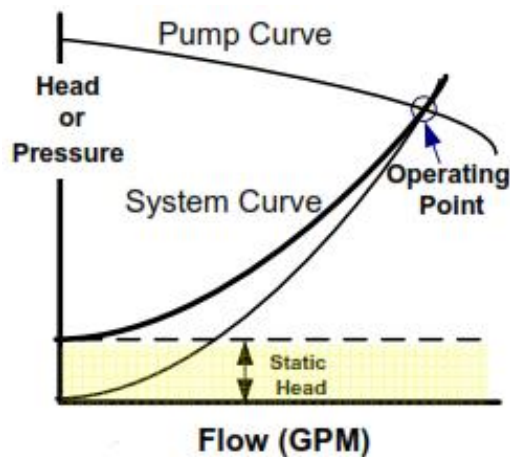


Kuvio 14. Pumpun ja järjestelmän käyrät (Yorkland Controls 2005, 4)

Pumppukäyrä kuvaa painetta verrattuna virtausominaisuuteen pumpussa. Käyrä osoittaa sen, että pumppu tuottaa rajallisen virtauksen pisteessä "B". Jos sitä sovelletaan järjestelmään, jossa on suuri paine-ero, edellyttää faasin nosto virtausvastuksen voittamista. Suuremmat virtausnopeudet saavutetaan tällä pumpulla, jos paine-eroa

vähennetään kohdassa A. Jotta voidaan määrittää, missä kohtaa pumpun käyrää pumppu toimii, tarvitaan lisää tietoa, joka saadaan järjestelmän käyrästä. Järjestelmän käyrä näyttää putkiston ominaisuudet. Se näyttää kitkan niin sanotun pään, kun kitka nousee virtauksen kasvaessa. Kitkapää mittaa putkien, venttiileiden, taitosten ja muiden järjestelmän komponenttien aiheuttamaa virtausvastusta. (Yorkland Controls 2005, 4.)

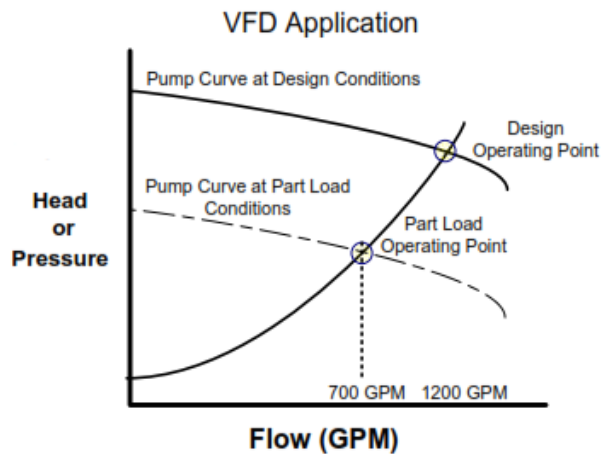
Painetta, jota tarvitaan nollavirtauksella, kutsutaan staattiseksi paineeksi tai nosteeksi. Kuvio 15 esittää yhdistetyn kitkan ja staattisen paineen käyrän järjestelmälle. (Yorkland Controls 2005, 4.)



Kuvio 15. Järjestelmän käyrään yhdistetty kitkan ja staattisen paineen vaikutus (Yorkland Controls 2005, 4)

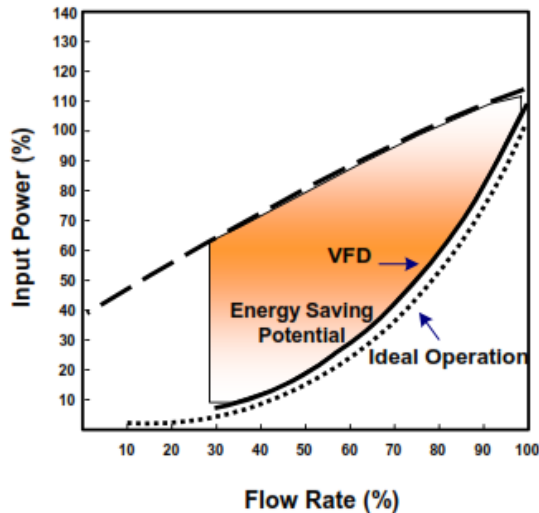
Staattinen paine muodostuu korkeuden muutoksesta, joka pumpun on nostettava riippumatta virtauksesta. Toinen tapa tarkastella asiaa on se, että pumpun tekemän työn täytyy voittaa painovoima. Pumpun ja järjestelmän käyrien leikkauspiste näyttää luonnollisen tai suunnitellun toimintapisteen järjestelmälle. Tässä vaiheessa pumpun paine on yhtä suuri järjestelmähäviöiden kanssa. Leikkauspiste voidaan yleisesti valita siten, että pumpun toimintapiste on lähellä tai juuri sen paras hyötysuhde. (Yorkland Controls 2005, 4.)

Asentamalla pumppuun taajuusmuuttaja vähentämään nopeutta saadaan siten myös virtausta siirrettyä pumpun käyrää alemmaksi. Kuviossa 16 on esitetty pumpun käyrän siirto. (Yorkland Controls 2005, 5.)



Kuvio 16. Pumpun käyrän siirto taajuusmuuttajalla (Yorkland Controls 2005, 5)

Koska toimintapiste on alempana, tarvitaan alennettua virtausta ja se aikaan saadaan vähentämällä painetta. Toiminta alennetulla paineella pidentää pumpun tiivisteiden käyttöikä, vähentää juoksupyörän kulumista sekä pienentää järjestelmän aiheuttamaa tärinää ja melua. Affiniteettilakien mukaan virtausta vähennettäessä teho vähenee huomattavasti: näin saadaan merkittäviä säästöjä. Kuvio 17 esittää taajuusmuuttajalla saavutettavia säästöjä pumppukäytöissä. VFD tarkoittaa taajuusmuuttajaa, Ideal Operation puolestaan tarkoittaa ideaalista toimintaa ja Energy Saving Potential energian säästön mahdollisuutta. (Yorkland Controls 2005, 5.)



Kuvio 17. Taajuusmuuttajan mahdollistamat säästöt pumppukäytöissä (Yorkland Controls 2005, 5)

Pumppukäytöt ovat useimmiten muuttuvia vääntömomenttikuormia (Turkel 1999). Tarvittu aloitusmomentti pumpulla voi olla hyvin pieni, kunnes se saavuttaa nimellisenopeutensa esimerkiksi 1750 rpm 60 Hz taajuudella. Idealistisesti ajateltuna ei ole kitkahäviöitä ja pumppu tarvitsee vain 1/8 tehostaan puolella välissä kierrosaluetta. Pumppua käytetään harvoin nimellistä nopeutta suuremmalla nopeudella, koska se tarvitsisi huomattavan määrän tehoa. (Danfoss 2004, 7.)

2.5.3 Kuljetin

Automaattisia kuljettimia käytetään kuljetukseen ja materiaalien lajitteluun. Ne asennetaan osana varastointi- tai logistiikkajärjestelmää tai niitä voidaan käyttää tehtaan koneiden ja laitteiden työstöasemien välillä. Kuljettimien täytyy sovittaa nopeus materiaalivirran kanssa yksittäisiä kappaleita lastattaessa, kun taas vertailun vuoksi irtotavaraa voidaan kuljettaa jatkuvasti. Tyypillisiä käyttökohteita ovat rullakuljettimet, hihnakuljettimet sekä ruuvikuljettimet (Chamberlin 2014).

Taajuusmuuttajalla ohjatut kuljetinjärjestelmät tukevat jatkuvaa liikettä. Niiden nopeus riippuu materiaalien kuljetuksesta ja prosessiolosuhteista. Määritellyt kiihdytys- ja jarrutusrampit estävät materiaaleja luisumasta ja kasaantumasta pysäytyksen ja

lähdön aikana. Taajuusmuuttajalla ohjattuja kuljetinjärjestelmiä käytetään, kun nopeudensäätöä tarvitaan teollisuuden kuljetinjärjestelmissä. (Chamberlin 2014.)

Taajuusmuuttajalla ohjatuissa kuljetinjärjestelmissä momentti määräytyy siirrettävästä tavarasta sekä hihnakuljettimesta. Potentiaalienergian osuus on myös huomioitu korkeuserojen voittamiseen. Kiihtyvyys ei ole ensisijainen huolenaihe, koska taajuusmuuttajat muuttavat nopeutta vähitellen. Kun kuljettimenjärjestelmällä kuljetetaan yksittäisiä kuormia, materiaalivirran nopeuden on vaihdeltava vaatimusten mukaisesti, jotta yksittäiset kappaleet/tuotteet voidaan purkaa ja lajitella. Siksi dynaaminen vääntörasitus on otettava huomioon myös tässä yhteydessä. Tästä syystä servomootoreita käytetään usein vastaavissa tilanteissa. (Chamberlin 2014.)

Kuljetinkäytöt ovat suurimmaksi osaksi vakiomomentti kuormia (Turkel 1999). Tämä johtuu siitä, että momenttia tarvitaan koko ajan välittämättä prosessin tai järjestelmän eri nopeuksista. Suurimmassa osassa tapauksissa momenttia tarvitaan aina esimerkiksi yhdestä (1) aina 60 Hz:n taajuudelle saakka. On huomattava, että momentin käyrä tippuu, kun nopeus on alle viiden (5) hertsin. (Danfoss 2004, 4.)

2.6 Parametroinnin tarkoitus

Taajuusmuuttajat ovat ensimmäisistä malleista lähtien pystyneet tarjoamaan erilaisia ominaisuuksia, kuten rampittamaan nopeutta ylös ja alas, lisäämään jännitettä ja jarrutustoimintoja. Ennen mikroprosessoreita nämä ominaisuudet ja toiminnot olivat suunniteltu osaksi operaatiovahvistinpiirejä, jotka ohjasivat taajuusmuuttajaa ja ne pystyttiin ottamaan käyttöön ”jumppereilla” tai DIP-kytkimillä. Taajuusmuuttajaan integroitujen mikroprosessorisirujen jälkeen nämä ominaisuudet ovat tulleet ohjelmoitaviksi. Jos valitset rampituksen ylös, voit valita useamman kuin yhden rampin nopeuden ja sitten voit yhdistää valintaan ulkoisella kytkimellä ulkoiset olosuhteet, joiden avulla rampin nopeus valitaan. Numeroita, jotka on ohjelmoitu taajuusmuuttajaan valitsemaan näitä ominaisuuksia, kutsutaan parametreiksi. Parametrien tyypit ja määrät vaihtelevat taajuusmuuttajasta toiseen. (Variable-Frequency Drive Parameters n.d.)

Taajuusmuuttajalla on joukko vakioarvoja, joita käytetään parametreissa, ja näitä parametreja kutsutaan oletus- tai tehdasasetuksiksi. On tärkeää kirjata parametrien

asettelut ylös, jos ne eroavat tehdasasetuksista. Jos ne joskus poistetaan ja korvataan uudella, voidaan oikeat asetukset laittaa takaisin taajuusmuuttajaan. Parametrit tarjoavat keinon muokata taajuusmuuttajia tiettyä sovellusta varten ja jotkut valmistajat tarjoavat ohjelmistoja, joiden avulla voidaan käyttää tietokonetta lataamaan ja tallentamaan parametrit taajuusmuuttajaan. Parametrit voidaan myös ladata ja tallentaa logiikan ohjelmaan, mikä tarkoittaa sitä, että niitä voidaan myös muuttaa järjestelmän ollessa toiminnassa ja tarjota useita ns. mukautettuja parametrisreseptejä. (Variable-Frequency Drive Parameters n.d.)

Parametreja voidaan jakaa ryhmiin niiden toimintojen mukaan. Esimerkkejä näistä ryhmistä ovat mittaus, asetukset, lisä- ja taajuusasetukset, diagnostiikka, viat, ja prosessinäkymät. Esimerkkejä asetusten ryhmästä ovat minimi- ja maksimitaajuus. (Variable-Frequency Drive Parameters n.d.)

Parametroinnin tarkoituksena on siis yksilöidä taajuusmuuttajan asetukset halutulle moottorille ja sovellukselle. Tällä tavalla moottoria ja sovellusta voidaan ohjata huomattavasti paremmin ja tehokkaammin sekä suojata moottoria ja muita moottoriin kiinnitettyjä komponentteja. Parametroinnilla saadaan myös aikaisiksi tarkempi ja nopeampi ohjaus prosesseissa. Tästä syystä olisi hyvä aina parametroida taajuusmuuttaja huolellisesti. Esimerkiksi moottorin virran arvon parametrin määrittäminen on erittäin tärkeää, koska virran kasvaessa suuremmaksi kuin moottorin nimellisvirta, moottorin ehjänä pysyminen ei ole taattua. Taajuusmuuttaja osaa parametrien pohjalta muodostaa oikeanlaisen moottorimallin valitulle ohjaustavalle. Myös niiden parametreista löytyvä ohjaustyyppi on erittäin tärkeä, sillä sen perusteella laite tietää mistä haetaan esimerkiksi haluttu kerroin PID-säätöön. Nämä parametrit kuitenkin vaihtelevat ohjaustyyppistä riippuen.

Työn liitteestä 1 löytyvät parametrintiohjeet ABB:n ACS355:lle sekä ACS 880:lle, Vaconin 100:lle ja Siemensin Simatic G120C:lle. Liitteessä on kerrottu parametrien nimet ja nimitykset sekä parametriryhmä, jonka alta kyseinen parametri löytyy.

3 Moottorit

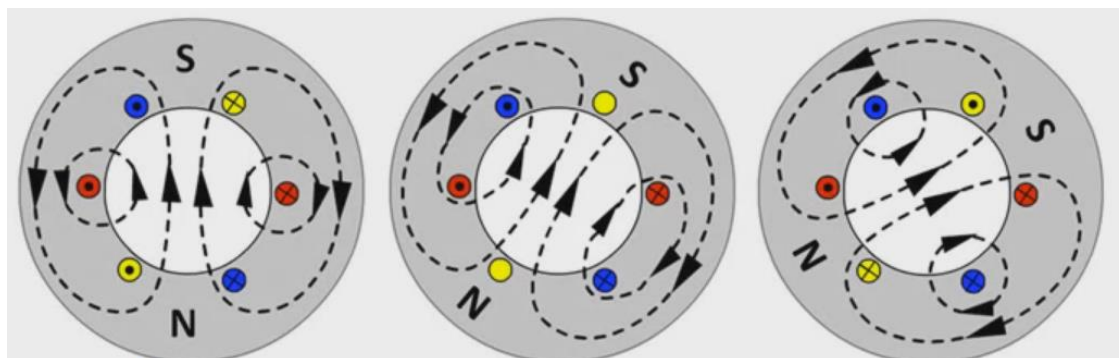
Tässä kappaleessa kerrotaan, miten epätahtikoneet ja tahtikoneet toimivat ja miten ne eroavat toisistaan sekä myös niiden erilaiset käyttökohteet sekä kytkennät.

3.1 Toimintaperiaatteet

3.1.1 Epätahtikoneen toiminta

Kaikissa sähkökoneissa toiminta perustuu moottorin virrallisten johtimien ja magneettikentän välisiin voimavaikutuksiin. Sähkökoneet voivat toimia generaattoreina ja täten luovuttaa sähkötehoa pois koneesta, kun taas moottorina toimiessaan, kone ottaa sähkötehoa verkosta. Ankkurikäänitys on toinen nimi työvirtakäämitykselle, mutta tämä nimitys menee helposti sekaisin tasavirta ja tahtikoneissa, koska niissä ankkurikäänitys sijaitsee eri kohdassa. Tästä syystä puhutaan epätahtikoneiden yhteydessä roottori- ja staattorikäänityksistä. (Korpinen 1998a, 1.)

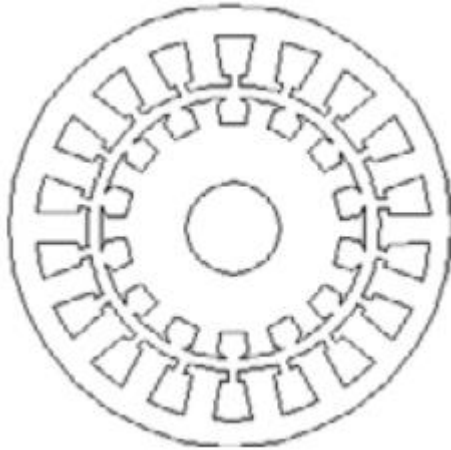
Magneettivuo kulkee sähkökoneissa staattorista roottoriin ja takaisin staattoriin (Korpinen 1998a, 1). Kuvio 18 havainnollistaa kuinka magneettivuo kulkee.



Kuvio 18. Magneettivuon kulkureitti (Learn Engineering 2013)

Roottorin ja staattorin välissä oleva ilmarako pyritään tekemään pieneksi, koska ilmalla on huonompi magneettinen johtokyky verrattuna rautaan. Roottorin ulkopinta ja staattorin sisäpinta on yleensä uritettu, joihin käämitykset sijoitetaan. Kuviossa 19

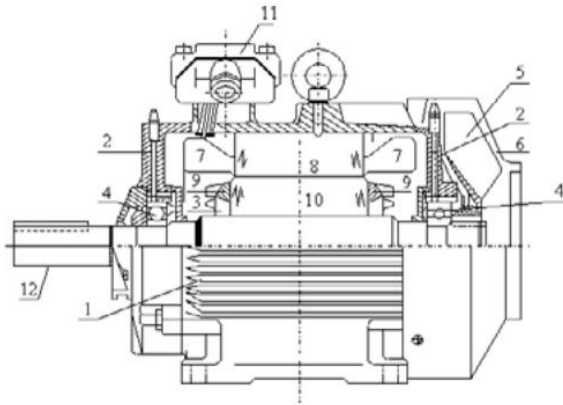
on havainnollistettu koneen rakennetta, jossa roottori ja staattori on uritettu. (Korpinen 1998a, 1–2.)



Kuvio 19. Roottorin ja staattorin uritukset (Korpinen 1998a, 2)

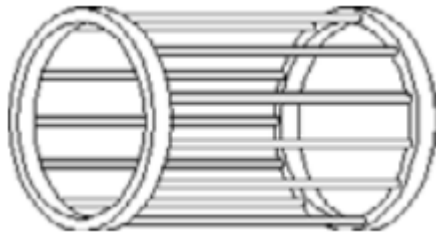
Käämitykset tehdään vyyhdeistä, jotka sisältävät monta johdinkierrosta. Vyyhdit sijoitetaan staattorin tai roottorin uriin. Vyyhdenpäät yhdistävät urissa olevien vyyhdensivut toisiinsa ja urat suljetaan urakiilalla tai uratikulla. (Korpinen 1998a, 2.)

Erillisiä magnetointikämmityksiä ei ole oikosulkumoottoreissa vaan staattori- ja roottorikämmitykset ovat suhteellisen yksinkertaisia. Tärkeimpiä osia koneen toiminnan kannalta ovat roottorin käämitys levypaketteineen sekä staattorin käämitykset levypaketteineen. Moottorin ainoita kuluvia osia ovat laakerit. Kuviossa 20 on havainnollistettu oikosulkumoottorin rakennetta. (Korpinen 1998a, 7.)



Kuvio 20. Oikosulkumoottorin rakenne (Korpinen 1998a, 8)

Oikosulkumoottoreiden roottorikäimitys tehdään niin sanotusti häkkikäimityksellä, joka sijoitetaan roottorin uriin ja se suljetaan oikosulkurenkailla molemmista päistä. Kuviossa 21 on havainnollistettu häkkikäimityksen rakennetta. (Korpinen, L. 1998a, 8.)



Kuvio 21. Häkkikäimityksen rakenne (Korpinen 1998a, 8)

Uraa kohti roottorikäimityksessä on yleensä yksi sauva, mutta tätä voidaan muuttaa, jos halutaan muuttaa moottorin ominaisuuksia. Ominaisuuksiin vaikuttaa sauvojen määrä ja muoto. Roottorissa kämiä ei ole eristetty erikseen roottoriraudasta. Roottorikäimitys valmistetaan alumiinista, kun taas staattorikäimitys valmistetaan kuparilangasta. Staattorikäimityksestä tehdään symmetrinen ja se kytketään joko kolmioon tai tähteen. Moottorin sisään syntyy pyörivä magneettikenttä, kun moottorin staattoriin kytketään jännite. Pyörivän magneettikentän vuoksi roottorinkääminsau-

voihin indusoituu jännite ja täten syntyy roottorivirta. Virrallisten sauvojen ja staattorin magneettikentän välille syntyy voimavaikutus, joka saa aikaan roottorin pyörimisen. Moottori pyörii, kun kuorman jarruttava vääntömomentti on pienempi kuin moottorin tuottama sähköinen vääntömomentti. Roottorin pyörintäsuunta riippuu staattorikäämityksen synnyttämän magneettikentän pyörimissuunnasta. Nopeuden kasvu aiheuttaa sen, että roottorisauvojen ja magneettikentän välinen nopeusero pienenee. Tästä syystä roottorijännite ja -virta pienenevät ja niiden taajuudet alenevat. Jännitettä ja virtaa ei indusoidu, jos roottorin ja magneettikentän pyörimisnopeus olisivat samat. Tämä johtuu siitä, että roottorisauvat eivät tällöin leikkaisi magneettikentän vuoviivoja. Tästä syystä roottori pyörii aina hitaammin kuin magneettikenttä. Epätahtikoneiden nimi tulee juuri siitä, että roottorin nopeuden arvo jää aina pienemmäksi kuin tahtinopeuden arvo. Epätahtikoneita ovat oikosulkumoottorit sekä liukurengasmootorit. (Korpinen 1998a, 8–9.)

Teoreettinen tahtinopeus määritetään napapariluvun ja syöttävän verkon taajuuden avulla ja teoreettiset nopeudet Suomessa verkon taajuuden ollessa 50 Hz ovat 3000, 1500, 1000, 750 rpm jne. Teoreettinen tahtinopeus voidaan laskea kaavalla 1. (Korpinen 1998a, 9–10.)

$$(1) \quad n_s = 60 * \frac{f}{p}$$

missä,

- n_s = tahtinopeus (rpm)
- f = verkon taajuus (Hz)
- p = napapariluku (lkm)

Napapariluku p määräytyy moottorin pohjois (N) ja etelä magneettinavoista (S), jotka yhdessä muodostavat napaparin (Korpinen 1998a, 2). Esimerkiksi yhdellä pohjois- ja etelä magneettinavalla napapariluku on 1 ja vastaavasti napapariluku on 2, kun moottorissa on kaksi pohjois- ja etelä magneettinapaa.

Oikosulkumoottorin todellisen pyörimisnopeuden ja tahtinopeuden välistä erotusta kutsutaan absoluuttiseksi jättämäksi. Suhteellisella jättämällä tarkoitetaan prosenttiarvoa, jolla havainnollistetaan roottorin nopeutta suhteessa tahtinopeuteen. Pro-

senttiarvo kertoo toisin sanoen kuinka monta prosenttia roottorin nopeus on tahtinopeutta hitaampi. Jättämä voidaan laskea kaavan 2 mukaan. Kaavan s tarkoittaa jättämää ja n tarkoittaa roottorin todellista pyörimisnopeutta. (Korpinen 1998a, 10.)

$$(2) \quad s = \frac{n_s - n}{n_s} * 100 \%$$

missä,

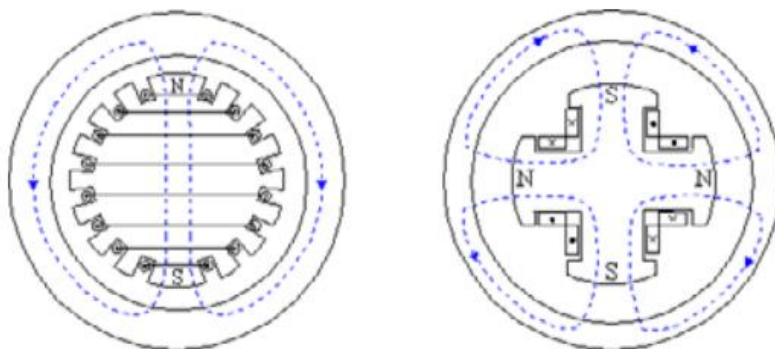
s = jättämä (%)

n = roottorin nopeus (rpm)

n_s = tahtinopeus (rpm)

3.1.2 Tahtikoneiden toiminta

Toisin kuin epätahtikoneissa tahtikoneissa roottori pyörii moottorin magneettikentän kanssa samalla nopeudella ja täten myös syöttävän verkon taajuuden määräämällä nopeudella. Tätä kutsutaan tahtinopeudeksi, josta laite on saanut nimensä. Rakente tahtikoneissa on lähelle epätahtikoneita. Ainut rakenteellinen eroavaisuus tahtikoneissa on epätahtikoneisiin nähden niiden roottori. Roottorit voidaan jakaa kahteen eri ryhmään: avonapaisiin ja umpinapaisiin. Kuviossa 22 on havainnollistettu avonapa- ja umpinaparoottori. (Korpinen 1998b, 1.)



Kuvio 22. Avonapa- ja umpinaparoottori (Korpinen 1998b, 1)

Kuvion 22 vasemmanpuoleinen roottori on umpinaparoottori ja oikeanpuolimmainen avonaparoottori. Rakenteellisista eroista johtuen napapyörille on omat matemaatti-

set käsittelytavat. Tahtikoneiden staattorissa on myös kolmivaiheinen vaihtovirtakäämitys, mutta erona epätahtikoneisiin on se, että magnetointikäämityksiin roottorissa täytyy johtaa magnetointivirtaa, joka on tasavirtaa. Tasavirta saa aikaiseksi pysyvän magneettivuon magneettinapaan vaikka roottori pyöriikin. Tätä magneettivuota, jonka magnetoimisvirta synnyttää, kutsutaan päävuoksi. Tahtikoneissa on erikseen magnetointi- ja työvirtakäämitykset (staattorikäämitys) sekä lisäksi käynnistys- eli vaimennuskäämitys. Tahtikoneiden vaimennuskäämitys on oikosulkumoottoreiden häkkikäämityksen kaltainen. (Korpinen 1998b, 1–2.)

Tahtikoneet voivat pyöriä vain syöttävän verkon taajuuden määräämällä nopeudella. Joten pyörimisnopeus lasketaan kaavan 3 mukaan. (Korpinen 1998b, 1.)

$$(3) \quad n_s = 60 * \frac{f}{p}$$

missä,

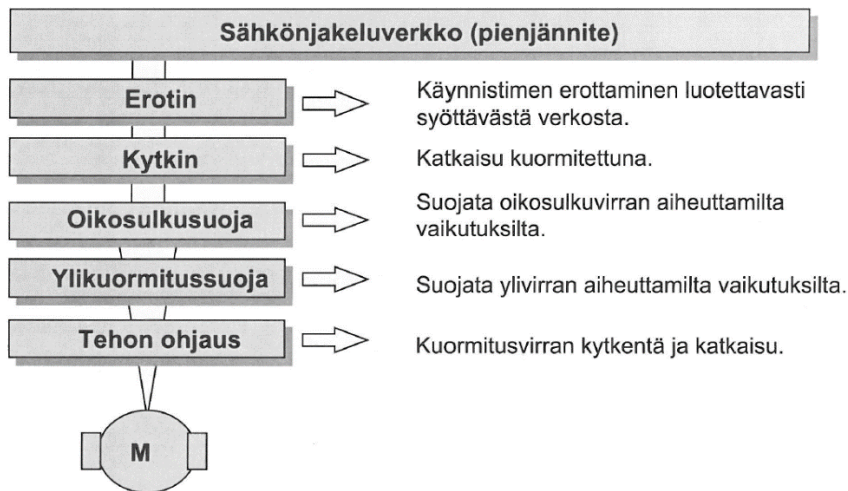
n_s = tahtinopeus (rpm)
 f = verkon taajuus (Hz)
 p = napapariluku (lkm)

Tahtikoneen roottorin ja staattorin magneettinavat ovat kytkettynä toisiinsa magneettisesti "kiinni". Tästä syystä roottori pyörii täsmälleen samalla nopeudella kuin staattorin magneettikenttä ja täten tahtikoneessa ei synny jättämää. Jos tahtikoneen kuormitus on liian suuri tai se kasvaa liian suureksi, tahtikone putoaa tahdistasta, jolloin moottori täytyy irrottaa verkosta. Tahtikoneet ovat taloudellisempi ratkaisu, kuin epätahtikoneet, koska niiden hyötysuhde on hieman parempi. (Korpinen 1998b, 1–2.)

3.2 Kytcentöjen vertailu

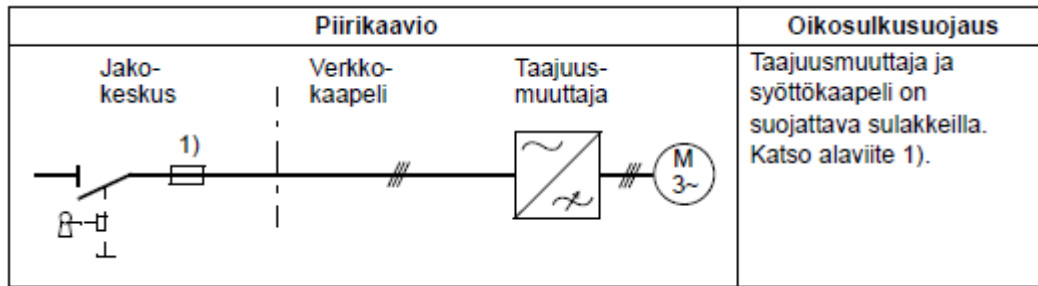
Kun käytetään suoraa moottorikäyttöä, joudutaan asentamaan ennen moottoria erilaisia kojeita, joilla laitteisto voidaan turvallisesti erottaa jännitteisestä verkosta. Näitä kojeita ovat esimerkiksi erotinkytkin, kuormakytkin ja lämpörele. Moottorin suojauksessa tarvitaan eri toimintoja kuten 1. erotus: erotuskytkin, kuormakytkin tai katkaisija, 2. kytcentä: kuormakytkin tai kontaktori ja 3. suojaus: lämpörele tai suoja-rele. Nämä toiminnot voidaan toteuttaa esimerkiksi yhdellä, kahdella tai kolmella kojeella. Kokonaisuus riippuu kojeen valmistajasta, mutta jotkut valmistajat tarjoavat

niin sanottuja lisäosia esimerkiksi katkaisijaan, jolloin saadaan lisättyä haluttuja ominaisuuksia. Näillä saavutetaan helppoasennettavuus sekä joustavuutta eri moottori-käynnistykseen, mutta näin ne vievät myös enemmän tilaa kytkentäkaapista. (Grönholm n.d., 3–4, 40–42.) Kuviossa 23 on esitelty suojauksia, jotka moottori tarvitsee suorakäytöissä sekä myös niiden tehtävät.



Kuvio 23. Suorakäytön vaatimukset (Grönholm n.d., 3)

Taajuusmuuttajilla ohjattuun moottoriin puolestaan ei tarvitse asentaa kuin vain taajuusmuuttajaa ja sen syöttökaapelia suojaava sulake tai rele sekä moottorin sammuttava vaikkapa hätä-seis-painike, jonka tilatieto voidaan kytkennöistä riippuen kytkeä suoraan taajuusmuuttajaan. Tämä johtuu siitä, että taajuusmuuttajilla voidaan toteuttaa moottorin erilaiset suojaukset ja käynnistys sekä ohjaustavat sisäisesti. Täten muita kuin edellä mainittuja suojauskojeita sekä käynnistimiä ei tarvita. (ABB 2012a, 46–47.) Tämä säästää kytkentäkaapissa myös tilaa. Taajuusmuuttaja mahdollistaa myös moottorin nopeuden säätämisen, mitä ei erillisillä kojeilla voida saada aikaan. Kuviossa 24 on esitetty havainnollistava piirikaavio taajuusmuuttajan ja moottorin kytkennästä.



Kuvio 24. Taajuusmuuttajan ja moottorin kytkentä (ABB 2012a, 46)

4 Tarkastuslista moottorin tai taajuusmuuttajan vaihtuessa

Jos asennustilanteessa huomataan, että moottorin teho ei ole riittävä asennuskoh-
teessa ja se vaihdetaan suurempaan, tulee ensin huomioida onko uusi moottori taa-
juusmuuttajan tehoalueella. Jos moottorin teho on suurempi kuin taajuusmuuttajan,
tulee taajuusmuuttaja vaihtaa suurempaan. Samoin silloin, jos moottoria käytetään
jatkuvasti ja sen teho ylittää taajuusmuuttajan raskaankäytön tai kevyenkäytön ar-
von. Kun taajuusmuuttaja ja moottori vaihdetaan, täytyy myös huomioida kaapelei-
den, releiden ja sulakkeiden sekä turvakytkimen koko eli kestävätkö kyseiset kom-
ponentit uusia virta-arvoja. Turvakytkimen tilatieto yleensä kytketään suoraan taa-
juusmuuttajan oman logiikan tuloihin, mutta tämä tulee varmentaa asiakkaalta tai
uudesta suunnitteludokumenteista.

Lista asioista, jotka tulee tarkastaa, kun moottori ja/tai taajuusmuuttaja vaihtuvat:

- Moottorin vaihtuessa:
 - o Taajuusmuuttajan teho
 - o Turvakytkimen koko
 - o Moottorin syöttökaapelien koko ja kestävyys

- Taajuusmuuttajan vaihtuessa:
 - o Moottorin teho
 - o Turvakytkimen kytkentä
 - o Taajuusmuuttajan syöttökaapelien koko ja kestävyys
 - o Releiden ja sulakkeiden koko

Vastaava tarkastuslista löytyy työn liitteestä 2.

5 Kenttäkokemukset

5.1 Yleisimmät vikatilanteet kentällä

Haastattelin JEEC:n työntekijöitä kyselemällä heiltä yleisimmistä ongelmatilanteista taajuusmuuttajien kanssa kenttätöissä. Yleisimmät viat ovat koskeneet lähinnä väylää eikä varsinaisesti taajuusmuuttajaa itseään. Nämä viat ovat olleet sellaisia, että esimerkiksi Profibus-väylän päätevastus on ollut viallinen tai se on väärin kytketty. Myös Profibus- ja Profinet-väylän kaapeloinnit aiheuttavat harmia, koska kaapeleiden liittimien johdot menevät helposti ristiin liittimillä, jonka takia väylä ei enää toimi oikein. Myös Profinet-väylässä on ollut muita ongelmia, mutta nämä ovat johtuneet työntekijöiden koneiden verkkokorteista. Kun tietokoneen verkkokortin asetukset ovat resetoitu, Profinet-väylä on ruvennut toimimaan oikein ja väylän laitteita on voitu tarkastella. (Lummi & Tammiranta 2015.) Resetoinnilla tietokoneen verkkokortin asetukset nollaantuvat ja tietokone hakee tämän jälkeen uudet osoitteet verkosta, joka oli tässä tapauksessa Profinet-väylä.

Taajuusmuuttajista johtuvia ongelmia ovat olleet lähinnä parametrintivirheet, joissa asentaja tai henkilö, joka on parametroinut laitteita, on painanut esimerkiksi nappia yhden kerran liikaa. Myös sellaisia tapauksia on tullut työtehtävissä vastaan, että kaapissa, jossa on ollut monta samanlaista taajuusmuuttajaa, osan parametrit ovat poikenneet toisten asetuksista, vaikka niiden tulisi olla yhtenäiset. Näissä tapauksissa syynä on ollut se, että eri asentaja on käynyt parametroimassa osan taajuusmuuttajista ja seuraava on jatkanut hommaa katsomalla viereisen laitteen parametreja ja yrittänyt kopioida niitä työn alla olevaan tehden kuitenkin virhepainalluksia. Myös moottorien kaapeloinnit taajuusmuuttajaan ovat joskus olleet virheellisiä ja tällöin moottori on pyörinyt väärään suuntaan. (Lummi & Tammiranta 2015.)

5.2 Vikatilanne Profibus-väylällä

Jokaisella väyläadapterilla on oma virhekoodistonsa. Opinnäytetyön aikana oli tilanne, jolloin asiakkaan taajuusmuuttajaketjussa oli vika ja heillä oli käytössä Profibus-väylän adapteri FPBA-01. Tästä syystä tässä kappaleessa käytetään esimerkkinä adapteria FPBA-01. Vika voi ilmetä logiikalla, väylässä, väyläadapterilla tai taajuusmuuttajassa. Tätä vikaa etänä selvitetessä huomattiin, että logiikka antoi Siemensin laitteistossa kirjoitus- ja lukupuolelle virhekoodit 80A0 (luku) ja 80A1 (kirjoitus). Asiakkaalla oli useampi taajuusmuuttaja Profibus-väylässä, joista neljä (4) keskeltä ketjua oikuttelivat ja antoivat kyseiset virhekoodit. Tätä ongelmatilannetta tarkemmin tarkasteltuna selvisi, että kyseinen vika oli Profibus-väylässä. Koodien selitykset menivät seuraavasti:

- 80A0
 - o Access error detected while I/O devices were being accessed.
- 80A1
 - o Access error detected while I/O devices were being accessed.

Profibus-kaapeleille samoin kuin myös muille kaapeleille on ominaista, että kaapelien kiinnitykset voivat ajan myötä löystyä ja näin aiheuttaa vikatilanteiden syntymisen. Asiakas oli tarkastanut Profibus-kaapelien kytkennät, joten ilmeisesti vika oli muualla. Varmistusta asiasta ei saatu suoraan asiakkaalta.

Jyväskylän ammattikorkeakoulun tiloissa testatessani laitteita yritin saada vastaavat vikatilakoodit syntymään ABB:n ACS880 taajuusmuuttajilla, joissa oli myös FPBA-01 väyläadapteri käytössä. Näitä testiin soveltuvia taajuusmuuttajia koulun tiloissa on kolme (3) kappaletta. Laitteet olivat yhdistettynä yhteen hallintapaneeliin, jonka avulla voidaan valita, mitä näistä kolmesta taajuusmuuttajasta kerrallaan ohjataan. Taajuusmuuttajia oli myös mahdollista ajaa Profibus-väylän kautta tietokoneella, joten käytin tätä tapaa moottorien ajoon, jotta se olisi vastaava kuin asiakkaalla käytössä ollut menettelytapa aidossa ongelmatilanteessa.

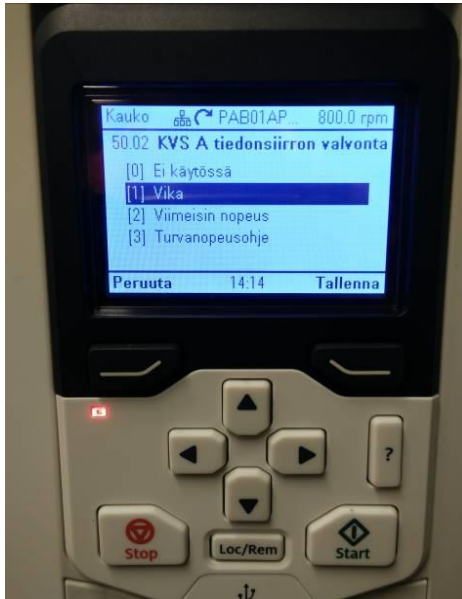
Parametroinnit hoidin taajuusmuuttajien hallintapaneelin avulla, koska näin se oli sekä helpompaa että nopeampaa. Aluksi irrotin keskimmäisestä taajuusmuuttajasta

Profibus-kaapelin ja lähdin parametroimaan hallintapaneelin avulla väylävian tunnistuksen parametreilla 50.02 ja 50.03:lla. Kuviossa 25 on havainnollistettu parametrit taajuusmuuttajan luettelossa.



Kuvio 25. Väylän diagnostiikka parametrit

Parametrilla 50.02 otettiin hälytyksen luonne käyttöön. Arvoja oli kolme erilaista. Arvolla 1 saatiin pelkästään hälytys käyttöön, arvolla 2 puolestaan sai hälytyksen sekä pidettyä moottorin nopeus asetusarvon mukaisella nopeudella ja arvolla 3 puolestaan sai hälytyksen sekä moottorin nopeuden asetettua edelliseen toimivaan nopeuteen ennen vikaa. Parametrilla 50.03 määriteltiin, kuinka pitkä vian täytyy olla, ennen kuin hälytys annetaan. Valitsin hälytyksen muodoksi parametrissa 50.02 arvon 1, koska logiikalta tuli valmiiksi parametroitu hallittu alasajo arvoineen. Kuviossa 26 on esitelty parametrin 50.02 eri vaihtoehdot.



Kuvio 26. Parametrin 50.02 eri vaihtoehdot

Ajaksi määrittelin pienimmän mahdollisen arvon parametriin 50.03, joka oli tässä tapauksessa 0.3 sekuntia. Tämän jälkeen testasin, millä tavalla vian ollessa taajuusmuuttajat ilmoittavat viasta. Taajuusmuuttajien yhteiseen paneeliin tuli suurella laa- tikolla varustettu virheilmoitus, joka ei hävinnyt kuin painamalla Piilota- tai Reset- nappia. Kuvio 27 havainnollistaa virheilmoitusta.



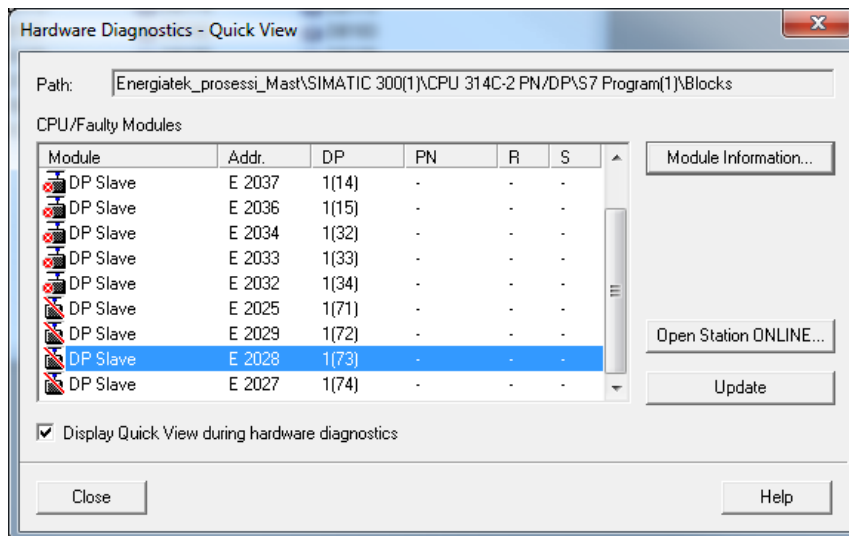
Kuvio 27. ACS880 väylävirheen ilmoitus

Jos painoin OK:ta, täytyi virheilmoitus käydä vielä erikseen kuittaamassa aktiivisten virheiden luettelosta Reset-napilla. Jos puolestaan painettiin Reset-nappia, hävisi virheilmoitus pois näytöltä. Jos vika oli vielä aktiivisena vaihtaessani hallinnan toiseen taajuusmuuttajaan, tuli melkein heti ruutuun ilmoitus, että toisessa taajuusmuuttajassa on virhe ja haluatko vaihtaa siihen ja korjata vian. Tämän pystyi ohittamaan painamalla Piilota tai siirtymällä taajuusmuuttajaan, jossa vika oli. Jos ilmoitus ohitettiin, jäi virheestä vilkkumaan kuvio hallintapaneelin yläreunaan. Kuvio 28 havainnollista, millä tavalla ACS880 pyysi käyttäjää korjaamaan vian.



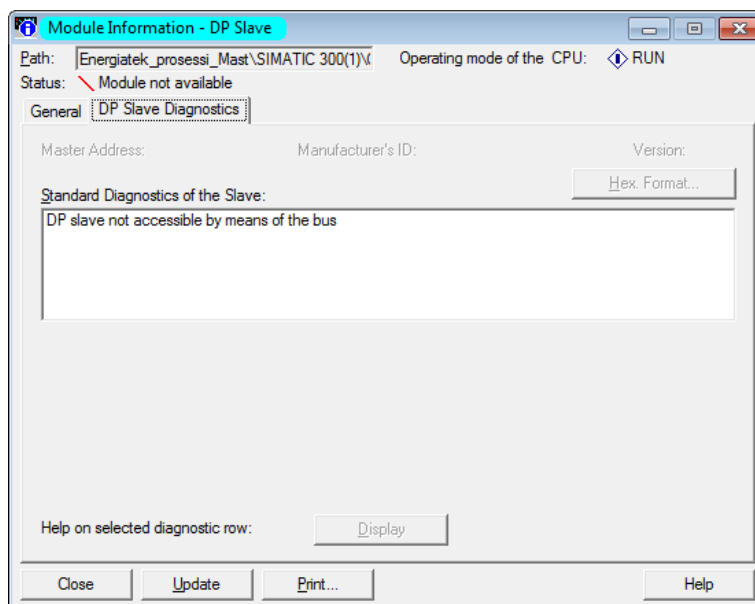
Kuvio 28. ACS880 pyytää käyttäjää korjaamaan vian

Seuraavaksi lähdin tarkastamaan, mitä Siemensin Simatic -ohjelmiston diagnostiikkatyökalu tietokoneella näytti. Ohjelma antoi virheeksi, että asetettua laitetta ei löydy väylästä tai siihen ei saada yhteyttä. Muuta tarkentavaa tietoa ohjelmisto ei antanut. Korjasin ongelman kytkemällä Profibus-kaapelin taajuusmuuttajaan takaisin kiinni, jonka jälkeen virhe korjaantui. Kuvio 29 havainnollistaa tietokoneella olevan Siemensin ohjelmiston luetteloa laitteista.



Kuvio 29. Siemensin diagnostiikan laiteluettelo

Luettelossa näkyy kaikki väylässä olevat laitteet, joissa on jotain vikaa. Taajuusmuuttaja, josta irrotin kaapelin, näkyy DP-osoitteella 73. Kuvio 30 havainnollistaa diagnostiikan antamaa kuvausta taajuusmuuttajan viasta.



Kuvio 30. Diagnostiikan kuvaus viasta

Tämän jälkeen käynnistin tietokoneen avulla taajuusmuuttajan ohjaaman moottorin käyntiin ja kävin irrottamassa keskimmäisestä taajuusmuuttajasta Profibus-kaapelin

irti. Moottori pysähtyi noin 3 sekunnin kuluttua kaapelin irrotuksesta, jolloin myös samalla hallintapaneeliin tuli ilmoitus väyläviasta. Syytä noin suurelle viiveelle en löytänyt, mutta se voi mahdollisesti johtua taajuusmuuttajan omasta diagnostiikasta, jossa se varmistaa vian olevan juuri väylästä johtuva. Kuvio 31 havainnollistaa keskimmäisen taajuusmuuttajan sijaintia.



Kuvio 31. Testeissä käytetyt taajuusmuuttajat

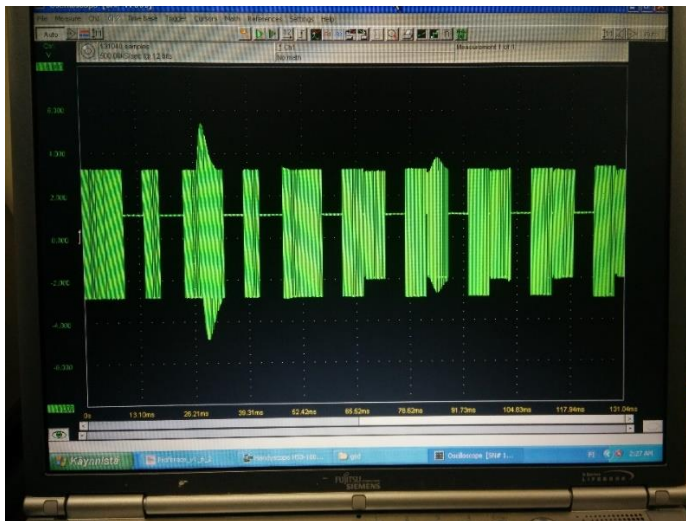
Tietokoneella Siemensin ohjelmisto ei antanut aiemmasta eroavaa virhettä. Lopuksi testasin vielä reagoisiko taajuusmuuttaja siihen, jos kaapelia käyttäisi hyvin pienen ajan irti. Lähdin toteuttamaan tätä testausta kuittaamalla aiemman virheilmoituksen ja tämän jälkeen irrottamalla Profibus-kaapelin irti ja kytkemällä sen melkein samoin tein takaisin kiinni. Taajuusmuuttaja ei ehtinyt reagoida kaapelin irrottamiseen.

Lukuisista yrityksistä ja kokeiluista huolimatta en valitettavasti saanut samanlaista virhettä aikaiseksi, kuin mikä asiakkaan laitteistossa oli havaittu.

Testien jälkeen konsultoin vielä opinnäytetyötä ohjaavaa opettajaa Veli-Matti Häkkistä sekä toista opettajaa Vesa Hytöstä viasta. Häkkinen oli sitä mieltä, että jokin aiheuttaa vikaa väylään, kun taas Hytönen arveli, että vika olisi tällöin taajuusmuuttajien väyläadaptereissa. Hytönen perusteli asiaa sillä, että väylän ensimmäinen ja viimeinen taajuusmuuttaja toimivat oikein. Jos vika olisi esimerkiksi Profibus-väylän maadoituksessa tai pääteresistanssissa, tällöin ei muutkaan taajuusmuuttajat tai laitteet toimisi oikein.

Testeissä selvisi kuitenkin, että taajuusmuuttajissa olisi hyvä olla parametroituna väylän viantunnistus, jotta virheen sijainti voitaisiin rajata väylässä. Myöskään koulun taajuusmuuttajissa ei ollut ennen suorittamiani testejä väylän viantunnistusta käytössä. Tällä tavalla virheet saataisiin paikallistettua ja korjattua nopeammin, jolloin tuotanto laitoksessa voisi jatkua normaalisti.

Pääsin myös asiakkaan luona testaamaan väylää, joka oli kiinni taajuusmuuttajissa. Sain mukaani Jyväskylän ammattikorkealta lainatun tietokoneen, johon oli asennettuna ProfiTrace-ohjelmisto. Kiinnitimme tietokoneen väylään kiinni ProfiCore-laitteella sekä kiinnitimme myös tietokoneeseen ja väylään oskilloskoopin. Näiden avulla pystyimme seuraamaan väylän käyttäytymistä. ProfiTrace-ohjelmisto ei huomannut väylän liikenteessä mitään normaalista poikkeavaa. Oskilloskoopissa puolestaan näkyi väylässä piikkejä, jotka mahdollisesti olivat ne, jotka aiheuttivat vian. Kuvio 32 havainnollistaa oskilloskoopin näyttämää kuvaa.



Kuvio 32. Oskilloskoopin havaitsemat virheet väylässä

Kuvasta voidaan suoraan sanoa, että väylässä on jotain hämminkiä, koska Profibus-väylän signaalien tulisi näyttää pitkälti samanlaisilta. Jotta väylän signaalit olisivat kunnossa, tulisi signaalien amplitudi olla samalla tasolla. Kuviossa 32 näkyvä vaaka viiva niin sanottujen pakettien välillä on nollataso. Nollatasolla tarkoitetaan sitä, että signaaleja ei lähetetä. Asiakkaan väylässä näin ei ollut, kuten kuviossa 32 näkyy, vaan

aina välillä signaalien seassa tuli muista viesteistä eroavia eri amplitudilla olevia signaaleja. Myös signaalien nollassa on siirtynyt jostain syystä noin yhden (1) voltin tasolle. Yritimme selvittää johtuisiko kyseinen vika jostain kytketyistä taajuusmuuttajista. Lähdin irrottamaan taajuusmuuttajia pois väylästä yksitellen, mutta piikit esiintyivät edelleen väylässä. Kokeilin myös päätevastukset, mutta nämäkään eivät poistaneet piikkejä väylästä. Tarkistin myös lopulta jokaisen liittimen kytkennän maadoituksen, mutta nekin olivat kunnossa. En toisin sanoen löytänyt vikaa, mikä aiheuttaa piikit väylään. Piikit signaaleissa voivat tulla väylään esimerkiksi kapasitiivisesti- tai induktiivisesti johtumalla, sillä signaalien tulisi näyttää kaikissa kohtaa lähes identtisiltä eikä niiden amplitudi saisi vaihdella noin rajusti. Myös nollassa nousu noin yhden voltin tietämille antaa sen kuvan, että jokin aiheuttaa vikaa väylään. Näiden asioiden selvittäminen on erittäin hankalaa, koska erilaiset laitteet, kuten esimerkiksi moottorit ja kaapin syöttökaapelit, voivat aiheuttaa sähkömagnetismia. Tämän kaltaisen vian löytäminen on hyvin hankalaa ja se vaatisi omat laitteensa.

Vikaa yritettiin selvittää myös kysymällä siitä ABB:n taajuusmuuttajista vastaavalta henkilöltä. ABB:ltä kerrottiin, että taajuusmuuttajat voivat nähdä vain väylävian, jos ne tippuvat pois väylältä. Tarkempaa syytä viasta ei taajuusmuuttajalta saa. Muuta ABB:ltä ei osattu kertoa, mutta heidän käsityksensä mukaan vika ei johtuisi Profibus-väylän adapterista FPBA-01:stä, jota he pitävät sangen luotettavana.

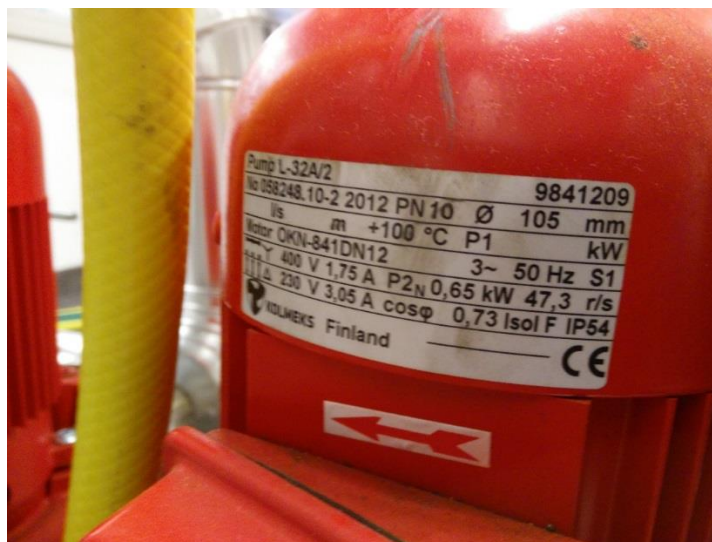
Asiakkaalta tuli myös toive, että he saisivat logiikan näyttöön näkymään halutun moottorin tarkastelun aikakohtaisen momentin arvon, jotta he voisivat seurata moottoreiden ja taajuusmuuttajien vikaantumista. Asiakkaan tapauksessa tämä tapahtui siten, että taajuusmuuttajan valikossa mennään parametriryhmään 54 (Kenttä tulo) ja määritetään parametriin 54.04 (FBA DATA IN 4) arvo 105. Arvo 105 toimii parametrissa 54.04 parametrisoittimella. Parametrisoittimen avulla taajuusmuuttaja osaa hakea oikean tiedon kenttäväylälle. Arvo 105 tulee parametriryhmän 01 (Käyttötiedot) ja sen alta löytyvän parametrin 05 yhdistelmästä. Kyseisellä kohtaa pystyy tarkastelemaan tarkastelun ajankohdan momenttia. Momentti näkyy kuitenkin prosentteina ja arvo määräytyy taajuusmuuttajan laskeman nimellismomentin mukaan. Taajuusmuuttajassa oli myös FBA DATA IN 3, 2 ja 1, mutta nämä olivat käytössä jo logiikan muissa toiminnoissa. Tästä syystä momentin arvon näkymä piti määrittellä seuraavaan vapaaseen parametriin.

6 Parametrointi testausympäristössä

Pääsin opinnäytetyötä tehdessäni myös kokeilemaan onnistuuko taajuusmuuttajien parametrointi kirjoittamillani ohjeilla. Testaus toteutettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun laboratorion tiloissa ja laitteilla. Valitettavasti vain ACS880 taajuusmuuttaja löytyi koulun tiloista, joten muita taajuusmuuttajia, joista olen kirjoittanut ohjeet, en päässyt testaamaan.

6.1 ABB ACS 880 testaus

Ennen testausta opinnäytetyötä ohjaava opettaja Veli-Matti Häkkinen oli käynyt muuttamassa taajuusmuuttajan asetuksia, jotta testaus olisi ollut mahdollista. Suoritin testin käyttäen taajuusmuuttajan omaa hallintapaneelia. Taajuusmuuttajaa olisi ollut myös mahdollista ohjata Profibus-väylän kautta FPBA-01 väylämoduulilla. Testaus tilanteessa ABB:n ACS 880 taajuusmuuttajalla ohjattiin vain yhtä moottoria, jonka käyttötarkoituksena oli toimia pumppuna. Aivan aluksi otin ohjattavan moottorin arvokilven tiedot ylös. Kuviossa 33 esitetään ohjattavan moottorin arvokilven tiedot.



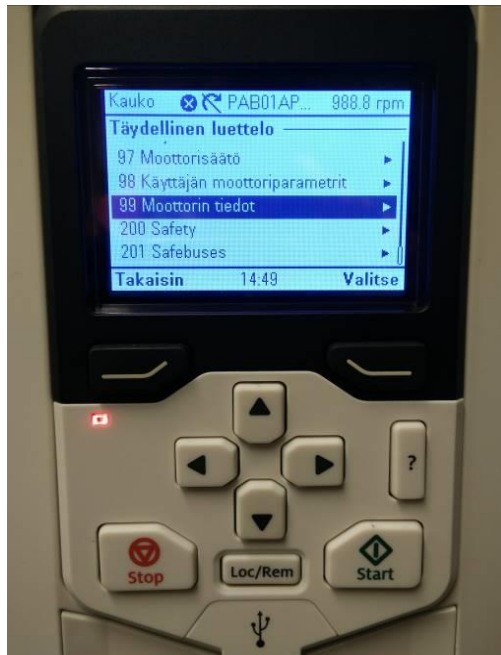
Kuvio 33. ACS 880 ohjattavan moottorin arvokilpi

Seuraavaksi lisäsin moottorin tietoja taajuusmuuttajaan. Taajuusmuuttajan ruudussa oli näkyvissä päänäyttö, josta moottorin oloarvot näkyvät eli kuinka paljon esimerkiksi moottorin nopeus on kyseisellä hetkellä. Kuviossa 34 on havainnollistettu taajuusmuuttajan päänäyttöä.



Kuvio 34. ACS 880 päänäyttö

Menuun pääsi painamalla ACS 880 taajuusmuuttajan oikean puolimmaista ylintä napia, jossa näkyy valkoinen viiva mustalla pohjalla. Taajuusmuuttajan ohjelma oli englanninkielinen, joten valitsin menussa ensiksi Complete list (suomeksi Täydellinen luettelo), jonka alta löytyvät kaikki asetukset. Tämän jälkeen selasin luettelossa 96 System -kohtaan, jonka alta pääsin muuttamaan kieltä. Valitsin kieleksi suomenkielen ja menin menussa takaisin päin yhden askeleen eli takaisin luetteloon, jonka alta pääsi muuttamaan kaikkia asetuksia. Seuraavaksi lähdin lisäämään moottorin arvokilven tietoja, joten siirryin 99 Moottorin tiedot -kohtaan ja painoin Valitse. Kuvio 35 havainnollistaa täydellisen luettelon näkymää.



Kuvio 35. ACS 880 täydellinen luettelo asetuksista

Aivan ensiksi määrittelin parametrin 99.03 (Moottorin tyyppi) kohdalla moottorin olevan epätahtimoottori. Tämän jälkeen määritin moottorisäätötavan parametrin 99.04 kohdalla. Ensimmäisellä yrityksellä valitsin DTC säätötavan, mutta myöhemmin huomattiin, ettei moottorista ole takaisinkytkentää sen tilatiedoista, joten tästä syystä kyseinen säätötapa ei toiminut tässä testauksessa. Siten säätötavaksi valittiin skalaari. Lisäsin moottorin arvokilvestä tähtikytkenän 400 V arvot seuraavasti:

- Nimellisvirta 1.8 A (parametri 99.06)
- Nimellisjännite 400 V (parametri 99.07)
- Nimellinen taajuus 50 Hz (parametri 99.08)
- Nimellinen pyörimisnopeus 2838 rpm (parametri 99.09)
- Nimellisteho 0.65 kW (parametri 99.10)
- Nimellinen cosφ 0.73 (parametri 99.11)

Kuvioissa 36 ja 37 on esitetty, miten arvot näkyvät 99 Moottorin tiedot luettelon alla.



Kuvio 36. ACS 880:n asetuksiin lisätyt moottorin tiedot



Kuvio 37. ACS 880:n asetuksiin lisätyt moottorin loput tiedot

Kun moottorin arvokilven tiedot oli lisätty, siirryin takaisin täydelliseen luetteloon menemällä yhden askeleen taaksepäin. Luettelosta valitsin seuraavaksi 95 Laitteiston konfigurointi, jonka alta muutin taajuusmuuttajan syöttöjännitettä hallinnoivan parametrin 95.01 Syöttöjännite arvon 380...415 voltiksi. Ennen kuin moottori voitiin käyn-

nistää, täytyi asettaa vielä raja-arvot moottorin ohjaukselle. Rajat päästiin asettamaan menemällä täydelliseen valikkoon ja valitsemalla sieltä 30 Rajat. Niistä muutin maksiminopeuden (parametri 30.12), maksimitaajuuden (parametri 30.14) sekä maksimivirran (parametri 30.17) vastaamaan moottorin arvokilven tietoja. Moottorin maksimimomentti määriteltiin prosenteilla, joten määritin arvoksi 100 %, koska kyseisessä käyttökohteessa ei tarvittu testien aikana suurempaa momenttimäärää. Kuvioissa 38 ja 39 on havainnollistettu miltä raja-arvojen luettelo näyttää taajuusmuuttajan asetuksissa.



Kuvio 38. ACS 880 raja-arvot nopeudelle ja taajuudelle



Kuvio 39. ACS 880 raja-arvot viralle ja taajuudelle

Kun kaikki tarvittavat tiedot oli lisätty, voitiin testata toimiiko moottorin ohjaus. Jotta moottori voitiin käynnistää, tuli taajuusmuuttajan hallintapaneelissa mennä takaisin päänäyttöön. Tämän jälkeen painetaan START-painiketta. Jos moottorin tiedot ovat oikein, pitäisi moottorin lähteä käyntiin. Taajuusmuuttajan ollessa paikallisessa ohjauksessa moottoria voitiin ohjata painamalla ylöspäin nuolta, jolloin moottorin nopeus kasvoi. Aivan ensiksi kannattaa tarkistaa lähteekö moottori pyörimään oikeaan suuntaan. Jos moottori pyörii väärään suuntaan, se pysäytetään painamalla STOP-nappia. Tämän jälkeen täytyy vaihtaa moottorin vaihejärjestys, joko kaapeloinnilla tai mennä takaisin asetuksiin. Asetuksista moottorin vaihejärjestyksen voi vaihtaa 99 Moottorin tiedot alla olevalla parametrilla 99.16 Vaihejärjestys. Arvolla 0 vaihejärjestys on U V W ja arvolla yksi U W V. Kun vaihejärjestys on muutettu oikeaksi, voidaan testata uudelleen moottorin toimintaa.

Testauksen aikana kokeilin myös Assistant-toimintoa, jolloin ohjelma neuvoo ohjautusti laittamaan kaikki tarvittavat tiedot asetuksiin. Valitsemalla menusta Assistant tulee tämän jälkeen valita haluttu ohjattu toiminto. Testiympäristön ACS 880:ssa oli vain Basic set up -niminen avustin, joten valitsin sen. Kuviossa 40 ja 41 on havainnollistettu menun näkymää ja Assistant-valintaa.



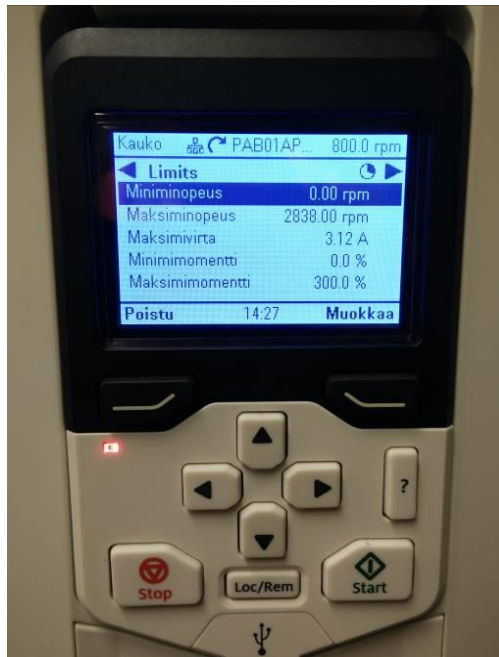
Kuvio 40. ACS 880 menun näkymä



Kuvio 41. ACS 880 Assistantin valinta

Kun Assistant oli valittu, tuli seuraavaksi määrittää kieli sekä päivämäärä ja kellon-aika. Assistant-toiminnossa päästiin eteenpäin painamalla oikealle osoittavaa nuolinäppäintä. Nämä aseteltua ohjelma kysyi seuraavaksi syöttöjännitettä. Syöttöjännitteen asettelun jälkeen kysyttiin moottorin perustietoja. Asettelin samat arvot, kuin

mitä asettelin itse taajuusmuuttajan asetuksiin. Perusmoottorintietojen jälkeen ohjelma kyseli vielä tarkentavasti moottorin nimellistä cosfii, nimellistä momenttia sekä moottorinsäätötapaa. Asettelin cosfii sekä säätötavan aiemman mukaan. Näiden asetusten jälkeen ohjelma pyytää käyttäjää asettelemaan Raja-arvot (englanniksi Limits). Kuvio 42 havainnollistaa Assistentin raja-arvojen kyselyä.



Kuvio 42. ACS 880 Basic set up:n kyselemät raja-arvot

Raja-arvoissa voitiin määrittää arvot tarkemmin kuin moottorin tiedot -osiossa. Näiden asettelun jälkeen ohjelma kysyi nimeä, jonka haluaa antaa taajuusmuuttajalle. Nimeämisen jälkeen ohjelma siirtyi suunnan testaukseen, jonka avulla määritetään vaihejärjestys. Testin voi ohittaa, mutta sen teko on suositeltavaa. Tämän valinnan jälkeen taajuusmuuttaja näytti varoitustekstin, joka liittyi turvatoimintoihin. Kyseinen ilmoitus saattoi liittyä testissä siihen, että laite ei saanut testin aikana ohjearvoja Profibus-väylästä. Varoitustekstistä pääsi ohi painamalla START-painiketta, jonka jälkeen taajuusmuuttaja pyöritti moottoria. Samalla ohjelma kysyi pyöriikö moottori oikeaan suuntaan. Jos moottori pyöri oikeaan suuntaan, voitiin valita ”Kyllä, moottori pyörii eteenpäin” ja, jos moottori pyöri väärään suuntaan, valitaan ”Ei, määritä suunta”.

Kun valitaan ”Ei, määritä suunta”, taajuusmuuttaja vaihtaa moottoriin liittyvistä parametreista vaihejärjestyksen. Kun jompikumpi on valittu, ohjelma pysäyttää moottorin ja kysyy käyttäjältä haluaako hän varmuuskopioida asetukset. Koska kyseessä oli testi, ei varmuuskopiota tehty. Tämän jälkeen ohjelma ilmoitti ruudulla käyttöönoton olevan valmis. Seuraavaksi voitiin käynnistää moottori ja ohjata sen nopeutta.

Testeissä huomattiin, että jostain syystä moottorin tyyppin ollessa DTC, taajuusmuuttaja meni jumiin, kun yritin suorittaa ID-ajoa. Jumiutumisen pystyi ainoastaan korjaamaan siten, että taajuusmuuttajasta katkaistiin virta. Tämän jälkeen taajuusmuuttaja palautuu viimeisimpään tilaan, joka on tallennettu.

Testissä huomattiin myös, että vaikka moottorin arvokilven tiedot olisivat oikein, ei moottorin ohjaus toimi, jos ajotapa on väärä. Tästä syystä on aina tarkistettava, onko moottorista takaisinkytkentää tilatiedoista vai ei, jotta tiedetään valita oikea ohjaustapa.

6.2 Vacon NX ja ABB ACS 350 taajuusmuuttajien testaus

Jyväskylän ammattikorkean tiloissa testasin myös Vaconin valmistamaa NX taajuusmuuttajaa sekä ABB:n ACS 350:tä. Kyseisistä taajuusmuuttajista ei ole kirjoitettu tähän opinnäytetyöhön erillistä ohjetta, mutta parametrit menevät hyvin pitkälle samoin kuin Vaconin 100 taajuusmuuttajalla sekä ABB:n ACS 355:lla. NX taajuusmuuttajassa ei ole muuta kuin päävalikon eli menun näkymä, josta voi käydä muuttamassa eri parametrien arvoja sekä tarkastamassa oloarvoja.

Testauksien pääaiheena oli testata ongelmakohtia, kun moottorin arvokilven tiedot on jo syötetty, mutta moottori ei toimi kuitenkaan oikein. Testauksien aikana kävi selväksi, että taajuusmuuttajien parametreihin tulee määrittää moottorin tiedot sekä taajuusmuuttajan ohjaustapa oikein. Taajuusmuuttajasta voi löytyä esimerkiksi PID-säätötapa, jonka avulla voi säätää esimerkiksi puhaltimen nopeutta halutun mukaisen ilmanpaineen tai virtauksen saamiseksi. Tällöin PID-ohjearvo tulee muuttaa siten, että sen arvo tulee halutusta ohjaustavasta riippuen esimerkiksi kenttäväylältä. Jos ohjaustapana ja PID-ohjearvona ei ole esimerkiksi kenttäväylä, ei moottorin ohjaus toimi tällöin oikein.

Testauksien aikana huomasin myös, että ABB:n taajuusmuuttajassa voi määrittää käynnistykseenestoon jonkin tulon tai väylän, joka estää moottorin käynnistymisen. Tehdyn huomion perusteella kannattaa tarkistaa parametreista myös käynnistykseeneston määrittäminen mahdollisen vikatilanteen ilmetessä. PID:tä ja kenttäväylää en voinut testata, koska minulla ei ollut saatavilla testauksien aikana tarvittavia laitteita niiden testaamiseen, mutta taajuusmuuttajista pystyi tarkistamaan, mitä mikäkin parametri tarkoittaa ja mitä ne tekevät.

7 Tulokset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa JEEC Oy:lle heidän yleisimmin kohtaamiin taajuusmuuttajiin parametrintiiohjeet, joita yrityksen henkilökunta voisi hyödyntää omissa työtehtävissään. Opinnäytetyö ei tähän käyttöön sovellu suoraan, joten työn rinnalla valmistuivat erilliset parametrintiiohjeet. Taajuusmuuttajiin liittyvän aineiston keruun ja käsittelytyön ohella laadittuja parametrintiiohjeita testattiin ja mahdollisten vikatilanteiden syitä selvitettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun tiloissa. Työssä selvitettiin myös aivan oikeaa vikaa, joka ilmeni opinnäytetyön teon aikana asiakkaalla. Eri taajuusmuuttajille laadittujen parametrintiiohjeiden lisäksi tehtiin myös erillinen tarkistuslista asioista, jotka tulee tarkistaa taajuusmuuttajan tai moottorin vaihtuessa.

Taajuusmuuttajien käytöllä säästetään huomattava määrä energiaa ja siten myös energiakustannuksia erityisesti moottoreiden ohjauksessa. Samoin ne ovat kustannustehokasvaihtoehto esimerkiksi puhallinkäytössä mekaanisesti ohjattaville pelleille, joissa myös peltien tarvitsemat säännölliset huollot nostavat yleiskustannuksia.

Taajuusmuuttajien avulla myös nopeuden säätäminen tasaisemmaksi onnistuu hyvin ja tämä puolestaan vähentää koneiden mekaanista rasitusta äkkipysähdysten jäädessä pois. Huomionarvoista onkin se, että ainoastaan taajuusmuuttajalla voidaan säätää oikosulkumoottoreiden pyörimisnopeutta tai momenttia tehokkaasti ja tarkasti. Erot ovatkin huomattavat moottoreiden suoraikäytön ja taajuusmuuttajakäytön välillä, sillä suurin osa toiminnoista voidaan toteuttaa taajuusmuuttajilla, kun taas

suorakäytössä voi joutua asentamaan kytkentäkaappiin monia eri kojeita hoitamaan vastaavia tehtäviä. Lisäksi taajuusmuuttajien käytöllä voidaan myös vähentää sähköverkkojen kuormitusta.

Parametroinnin tarkoituksena on yksilöidä taajuusmuuttajan asetukset halutulle moottorille ja sovellukselle. Tällä tavalla moottoria ja sovellusta voidaan ohjata huomattavasti paremmin ja tehokkaammin sekä suojata moottoria ja muita moottoriin kiinnitettyjä komponentteja. Parametroinnilla saadaan myös aikaisempi ja nopeampi ohjaus prosesseissa. Parametrointia helpottamaan on tehty erilaisia ohjelmistoja, joiden avulla voidaan käyttää tietokonetta lataamaan ja tallentamaan parametrit taajuusmuuttajaan sekä esimerkiksi tunnistamaan erilaisia vikatilanteita.

Opinnäytetyöprosessi kokonaisuudessaan oli hyvin antoisa. Teoriatietoa hakiessani törmäsin lukuisiin mielenkiintoisiin ulkomaisiin lähteisiin eri organisaatioiden omilta sivuilta, joissa alan asiantuntijat julkaisivat omia artikkeleitaan tai blogejaan. Teorian osalta varsinkin moottoreita koskeva osuus tavallaan kertasi aikaisempia opintoja ja taajuusmuuttajien kohdalla suorastaan syvensi niitä.

Mielestäni opinnäytetyöprosessi teoriatietoon perustuvaan taajuusmuuttajien käyttöön liittyvien asioiden osalta sekä taajuusmuuttajien parametointiohjeiden tekeminen onnistui hyvin, mutta ongelmatilanteisiin oli hankala löytää ratkaisua, koska itselläni ei ole aikaisempaa kokemusta taajuusmuuttajista. Tästä johtuen oli vaikeaa keksiä erilaisia ongelmatilanteita, joita voisi esiintyä työmaalla taajuusmuuttajan ja moottorin käyttöönoton yhteydessä.

Työn aikana yritin myös ratkaista asiakkaalla ollutta vikaa, mutta siihen ei löytynyt ikävä kyllä ratkaisua. Ongelman tunnistaminen olisi ehkä ollut helpompaa, jos olisin ehtinyt opetella ProfiTrace-ohjelmiston käyttöä enemmän kuin parin tunnin ajan asiakaskäyntiä edeltävänä iltapäivänä, mutta sain kuitenkin selville väylästä edes jotain. Oskilloskoopin esittämässä graafisessa kuvassa väylässä esiintyi viestien seassa signaaleja, joiden amplitudi erosi selvästi muiden viestien ja signaalien amplitudeista. Tästä pystyin päättämään, että jokin tekijä aiheuttaa väylään vikaa. Yrityksistäni huolimatta vianaiheuttaja ei täysin selvinnyt, mutta se selvisi, ettei vika ollut taajuus-

muuttajista johtuva. Erilaiset laitteet, kuten esimerkiksi moottorit ja kaapin syöttökaapelit, voivat aiheuttaa sähkömagnetismia. Tämän kaltaisen vian löytäminen on hyvin hankalaa ja se vaatisi omat laitteensa.

Ennen asiakaskäyntiä samanlaista vikaa yritettiin saada aikaiseksi Jyväskylän ammattikorkeakoulun tiloissa ja laitteilla, mutta useista kokeiluyrityksistä huolimatta siinä ei onnistuttu. Koulun tiloissa vikaa etsiessäni huomasin, että esimerkiksi koulun taajuusmuuttajissa ei ollut väylän katkeamisesta huomauttava parametri päällä ennen testausta. Jos kyseinen parametointi on päällä, silloin taajuusmuuttajaan jää merkintä ilmenneestä viasta sekä vikakoodi, jolloin asian selvittämistä voi yrittää jatkaa muilla keinoilla.

Testatessani parametointiohjeita ABB:n ACS880 taajuusmuuttajalla havaitsin, että laitteisto on itseasiassa hyvinkin yksinkertainen käyttää, vaikka ohjekirjat valtavine luetteloineen antavat ymmärtää aivan toista. Tästä syystä oli helppoa ja luontevaa testata ohjeiden toimivuutta. Valitettavasti ohjeita ei pystytty testaamaan aidossa tilanteessa millään työmaalla, vaan testit tapahtuivat Jyväskylän ammattikorkeakoulun tiloissa ja sielläkin vain ABB ACS880:lle, sillä koululla ei ollut muita ohjeiden kohteena olleita taajuusmuuttajia.

Mahdollisia ongelmatilanteita etsiessäni selvisi, että esimerkiksi PID-säädön ohjearvojen valintapaikan tai ohjauspaikan ollessa väärä ei moottorin ohjaus toimi mahdollisesti halutulla tavalla. Tämä johtuu siitä, että taajuusmuuttaja ei löydä joko ohjearvoa tai ohjaussignaalia.

Testauksien aikana huomasin myös, että ABB:n taajuusmuuttajassa voi määrittää käynnistysenestoon jonkin tulon tai väylän, joka estää moottorin käynnistymisen. Tehdyn huomion perusteella kannattaa tarkistaa parametreista myös käynnistyseneston määrittäminen mahdollisen vikatilanteen ilmetessä. Samoin havaittiin, että vaikka moottorin arvokilven tiedot olisivat syötetty oikein, ei moottorin ohjaus toimi, jos ajotapa on väärä. Tästä syystä on aina tarkistettava, onko moottorista takaisinkytkentää tilatiedoista vai ei, jotta tiedetään valita oikea ohjaustapa.

Kenttäkokemuksia varten haastateltiin kahta JEEC Oy:n työntekijää, jotka olivat olleet tekemisissä taajuusmuuttajien kanssa. Haastatellut kertoivat erilaisista tilanteista,

joissa havaitut viat vaihtelivat parametroinnin ja väylän välillä. Myös inhimilliset virheet vikojen syntymiseen olivat syynä suuressa osaa tapauksista. Haastattelujen avulla voidaankin saada niin sanottua hiljaista tietoa, jota yleensä kaikilla työpaikoilla esiintyy saadun työkokemuksen ja taitojen karttumisen myötä. Tämä tieto ei kuitenkaan aina ole kirjattuna mihinkään, joten olisi hyvä, että työpaikoilla olisi jonkinlainen yhteinen tietopankki vaikkapa tiedostomuodossa, josta tätä kokemusperäistä tietoa voisi tarpeen tullen katsoa ja soveltaa erilaisissa työssä vastaantulevissa ongelmatilanteissa. Tämähän oli myös perusajatuksena tälle työlle, että saadaan kirjattua asioita, joita voi hyödyntää vastaavissa tilanteissa. Toivonkin, että yrityksen sisällä myös jatkossa kerättäisiin tällaisia kokemusperäisiä tietoja yhteiseen käyttöön.

Olen itse tyytyväinen työsuoritukseeni, koska en ennen tämän työn tekoa tiennyt juuri mitään taajuusmuuttajan niin sanotusta sielunelämästä ja sitä, miten varsinaisesti moottorien ohjaus toimii. Myös taajuusmuuttajien parametointi oli minulle uutta. Työn aikana oli myös mielenkiintoista päästä katsomaan tosielämän tilannetta viasta sekä miltä laitteistot näyttävät todellisuudessa.

Valitettavasti työn aikana ei tullut vastaan projektia, jossa olisi voinut hyödyntää liitteistä löytyvää parametointiohjetta ja jolloin olisi päästy näkemään niissä mahdollisesti olevat puutteet. Työn mahdollisia kehityskohteita olisivat esimerkiksi taajuusmuuttajan ohjaaminen erilaisten väylien kautta ja verrata näiden ominaisuuksia ja rajoituksia toisiinsa sekä myös verrata sitä, millä väylällä on helpointa parametroida sekä ohjata taajuusmuuttajaa.

Lähteet

- ABB. 2015a. Fieldbus communications. Väylämoduuleista kertova esittely sivu ABB:n sivuilla. Viitattu 2.10.2015. [Http://new.abb.com/drives/connectivity/fieldbus-connectivity](http://new.abb.com/drives/connectivity/fieldbus-connectivity)
- ABB. 2015b. Taajuusmuuttajat koulutus. ABB:n tuottama koulutusmateriaali Säädetyt sähkömoottorikäytöt kurssille.
- ABB. 2012a. Käyttäjän opas ACS355-taajuusmuuttajat. ACS355 taajuusmuuttajan ohjekirja.
- ABB. 2012b. Ohjelmointiopas ACS880-perusohjelma. ACS880 taajuusmuuttajan ohjekirja.
- ABB. 2001. Sähkökäytön mitoitus. Tekninen opas nro 7. ABB:n tuottama koulutusmateriaali Säädetyt sähkömoottorikäytöt kurssille.
- Chamberlin, R. 2014. VFD Conveyor Systems. Taajuusmuuttajalla ohjattuja kuljetinkäyttöjä koskeva artikkeli. Viitattu 12.11.2015. [Http://www.precision-elec.com/vfd-conveyor-systems/](http://www.precision-elec.com/vfd-conveyor-systems/)
- Danfoss. 2004. VFD 101 Lesson 4. Taajuusmuuttajista kertova pdf-luentosarja. Viitattu 12.11.2015. [Http://vltdrives.danfoss.us/workarea/downloadasset.aspx?id=17179912780](http://vltdrives.danfoss.us/workarea/downloadasset.aspx?id=17179912780)
- Evans, J. 2013. Motor Horsepower & Torque Versus VFD Frequency. Taajuusmuuttajien syöttämän taajuuden suhde tehoon ja momenttiin. Viitattu 12.11.2015. [Http://www.pumpsandsystems.com/topics/pumps/motor-horsepower-torque-versus-vfd-frequency](http://www.pumpsandsystems.com/topics/pumps/motor-horsepower-torque-versus-vfd-frequency)
- Grönholm, J. & Schneider Electric. N.d. Moottorilähtökojeiden valinnat. Moottoria suojaavien kojeiden valinnasta kertova luentomateriaali Säädetyt sähkömoottorikäytöt kurssille. Viitattu 30.11.2015.
- Hartman, C. 2014. What is a variable frequency drive? Taajuusmuuttajia käsittelevä artikkeli. Viitattu 4.11.2015. [Http://www.vfds.com/blog/what-is-a-vfd](http://www.vfds.com/blog/what-is-a-vfd)

JAO. 2009. Taajuusmuuttajat. Taajuusmuuttajia käsittelevä kirjoitus JAO:n sivuilla. Jyväskylä. Viitattu 29.09.2015. <http://blogit.jao.fi/sahkonet/kappaletavara-automatio/taajuusmuuttajat/>

Korpinen, L. 1998a. Sähkökoneet osa 1. Viitattu 10.10.2015. http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf

Korpinen, L. 1998b. Sähkökoneet osa 2. Viitattu 10.10.2015. http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_2osa.pdf

Learn Engineering. 2013. How does an Induction Motor work? Opetusvideo oikosulkumoottorista. Viitattu 9.12.2015. <https://www.youtube.com/watch?v=LtJojBUse28>

Lummi, P. & Tammiranta, J. 2015. Pääsuunnittelija ja suunnittelija. JEEC Oy. Haastattelu 18.11.2015.

Moottoriohjain. 2011. Tietosivu. Tietoa moottorinohjaimista. Viitattu 5.10.2015. <http://www.sahkoautot.fi/wiki:kontrolleri>

Siemens. 2015. Siemens Tekniikkakiertue 2015. Siemensin koulutus-/markkinointimateriaali.

Siemens. 2014. TIA Portal –ohjelmointityökalu. Siemensin ohjelmointi- ja valintatyökalu.

Turkel, S. 1999. Understanding Variable Speed Drives Part 2. Taajuusmuuttaja-käytöstä kertova artikkeli. Viitattu 12.11.2015. <http://ecmweb.com/basics/understanding-variable-speed-drives-part-2>

Tuusa, H. 1998. Sähkömoottorikäytöt. Sähkömoottorikäytöstä kertova kappale kirjasta Sähkövoimatekniikkaopus. Viitattu 10.10.2015. http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/11sahkomoottorikaytot.pdf

VACON 100 taajuusmuuttajat sovelluskäsikirja. 2013. Vaasa: Vacon. Viitattu 25.09.2015. http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_4364/cf_2/Vacon-100-Application-Manual-DPDP01035F-FI.PDF

Variable-Frequency Drive Parameters. N.d. Taajuusmuuttajien parametroidista kertova artikkeli. Viitattu 17.11.2015. [Http://www.industrial-electronics.com/output_devices_amplifiers_valves_relays_variable-frequency_drives_stepper_motors_servomotors/AC-drives-5-4_Variable-Frequency-Drive-Parameters.html#cont](http://www.industrial-electronics.com/output_devices_amplifiers_valves_relays_variable-frequency_drives_stepper_motors_servomotors/AC-drives-5-4_Variable-Frequency-Drive-Parameters.html#cont)

Yorkland Controls Ltd. 2005. Application guide. Opas taajuusmuuttajien antamiin hyötyihin verrattuna normaalikäyttöön. Viitattu 4.11.2015. [Https://www.yorkland.net/downloads/vfd_apguide.pdf](https://www.yorkland.net/downloads/vfd_apguide.pdf)

Liitteet

Liite 1. Paramerointiohjeet taajuusmuuttajille

1 ACS355 parametointi

1.1 Kielenvaihto

Kuvio 43 havainnollistaa ACS355 taajuusmuuttajan hallintapaneelia. Paneelin ulkoasu voi vaihdella versioittain.



Kuvio 43. ACS355 hallintapaneeli (ABB 2012a)

Taajuusmuuttajan kielen vaihto, tapahtuu parametriryhmän 99 (KÄYTT.OTTOTIEDOT) alta parametrilla 9901 (KIELI) (ABB 2012a, 311).

1.2 Käyttöönotto Start-up Assistantin avulla

Jos halutaan tehdä käyttöönotto avustetusti, tapahtuu tämä valitsemalla Start-up Assistant päävalikosta. Tämän jälkeen tulee vain seurata taajuusmuuttajan ohjeita ja syöttää taajuusmuuttajan pyytämät arvot. (ABB 2012a, 70.)

1.3 Moottorityypin valinta

Moottorityypin voi valita parametriryhmän 99 (KÄYTT.OTTOTIEDOT) alta parametrilla 9903 (MOOTTORITYYPPI). Moottorin tyyppiä valitaan, joko epätahtimoottori, joka on arvoltaan 1, tai tahtimoottori (kestomagneettimoottori), joka on arvoltaan 2. (ABB 2012a, 313.)

1.4 Sovellusmakron valinta

Sovellusmakron voi valita parametriryhmästä 99 (KÄYTT.OTTOTIEDOT) alta parametrilla 9902 (SOVELLUSMAKRO). Oletuksena vakio-ohjaus (1), joka on vakionopeussovelluksille. Vaihtoehtoina löytyy (ABB 2012a, 312–313.):

- vakio-ohjaus (1)
- pulssiohjaus (2)
- vaihto-ohj. (3)
- moottoripot. (4)
- käsi/auto (5)
- PID-säätö (6)
- momenttisäät (8)
- ACS500 modbus (10)
- kuor FD aset (31)

Sovellusten nimien perässä sulussa olevien numero kertoo kyseisen sovelluksen valintanumeron. Makrot voidaan myös tallentaa valitsemalla arvoksi -1 (TAL.MAKRO 1) ja lataamaan tallennetut makrot arvolla 0 (PAL.MAKRO 1). Tallennettavia makrokoh-
tia löytyy yhteensä 3. (ABB 2012a, 312–313.)

1.5 Moottorin ohjaustapa

Moottorin ohjaustapa valitaan parametriryhmän 99 (KÄYTT.OTTOTIEDOT) alta parametrilla 9904 (MOOTT. OHJAUSTAPA). Oletuksena arvo on 3 eli skalaari. Vaihtoehtoina ohjaustavalle on seuraavat (ABB 2012a, 313.):

- vektori: nop. (1)
- vektori: mom. (2)
- skalaari: taaj. (3)

1.6 Moottorin arvokilven tietojen lisääminen

Moottorin arvokilvestä löytyvät tiedot syötetään taajuusmuuttajalle seuraaviin parametreihin, jotka löytyvät parametriryhmän 99 (KÄYTT.OTTOTIEDOT) alta (ABB 2012a, 314–315):

- 9905 (Moottorin nimellinen jännite)
- 9906 (Moottorin nimellinen virta)
- 9907 (Moottorin nimellinen taajuus)
- 9908 (Moottorin nimellinen nopeus)
- 9909 (Moottorin nimellinen teho)

1.7 Moottorin rajojen asetus

Moottorin raja-arvot voidaan määrittää parametriryhmän 20 (RAJAT) alta seuraavilla parametreilla (ABB 2012a, 226–228):

- 2001 (MINIMINOPEUS)
- 2002 (MAKSIMINOPEUS)
- 2003 (MAKSIMIVIRTA)
- 2007 (MINIMITAAJUUS)
- 2008 (MAKSIMITAAJUUS)

Moottorin mininopeuden raja-arvoksi määritellään haluttu mininopeus käyttökohteessa. Jos arvoksi määrittelee nollan tai positiivisen arvon, voi tällöin taajuusmuuttajassa määrittää kahdet eri mininopeus raja-arvot esimerkiksi peruutusvaihteelle.

Muutoin taajuusmuuttajassa on vain yksi mininopeus raja. (ABB 2012a, 226.)

Maksiminopeuden raja-arvoksi määritellään haluttu maksiminopeus käyttökohteessa (ABB 2012a, 226).

Moottorin maksimivirran raja-arvoksi voi määrittää $0,0...1,8 * I_{2N}$ ampeeria. I_{2N} :llä tarkoitetaan moottorin nimellisvirtaa. Parametrilla määritetään moottorin sallittu maksimivirta. (ABB 2012a, 226.)

Minimitaajuuden raja-arvoksi voi laittaa negatiivisen arvon. Jos minimitaajuuden arvoksi laitetaan nolla (0) tai suurempi luku, voidaan tällöin taajuusmuuttajaan asettaa kahdet eriävät taajuusalueet. Jos minimitaajuuden arvo on negatiivinen, voidaan taajuusmuuttajaan määrittää yksi iso nopeusalue. Jos tarvitaan toista minimitaajuus rajaa, voidaan se parametroida parametrilla -2007. (ABB 2012a, 227.)

Maksimitaajuuden raja-arvoksi laitetaan haluttu maksimitaajuus. Jos tarvitaan toista maksimitaajuus rajaa, voidaan se määrittää parametriin -2008. (ABB 2012a, 228.)

1.8 Moottorin kiihdytys- ja hidastusajan lähteen valinta

Moottorin kiihdytys- ja hidastusajan lähteen voi valita parametriryhmän 22 (KIIHDYTYS/HIDASTUS) alta parametrilla 2201 (KIIHD/HID AIKA). Oletuksena tässä parametrilla on arvo 5 (DI5), jolloin käytetään digitaalitulon DI5 määritystä. (ABB 2012a, 236.)

Arvolla 0 (EI KÄYTÖSSÄ) käytetään ramppiparia 1. Arvolla 1 (DI1) käytetään digitaalituloa DI1. Arvoilla 2 (DI2) – 5 (DI5) voidaan käyttää digitaalituloa 2, 3, 4 tai 5. Jos digitaalitulon arvo on 0, käytetään tällöin ramppiparia 1 ja, jos arvo on 1, käytetään ramppiparia 2. Arvolla 7 (KOMM) valitaan lähteeksi kenttäväyläliitintä. Jos käytetään kenttäväyläliitintää, tulee tällöin kiihdytys- ja hidastusajan parametrit katsoa kenttäväyläliittimen manuaalista. Arvolla 10 (SEKV OHJ) otetaan käyttöön sekvenssiohjelmoinnin rampit. Sekvenssiohjelman rampit löytyvät parametriryhmän 84 (SEKV.OHJELMOINTI) alta parametreilla 8422 (TILA 1 RAMPPI)...8497 (TILA 8 TILA N) parametreista. (ABB 2012a, 236.)

1.9 Moottorin hidastus- ja kiihdytysaika

Moottorin hidastus- ja kiihdytysajan voi määrittää parametriryhmän 22 (KIIHDYTYS/HIDASTUS) alta seuraavilla parametreilla (ABB 2012a, 237–238):

- 2202 (KIIHDYTYSAIKA 1)
- 2203 (HIDASTUSAIKA 1)

- 2205 (KIIHDYTYSAIKA 2)
- 2206 (HIDASTUSAIKA 2)

Nopeusohjeen kasvaessa hitaammin kuin kiihdytysaika moottorin nopeus noudattaa tällöin ohjesignaalia. Jos puolestaan nopeusohje kasvaa nopeammin, noudattaa moottorin nopeus määritettyä kiihdytysaikaa. Jos kiihdytysaika on liian lyhyt, moottori kiihdytetään automaattisesti pidempään niin, että taajuusmuuttajaan määritetyt toimintarajoja ei ylitetä. (ABB 2012a, 237.)

Nopeusohjeen pienentyessä hitaammin kuin hidastusaika moottorin nopeus noudattaa tällöin ohjesignaalia. Jos puolestaan nopeusohje pienentyy nopeammin, noudattaa moottorin nopeus määritettyä hidastusaikaa. Jos hidastusaika on liian lyhyt, moottori hidastetaan automaattisesti pidempään niin, että taajuusmuuttajaan määritetyt toimintarajoja ei ylitetä. Jos tarvitaan lyhyttä hidastusaikaa suuren hitausmassan vuoksi, suositellaan taajuusmuuttajan varustamista jarruvastuksella. (ABB 2012a, 237.)

1.10 Moottorin kiihdytysrampin muoto

Moottorin kiihdytyksen rampin muoto määritellään parametriryhmän 22 (KIIHDYTYS/HIDASTUS) alta parametrilla 2204 (RAMPIN MUOTO 1). Jos parametrin arvoksi määritellään 0,0, on rampin muotona tällöin lineaarinen. Muutoin rampin muodoksi tulee S-käyrä. Toisen rampin muodon voi määrittää parametrilla 2207 (RAMPIN MUOTO 2). (ABB 2012a, 238–239.)

1.11 Taajuusmuuttajan maksimi- ja minimitaajuusohje

Taajuusmuuttajan maksimi- ja minimitaajuusohjeen arvot voidaan määrittää parametriryhmän 11 (OHJEARVON VALINTA) alta seuraavilla parametreilla (ABB 2012a, 202–203):

- 1104 (OHJE 1 MIN)
- 1105 (OHJE 1 MAX)
- 1107 (OHJE 2 MIN)
- 1108 (OHJE 2 MAX)

Maksimiarvo laitetaan hertseinä, jos moottorin ohjaustavaksi on valittu skalaari: taajuus, muutoin arvo laitetaan kierroksina minuutissa (rpm). Jos tarvitaan toista maksimitaajuusohjetta, voi sen määrittää parametriin 1108. Ohje 2 maksimi arvo tulee määrittää prosentteina eikä rpm tai Hz:nä kuten ensimmäisessä. Arvo 1 vastaa 0,1 % parametrin parametriarvo kentässä. (ABB 2012a, 202–203.)

Minimiarvo syötetään kierroksina minuutissa (rpm), mutta jos kyseessä on skalariohjaus, tällöin minimiarvo annetaan hertseinä (Hz). Yksi (1) kierros minuutissa (rpm) vastaa 0,1 hertsiä (Hz). Jos tarvitaan toista minimitaajuusohjetta, löytyy toinen minimitaajuusohje parametrilla 1107. Kuten maksimin ohjeessa 2, tulee myös minimi ohje 2:ssa määrittää arvo prosentteina. (ABB 2012a, 202–203.)

1.12 PID-säädön väyläasetusten valinta

PID-säätöjä löytyy ACS355 taajuusmuuttajasta kaksi (2) kappaletta. Ne löytyvät parametriryhmistä 40 (PID SÄÄTÖ 1) ja 41 (PID SÄÄTÖ 2). (ABB 2012a, 276, 286.)

1.12.1 PID:n valinta

PID valitaan parametriryhmässä 40 parametrilla 4027 (PID 1 PARAMETRIT). Oletusarvona on 0 (ASETUKSET 1), jolloin PID käyttää parametreina PID SÄÄTÖ 1:ssä määritetyjä arvoja. (ABB 2012a, 285.)

Arvolla 1 (DI1) käytetään digitaalituloa DI1 ja arvolla 2 (DI2) puolestaan DI2:sta. Digitaalitulojen valinta jatkuu aina valinta-arvoon 5 (DI5) saakka. Jos digitaalitulon arvo on 0, silloin käytetään PID-sarjaa 1, ja jos arvo on 1, käytetään PID-sarjaa 2. (ABB 2012a, 285.)

Arvolla 7 (ASETUKSET 2) valitaan PID-arvoiksi parametriryhmässä 41 määritetyt arvot (ABB 2012a, 285).

Arvolla 8 (AJASTIN 1) valitaan ajastettu PID-sarja. Kun ajastintoiminto ei ole käytössä, käytetään parametriryhmän 40 arvoja ja kun ajastintoiminto on käytössä, käytetään parametriryhmän 41 arvoja. Vastaavalla tavalla tapahtuvat asetukset arvoilla 9 (AJASTIN 2) sekä 10 (AJASTIN 3). (ABB 2012a, 285.)

1.12.2 Ohjearvon valinta

Ensimmäisen PID- säädön ohjearvo valitaan parametriryhmän 40 alta parametrilla 4010 (OHJEARVON VALINT). Oletusarvona on 19 (SISÄINEN), jolloin käytetään sisäisesti määritettyä oletusarvoa ja muita valintoja löytyy useampia. Arvolla 0 (OHJAUS-PANEELI) arvo valitaan ohjauspaneelilla. (ABB 2012a, 279.)

Arvolla 1 (AI1) arvo valitaan analogiatulo A1:llä ja arvolla 2 (AI2) puolestaan analogiatulo A2:lla (ABB 2012a, 279).

Arvolla 8 (KOMM) valitaan ohjearvo kenttäväyläohje OHJ2 mukaan (ABB 2012a, 279).

Arvolla 9 (KOMM+AI1) valitaan ohjearvoksi kenttäväylä OHJ2:n ja analogiatulon AI1 yhteenlasku (ABB 2012a, 280).

Arvolla 10 (KOMM*AI1) valitaan ohjearvoksi kenttäväylä OHJ2:n ja analogiatulon AI1:n kertolaskun tulo (ABB 2012a, 280).

Arvolla 11 (DI3U,4D(RNC)) valitaan ohjearvoksi digitaalitulo DI3, jonka ohjearvo suurenee, ja digitaalitulo DI4, jonka ohjearvo puolestaan pienenee. Pysäytyskomennolla nollataan ohjearvo. Ohjearvo ei tallennu, jos ohjauslähdettä muutetaan esim. paikallisesta ohjauksesta (LOC) kauko-ohjattuun (REM). (ABB 2012a, 280.)

Arvolla 12 (DI3U,4D(NC)) valitaan ohjearvoksi digitaalitulo DI3, jonka ohjearvo suurenee ja digitaalitulo DI4, jonka ohjearvo puolestaan pienenee. Erona tässä on arvon 11 valintaan se, että ohjearvoa ei voi nollata seis-komennolla ja ohjelma tallentaa aktiivisen ohjeen. Myös tässä ohjearvo ei tallennu, jos ohjauslähdettä muutetaan. (ABB 2012a, 280.)

Arvolla 14 (AI1+AI2) ohjearvoksi valitaan analogiatulojen AI1 ja AI2 summa, josta miinustetaan vielä 50 % pois (ABB 2012a, 280).

Arvolla 15 (AI1*AI2) ohjearvoksi valitaan analogiatulojen AI1 ja AI2 kertolasku, jonka yhtälö on seuraava (ABB 2012a, 280):

$$AI1 (\%) * \left(\frac{AI2 (\%)}{50 \%} \right)$$

Arvolla 16 (AI1-AI2) valitaan ohjearvoksi AI1 ja AI2:n miinuslasku, missä AI1 summa-
taan 50 %, jonka jälkeen miinustetaan AI2 arvo (ABB 2012a, 280).

Arvolla 17 (AI1/AI2) valitaan ohjееksi AI1 ja AI2:n jakolasku, jonka yhtälö on seuraava
(ABB 2012a, 280):

$$AI1 (\%) * \left(\frac{50 \%}{AI2 (\%)}\right)$$

Arvolla 31 (DI4U, 5D(NC)) valitaan digitaalitulojen DI4 ja DI5 ohjearvo, joka määräytyy
samalla tavalla kuin arvon 12 DI3U,4D(NC) kohdassa (ABB 2012a, 280).

Arvolla 32 (TAAJ TULO) valitaan ohjearvo taajuustulosta (ABB 2012a, 280).

Arvolla 33 (SEKV OHJ LÄH) valitaan ohjееksi sekvenssiohjelmoinnin lähtö (ABB 2012a,
280).

Toisen PID säädön ohjearvo valitaan vastaavasti parametriryhmän 41 alta paramet-
rilla 4110 (OHJEARVON VALINT) (ABB 2012a, 286).

1.12.3 Oloarvon valinta

Ensimmäisen PID-säädön oloarvo valitaan parametriryhmän 40 alta parametrilla
4014 (OLOARVON VALINTA). Parametrin oletusarvona on 1 (OLO1). (ABB 2012a,
281.)

Arvolla 2 (OLO1-OLO2) valitaan oloarvoksi OLO1 ja OLO2 erotus. Arvolla 3
(OLO1+OLO2) OLO1 ja OLO2 summa. Arvolla 4 (OLO1*OLO2) valitaan kertolaskun
tulo ja arvolla 5 (OLO1/OLO2) jakolaskun osamäärä. (ABB 2012a, 281.)

Arvolla 6 (MIN(A1,A2)) valitaan oloarvoksi pienin oloarvo OLO1 ja OLO2:sta (ABB
2012a, 281).

Arvolla 7 (MAX(A1,A2)) valitaan oloarvoksi suurin oloarvo OLO1 ja OLO2:sta (ABB
2012a, 281).

Arvolla 8 ($\sqrt{A1-A2}$) valitaan arvoksi OLO1 ja OLO2:n erotuksen neliöjuuri (ABB 2012a, 281).

Arvolla 9 ($\sqrt{A1+A2}$) oloarvoksi valitaan OLO1 ja OLO2:n neliöjuurten summa (ABB 2012a, 281).

Arvolla 10 ($\sqrt{ACT1}$) oloarvoksi valitaan OLO1:n neliöjuuri (ABB 2012a, 281).

Arvolla 11 (KOMM FBK1) valitaan oloarvoksi väylän PID-arvo 1 ja arvolla 12 (KOMM FBK 2) väylän PID-arvoa 2 (ABB 2012a, 281).

PID-säädön 2 oloarvo valitaan parametriryhmän 41 alta parametrilla 4114 (ABB 2012a, 286).

1.12.4 OLO1 ja OLO2:n tulon valinta

Ensimmäisen PID-säätimen OLO1 arvo määritetään parametriryhmän 40 alla parametrilla 4016 (OLO1 TULO). Oletusarvona parametrissa on 2 (AI2), jolloin OLO1 arvon lähteenä käytetään analogiatulo AI2:sta. (ABB 2012a, 282.)

Arvolla 1 (AI1) arvon lähteenä käytetään analogiatulo AI1:stä (ABB 2012a, 282).

Arvolla 3 (VIRTA) arvona käytetään virran arvoa. Arvolla 4 (MOMENTTI) käytetään momentin arvoa ja arvolla 5 (TEHO) käytetään puolestaan tehon arvoa. (ABB 2012a, 282.)

Arvolla 6 (KOMM OLO1) käytetään väylän PID-arvoa 1 oloarvon lähteenä ja arvolla 7 (KOMM OLO2) puolestaan väylän PID-arvoa 2 (ABB 2012a, 282).

Arvolla 8 (TAAJ TULO) OLO1 lähteenä käytetään taajuustuloa (ABB 2012a, 282).

PID-säädön 2 OLO1:n tulo valitaan vastaavalla tavalla parametriryhmässä 41 parametrilla 4116 (ABB 2012a, 282).

OLO2 tulo määritetään samalla tavalla kuin OLO1:n tulo, mutta se tapahtuu PID säätäjistä riippuen, parametriryhmässä 40 alta parametrilla 4017 (OLO2 TULO) tai parametriryhmässä 41 alta parametrilla 4117. (ABB 2012a, 286.)

1.13 Käynnistyksen esto ja käynninesto

Käynninesto ja käynnistyksen esto otetaan kummatkin käyttöön parametriryhmässä 16 (SYSTEEMIOHJAUS) (ABB 2012a, 214).

1.13.1 Käynninesto

Käynnineston voi ottaa käyttöön parametriryhmässä 16 parametrilla 1601 (KÄYNNINESTO). Oletusarvona tässä on 0 (EI KÄYTÖSSÄ). (ABB 2012a, 214.)

Arvolla 1 (DI1) käynninesto signaali otetaan digitaalitulon DI1 kautta. Jos signaalin arvo on 1, on käynnistys sallittu. Arvoilla 2 (DI2) – 5 (DI5) voidaan määrittää lähteeksi DI tulot 2, 3, 4 tai 5. (ABB 2012a, 214.)

Arvolla 7 (KOMM) käynnineston käänteinen signaali otetaan kenttäväylältä ja sen ohjauksena toimii parametrin 0301 (KV KOMENTOSANA 1) bitti 6 (ABB 2012a, 214).

Arvolla -1 (DI1(INV)) käynnin estona toimii digitaalitulo DI1 käänteisenä. Vastaavasti arvoilla -2, -3, -4 ja -5 DI2 – DI 5 toimivat invertoidusti (ABB 2012a, 214).

1.13.2 Käynnistyksen esto

Käynnistyksen estoja löytyy kaksi (2) ja ensimmäinen otetaan käyttöön parametriryhmän 16 parametrilla 1608 (KÄYNN. ESTO 1). Oletusarvona on 0 (EI KÄYTÖSSÄ). (ABB 2012a, 218–219.)

Arvoilla 1 (DI1) – 5 (DI5) voidaan määrittää käynnistyksen estosignaali digitaalituloista DI1, DI2, DI3, DI4 tai DI5:sta. Signaali vaaditaan, jotta käynnistys on sallittu. Jos signaalin arvo on 1, on käynnistyslupa annettu. (ABB 2012a, 219.)

Arvolla 7 (KOMM) käynnistyksen estosignaali otetaan kenttäväylästä käänteisesti ja sen ohjauksena toimii parametrin 0302 (FB CMD SANA 2) bitti 18. **HUOM!** Koskee vain DCU-profiilia. (ABB 2012a, 219.)

Arvoilla -1 (DI1 (INV)) aina -5 (DI5 (INV)) asti on digitaalitulot 1–5 invertoituna (ABB 2012a, 219).

Käynnistyksen esto 2 voidaan määrittää parametrilla 1609 (KÄYNN. ESTO 2). Oletusarvona myös tässäkin on 0 (EI KÄYTÖSSÄ). Käynnistyksen esto 2 määritetään samalla tavalla kuin käynnistyksen esto 1. (ABB 2012a, 219.)

1.14 ACS355:n väylämoduulin vikakoodin näytön parametointi

Kun käytetään väylämoduulia, olisi hyvä, että mahdollisista vikatilanteista tulisi näkyviin ainakin vikakoodi. Näin voidaan määrittää missä vika sijaitsee. ACS355 taajuusmuuttajassa väylämoduulin vikakoodin saa näkymään menemällä päävalikosta löytyvän parametriryhmään 30 (VIKAFUNKTIOT), jonka alta löytyy numerolla 3018 parametri KOMM MOD VIKA. Tällä parametrilla määritetään, mitä taajuusmuuttaja tekee vikatilanteessa, joka liittyy väylämoduuliin. Oletuksena tässä on arvona 0 (EI KÄYTÖSSÄ). Arvolla 1 (VIKA) taajuusmuuttajan väylämoduulin suojaus on käytössä ja taajuusmuuttaja katkaisee syötön moottorilta vian aikana. Arvolla 2 (VAKIONOP 7) valvontatoimi on käytössä ja tällöin taajuusmuuttaja antaa viasta hälytyksen 2005 ja nopeus asettuu parametrissa 1208 (VAKIONOPEUS 7) arvoon määritettyyn nopeuteen. Arvolla 3 valvontatoiminnot on käytössä ja taajuusmuuttaja antaa hälytyksen 2005 vian aikana ja asettaa nopeuden siihen tasoon, jolloin yhteys toimi vielä normaalisti. Taso määreytyy viimeisen 10 sekunnin aikana olleiden nopeuksien keskiarvoksi. (ABB 2012a, 258.)

1.15 ACS355:n väylämoduulin vikakoodin ajan parametointi

Parametrilla 3019 KOMM VIKA-AIKA voidaan parametroida valvonnan aikaviive kenttäväylän tiedonsiirtokatkoksen valvontaan. Aikaviive lähtee niin sanotusti juoksemaan, kun vika ilmenee ja vasta tämän jälkeen parametri 3018 (KOMM MOD VIKA) havahtuu vikaan. Aikaviiveeksi voidaan määrittää arvo 0,0...600,0 s väliltä. Arvo annetaan kokonaislukuina, jolloin esimerkiksi kokonaisluvulla 1 arvoksi tulee 0,1 sekuntia. (ABB 2012a, 258.)

2 ACS880 parametointi

2.1 Moottorin tyyppin valinta

Moottorin tyyppi voidaan valita parametriryhmän 99 (Moottorin tiedot) alta parametrilla 99.03 (Moottorin tyyppi). Parametrin arvoksi valitaan käytettävän moottorin tyyppi. Parametrin arvo 0 tarkoittaa epätahtimoottoria eli oikosulkumoottoria, kun taas arvo 1 tarkoittaa kestopagneettimoottoria eli tahtimoottoria. (ABB 2012b, 220.)

2.2 Sovellusmakron valinta

Sovellusmakron valinta tapahtuu parametriryhmästä 96 (Järjestelmä) alta parametrilla 96.04 (Makron valinta). Vaihtoehtoina löytyvät seuraavat (ABB 2012b, 215.):

- Tehdasasetus (1)
- Käsi/Auto (2)
- PID-Säätö (3)
- T-Säätö (4)
- Sekvenssiohjaus (5)
- Fieldbus (6)

Sovellusten nimien perässä suluissa olevat numerot kertovat kyseisen sovelluksen valintanumeron. Käytössä olevan sovellusmakron voi ainoastaan tarkastaa parametrilla 96.05 (Makro käytössä), koska valinnan jälkeen makron arvo muuttuu 0:ksi (Valmis tila). (ABB 2012b, 215.)

2.3 Moottorin ohjaustapa

Moottorin ohjaustapa valitaan parametriryhmän 99 (Moottorin tiedot) alta parametrilla 99.04 (Motor ctrl mode). Parametrin arvoksi valitaan haluttu ohjaustapa. Valittavina arvoina on 0, direct torque control (DTC), ja 1, skalaarisäätö. Jotta skalaarisäätö toimisi oikein, moottorin magnetoimisvirta ei saa olla yli 90 prosenttia (%) vaihtosuuntaajan nimellisvirrasta. (ABB 2012b, 221.)

2.4 Moottorin arvokilven tietojen lisääminen taajuusmuuttajaan

Moottorin arvokilven tiedot lisätään taajuusmuuttajaan seuraavilla parametreilla, jotka löytyvät parametriryhmän 99 (Moottorin tiedot) alta (ABB 2012b, 221–222):

- 99.06 (Moottorin nimellisvirta)
- 99.07 (Moottorin nimellisjännite)
- 99.08 (Moottorin nimellinen taajuus)
- 99.09 (Moottorin nimellinen nopeus)
- 99.10 (Moottorin nimellinen teho)
- 99.11 (Moottorin nimellinen tehokerroin $\cos\phi$)
- 99.12 (Moottorin nimellinen momentti)

2.5 Tunnistusajopyyntö

Moottorille voidaan suorittaa tunnistusajo eli niin sanottu ID-ajo. ID-ajolla taajuusmuuttaja määrittelee moottorille tyypin sekä optimoi moottorin asetukset moottorinohjausta varten. Tunnistusajo määrittellään taajuusmuuttajaan parametriryhmän 99 (Moottorin tiedot) alta parametrilla 99.13 (Tunnistusajopyyntö). (ABB 2012b, 223–224.)

HUOM! ID-ajoa ei voida suorittaa, jos moottorinohjaustapana on skalaariohjaus. ID-ajo täytyy suorittaa aina, kun moottorin tietoja muutetaan taajuusmuuttajasta. Muutettavat tiedot, jotka vaativat ID-ajon suorittamisen ovat seuraavat: ohjaustapa, nimellisvirta, -jännite, -taajuus, -nopeus, -teho, -momentti sekä nimellinen $\cos\phi$. Jos käytössä on kestopagneetti- tai synkronireluktanssimoottori, ei moottorin akseli saa olla lukittuna ja kuorman momentti tulee olla alle 10 prosenttia (%). Ennen ajoa on suositeltavaa tarkastaa, että Safe torque off ja hätäpysäytyspiirit ovat suljettuina. Taajuusmuuttajan logiikka ei myöskään avaa mekaanista jarrua ID-ajoa varten. ID-ajoa varten tulee kytkeä käytettävä laitteisto irti moottorista, jos käytettävän laitteiston kuormamomentti on suurempi kuin 20 prosenttia (%) nimellismomentista tai jos

laitteisto ei kestä moottorin nimellistä momenttia. Ajon aikana moottorin pyörimisnopeus on 50:stä 100 prosenttiin (%) moottorin nimellisesnopeudesta. (ABB 2012b, 223–224.)

Parametrin arvoja on monia. **Arvolla 0** tila on Ei, mutta tämän tilan voi valita vain, jos ID-ajo on suoritettu jo aikaisemmin. (ABB 2012b, 223.)

Arvolla 1 tila on Normaali, jolla saadaan suoritettua hyvän ohjaustarkkuuden kaikkiin tilanteisiin. Normaali ajo kestää noin 90 sekuntia. (ABB 2012b, 223.)

Arvolla 2 ID-ajo on Supistettu, joka valitaan, jos mekaaniset häviöt ovat yli 20 prosenttia (%) tai jos moottoria käytettäessä ei sallita vuon vähennystä. Supistettua ID-ajoa ajettaessa kentänheikennysalueella tai suurilla vääntömomenteilla ohjauksen tarkkuus ei ole välttämättä yhtä hyvä kuin normaalilla ID-ajolla. Supistetun ID-ajon kesto on alle 90 sekuntia. (ABB 2012b, 224.)

Arvolla 3 ID-ajon tila on paikallaan. Tätä tilaa suositellaan käytettäväksi, kun muut ajot eivät ole mahdollisia ja kuormaa ei voida erottaa moottorista tai kuorma asettaa rajoituksia. Paikallaan ajossa moottoria syötetään tasavirralla, jolloin epätahtimoottoreissa eli oikosulkumoottoreissa akseli ei pyöri, kun taas kestromagneettimoottoreilla akseli voi mahdollisesti pyöriä alle 0,5 kierrosta minuutissa. (ABB 2012b, 224.)

Arvolla 4 ID-ajon tila on Automaattinen vaiheistus. Tällöin moottorille määritellään alkukulma. Tämä ei kuitenkaan päivitä moottorimallin arvoja. Automaattisen vaiheistuksen voi valita vain silloin, kun ID-ajo on suoritettu kerran. (ABB 2012b, 224.)

Arvolla 5 tilaksi tulee Virtamittauksen kalibrointi. Tällöin suoritetaan offset virran ja vahvistuksen mittaukset ja kalibrointi tapahtuu seuraavan käynnistyksen aikana. (ABB 2012b, 224.)

Arvolla 6 ID-ajo on tilassa Kehittynyt. Tämä tila takaa parhaimman mahdollisen säätötarkkuuden. Kyseinen ID-ajo voi kestää muutaman minuutin ajan. Tätä tilaa suositellaan, jos sovelluksessa tarvitaan mahdollisimman hyvää suorituskykyä. (ABB 2012b, 224.)

2.6 Taajuusmuuttajan syöttöjännitteen valinta

Taajuusmuuttajan syöttöjännite tulee vaihtaa syöttävän verkon jännitealue. Syöttöjännitealue päästään vaihtamaan parametriryhmän 95 (Laitteiston konfigurointi) alta parametrilla 95.01 (Syöttöjännite). Parametrin arvoksi laitetaan syöttävän verkon jännitealue, jonka mukaan taajuusmuuttaja määrittää itse syöttöverkon nimellisjännitteen. Parametrilla on vaikutusta taajuusmuuttajan virta-arvoihin ja tasajännitteen ohjaustoimintoihin. Oletuksena parametrin arvona on nolla (0) eli arvoa ei ole annettu. Arvolla 1 jännitealue on 208...240 voltia (V), arvolla 2; 380...415 V, arvolla 3; 440...480 V, arvolla 4; 500 V, arvolla 5; 525...600 V ja arvolla 6; 660...690 V. (ABB 2012b, 213.)

HUOM! Virheellinen jännitealueen valinta voi aiheuttaa moottorin ryntäyksen, jarrukatkojan ylikuormittumisen tai jarruvastuksen ylikuormittumisen. (ABB 2012b, 213.)

2.7 Moottorin raja-arvojen määrittäminen

Moottorin raja-arvot voidaan määrittää parametriryhmän 30 (Rajat) alta seuraavilla parametreilla (ABB 2012b, 143–144):

- 30.11 (Miniminopeus)
- 30.12 (Maksiminopeus)
- 30.13 (Minimitaajuus)
- 30.14 (Maksimitaajuus)
- 30.17 (Maksimivirta)

Maksiminopeuden arvo ei saa olla pienempi kuin miniminopeuden arvo. **HUOM!** Parametri ei ole käytössä taajuussäätötilassa. (ABB 2012b, 143.)

Miniminopeuden raja-arvoksi määritellään halutun pienimmän sallitun nopeuden arvo kierroksina minuutissa (rpm). Minimiarvo voi olla negatiivinen, jos halutaan esimerkiksi pyörittää moottoria vastakkaiseen suuntaan. **HUOM!** Parametri ei ole käytössä taajuussäätötilassa. (ABB 2012b, 143.)

Maksimitaajuus parametrin arvoksi syötetään haluttu sallittu maksimitaajuus. Maksimitaajuus raja-arvo ei saa olla pienempi kuin minimitaajuusrajan arvo. (ABB 2012b, 144.)

Minimitaajuus parametrin arvoksi määritellään haluttu sallittu minimitaajuus hertseinä (Hz). Minimitaajuusarvo voi olla negatiivinen, jos halutaan pyörittää moottoria vastakkaiseen suuntaan. Minimitaajuus raja-arvo ei saa olla pienempi kuin maksimirajan arvo. (ABB 2012b, 143.)

Moottorin sallitun maksimivirran raja-arvo tulee olla 0,00...30 000,00 ampeerin välillä (ABB 2012b, 144).

2.8 Taajuusohje

2.8.1 Kiihdytysrampin asetuksen valinta (taajuus)

ABB:n ACS880 taajuusmuuttajassa voidaan määrittää kahdet eri säädöt hidastus- ja kiihdytysajalle. Asetuksen pääsee ottamaan parametriryhmässä 28 (Taajuusohjeketju) parametrilla 28.71 (Ramppiasetuksen valinta). Parametrin arvoksi voi määrittellä arvon 0 ja 11 väliltä. Arvolla 0 on käytössä Kiihdytys-/hidastusaika 1 asetukset ja arvolla 1 Kiihdytys-/hidastusaika 2 asetukset. 2 (DI1) – 7 (DI6) arvoilla arvo haetaan digitaalituloista 1 (DI1) – 6 (DI6) ja arvoilla 10 (DIO1) ja 11 (DIO2) digitaalitulosta/-lähdestä DOI1 ja DOI2. Arvolla – (Muu [bitti]) valitaan, jokin muu parametri valitaan lähteeksi. (ABB 2012b, 138–139.)

2.8.2 Moottorin hidastus- ja kiihdytysaika (taajuus)

Moottorin hidastus- kiihdytysajan voi määrittää parametriryhmässä 28 (Taajuusohjeketju) seuraavilla parametreilla (ABB 2012b, 139.):

- 28.72 (Kiihdytysaika 1)
- 28.73 (Hidastusaika 1)
- 28.74 (Kiihdytysaika 2)
- 28.75 (Hidastusaika 2)

Taajuusohjeen kasvaessa hitaammin kuin kiihdytysaika noudattaa moottori tällöin taajuusohjetta. Jos puolestaan ohje kasvaa nopeammin, noudattaa moottori määritettyä kiihdytysaikaa. Jos kiihdytysaika on liian lyhyt, moottori kiihdytetään automaattisesti pidempään niin, että taajuusmuuttajaan määritetyt momenttirajoja ei ylitetä. (ABB 2012b, 139.)

DC-ylijännitteen säätö tulee tarkastaa, että se on käytössä, jos epäillään hidastusajan olevan liian lyhyt. DC-ylijännitteen säädön päällä olo voidaan tarkastaa parametrissa 30.30 Ylijännitesäätö. **HUOM!** Jos tarvitaan lyhyttä hidastusaikaa suurinertiasovelluksessa, suositellaan taajuusmuuttajan varustamista jarrulaitteistolla esim. jarrukatkojalla ja -vastuksella. (ABB 2012b, 139.)

2.9 Nopeusohje

2.9.1 Kiihdytysrampin asetuksen valinta (nopeus)

ABB:n ACS880 taajuusmuuttajassa voidaan määrittää kahdet eri säädöt hidastus- ja kiihdytysajalle. Asetuksen pääsee ottamaan parametriryhmässä 23 (Nopeusohjeen ramppi) parametrilla 23.11 (Ramppiasetuksen valinta). Parametrin arvoksi voi määrittellä arvon 0 ja 11 väliltä. Arvolla 0 on käytössä Kiihdytys-/hidastusaika 1 asetukset ja arvolla 1 Kiihdytys-/hidastusaika 2 asetukset. 2 (DI1) – 7 (DI6) arvoilla arvo haetaan digitaalituloista 1 – 6 ja arvoilla 10 (DIO1) ja 11 (DIO2) digitaalituloista/-lähdöstä. Arvolla – (Muu [bitti]) valitaan, jokin muu parametri valitaan lähteeksi. (ABB 2012b, 118–119.)

2.9.2 Moottorin hidastus- ja kiihdytysaika (nopeus)

Moottorin hidastus- ja kiihdytysajan voi määrittää parametriryhmässä 23 (Nopeusohjeen ramppi) seuraavilla parametreilla (ABB 2012b, 119):

- 23.12 (Kiihdytysaika 1)
- 23.13 (Hidastusaika 1)
- 23.14 (Kiihdytysaika 2)
- 23.15 (Hidastusaika 2)

Nopeusohjeen kasvaessa hitaammin kuin kiihdytysaika noudattaa moottori tällöin ohjetta. Jos puolestaan nopeusohje kasvaa nopeammin, noudattaa moottori määritettyä kiihdytysaikaa. Jos kiihdytysaika on liian lyhyt, moottori kiihdytetään automaattisesti pidempään niin, että taajuusmuuttajaan määritetyt momenttirajoja ei ylitetä. (ABB 2012b, 119.)

DC-ylijännitteen säätö tulee tarkastaa, että se on käytössä, jos epäillään hidastusajan olevan liian lyhyt. DC-ylijännitteen säädön päällä olo voidaan tarkastaa parametrissa 30.30 Ylijännitesäätö. **HUOM!** Jos tarvitaan lyhyttä hidastusaikaa suurinertiasovelluksessa, suositellaan taajuusmuuttajan varustamista jarrulaitteistolla esim. jarrukatkojalla ja -vastuksella. (ABB 2012b, 119.)

2.9.3 Kiihdytyksen ja hidastuksen rampin muoto

Kiihdytysajan 1 rampin muoto määritellään parametriryhmässä 23 (Nopeusohjeen ramppi) parametrilla 23.16 (Kiihdytysajan 1 muoto). Jos arvoksi laitetaan 0,0 sekuntia, on tällöin rampin muoto lineaarinen. Muutoin muoto on S-käyrän muotoinen. Kiihdytysajan 2 rampin muoto voidaan puolestaan määrittää parametrilla 23.17 (Kiihdytysajan 2 muoto). (ABB 2012b, 120.)

Hidastusajan 1 rampin muoto määritellään samalla tavalla kuin kiihdytysaikojen, mutta se määritellään parametrilla 23.18 (Hidastusajan 1 muoto). Hidastusajan 2 rampin muoto määritetään parametrilla 23.19 (Hidastusajan 2 muoto). (ABB 2012b, 120–121.)

2.10 Kiihdytys- ja hidastusrampin hienosäätö

Taajuus- ja nopeusohjeiden kiihdytys- ja hidastusramppeja voi hienosäätää skaalamalla arvot oikeanlaisiksi.

Nopeusohjeen nopeuden skaalaus tapahtuu parametriryhmän 46 (Valvonta-/skaalausasetukset) alta parametrilla 46.01 (Nopeuden skaalaus) (ABB 2012b, 189.).

Taajuusohjeen taajuuden skaalaus tapahtuu parametriryhmässä 46 (Valvonta-/skaalausasetukset) parametrilla 46.02 (Taajuuden skaalaus). Syöttämällä esimerkiksi luvun 10 parametriin tarkoittaa se 1 Hz:ä. (ABB 2012b, 189.)

2.11 PID-säädön väyläasetusten valinta

PID-säätöjä löytyy ACS880 taajuusmuuttajasta kaksi (2) kappaletta. Ne löytyvät parametriryhmistä 40 (Prosessi PID sarja 1) ja 41 (Prosessi PID sarja 2). (ABB 2012b, 168, 179.)

2.11.1 PID:n valinta

PID valitaan parametriryhmässä 40 parametrilla 40.57 (PID-sarja 1 / 2 valinta). Oletusarvona on 0 (Ei käytössä), jolloin PID-parametreiksi valitaan parametriryhmän 40 arvot. (ABB 2012b, 179.)

Arvolla 1 (Käytössä) PID-parametreiksi valitaan parametriryhmän 41 arvot (ABB 2012b, 179).

Arvolla 2 (DI1) käytetään digitaalituloa DI1 ja arvolla 3 (DI2) puolestaan DI2:sta. Digitaalitulojen valinta jatkuu aina valinta-arvoon 7 (DI6) saakka. Jos digitaalitulon arvo on 0, käytössä on tällöin PID-parametrisarja 1 ja, jos arvo on 1, käytetään PID-parametrisarjaa 2. (ABB 2012b, 179.)

Arvolla 10 (DIO1) valitaan digitaalitulo/-lähtö DIO1 ja arvolla 11 (DIO2) puolestaan DIO2. Myös digitaalitulo/-lähtö toimii samalla tavalla valinnan suhteen kuin digitaalitulot. (ABB 2012b, 179).

Arvolla – (Muu [bitti]) valitaan lähteeksi, jokin muu parametri (ABB 2012b, 179).

2.11.2 Ohjearvon valinta

Ensimmäisen PID-säädön ohjearvo 1 valitaan parametriryhmän 40 alta parametrilla 40.16 (Ohjearvo 1 lähde). Oletusarvona on 4 (AI2 skaalattu), jolloin ohjearvona on analogiatulon AI2:n skaalattu arvo, ja muita valintoja löytyy useampia. Arvolla 0 (Nolla) arvoksi määräytyy nolla. (ABB 2012b, 170.)

Arvolla 1 (Ohjauspaneeli) arvo määritetään ohjauspaneelilla (ABB 2012b, 170).

Arvolla 2 (Sisäinen ohjearvo) valitaan sisäinen ohjearvo, joka voidaan määrittää tarkemmin parametrilla 40.19 (Sisäisen ohjearvon valinta 1) (ABB 2012b, 170).

Arvolla 3 (AI1 skaalattu) valitaan ohjearvoksi skaalattu analogiatulo AI1 (ABB 2012b, 170).

Arvolla 10 (Taajuustulo skaalattu) valitaan ohjearvoksi skaalattu taajuustulo (ABB 2012b, 171).

Arvolla – (Muut) voidaan valita arvo, jostain muusta parametrasta (ABB 2012b, 171).

Ohjearvo 2 voi määrittää parametrilla 40.17 (Ohjearvon 2 lähde). Valinta tapahtuu vastaavalla tavalla kuin ohjearvo 1:n kohdalla. (ABB 2012b, 171.)

Toisen PID-säädön ohjearvot valitaan vastaavasti parametriryhmän 41 alta parametreilla 41.16 ja 41.17 (ABB 2012b, 180).

2.11.3 Käyttötila

PID-säätimet voidaan kytkeä pois päältä. Ensimmäisen parametriryhmän 40 alla tämä tapahtuu parametrilla 40.07 (PID-käyttötila). Oletusarvona tässä on 0 (Ei käytössä).

Arvolla 1 (Käytössä) saadaan PID käyttöön ja arvolla 2 (Päällä, kun taajuusmuuttaja käy), PID toimii vain, kun taajuusmuuttaja ohjaa moottoria. Vastaavasti toisen parametriryhmän 41 alla määritetään parametrilla 41.07. (ABB 2012b, 169, 179.)

2.12 Käynnistyslupa ja käyntilupa

2.12.1 Käynnistyslupa

Käynnistyslupan voi ottaa käyttöön parametriryhmässä 20 (Käy/seis/suunta) parametrilla 20.19 (Käynnistyslupa). Oletusarvona tässä on 1 (Käytössä). (ABB 2012b, 104.)

Arvolla 0 (Ei käytössä) käynnistyslupa ei ole käytössä (ABB 2012b, 104).

Arvolla 2 (DI1) käynnistyslupa signaali otetaan digitaalitulon DI1 kautta. Jos signaalin arvo on 1, on käynnistys sallittu. Arvoilla 3 (DI2) – 7 (DI6) voidaan määrittää lähteeksi DI tulot 2, 3, 4, 5 tai 6. DI1:n bitti on 0, DI2:n 1, DI3:n 2, DI4:n 3, DI5:n 4 ja DI6:n 5. (ABB 2012b, 104.)

Arvolla 10 (DIO1) käynnistyslupa toimii digitaalitulon/-lähdön DIO1 kautta. Vastaa-
vasti arvolla 11 (DIO2) käynnistyslupa otetaan DIO2 kautta. DIO1:n bitti on 0 ja
DIO2:n 1. (ABB 2012b, 104.)

Arvolla – (Muu [bitti]) signaalin lähteeksi voi määrittää, jonkin toisen parametrin
(ABB 2012b, 104).

2.12.2 Käyntilupa

Käyntiluvan voi ottaa käyttöön parametriryhmässä 20 (Käy/seis/suunta) parametrilla
20.12 (Käyntilupa 1). Oletusarvona tässä on 1 (Käytössä). (ABB 2012b, 104.)

Arvolla 0 (Ei käytössä) käyntilupa ei ole käytössä (ABB 2012b, 104).

Arvolla 2 (DI1) käyntilupa signaali otetaan digitaalitulon DI1 kautta. Jos signaalin arvo
on 1, on käynnistys sallittu. Arvoilla 3 (DI2) – 7 (DI6) voidaan määrittää lähteeksi DI
tulot 2, 3, 4, 5 tai 6. DI1:n bitti on 0, DI2:n 1, DI3:n 2, DI4:n 3, DI5:n 4 ja DI6:n 5. (ABB
2012b, 104.)

Arvolla 10 (DIO1) käyntilupa toimii digitaalitulon/-lähdön DIO1 kautta. Vastaavasti ar-
volla 11 (DIO2) käynnistyslupa otetaan DIO2 kautta. DIO1:n bitti on 0 ja DIO2:n 1.
(ABB 2012b, 104.)

Arvolla – (Muu [bitti]) signaalin lähteeksi voi määrittää, jonkin toisen parametrin
(ABB 2012b, 104).

2.12.3 Käynninestotapa

Käynninestotapa parametrilla määritetään, millä tavalla moottori pysäytetään, kun
käyntilupesignaali lähtee pois päältä. Käynninestotapa valitaan parametriryhmässä
20 Käy/seis/suunta) parametrilla 20.11 (Käynninestotapa). Oletusarvona tässä on 0
(Coast). Coast-tavalla moottorin jännitesyöttö katkaistaan ja moottori pysähtyy va-
paasti pyörien. **VAROITUS!** On varmistettava, että vapaasti pyörien moottori pysäh-
tyy turvallisesti, jos käytetään mekaanista jarrua. (ABB 2012b, 103.)

Arvolla 2 (Rampilla) moottori pysäytetään aktiivisen hidastusrampin mukaan (ABB
2012b, 103).

Arvolla 3 (Torque limit) pysäytys tapahtuu momenttirajojen mukaan (ABB 2012b, 103).

2.13 ACS880:n väylämoduulin vikakoodin näytön parametointi

Kun käytetään väylämoduulia, olisi hyvä, että mahdollisista vikatilanteista tulisi näkyviin ainakin vikakoodi. Näin voidaan määrittää, missä vika sijaitsee. Ensiksi ACS880 taajuusmuuttajassa tulee kytkeä kenttäväyläsovitin käyttöön. Päävalikossa tulee mennä parametriryhmään 50 (Kenttäväyläsovitin KVS) alle ja valita parametri 50.01 KVS A käyttöön. Tällä parametrilla saadaan kenttäväyläsovitin käyttöön. Oletuksena tässä parametrissa on 0 (Ei käytössä). Arvolla 1 (Käytössä) saadaan otettua sovitin käyttöön. (ABB 2012b, 193.)

Väylämoduulin vikakoodin saa näkymään parametrilla 50.02 KVS A tiedonsiirron valvonta. Tällä parametrilla määritetään, mitä taajuusmuuttaja tekee vikatilanteessa, joka liittyy väylämoduuliin. Oletuksena tässä on arvona 0 (Ei käytössä). Arvolla 1 (Vika) taajuusmuuttaja pystyy havaitsemaan tiedonsiirtokatkoksen ja katkaisee syötön moottorilta vian aikana. Vian tunnus on tällöin 7510. Arvolla 2 (Viimeisin nopeus) valvontatoiminto on käytössä ja tällöin taajuusmuuttaja antaa viasta hälytyksen A7C1 ja asettaa nopeuden siihen tasoon, jolloin yhteys toimi vielä normaalisti. Taso määrittyy viimeisen 10 sekunnin aikana olleiden nopeuksien keskiarvosta. Arvolla 3 taajuusmuuttaja havaitsee tiedonsiirtokatkokset ja antaa siitä varoituksen. Taajuusmuuttaja asettaa samalla nopeudeksi parametrissa 22.41 (Turvanopeusohje) määritetyn arvon tai 28.41 (Taajuusohje turvallinen), jos taajuusmuuttajassa on taajuusohje käytössä. (ABB 2012b, 193.)

2.14 ACS880:n väylämoduulin vikakoodin ajan parametointi

Parametrilla 50.03 KVS A tiedons.katk. viiveellä voidaan parametroida valvonnan aikaviive kenttäväylän tiedonsiirtokatkoksen valvontaan. Aikaviive lähtee niin sanotusti juoksemaan, kun parametrivika ilmenee ja tämän jälkeen toteuttaa parametrin 50.03 asettelun. Aikaviiveeksi voidaan määrittää arvo 0,3...6553,5 s väliltä. Arvo annetaan kokonaislukuina, jolloin esimerkiksi kokonaisluvulla 1 arvoksi tulee 1 sekunti. (ABB 2012b, 194.)

3 Vacon 100 taajuusmuuttaja

3.1 Ensimmäinen käyttöönotto ohjatusti

Ensimmäistä käyttöönottoa tehtäessä käynnistyy VACON 100 taajuusmuuttajassa Ohjatut asetukset -kysely, jonka avulla saa laitettua nopeasti ja helposti perusasetukset. Ensimmäisenä kyselyssä on kielenvalinta ja aika-asetukset. Nämä tulevat alussa vain, jos akku on asennettuna taajuusmuuttajaan. Aika- ja kieliasetusten jälkeen taajuusmuuttaja kyselee käyttäjältä halutaanko jatkaa tai käynnistää Ohjatut asetukset -kyselyn. Jos valitaan kyllä, kysely siirtyy seuraavaksi moottorin tietojen asetteluun. Jos valitaan ei, poistuu Ohjatut asetukset -kyselynäkymä ja parametreja pääsee muuttamaan itse käsin. (Vacon 2013, 13.)

3.2 Moottorin tyyppin asettaminen

Moottorin tyyppi valitaan P3.1 (Moottorin asetukset) alla 2.2 (Moottorin tyyppi) kohdassa numeroilla 0 ja 1. Arvolla 0 taajuusmuuttaja käyttää moottoria normaalina oikosulkumoottorina ja arvolla 1 taajuusmuuttaja ohjaa moottoria kestromagneetti-moottorina. (Vacon 2013, 113.)

3.3 Moottorin ohjaustapa

Moottorin ohjaustapa määritetään parametriryhmässä P3.1 (Moottorin asetukset) parametrilla 2.1 (Ohjaustapa). Arvolla 0 moottoria ohjataan taajuusohjauksella (open loop). Arvolla 1 ohjaustapana on nopeusohjaus (open loop) ja arvolla 2 ohjaustapana on momenttiohjaus (open loop). (Vacon 2013, 113.)

3.4 Moottorin arvokilven tietojen lisääminen

Moottorin arvokilven tiedot lisätään seuraavilla parametreilla, jotka löytyvät parametriryhmästä P3.1 (Moottorin asetukset) (Vacon 2013, 112):

- P3.1.1.1 (Moottorin nimellinen jännite)

- P3.1.1.2 (Moottorin nimellinen taajuus)
- P3.1.1.3 (Moottorin nimellinen nopeus)
- P3.1.1.4 (Moottorin nimellinen virta)
- P3.1.1.5 (Moottorin nimellinen tehokerroin $\cos\phi$)
- P3.1.1.6 (Moottorin nimellinen teho)

3.5 Maksimi- ja minimitaajuusohje

Maksimi- ja minimitaajuusohjeen voi määrittää parametriryhmässä P3.3 (Taajuusohjeen parametrit) seuraavilla parametreilla (Vacon 2013, 123):

- P3.3.1.1 (Minimitaajuusohje)
- P3.3.1.2 (Maksimitaajuusohje)

Maksimitaajuusohjeilla määritetään maksimitaajuus, mitä taajuusmuuttaja saa syöttää moottorille (Vacon 2013, 123).

Minimitaajuusohjeilla määritetään minimitaajuus, mitä taajuusmuuttaja saa syöttää moottorille (Vacon 2013, 123).

3.6 Taajuusohjeiden positiivinen ja negatiivinen raja

Taajuusohjeiden positiivinen ja negatiivinen raja voidaan määrittää parametriryhmän P3.3 (Taajuusohjeen parametrit) alta seuraavilla parametreilla (Vacon 2013, 123):

- P3.3.1.3 (Positiivinen taajuusohjeraja)
- P3.3.1.4 (Negatiivinen taajuusohjeraja)

Negatiivisella raja-arvolla voidaan määrittää niin, ettei moottori käy taaksepäin (Vacon 2013, 123).

Taajuusohjeiden positiivinen raja voidaan määrittää parametriryhmän P3.3 (Taajuusohjeen parametrit) alta parametrilla 1.3 (Positiivinen taajuusohjeraja). (Vacon 2013, 123.)

3.7 Rampin muoto ja valinta

Moottorin kiihdytys- ja hidastusramppi valitaan parametriryhmän P3.4 (RAMPPI- JA JARRUASETUKSET) alta parametrilla 2.4 (Rampin 2 valinta). Jos arvona on epätosi, valintana on tällöin kiihdytys ja hidastus 1. Tosi arvolla valintana on kiihdytys ja hidastus 2. (Vacon 2013, 134.)

Moottorin kiihdytys- ja hidastusrampin muotoja on kaksi kappaletta. Rampin 1 muoto valitaan parametriryhmästä P3.4 (RAMPPI- JA JARRUASETUKSET) parametrilla 1.1 (Rampin 1 muoto). Parametrin minimiarvona toimii 0 % ja maksimiarvona 100 %. Rampin 2 muoto valitaan puolestaan parametrilla P3.4.2.4 (Rampin 2 valinta). (Vacon 2013, 134.)

3.8 Moottorin hidastus- ja kiihdytysaika

Moottorin hidastus- ja kiihdytysaika määritetään parametriryhmästä P3.4 (RAMPPI- JA JARRUASETUKSET) seuraavilla parametreilla (Vacon 2013, 134):

- P3.4.1.2 (Kiihdytysaika 1)
- P3.4.1.3 (Hidastusaika 1)

Jos tarvitaan toista kiihtyvyyksaika, voi sen määrittää parametrilla P3.4.2.2 (Kiihdytysaika 2) (Vacon 2013, 134).

Jos tarvitaan toista hidastusaikaa, voidaan se määrittää parametriin P3.4.2.3 (Hidastusaika 2) (Vacon 2013, 134).

3.9 Moottorin virtaraja

Moottorin suurin sallittu virran arvo voidaan määrittää parametriryhmässä P3.1 (Moottorin asetukset) parametrilla 3.1 (Moottorin virtaraja). (Vacon 2013, 116.)

3.10 Tunnistusajo

Moottorin tunnistusajo suoritetaan parametriryhmän P3.1 (Moottorin asetukset) alta parametrilla 2.4 (Tunnistus). Tunnistusajo määrittää moottorin parametrit, jotta

moottoria ja sen nopeutta voitaisiin ohjata tehokkaasti. Arvolla 0 tunnistusta ei tarvita. Arvolla 1 tunnistus suoritetaan moottorin ollessa pysäytettynä ja arvolla 2 tunnistus moottorin pyöriessä. **HUOM!** Ennen tunnistusajon suorittamista tulee moottorin arvokilven tiedot lisätä taajuusmuuttajan parametreihin. (Vacon 2013, 226–227.)

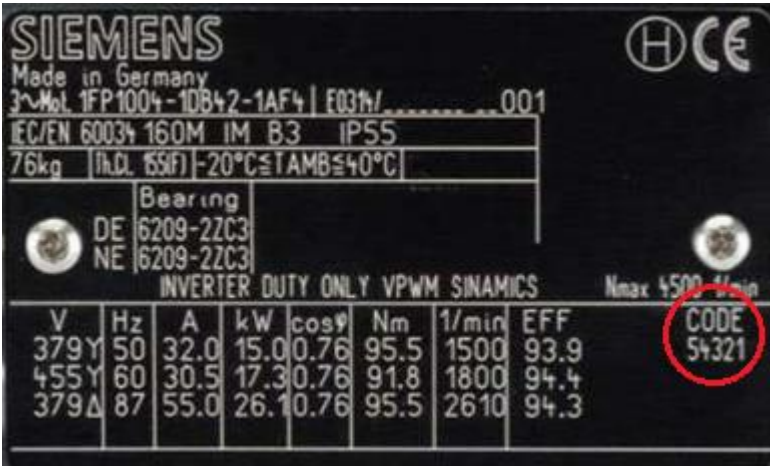
4 Siemens Simanics G120C taajuusmuuttaja

4.1 Moottorin tyyppin parametointi

Moottorin tyyppin arvo asetetaan parametriin p300. Moottorin tyyppi tulee laittaa moottorin mukaan. Oikosulkumoottorilla eli epätahtikoneella arvo on 1 ja kestopmagneettimoottorilla eli tahtikoneella arvo on 2. (Siemens 2014.)

4.2 Moottorin koodin parametointi

Jos moottori on Siemensin valmistama, voidaan moottorin tiedot lisätä asettamalla moottorin arvokilvestä löytyvällä koodilla parametreihin automaattisesti. Koodi syötetään p301 parametriin. Kuvio 44 havainnollistaa mistä kohtaa koodi yleensä löytyy Siemensin moottoreista. (Siemens 2014.)



SIEMENS
Made in Germany
3~Mot. 1FP1004-1DB42-1AF4 | E03H/.....001
IEC/EN 60034 160M IM B3 IP55
76kg (Incl. 659F) | -20°C ≤ TAMB ≤ 40°C

Bearing	
DE	6209-2ZC3
NE	6209-2ZC3

INVERTER DUTY ONLY VPWM SINAMICS Nmax 4500 1/min

V	Hz	A	kW	cosφ	Nm	1/min	EFF
379Y	50	32.0	15.0	0.76	95.5	1500	93.9
455Y	60	30.5	17.3	0.76	91.8	1800	94.4
379Δ	87	55.0	26.1	0.76	95.5	2610	94.3

CODE 54321

Kuvio 44. Koodin sijainti Siemensin moottorin arvokilvessä (Siemens 2015)

4.3 Moottorin arvokilven tietojen syöttäminen

Moottorin arvokilven tiedot lisätään seuraavilla parametreilla (Siemens 2014.):

- p304 (Moottorin nimellinen jännite)
- p305 (Moottorin nimellinen virta)
- p307 (Moottorin nimellinen teho)
- p308 (Moottorin nimellinen tehokerroin $\cos \phi$)
- p309 (Moottorin nimellinen hyötysuhde)
- p310 (Moottorin nimellinen taajuus)
- p311 (Moottorin nimellinen nopeus)

4.4 Moottorin maksimi- ja miniminopeuden parametointi

Moottorin maksimi- ja miniminopeuden voi lisätä määrittää seuraavilla parametreilla (Siemens 2014):

- p1080 (Miniminopeus)
- p1082 (Maksiminopeus)

Arvot syötetään kierroksina minuutissa (rpm) (Siemens 2014).

4.5 Moottorin kiihdytys- ja hidastusajan parametointi

Moottorin hidastus- ja kiihdytysajan voi lisätä seuraaviin parametreihin (Siemens 2014):

- p1120 (Kiihdytysaika)
- p1121 (Hidastusaika)

Arvot syötetään parametreihin sekunteina (s) (Siemens 2014).

Liite 2. Tarkastuslista moottorin tai taajuusmuuttajan vaihtuessa

Tarkastuslista moottorin tai taajuusmuuttajan vaihtuessa

Jos asennustilanteessa huomataan, että moottorin teho ei ole riittävä asennuskohdeessa ja se vaihdetaan suurempaan, tulee ensin huomioida onko uusi moottori taajuusmuuttajan tehoalueella. Jos moottorin teho on suurempi kuin taajuusmuuttajan, tulee taajuusmuuttaja vaihtaa suurempaan. Samoin silloin, jos moottoria käytetään jatkuvasti ja sen teho ylittää taajuusmuuttajan raskaankäytön tai kevyenkäytön arvon. Kun taajuusmuuttaja ja moottori vaihdetaan, täytyy myös huomioida kaapeleiden, releiden ja sulakkeiden sekä turvakytkimen koko eli kestävätkö kyseiset komponentit uusia virta-arvoja. Turvakytkimen tilatieto yleensä kytketään suoraan taajuusmuuttajan oman logiikan tuloihin, mutta tämä tulee varmentaa asiakkaalta tai uudesta suunnitteludokumenteista.

Lista asioista, jotka tulee tarkastaa, kun moottori ja/tai taajuusmuuttaja vaihtuvat:

- Moottorin vaihtuessa:
 - Taajuusmuuttajan teho
 - Turvakytkimen koko
 - Moottorin syöttökaapeliin koko ja kestävyys

- Taajuusmuuttajan vaihtuessa:
 - Moottorin teho
 - Turvakytkimen kytkentä
 - Taajuusmuuttajan syöttökaapeliin koko ja kestävyys
 - Releiden ja sulakkeiden koko