

Teemu Pökkä

Ohjuri kuparilangan kelaukseen vyyhdenvalmistuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

17.6.2016

Tekijä Otsikko	Teemu Pökkä Ohjuri kuparilangan kelaukseen vyyhdenvalmistuksessa
Sivumäärä Aika	29 sivua + 1 liite 17.6.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Työnjohtaja Jaana Nettey Lehtori Pekka Salonen
<p>Insinööritötehtiin ABB Oy:n konetehtaalle Pitäjänmäkeen. Sen tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa uusi kuparilangan ohjuri sähkökoneiden vyyhdenvalmistukseen useampilankaisten aihoiden kelaukseen.</p> <p>Tarkoituksena ei ollut tehdä uutta vanhankaltaista ohjuria, sillä edellisessä mallissa oli useita puutteita sekä käytössä että kestävyudessa. Uusi ohjuri suunniteltiin samaan aikaan mahdollisimman kevyeksi ja kestäväksi.</p> <p>Ohjurin ohella suunniteltiin myös uusi systeemi yksilankaisten vyyhtien kelausten parantamiseksi pitkien putkien avulla. Molemmissa tapauksissa pääsääntöisenä materiaalina käytettiin muovia ja tarvittavat materiaalit tilattiin Etra Oy:lta.</p> <p>Lisäksi perehdyttiin ABB:n konepajatehtaan rakenteeseen sekä sähkökoneen valmistuksen prosessiin. Tätä osuutta täsmennettiin tarkemmalla kuvauksella vyyhdenvalmistuksesta. Vyyhdenvalmistuksen prosessia kuvattaessa kelaus on esitetty muita työvaiheita seikkaperäisemmin.</p> <p>Ohjuri tai muoviputket eivät ehtineet koekäyttöön, joten käyttökokemuksia ja konkreettisen lopputuloksen analysointia ei tehty. Työ sisältää kuitenkin uuden ohjurin piirustukset, suunnitelmat vanhan ohjurin ongelmien välttämiseksi, sekä analyysin valittuihin ratkaisuihin päättämisestä.</p>	
Avainsanat	ABB, ohjuri, vyyhdenvalmistus, kuparin kelaus, muovi teollisuuskäytössä

Author Title	Teemu Pökkä Controller of a Copper Wire in Coil Loop Winding
Number of Pages Date	29 pages + 1 appendix 17 June 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructors	Jaana Nettey, Supervisor Pekka Salonen, Senior Lecturer
<p>The Bachelor's thesis was commissioned by ABB Oy, Motors and Generators. The aim was to design and manufacture a new controller for coil manufacturing of electric motors and generators. The controller is used when coil loop winding is executed with two or more copper wires.</p> <p>It was discovered that the old model of the controller was both impractical and weak in structure. Therefore, the purpose was not to manufacture a new version of the old controller but to create a completely new one with maximum durability, yet keeping it as light as possible.</p> <p>Along with the controller, a new system with plastic pipes was also designed in coil loop winding with one copper wire. Plastic was the main material in both products and it was ordered from Etra Oy.</p> <p>Furthermore, the structure and operations of ABB Oy was described. Especially their Motors and Generators unit was introduced with extra focus on coil manufacturing. The coil loop winding was examined more thoroughly.</p> <p>The controller or the plastic pipes did not reach testing yet and therefore, user experiences or final analysis of the concrete product was not made. However, the thesis includes the blueprints of the new controller and the plans to avoid the malfunction of the old controller. The new controller will be taken into use by the company in the future.</p>	
Keywords	ABB, controller, coil manufacturing, coil loop winding, plastic in industrial solutions

Sisällys

1	Johdanto	1
2	ABB Oy	2
2.1	Yhtiö lyhyesti	2
2.2	Pitäjänmäen yksikkö	3
3	Induktiokoneiden ja tahtikoneiden valmistusprosessi	4
3.1	Prosessin vaiheet	4
3.2	Tahtikoneiden vyyhdenvalmistus	6
4	Kuparin kelaus	13
4.1	Ennen kelausta	13
4.1.1	Asetukset	13
4.1.2	Kelauksen valmistelu	14
4.2	Kelaaminen	16
4.2.1	Kelauskoneen toiminnot	16
4.2.2	Eri vyyhtityypit	18
4.3	Kelaamisen jälkeen	19
4.3.1	Teippaus	19
4.3.2	Nostot	20
5	Ohjurin suunnittelu	21
5.1	Vanha ohjuri	21
5.1.1	Rakenne ja toiminta	21
5.1.2	Rikkoutumisen syyt	22
5.2	Uusi ohjuri	24
5.2.1	Vaatimukset	24
5.2.2	Rakenne	25
5.2.3	Ongelmat	25

6	Parannus yksilankaisten vyyhtien kelaukseen	26
6.1	Taustat	26
6.2	Ratkaisu	26
7	Yhteenveto	27
	Lähteet	28
	Liite Ohjurin piirustukset	

1 Johdanto

Tämä insinöörityö tehtiin ABB Oy:lle Pitäjänmäkeen tahtikoneiden vyyhdenvalmistuksen tuotantoon. Työn tarkoituksena oli rakentaa uusi ohjuri kelauskoneelle vanhan rikkouduttua. Ohjuria käytetään useampilankaisia vyyhtejä kelattaessa, ja sen funktiona on estää kelattavien kuparilankojen risteäminen. Tässä työssä esitellään lisäksi ABB Oy:n rakennetta ja toimintatapoja, pääpainona Pitäjänmäen tehtaan konepaja. Konepajan prosesseista erityishuomiota saa tahtikoneiden vyyhdenvalmistus, jonka prosesseista varsinkin kelaukseen on syvennytty muita työvaiheita tarkemmin. Yksityiskohtainen selostus kelauksesta on sisällytetty työhön, jotta lukijan on helpompi ymmärtää työvaihetta, prosessin kokonaisuutta ja toimivan ohjurin vaikutusta siihen.

Kelauksessa aiemmin käytetty ohjuri oli alun perin tilapäisratkaisu. Sen kestävyteen ja käytettävyyteen ei juurikaan panostettu, joten uuden ohjurin suunnittelussa näihin seikkoihin tuli kiinnittää huomiota.

Työssä päädyttiin varsinaisen ohjurin lisäksi myös parantamaan yksilankaisten vyyhtien kelausten sujuvuutta. Näin sekä yksi- että monilankaisten kelaustöiden tuotantoa saatiin turvallisemmaksi, kelausprosessia nopeammaksi ja laatua paremmaksi.

Varsinainen tehtävä työ koostui ongelman analysoinnista, uuden ohjurin suunnittelusta sekä ohjurin ja yksilankaisia vyyhtejä varten tarvittavien apuvälineiden toteutuksesta.

Työ tehtiin yhteistyössä Etra Oy:n kanssa, jolta tilattiin tarvittavat raaka-aineet ja osat laitteiden rakentamiseen. Heiltä saatiin apua myös mitoituksessa. Lisäksi maininnan ansaitsee vyyhdenvalmistuksen työntekijä, jonka kokemus ja ammattitaito asian tiimoilta olivat korvaamaton apu.

2 ABB Oy

2.1 Yhtiö lyhyesti

ABB Ltd. on Sveitsissä kirjojaan pitävä teollisuuskonserni, joka syntyi ruotsalaisen ASEAn ja sveitsiläisen BBC:n fuusioituessa vuonna 1988. Suomessa nykyisen ABB Oy:n taru alkoi jo vuonna 1889 Gottfrid Strömbergin perustamasta sähköliikkeestä. Tämän liikkeen ASEA osti vuonna 1986, kaksi vuotta ennen ABB:n muodostumista. [1; 2; 3.]

Nykyään ABB on maailman suurimpia automaation ja sähkövoimatekniikan tarjoajia ja sen markkina-alue ulottuu ympäri maailmaa ja kaikille mantereille. Sen liikevaihto oli vuonna 2014 lähes 40 miljardia euroa, josta Suomessa reilut 2 miljardia. Henkilöstöä ABB:lla on yli 140 000, Suomessa noin 5 200 jakaantuneena parillekymmenelle paikkakunnalle. [3; 4; 5; 7.]

Suomessa toiminta voidaan jakaa viiteen divisioonaan, joista jokainen tuottaa erilaisia ratkaisuja eri teollisuudenalojen tarpeisiin. Power Products tuottaa erilaisia komponentteja, kuten muuntajia, releitä ja kaapeleita sähköteollisuuden käyttöön. Power Systems on vastuussa voimansiirtoon, voimantuotantoon ja sähkönjakeluun liittyvistä ratkaisuista ja palveluista. Discrete Automation and Motion -divisioonassa syntyvät moottorit ja generaattorit. Erilaiset pienjännite tuotteet kuuluvat Low Voltage Product -divisioonan vastuulle. Teollisuuden automaatoratkaisut tehdään Process Automation -divisioonassa. [6.]

ABB:n asiakaskunta on käytännössä läpileikkaus maailman teollisuudesta. Moottoreita ja generaattoreita tarvitaan kaikissa tuotantolaitoksissa kaivosteollisuudesta ja sähkölaitoksista aina paperitehtaisiin ja metallipajoille. Tämän lisäksi firma tarjoaa erilaisille kiinteistöille sähkölaitteistoja esimerkiksi yhdistämään sairaalan tai koulun valaistuksen, ilmaston ja valvonnan yhdeksi isoksi yhteiseksi kokonaisuudeksi. Tuuli- ja aurinkovoimalat käyttävät myös ABB:n laitteita (esimerkiksi generaattoreita). Samoin tekee laivateollisuus, jossa ABB:n

kehittämä propulsiojärjestelmä (Azipod) pyörii yhä useamman valtamerialuksen voimanlähteenä. [7; 8; 9; 10.]

ABB:n toiminta ulottuu yli sataan maahan Pohjois- ja Etelä-Amerikan, Euroopan, Afrikan, Oseanian, Lähi-Idän sekä muun Aasian alueella. [11; 12; 13; 14.]

2.2 Pitäjänmäen yksikkö

ABB:n Pitäjänmäen yksikkö koostuu pääasiassa kolmesta rakennuksesta. Nämä ovat konetehtas (konepaja), E-tehtas (Drives) sekä Tellus. Näistä konepajatehtaalla sijaitsee tahti- ja induktiokoneiden suunnittelu ja valmistus. Rakennus sisältää useita toimistokokonaisuuksia, kokoustiloja sekä itse varsinaiset tehdastilat. E-tehtaalla valmistetaan muun muassa sähkökaappeja esimerkiksi konepajan käyttöön. Telluksessa on E-tehtaan tiloja, auditorioita sekä kokoustiloja.

Tässä työssä keskitytään konepajatehtaan tuotantotiloihin ja sähkömoottorin valmistusprosessiin. Tuotantotilat on jaettu useisiin osastoihin muodostaen tehdashallikokonaisuuden, joka on laajuudeltaan koko toistasataa metriä pitkän rakennuksen mittainen. Konepajan pinta-ala on noin 40 000 neliometriä. Induktiokoneiden ja tahtikoneiden valmistusprosessi on rungoltaan sama, joten näitä kahta moottorityyppiä ei tehtaan tuotannosta kerrottaessa erotella toisistaan.

3 Induktiokoneiden ja tahtikoneiden valmistusprosessi

3.1 Prosessin vaiheet

Seuraavaksi on kuvattu lyhyesti, mistä eri vaiheista prosessi koostuu.

Puristamo

Puristamossa valmistuvat levyt roottoreihin ja staattoreihin.

Ladonta

Ladonnassa tehdään levypaketit koneisiin. Täällä suoritetaan myös osa hitsaus-työstä.

Vyyhdenvalmistus

Vyyhdenvalmistuksessa valmistetaan ja eristetään koneiden sisään tulevat kuparivyyhdet. Näistä lisää tuonnempana.

Käämintä

Kääminnässä vyyhdet ja levypaketit asetetaan paikoilleen. Siellä tehdään tarvittavat kytkennät sähkövirran kulun varmistamiseksi moottorin sisällä.

Kyllästämö

Koneelle suoritetaan tyhjiökyllästys (VPI). Tämä takaa paremman kestävyuden sekä lämpöä että mekaanista rasitusta vastaan.

Hitsaamo

Hitsaamossa valmistellaan koneen runko.

Roottorinvalmistus

Roottorit valmistetaan nimensä mukaisesti täällä. Myös napakäämintä sijaitsee kyseisellä osastolla.

Loppukokoonpano

Täällä kone saa ympärilleen hitsaamossa valmistetun rungon. Kaikki tarvittavat osat asennetaan paikoilleen, ja kone on teoriassa käyttövalmis.

Koestus

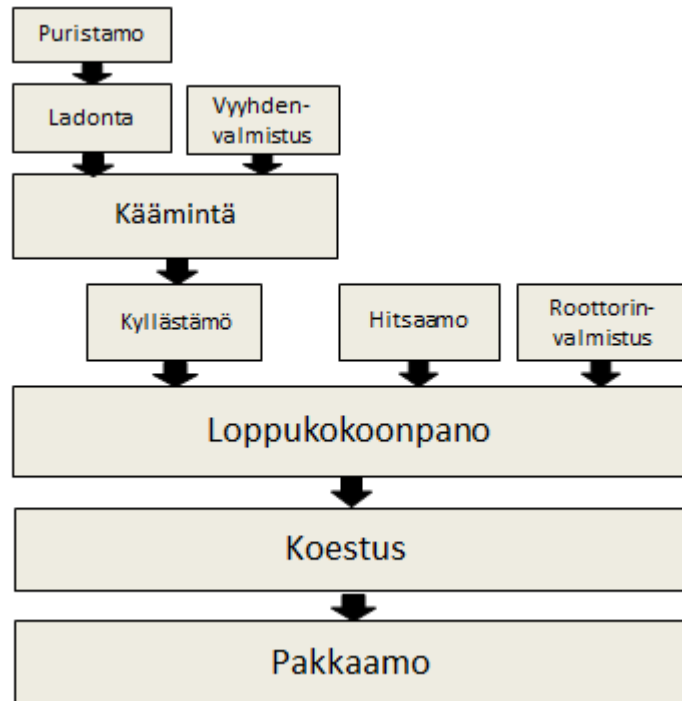
Koestusta suoritetaan useilla osastoilla jo ennen varsinaista koekenttää. Täällä kuitenkin varmistetaan viimeisen kerran kaikkien yksityiskohtien toimivuus.

Pakkaamo

Pakkaamossa sijaitsee myös maalaamo. Kone maalataan asiakkaan haluamaan ulkomuotoon ja pakataan valmiiksi kuljetusta varten. Tämän osaston jälkeen kone jättää tehtaan tilat.

Osastot on pyritty yllä esittelemään siinä järjestyksessä, jossa ne tuotantoketjussa sijaitsevat. Kaikki osastot eivät kuitenkaan sijaitse tuotantoketjussa peräkkäin, joten ei voida puhua perinteisestä ”liukuhihnasta”. Alkupään osastoilla tuotanto on toisistaan riippumatonta. Esimerkiksi vyyhdenvalmistuksessa tehtävät vyyhdet sekä puristamossa valmistettavat levyt valmistuvat ilman toisiaan erillisinä tuotannon osina. Valmistusprosessin edetessä pidemmälle riippuvuus kasvaa. Hyvänä esimerkkinä voidaan mainita loppukokoonpano, jota ei voida suo-

rittää ennen kuin kaikki koneen osat ovat valmiina koottavaksi yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Prosessin kulku on paremmin havaittavissa kuvan 1 prosessikaaviosta.



Kuva 1: Sähkömoottorin valmistuksen prosessikaavio.

3.2 Tahtikoneiden vyyhdenvalmistus

Vyyhdenvalmistus on niin sanottu sähkömoottorin tai -generaattorin alkulähde. Siellä valmistetaan kuparivyyhdet, jotka tulevat staattoriin. Yhdessä koneessa on vaihteleva määrä vyyhtejä, yleisimpinä 120- ja 144-uraiset (yksi vyyhti kutakin uraa kohden) koneet.

Koko prosessi alkaa kelauksesta, johon tässä työssä keskitytään myöhemmin yksityiskohtaisemmin. Kelauksessa kelataan aihio (kuva 2), josta syntyy levityskoneella vyyhti.

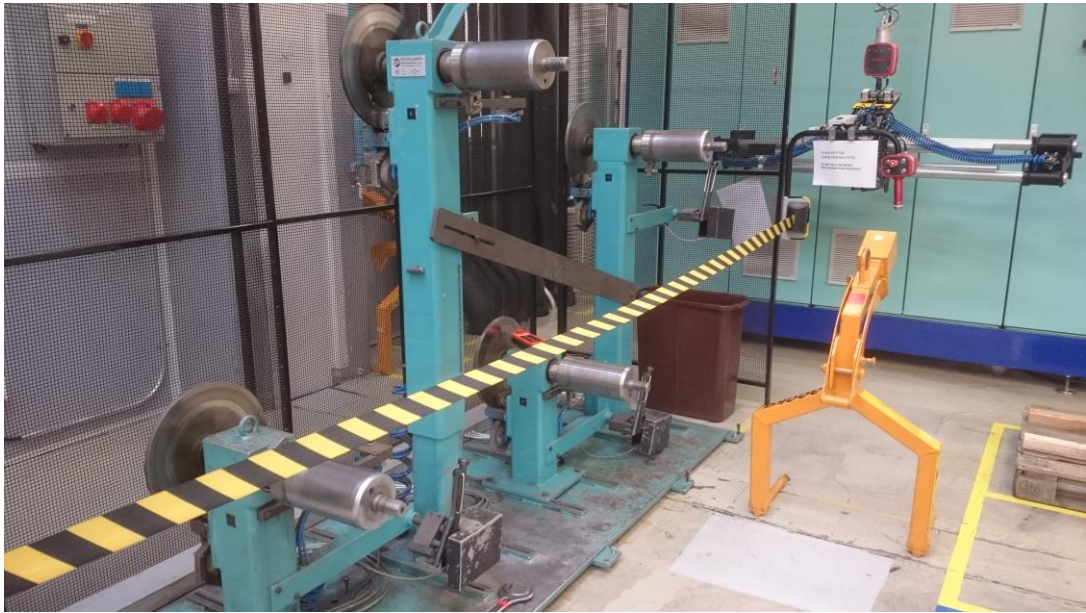


Kuva 2: Kelauspuomi sekä kelauspuomille kelattu valmis aihio.

Tehtaalle tuodaan valmiiksi eristetty kupari muovikelojen ympärille kelattuna. Näiltä kuparilavoilta (kuva 3), joissa on yleensä neljää kelaavaa kohden, kuparikelat siirretään yksi kerrallaan kelauskoneella sijaitsevalle akselille. Yksilankaisia eli yleisimpiä aihioita kelataan yhdestä kelasta kerrallaan (kuva 3), kaksilankaisia kahdesta ja niin edelleen. Akseleita on yhteensä neljä, eli enimmillään voidaan tehdä nelilankaisia vyyhtejä (kuva 4).



Kuva 3: Etualalla näkyvät kelausta odottavat kuparikelat puulavoillansa. Taustalla on yksi kela valmiina kelauskoneen akselilla 1.



Kuva 4: Kelauskoneen akselit. Lähimpänä kuvaa oleva on akseli 1, ylimpänä sijaitsee akseli 2. Keskellä alhaalla on akseli 3 ja viimeisenä perällä akseli 4. Akseleita 1 käytetään yksilankaisten vyyhtien kelaukseen, akseleita 1 ja 4 kaksilankaisissa vyyhdeissä.

Akselilta kupari viedään varsinaiselle kelauskoneelle eli puomille, jonka ympärille vyyhden aihiot kootaan. Puomia pyöritetään haluttu kierrosmäärä, minkä jälkeen aihio teipataan. Teippejä laitetaan ennalta määrättyihin paikkoihin, ja ne pitävät langat yhdessä ja aihion koossa. Teippauksen jälkeen aihio nostetaan puomilta pois ja siihen laitetaan vielä muutama teippi, joita ei voida teipata aihion ollessa puomilla.

Kelauksen jälkeen kuparilangoista kelattu aihio viedään levityskoneelle (kuva 5), missä varsinainen vyyhden muoto saavutetaan. Tämä kone on erittäin monimutkainen ja vaatii asiantuntemusta oikean kokoisten vyyhtien asentamiseen ja valmiiden vyyhtien mittaamiseen. Levityskoneessa on tietokone, johon syötetään halutut arvot. Näitä arvoja noudattaen kone muotoilee vyyhdestä halutun muotoisen. Levityskoneen suoritettua oikean muotoilun, vyyhti mitataan ensin pöydällä ja viedään sen jälkeen puumalliin (kuva 6). Näin tehdään aina kahdelle tai kolmelle ensimmäiselle vyyhdelle. Puumalli simuloi vyyhtien sijoittumista staattorin sisällä. Näin ollen siitä nähdään heti, mikäli vyyhdet eivät asetu uriin niin kuin pitää. Tässä vaiheessa levityskoneen asetuksia muuttamalla voidaan vielä vaikuttaa vyyhden muotoon ja mittoihin.



Kuva 5: Levityskone. Aihion päät tulevat molemmilla sivuilla näkyvien monimutkaisten kelkkojen sisäreunassa sijaitsevien tappien ympärille.



Kuva 6: Kaksi vyyhteä puumalliin sijoitettuna. Takana olevassa hyllyssä on jokaiselle vyyhtityypille omat puumallinsa.

Levityskoneelta vyyhdet päätyvät käsieristyspaikalle (kuva 7). Siellä vyyhtien molemmat päät eristetään käsin. Eristysnauhakerroksen paksuus eli kierrosten lukumäärä riippuu koneen jännitteestä: mitä korkeampi jännite, sitä useampi kierros eristysnauhaa. Kun eritys on suoritettu, vyyhden päät kiedotaan vielä pintanauhalla, jonka tarkoitus on suojata eristysnauhaa ulkoisilta vauriotekijöiltä. Näiden lisäksi vyyhden toisessa päässä sijaitseviin ulosottoihin laitetaan eristysputket suojasukilla varustettuna.



Kuva 7: Eristämätön vyyhti käsieristyspaikan pukeilla odottamassa eristysnauhan kietomista vyyhden kumpaankin päähän.

Käsieristuksen jälkeen vuorossa on kone-eristys. Siinä vyyhden suorat osat eristetään niin ikään eristysnauhalla ja sen jälkeen johtavalla nauhalla. Myös eristyskoneessa on tietokone, jonka avulla kone ohjelmoidaan suorittamaan halutut toimenpiteet. Kone-eristys on vyyhdenvalmistuksen prosesseista kaikkein hitain. Niinpä eristyskoneita (kuva 8) on moninkertainen määrä esimerkiksi kelaus- ja levityskoneisiin verrattuna. Näitä kumpaakin on vain yksi kappale.



Kuva 8: Toiselta sivultaan eristysnauhalla ja mustalla pintanauhalla eristetty vyyhti vyyhdeneristyskoneessa.

Koneella suoritetun eristyksen jälkeen vyyhdet ovat valmiita (kuva 9). Ne pinoetaan niitä varten koottuihin kärryihin (kuva 9), joissa ne kuljetetaan seuraavalle osastolle eli käämintään. Tässä vaiheessa jokainen vyyhti on vielä erillinen kappale, ja niitä voidaan käsitellä yksitellen.



Kuva 9: Valmiita vyyhtejä kärryissä valmiina kuljetettavaksi seuraavalle osastolle. Kuvassa näkyy suoranosan musta johtavanauha, sekä päiden suojana oleva ruskea pintanauha.

Kuvassa 10 on kuvattuna pääpiirteittäin vyyhdenvalmistuksen prosessi.



Kuva 10: Vyyhdenvalmistuksen prosessi pääpiirteittäin. Poikkeuksen tekevät Azipod-moottorit, joiden ehjä pää käsieristetään vasta koneeristuksen jälkeen.

4 Kuparin kelaus

Kelausprosessiin viitattiin jo aiemmin tässä tekstissä. Työvaihe käytiin nopeasti läpi tärkeimmät pääkohdat selittäen. Tässä paneudutaan tarkemmin itse työhön kelauskoneella ja huomionarvoisiin seikkoihin työtä tehdessä.

4.1 Ennen kelausta

Ennen kelauksen aloittamista tulee tehdä oikeat asetukset kelauskoneelle. Lisäksi valmisteluvaiheessa varmistetaan, että kaikki on kohdallaan ennen kuin työ voidaan aloittaa.

4.1.1 Asetukset

Asetuksia tehtäessä tarvitaan erityistä tarkkuutta. Muutamankin millin heitto voi levitysvaiheessa aiheuttaa suuria muutoksia tavoiteltuun muotoon verrattuna. Vyyhdenpäiden silmukoiden säde muodostuu jo aihiota tehdessä kelauskoneelle valittujen tappien ympärille. Näiden tappien oikean halkaisijan lisäksi oikea kelausmitta on tärkeä. Se mitataan tapin keskipisteestä toisen tapin keskipisteeseen. Näin ollen se on käytännössä silmukoiden muodon mukaisten ympyröiden keskipisteiden välinen matka. Kelausmittaa muutettaessa tappien kiinnitysalustana toimivien laippojen kiinnitykset on löysättävä.

Aihion muodon säilymisen ja lankojen yhdessä pysymisen kannalta tärkeitä ovat teipit (kuva 11). Näitä teippejä tulee yhteen aihioon useita, ja niiden tarkat paikat merkitään huolellisesti kelauspuomiin. Teippien sijainti muuttuu vyyhden mukaan, joten se on aina tarkistettava ennen kelausta. Tässä vaiheessa voidaan asettaa koneen muistiin myös oikea kierrosmäärä. Kierrosmäärän valvominen on ensisijaisesti kelaajan tehtävä, mutta kone lopettaa automaattisesti kelaamisen siihen syötetyn kierrosmäärän tullessa täyteen. Näin kelaaja ei vahingossa kelaata aihioon enempää kuin siihen tarvittua kierrosmäärää.



Kuva 11: Aihion teippaukseen käytetään erityisvalmisteista sinistä teippiä.

4.1.2 Kelauksen valmistelu

Kupari tuodaan tehtaalle valmiiksi eristettynä ja kelattuna muovisten kelahylsysten ympärille. Ne ovat sijoitettuna puulavojen päälle, ja yhtä lavaa kohden on maksimissaan neljä kela. Kuparilangan päälle on kierretty eristekerros, joten aihioon kelatut kuparilangat eivät pääse koskettamaan toisiaan. Tämän takia on myös tärkeää tarkistaa eristeen eheys ja korjata mahdolliset reiät. Korjausprosessi suoritetaan kelauskoneella tai käsieristyspisteellä.

Puulavalta kuparikela nostetaan jollekin kelauskoneen akseleista. Yksilankaisia kelattaessa kela sijoitetaan akseliin numero 1. Mikäli kelataan kahta toistensa päälle tulevaa lankaa, kelat sijoitetaan akseleihin numero 1 ja 4. Muita akseleita käytetään tarvittaessa kelattaessa yli kaksilankaisia tai rinnakkaislankaisia aihioita.

Kelan nosto suoritetaan tarkoitusta varten rakennetulla nostimella, sillä täyden kelan paino saattaa olla jopa 200 kg. Tyhjentyneen kelan pois nostaminen voidaan suorittaa käsin. Tyhjät kelat pinotaan puulavoille (kuva 12) kahdeksan kappaleen eriin (2x4) ja kuljetetaan takaisin valmistajalle uudelleenkäytettäväksi.



Kuva 12: Tyhjiä keloja, jotka odottavat kuljetusta takaisin kelojen toimittajalle.

Akselille asetetusta kelasta vedetään kuparilanka kelauskoneen kelauspuomille. Kelan pyörimisnopeutta säädellään jarrun ja kelausnopeuden avulla. Jarrut (kuva 13) koostuvat etu- ja pääjarrusta. Kuparilanka voidaan vetää kelalta puomille joko vapauttamalla koko jarrusysteemi tai irrottamalla pelkkä pääjarru. Mikäli kelaaja on yksin, suositetaan yleensä etujarrun jättämistä päälle, jotta kela ei lähdä pyörimään, ja lanka ei niin sanotusti karkaa. Jarrut tulee kytkeä takaisin käyttöön ennen kelauksen aloittamista.



Kuva 13: Jokaisella akselilla on oma jarrujärjestelmänsä. Jarruilla varmistetaan sekä sopiva langan kireys, että kelan paikallaan pysyminen kelauspuomin ollessa pysähtyneenä.

4.2 Kelaaminen

4.2.1 Kelauskoneen toiminnot

Kelatessa kelauspuomia pyöritetään kaasupolkimella (kuva 14). Pyörivä kelauspuomi ”kerää” kuparilankaa tappien ympärille, ja tämä liike puolestaan pyörittää automaattisesti kuparikelaa. Kelaajan tehtävä on varmistaa kuparilangan asettuminen edellisen kerroksen päälle, sekä huolehtia jarrujen oikeasta kireydestä. Jarruja säädetään ilmanpaineella: mitä suurempi paine, sitä kireämmät jarrut. Liian kireät jarrut aiheuttavat ”pussitusta”, eli aihion päissä langat eivät asetu täysin tiiviisti toistensa päälle. Näin käy varsinkin, jos kelausnopeus on todella suuri. Liian löysillä jarruilla aiheutuu samankaltainen ongelma. Tällöin langat eivät muodosta jämäkkää aihiota, vaan niiden väliin jää rakoja eikä vyyhti

välttämättä pysy muodossaan. Itse kelauksen kannalta kireät jarrut ovat helpommat, sillä lanka käyttäytyy silloin vakaammin ja tarkka asettaminen edellisen kerroksen päälle kelausta suoritettaessa onnistuu helpommin. Kierrosmäärää tarkkaillaan monitorista (kuva 15), ja kaasupolkimen toiminta lakkaa koneeseen ohjelmoidun kierrosmäärän tullessa täyteen.



Kuva 14: Kaasupoljin, jolla kelaaja pyörittää kelauspuomia.



Kuva 15: Kelauskoneen ohjauspaneeli. Ylemmässä taulussa on jarrujärjestelmän hallintalaitteet. Alemmassa taulussa sijaitsevat itse kelauskoneen hallintalaitteet suunnan- ja nopeudensäätöineen. Ohjauspaneelin päällä olevalla laitteella säädetään kierrosluku.

4.2.2 Eri vyyhtityypit

Yksilankaisia vyyhtejä kelattaessa edellä mainituista asioista huolehtiminen riittää onnistuneen aihion tuottamiseksi. Kaksi- ja useampilankaisissa täytyy näiden lisäksi huolehtia, että langat eivät risteä keskenään (kuva 16). Tätä ehkäisee ohjuri, joka on ennen kelauspuomia sijaitsevien metallisten pystytolppien (kuva 17) kohdalla. Luonnollisesti ohjuristakaan ei ole hyötyä, mikäli kelaaja on jo valmisteluvaiheessa vetänyt langat ohjurin läpi väärässä järjestyksessä (eli esimerkiksi ylemmän kelan lanka alemmasta reiästä ja päinvastoin). Useampilankaisten aihoiden kelausnopeus on yleensä hitaampi, sillä kahden samaan aikaan aihiolle asettuvan langan tarkka sijoittaminen on yksilankaisia haastavampaa. Usein useampilankaisia aihioita kelattaessa (kahteen) ensimmäiseen kerrosväliin asetetaan pahviliuska. Tämän tarkoituksena on estää vyyhdenpään sisimpien lankojen hankautuminen yhteen levitysvaiheessa.



Kuva 16: Kelat valmiina kaksilankaisen aihion kelaukseen



Kuva 17: Kuparilanka kulkee kelauspuomille kahden kuvan keskellä näkyvän metallisen pystytangon välistä.

4.3 Kelaamisen jälkeen

4.3.1 Teippaus

Kun aihio on kelattu eli tarvittava kierrosmäärä on täynnä, siihen kiinnitetään teippejä ennen kuin se nostetaan alas kelauspuomilta. Neljän teipin (näitä mitta-teippejä tulee kaksi kumpaankin päähän, molemmille puolille) paikka lasketaan tarkasti vyyhden suoranosan mittojen perusteella. Loput teipit teipataan näiden neljän teipin väliin tasaisin välimatkoin siten, että langat pysyvät yhdessä ja aihio pysyy mahdollisimman siistinä. Teippaus on kuitenkin kelauksen aikaa vievin operaatio, joten liika teippikään ei tuotannon kannalta ole järkevää. Näiden teippien jälkeen aihio nostetaan (nostoista seuraavassa kappaleessa) kuljetuspöydälle (kuva 18). Siinä aihioon laitetaan vielä yhdet muita leveämmät teipit kunkin neljän mittateipin viereen lähimmän vyyhdenpään puolelle. Lisäksi aihion päihin tulee vielä yhdet normaalikokoiset teipit.



Kuva 18: Aihiot teipataan ja kuljetetaan levityskoneelle kuvassa näkyvien tasojen päällä. Pitkiä aihioita tehdessä tasot voidaan kiinnittää toisiinsa yhdeksi pitkäksi tasoksi.

4.3.2 Nostot

Aikaisemmin aihiot nostettiin kelauskoneelta kuljetuspöydälle käsin. Tämä käytäntö on edelleen voimassa tietyissä tilanteissa. Aihion pituudesta ja painosta riippuen käsin tehtävän noston suorittaa yksi, kaksi tai kolme henkilöä. Mikäli aihion liikutteluun käytetään liian vähän henkilöitä, aihio jää roikkumaan jostain kohdasta ja saattaa menettää muotonsa. Nykyään nostot tehdään pääosin keventimen (kuva 19) avulla. Rajana keventimen käyttöön pidetään 15 kg:n massaa: mikäli aihio painaa 15 kilogrammaa tai vähemmän, voidaan nosto suorittaa vanhaan tapaan käsin ja yhden henkilön toimesta. Keventimen ideana on, että isoja, yli 40 kg painaviakin aihioita voidaan nostaa yhden miehen voimin. Keventimeen on tehty omat käyttöohjeensa, joten niiden tarkka kuvaus ei ole tässä tarpeen. On kuitenkin hyvä mainita, että aihio voidaan teipata sen ollessa kiinni keventimessä. Näin aihiota ei tarvitse laskea kuljetuspöydälle, eikä kuljetuspöytää kuljettaa edestakaisin. Aihio voidaan viedä keventimellä suoraan levityskoneeseen, jossa ahiosta muotoillaan vyyhti.



Kuva 19: Kuvassa olevalla keventimellä suurtakin aihiota voidaan nostaa ja siirtää yhden ihmisen toimesta.

5 Ohjurin suunnittelu

Kuparilangan ohjuri ohjaa nimensä mukaisesti kuparilangan kulkua. Yksilankaisia aihioita kelattaessa ohjuria ei tarvita, mutta useampilankaisia tehdessä sen tarkoitus on ehkäistä lankojen risteämistä. Toimiva ohjuri helpottaa työtä, jolloin kelaajan ei tarvitse itse jatkuvasti huolehtia lankojen pysymisestä oikeilla linjoilla.

5.1 Vanha ohjuri

5.1.1 Rakenne ja toiminta

Vanha ohjuri oli koottu metallista ja muovista (kuva 20). Siinä pellistä taiteltuun kehikkoon oli kiinnitetty tukikappaleeksi muovilevy. Kehikon läpi kulki nahkaista putkea, jonka sisällä kuparilanka liikkui. Nahkaputkien lukumäärä riippui kulloinkin työn alla olleen vyyhden lankamäärästä (yksi-, kaksi-, kolme- tai neljälankai-

nen aihio). Kelauspuomin pyöriessä ohjurin läpi, liikkuva kuparilanka veti ohjurin vasten kelauskoneella sijaitsevia metallisia pystytankoja. Ohjurin leveämpi pää esti sitä kulkeutumasta putkien välistä langan mukana puomille.



Kuva 20: Kuvassa vanha ohjuri vielä ehjänä.

5.1.2 Rikkoutumisen syyt

Vanha ohjuri oli alun perin heikko, ja sen rikkoutuminen normaalikäytössäkin olisi ollut edessä ennemmin tai myöhemmin. Suurimmaksi ongelmaksi muodostuivat kuitenkin rautaiset pystytangot, joiden välistä langat kulkivat kelauspuomille. Ohjuri ei ollut kiinni tangoissa, vaan sitä kannattelivat sen läpi kulkevat kuparilangat. Niinpä kuparikelan tyhjentyessä ja kuparilangan irrotessa kelasta, ohjuri kulkeutui lankojen mukana tankojen välistä. Ohjurin stoppariosa taittui ja vääntyi, mikä lopulta katkaisi osan pelleistä. Kun tämä toistui moneen kertaan, ohjuri viimein rikkoutui (kuva 21). Läpikulkeutuminen oli vältettävissä, mikäli kelaaja huomioi ajoissa kuparin loppumisen, eikä päästänyt ohjuria kulkeutumaan

tankojen välistä. Tällöin kelaaja pysäytti kelauksen ja katkaisi langat leikkurilla valitsemastaan kohdasta, ja sen jälkeen pujotti ohjurin pois paikoiltaan. Tämä oli kuitenkin vain laukaiseva tekijä ongelmaan, jonka alkuperäiset syyt olivat liian heikko ohjuri, sekä ohjurin sijoittaminen muuten kuin kiinteästi pystytankoihin.



Kuva 21: Rikkoutunut ohjuri.

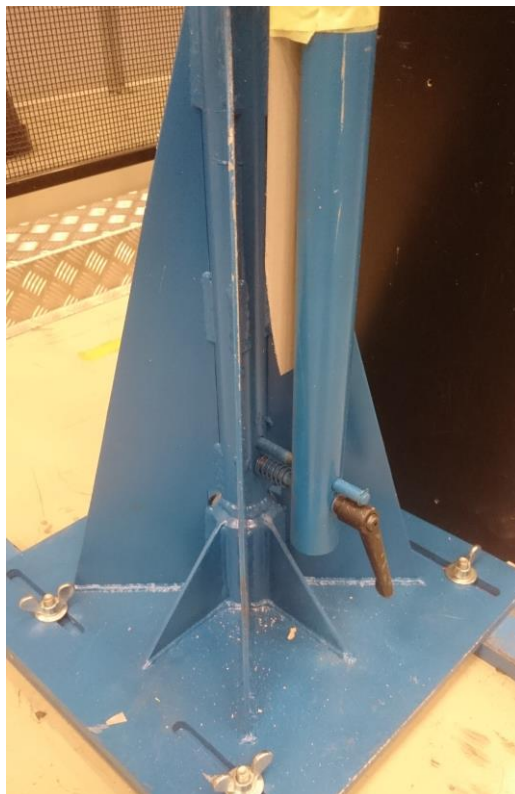
Lisäksi ohjuri aiheutti turvallisuusongelman. Yli kaksi metriä korkeat umpirautaiset tangot olivat kiinni vain alaosistaan ilman kunnollisia tukirakenteita. Kahdessa suunnassa (vertikaalisesti ja horisontaalisesti) liikkuvat langat yhdessä tankojen varaan nojaavan ohjurin kanssa aiheuttivat vaarallista heilumista. Tämä olisi saattanut johtaa jopa pystytankojen kaatumiseen kelaajan päälle.

Vanhaa ohjuria ei vaihdettu, sillä parempaa ratkaisua ei ollut nopeasti ja helposti tarjolla. Lisäksi ohjuri ajoi tehtävänsä riittävän hyvin, mikäli kelaaja ei päästänyt sitä liukumaan tankojen välistä. Uuden ohjurin suunnittelu tuli ajankohtaiseksi vasta, kun vanha rikkoutui.

5.2 Uusi ohjuri

5.2.1 Vaatimukset

Uudessa ohjurissa oli tarkoitus toteutua kolme seikkaa. Ensinnäkin, sen tuli olla huomattavasti kestävämpi kuin edeltäjänsä. Lisäksi ohjurista täytyi saada mahdollisimman kevyt ja helposti liikkuva takaamaan kelaamisen sujuvuuden. Kolmanneksi, laitteen käytännöllisyyden tuli olla riittävällä tasolla. Edellinen ohjuri vaati kelaajalta tarpeettoman paljon huomiota täyttääkseen tehtävänsä. Tämä seikka ei saanut toistua. Uusi ohjuri sijoitettiin samaan paikkaan kuin vanhakin, eli kohtaan missä kuparilangat kulkevat metallisten pystytankojen välistä. Vanha ohjuri ei kuitenkaan ollut kiinni kyseisissä putkissa, vaan ikään kuin nojasi niitä vasten. Uusi ohjuri päätettiin asentaa metallitankojen ympärille, jolloin tankoja voitiin käyttää tukipisteenä. Tätä tarkoitusta varten tankojen vanha, huteraja korvattiin jykevämmällä kolmiotuella (kuva 22), jotta riski tankojen kaatumisiksi minimoituisi.



Kuva 22: Pystytangot tuettiin kolmiotuella.

5.2.2 Rakenne

Materiaalin tuli olla kevyttä ja kestävä, kuitenkin samanaikaisesti kertatyönä ja eräänlaisena prototyypinä materiaalikustannukset eivät saaneet nousta liian korkeiksi. Käytettävyyden sekä saatavuuden johdosta parhaaksi vaihtoehdoksi valikoitui muovi.

Ohjuri tehtiin kahdesta identtisestä osasta. Useampilankaisten aihoiden tullessa kelattavaksi, kappaleet asetettiin tankojen ympärille ja kiinnitettiin toisiinsa siipiruuveilla. Kappaleiden keskelle jäi kahdeksanreikäinen ristikko, jonka muodostamista raoista kuparilangat kulkivat. Yleisimpiä vyyhtityyppejä varten ristikossa tuli olla vähintään kaksi päällekkäistä rakoja. Osastolla tehdään kuitenkin myös kahden rinnakkaisen langan, sekä joskus kolmen tai neljän päällekkäisen langan aihioita. Näin ollen vähintään yhdellä ”rakorivillä” tuli olla vierekkäin kaksi rakoja. Korkeussuunnassa vähintään toisen raon päällä tuli olla kolme lisää, jolloin neljän päällekkäisen langan kelaaminen olisi mahdollista. Puoliskojen symmetrian takaamiseksi päädyttiin 2x4-kokoiseen ristikkoon (kaksi vaakasuunnassa, neljä pystysuunnassa), mutta kaikkia tämän ristikon rakoja ei näillä näkymin tulisi käyttämään samanaikaisesti. Ohjurin piirustukset löytyvät liitteestä 1.

5.2.3 Ongelmat

Samaan projektiin päätettiin sisällyttää parannus myös yksilankaisten aihoiden kelaamiseen (katso luku 6). Tämä aiheutti tiettyjä rajoituksia, jotka estivät maksimaalisen lopputuloksen. Metallitangot, joiden välistä kuparilanka ”juoksee”, ovat yläpäästään avoimet, ja niihin on mahdollista pujottaa esimerkiksi rengas. Alkuperäisenä suunnitelmana oli tehdä ohjurista yksiosainen, jolloin se voitaisiin pujottaa yläkautta kiinni tankoihin. Yksilankaisten aihoiden kelaukseen tehty parannus sisälsi kuitenkin kiinteät laakerit tangoissa, mikä esti sopivan kokoisen ohjurin pujottamisen. Ohjuriin olisi voinut tehdä halkaisijaltaan isommat reiät,

jolloin se olisi mahtunut kulkemaan laakereiden läpi. Liian isot reiät aiheuttaisivat kuitenkin väljyyttä (suhteessa metallitankoihin) ja edestakaista liikettä ohjuriin aihiota kelattaessa. Tämä heiluminen ei olisi parannus vanhalla ohjurilla tehtyyn kelaustyöhön. Ohjuriin oli myös tarkoitus asentaa laakerit pystysuuntaisen liikkeen kitkan minimoimiseksi. Samoista syistä johtuen tämäkään ei ollut mahdollista. Kahdesta palasta koostuvan ohjurin asentaminen useampilankaisten aihoiden kelaamista varten vaikeutuisi huomattavasti, mikäli ”paketti” sisältäisi myös laakerit. Valitussa ratkaisussa kaksiosainen ohjuri kiinnitettiin metallitankojen keskivaiheille, ja se liikkui kiinteiden laakerien välisellä alueella.

6 Parannus yksilankaisten vyyhtien kelaukseen

6.1 Taustat

Yksilankaisia vyyhtejä kelattaessa yksi kuparilanka kulkee kahden pystysuoran metallitangon välistä. Kuparilangan ympärillä oleva eristepinnoite ei saa vaurioitua, joten se on suojattava suoralta kosketukselta metallitankoihin. Tähän suojaukseen käytettiin aiemmin pahvilevyjä, jotka teipattiin metallitankojen sisäpinnalle. Tämä ratkaisu oli sekä epäkäytännöllinen että epäesteettinen. Uuden suunnitelman tarkoitus oli päästä eroon pahvilevyistä ja tehdä systeemistä käytännöllisempi.

6.2 Ratkaisu

Ratkaisussa päädyttiin pahvilevyjen korvaamiseen muoviputkilla, jotka tulivat metallitankojen ympärille. Putkien ja tankojen väliin asennettiin urakuulalaakerit, jotka kiinnitettiin kiinteästi tankoihin niin, että molempien muoviputkien kumpaankin päähän tuli yksi laakeri. Kuparilangan osuessa muoviputken seinämään, laakeri auttaisi putkea pyörähtämään tarvittavan määrän ja kelaaminen etenisi sujuvasti. Tällä systeemillä ei voitu kelata useampilankaisia aihioita, sillä muoviputket ja ohjuri eivät mahdu samanaikaisesti metallitankojen ympärille.

Niinpä putkien pois ottaminen lankamäärän vaihtuessa tuli tehdä mahdolliseksi. Laakerit sen sijaan kiinnitettiin mahdollisimman tiukasti parhaan sujuvuuden takaamiseksi. Muoviputkien sisäpintaan ylemmän laakerin yläpuolelle valmistettiin pienet ulokkeet, jotta putket eivät putoa niin sanotusti läpi. Putket on mahdollista nostaa pois yläkautta, jolloin metallitankoihin jää kiinni vain laakerit ylä- ja alapäähän. Laakereiden väliin täytyi jättää tarpeeksi tilaa, jotta ohjuri mahtui liikkumaan niiden välissä.

7 Yhteenveto

Ohjurin piirustukset (liitteenä) lähetettiin Etra Oy:lle, jonka tarkoituksena oli toimittaa kaksi valmiin piirustuksen mukaista profiilia. Nämä profiilit ovat identtisiä, ja ne kiinnitetään toisiinsa siipiruuveilla. Ruuveja varten porattavia reikiä ei teetetty Etralla vaan suunnitelmissa oli porata ne ABB:n omissa tiloissa. Myös muoviputket tilattiin Etralta ohjeiden mukaisena profiilina.

Lopulliset tuotteet eivät ehtineet koekäyttöön, joten tämä työ ei sisällä käyttökokemuksia eikä kuvia laitteista tai niiden käytöstä. Teoreettinen mahdollisuus laitteiden toimivuudelle on korkea, mutta varmistus tälle saadaan luonnollisesti vasta käytännön testauksessa. Oletusarvona on, että ohjuri ja muoviputket otetaan käyttöön välittömästi niiden valmistuttua.

Testaus ja mahdolliset jatkotoimenpiteet ovat ehdottomasti tarkempien tutkimusten arvoisia. Näihin on mahdollista paneutua myöhemmin tehtävien töiden toimesta.

Lähteet

- 1 Abb Oy. 2015. Verkkodokumentti. <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/asea-ja-bbc>. Luettu 20.8.2015.
- 2 Abb Oy. 2015. Verkkodokumentti. <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>. Luettu 20.8.2015.
- 3 Abb Oy. 2015. Verkkodokumentti. <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/yhtyma>. Luettu 20.8.2015.
- 4 Abb Oy. 2015. Verkkodokumentti. <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>. Luettu 20.8.2015.
- 5 Abb Oy. 2015. Verkkodokumentti. <http://new.abb.com/about/abb-in-brief/key-figures>. Luettu 7.9.2015.
- 6 Abb Oy. 2015. Verkkodokumentti. <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/yksikot>. Luettu 20.8.2015.
- 7 The Abb Group Annual Report 2014. 2014. Verkkodokumentti. <http://new.abb.com/docs/default-source/investor-center-docs/annual-report/abb-group-annual-report-2014-english.pdf>. Luettu 20.8.2015.
- 8 Abb Oy. 2015. Verkkodokumentti. <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/yksikot/low-voltage-systems>. Luettu 20.8.2015.
- 9 Abb Oy. 2015. Verkkodokumentti. <http://www.abb.fi/industries/fi/9AAC166917.aspx?country=FI>. Luettu 7.9.2015.
- 10 Abb Oy. 2015. Verkkodokumentti. <http://new.abb.com/windpower/wind-power-generation>. Luettu 20.8.2015.
- 11 Abb Oy. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.abb.fi/cawp/abbzh252/33300ad4362c354fc1256723005b1f67.aspx>. Luettu 6.4.2016.
- 12 Abb Oy. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.abb.fi/cawp/abbzh252/992c7a8c7e1ad9b7c1256723005ad269.aspx>. Luettu 6.4.2016.
- 13 Abb Oy. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.abb.fi/cawp/abbzh252/8efc27160cf68e81c1256723005af741.aspx>. Luettu 6.4.2016.

- 14 Abb Oy. 2016. Verkkodokumentti.
<http://www.abb.fi/cawp/abbzh252/bd876de5a12d4c5fc1256723005b0f42.aspx>. Luettu 6.4.2016.

