



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mika Mäenpää

UUDEN MITTAUSTEKNIIKAN HYÖ-
DYNTÄMINEN TUOTANNOSSA JA
VASTAANOTTOTARKASTUKSESSA

Tekniikka ja liikenne
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mika Mäenpää
Opinnäytetyön nimi	Uuden mittaustekniikan hyödyntäminen tuotannossa ja vastaanottotarkastuksessa
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	38
Ohjaaja	Hannu Hyvärinen

Tämä opinnäytetyö tehtiin Vaasan ammattikorkeakoulussa keväällä 2015. Työn tilaajana oli ABB Oy, Motors and Generators Vaasasta. Opinnäytetyössä tutkittiin erilaisia uusia mittaustekniikoita ja niiden hyötyjä tuotantoon.

Opinnäytetyössä tutkittavat mittaustekniikat rajattiin työn edetessä tiedonsiirrolla varustettuun mittaustekniikkaan. Rajaukseksi työlle valittiin myös roottorin sorvaus ja vastaanottotarkastus. Työn tavoitteena oli parantaa, nopeuttaa ja helpottaa komponenttivalmistuksessa ja vastaanottotarkistuksissa suoritettavia mittauksia.

Opinnäytetyön lähteinä käytettiin eri mittalaittevalmistajien internet-sivuja, mitta-laittekatalogeja. Työn tuloksena syntyivät käyttöohjeet hankitulle mittaustekniikalle ja mittausohjelmistolle. Opinnäytetyön aikana onnistuttiin hyvin myös suunnittelemaan toimiva laitekokonaisuus roottorien mittaamiseen tehokkaasti. Työssä onnistuttiin myös hyvin selvittämään tiedonsiirrolla varustetun mittaustekniikan hyödyt ja haitat.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Kone- ja tuotantotekniikka

ABSTRACT

Author	Mika Mäenpää
Title	The Use of New Measuring Technology in Production and Acceptance Inspection
Year	2015
Language	Finnish
Pages	38
Name of Supervisor	Hannu Hyvärinen

This thesis was made for ABB Ltd, Motors and Generators from Vaasa. The purpose of the thesis was to research new measurement technology and to investigate its effects on rotor manufacturing and acceptance inspection.

The investigated new measurement technology was first defined to include only measurement technology that contained information transferring feature. The thesis was also restricted to focus only on rotor manufacturing and acceptance inspection. The aim for the thesis was to speed up, simplify and improve measurements in component manufacturing and acceptance inspection.

As a result of the thesis user manuals were made for the acquired measurement technology and measurement program. A functioning measurement instrument ensemble for the measurement of rotors was also planned during the work of the thesis. During the work of the thesis the pros and cons of measurement technology that contained information transferring feature were also sorted out.

Keywords	Measurement technology, information transferring, acceptance inspection, rotor manufacturing
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	7
	1.1 Työn tavoitteet	7
	1.2 Työn eteneminen.....	7
2	ABB OY, MOTORS AND GENERATORS	8
	2.1 ABB:n historia	8
	2.2 ABB-yhtymän synty	9
3	OIKOSULKUMOOTTORIN RAKENNE JA TOIMINTA	10
	3.1 Rakenne.....	10
	3.2 Moottorin toiminta.....	11
4	VIRHEET JA EPÄVARMUUDET	12
	4.1 Virheet.....	12
	4.1.1 Systemaattinen virhe	12
	4.1.2 Satunnaisvirhe	12
	4.1.3 Karkea virhe	13
	4.2 Epävarmuus ja epätarkkuus	13
5	MITTAUSTEKNIikka	14
	5.1 Tutustuminen uuteen mittaustekniikkaan	14
	5.2 MarCom Professional-ohjelmisto	15
	5.3 Työntömitat.....	16
	5.4 Kaarimikrometri.....	17
	5.5 Mittakello.....	18
	5.6 I-Stick-langaton vastaanotin	19
	5.7 Mahr.....	20
	5.8 Mittauspöytä roottorien mittaamiseen	20
	5.9 Magneettijalka mittakellolle	22
	5.10 Jalkapoljin.....	22
6	ROOTTORIN SORVAUS	24

6.1	Uuden mittaustekniikan hyödyntäminen roottorin sorvauksessa	24
6.2	Virhelähteet roottorin sorvauksessa	25
7	VASTAANOTTOTARKASTUS	26
7.1	Uuden mittaustekniikan hyödyntäminen vastaanottotarkistuksessa	27
7.2	Mittausprosessi käyttäen langatonta mittaustekniikkaa.....	27
7.3	Virhelähteet vastaanottotarkistuksessa ja niiden minimointi	29
8	KÄYTTÖOHJEET	31
8.1	Käyttöohjeen kirjoittaminen	31
8.2	Ohjeen rakenne	31
9	KÄYTTÖKOHTEET	32
9.1	Koneistuskeskukset.....	32
9.2	Staattorin valmistus.....	32
9.3	Massatarkastukset	33
10	TYÖN TULOKSET	34
10.1	Loppupäätelmät.....	35
10.2	Tutkitun mittaustekniikan hyödyt ja haitat	36
	LÄHTEET.....	38

KUVALUETTELO

Kuva 1.	Oikosulkumoottorin rakenne	s. 11
Kuva 2.	Marcom Professional-ohjelmisto	s. 16
Kuva 3.	Työntömitta	s. 17
Kuva 4.	Manuaalinen kaarimikrometri	s. 18
Kuva 5.	Digitaalinen mittakello	s. 19
Kuva 6.	I-Stick-langaton vastaanotin	s. 20
Kuva 7.	Mittapöydän siirrettävät tukirullat.	s. 22
Kuva 8.	Mittauspöytä	s. 22
Kuva 9.	Magneettijalka ja varsi	s. 23
Kuva 10.	Jalkapoljin	s. 24
Kuva 11.	Mittahuoneella käytettäviä mittalaitteita	s. 28
Kuva 12.	3D-Mittauskone	s. 30
Kuva 13.	Mittausraportti roottoreille	s. 35
Kuva 14.	Mittausraportti	s. 35

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin ABB:n Motors and Generators-yksikköön laatuosastolle. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan sellaista uutta mittaustekniikkaa, joka ei vielä ole käytössä ABB:n Motors and Generators-yksikössä. Työssä perehdytään suurimmaksi osaksi roottorin sorvauksen ja alihankintaroottoreiden vastaanottotarkistuksen mittaustekniikan päivittämiseen. Työssä tehdään myös ohjeistukset uusille mittalaitteille ja ohjelmistoille. Työn aloittamisen takana on laadunvalvonnan tehostaminen ja massatarkastusten jatkuva lisääntyminen. Työ kirjoitettiin suomen kielellä.

1.1 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa, nopeuttaa ja helpottaa komponenttivalmistuksessa ja vastaanottotarkistuksissa suoritettavia mittauksia. Tavoitteena oli myös tehdä yksinkertaiset käyttöohjeet uusille mittalaitteille ja -ohjelmistoille. Työ tehtiin tutkimalla uutta mittaustekniikkaa eri mittalaittevalmistajien tuotekatalogeista ja niiden internet-sivuilta. Uusia mittalaitteita myös hankittiin koekäyttöön tehtaalle ja niitä kokeiltiin käytännössä.

Uudesta mittaustekniikasta mahdollisesti saatava hyöty on mittausraporttien tulosten luotettavuuden paraneminen, mittausten suorittamisen nopeutuminen ja mitaustulosten kirjaamisen helpottuminen.

1.2 Työn eteneminen

Työ alkoi tavoitteiden ja prioriteettien kartoittamisella, sekä aiheen rajaamisella. Kun prioriteetit ja tavoitteet oli laadittu, alkoi varsinainen tutkimustyö. Tutkimusosiossa etsittiin uusia potentiaalisia mittalaitteita hyödynnettäväksi tuotantoon mittalaitteekatalogeista ja mittalaittevalmistajien kotisivuilta.

Mittalaitteiden etsimisen ja tilaamisen jälkeen alkoi käytännön kokeilut. Laitteiden tuotannon kokeilun jälkeen aloitettiin käyttöohjeiden luominen.

2 ABB OY, MOTORS AND GENERATORS

ABB on maailmanlaajuisesti erittäin tunnettu sähkömoottorien valmistaja ja johtava automaatioteknologia- ja sähkövoimayhtymä. ABB työllistää henkilöitä maailmanlaajuisesti noin 100 maassa. Suomessa ABB työllistää henkilöitä noin 5 200, sekä toimii lähes 21 paikkakunnalla ja on näin ollen yksi Suomen suurimmista teollisista työnantajista. /1/

2.1 ABB:n historia

Ruotsalainen Asea Ab ja sveitsiläinen Brown, Boveri & Cie yhdistyivät vuonna 1988 luoden ABB-yhtymän. ABB:n yhteys Suomeen sai kuitenkin alkunsa jo aiemmin tätä, kun Asea Ab osti vuonna 1986 Kymi-Strömberg Oy:n sähkötekniikan osan.

Axel Gottfrid Strömberg perusti vuonna 1889 yrityksen nimeltään Oy Strömberg Ab. Ensimmäisen varsinaisen tehtaansa hän perusti Sörnäisiin, jonka rakentaminen aloitettiin vuonna 1898. Strömbergin ensimmäiset moottorit ja generaattorit olivat erittäin kömpelönnäköisiä kilpailijoihin verrattuna, mutta huolto- ja käyttökustannuksiltaan ne olivat yliveraisia. Tehdastilojen käytyä ahtaaksi Sörnäisissä, perusti Strömberg uuden tehtaan Pitäjänmäkeen, joka valmistui kokonaisuudessaan vuonna 1919, johon myöhemmin keskittyi kaikki toiminta, koska vanha tehdas Sörnäisissä paloi.

Tuotantoa jatkettiin vaikeuksista ja materiaali- sekä työvoimapulasta huolimatta sodan aikoihin, jolloin tehdas valmisti myös sotatarvikkeita. Sotakorvaukset muodostivat suurimman osan tuotannosta sodan jälkeen aina vuoteen 1948 asti. Näinä vuosina vakiintui myös tiivis yhteistoiminta Wärtsilän kanssa, jonka jälkeen tuotantotilat kävivät jälleen ahtaaksi ja perustettiin uusi moottoritehdas Vaasaan. Moottoritehtaan lisäksi Vaasaan perustettiin vuonna 1955 liesitehdas, jossa nykyinen moottoritehdas toimii. Samoihin aikoihin vesivoiman kasvu oli kovaa, joten seuraavien kahden vuosikymmenaikoihin Strömberg valmisti myös kymmeniä

suuria vesivoimageneraattoreita. Strömbergin tehtaita alkoi työllistämään 1970-luvulla myös VR:n tilaamat sähköjunat. /2/ /4/

2.2 ABB-yhtymän synty

Strömbergin osakaskunnassa alkoi tapahtumaan suuria muutoksia vuonna 1975. Osakeannin yhteydessä Kymi Oy merkitsi osakkeita, koska Oy Tampella Ab ei taloudellisten vaikeuksien vuoksi voinut sille tarjottuja osakkeita merkitä. Vuonna 1982 Asea Ab myi osuutensa Kymi-Kymmenelle, jonka seurauksena sen osuus kasvoi 75 prosenttiin ja näin ollen fuusion tuloksena syntyi Kymi-Strömberg Oy. Tämän jälkeen vuonna 1986 Asea Ab osti Kymi-Strömbergin sähköteollisen osan ja vuoden kuluttua tästä Brown, Boweri & Cie ja Asea Ab yhdistyivät ja näin alkoi ABB:n toiminta vuonna 1988. /2/ /4/

3 OIKOSULKUMOOTTORIN RAKENNE JA TOIMINTA

Oikosulkumoottori muuttaa niihin syötettyä sähköenergiaa mekaaniseksi energiaksi. Useimmat sähkökoneet voivat toimia sekä moottorina että generaattorina. Koneita löytyy kuitenkin useita eri tyyppisiä, mutta tärkeimmät niistä ovat tahti-, epätahti- ja tasavirtakoneet. Näiden yleisimpien konetyyppien lisäksi on olemassa myös lukuisia erikoiskoneita. Isoimmat ja tärkeimmät kokoonpanossa asennettavat ja vastaanottotarkastuksessa mitattavat osat ovat staattorirunko, staattori (seisoja), roottori (pyörinä), laakerit ja laakerikilvet sekä liitäntäkotelot, josta moottori saa virtansa syöttökaapeliensa kautta. Moottori sisältää myös lukuisia muita osia. Vaasassa valmistettavat moottorit ovat kokoluokiltaan: 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400 ja 450 mm. Edellä mainitut kokoluokat tulevat akselikorkeuksista. /7/

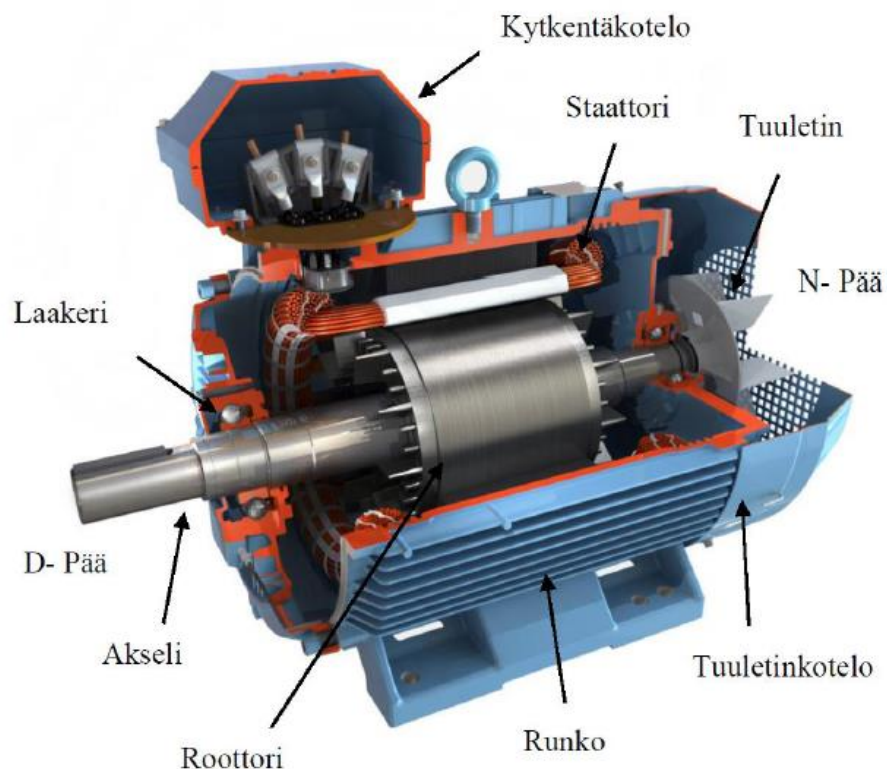
3.1 Rakenne

Staattori on sähkömoottorin yksi olennaisimmista komponenteista. Staattori on oikosulkumoottorin osa ja koostuu käämeistä, sekä staattoriraudasta. Käämit on yleensä valmistettu kuparista. Staattorirauta on ladottu erittäin ohuista noin 0,5 mm paksuisista levyistä, joissa sijaitsee urat käämin upottamista varten. Staattorirautojen uraluku vaihtelee moottorin napaparin mukana, joten niitä ei ole aina sama määrä.

Roottori on moottorin pyörivä osa, joka koostuu sauvoista ja levyistä ladotusta magneettipiiristä. Roottorissa sauvat ovat materiaaliltaan kuparia tai alumiinia. Myös roottorin levyistä löytyy urat, joihin valetaan tai upotetaan sauvat riippuen materiaalista. Roottorin oikosulkemiseen käytetään sen molempiin päihin oikosulkurenkaita.

Oikosulkumoottorista löytyy myös akseli, joka pyörii molemmista päistä laakerien varassa ja on asennettu pyörivän roottorin keskelle, sekä yleensä valuraudasta valmistettu staattorirunko. Staattorirunko voi olla myös valmistettu muusta mate-

riaalista. Moottorin rungosta löytyy useita ripoja, joiden tarkoitus on lisätä jäähdytyspinta-alaa. Magnetointi tapahtuu staattorin ja roottorin väliin jäävän ilmavälin kautta. Kuvassa 1 on esitetty perusmallisen epätahtimoottorin eli oikosulkumoottorin rakennetta. /5/



Kuva 1. Oikosulkumoottorin rakenne

3.2 Moottorin toiminta

Kun moottoriin syötetään sähkö normaalisti, synnyttää staattorin napa sulkeutuvan magneettivuon, joka kulkee staattorin ja roottorin välisen ilmavälin kautta kahdesti, jolloin roottoriin indusoituu jännite. Moottori ottaa pyörivän magneettikentän muodostamiseen tarvittavan loisivirran sähköverkosta. Pyörivä magneettikenttä sekä roottoriin indusoitunut virta saavat aikaan vääntömomentin, joka lopuksi aiheuttaa roottorin pyörimisliikkeen vääntömomentin ollessa suurempi kuin vastamomentti.

4 VIRHEET JA EPÄVARMUUDET

Tämä luku käsittelee virheitä ja epävarmuuksia sekä esittelyä käytetyistä termeistä. Luku sisältää myös yleistä tietoa tilastollisesta käsittelystä.

4.1 Virheet

Mitattaessa komponentteja syntyy usein monia virheitä. Näille virheille on monia eri virhekäsitteitä. Yleisimmät käsitteet virheille ovat karkeat, systemaattiset sekä satunnaiset virheet.

4.1.1 Systemaattinen virhe

Systemaattinen virhe tarkoittaa virhettä, joka toistuu joko aina samanarvoisena mittausta uusittaessa tai vaihtelee säännönmukaisesti olosuhteiden mukana. Systemaattisen virheen synty johtuu yleensä käytetyistä laitteista tai mittauksen suorittajasta. Yleisiä virheitä ovat mittaajan virhe mittalaitetta luettaessa tai mittalaitteen kalibrointivirhe. Systemaattisiksi virheiksi lasketaan myös esimerkiksi lämpölaajenemisen huomiotta jättämisen vuoksi syntyneet virheet. Mittaustapahtuman ulkoisen tarkkuuden sanotaan olevan hyvä silloin, kun systemaattisten virheiden osuus on pieni.

4.1.2 Satunnaisvirhe

Satunnaisvirhe eli hajontavirhe tai tilastollinen virhe vaihtelee satunnaisesti toistettaessa mittausta. Kyseisten virheiden todistaminen käy helposti toistamalla mitaus useasti ja piirtämällä mittaustuloksista histogrammi, jossa tuloksena syntyy jakauma jonkun todennäköisimmän arvon ympärille. Virhearviointi tapahtuu satunnaisvirheissä tilastomatematiikalla laskemalla. Satunnaisvirhe saattaa aiheutua esimerkiksi mittauksen suorittajasta. /8/

4.1.3 Karkea virhe

Karkea virhe syntyy kun mittaus suoritetaan siihen tarkoitukseen sopimattomalla mittalaitteella tai mittavälineen väärästä käsittelystä. Karkeaksi virheeksi kutsutaan myös mittavälineen lukuvirheitä. Mittavälineiden lukuvirheitä on pystytty nykyaikana minimoimaan kuitenkin hyödyntämällä digitaalisia mittavälineitä mekaanisten sijaan. Digitaalisissa mittavälineissä ei lukuvirhettä synny yhtä helposti kuin mekaanisten mittavälineiden vaikealukuisissa asteikoissa. /8/

4.2 Epävarmuus ja epätarkkuus

Epävarmuus on satunnaisvirheiden aiheuttamaa ja se ilmaisee mittaustulosten hajonnan. Jos epävarmuuden haluaa ilmaista kvantitatiivisesti, on sille laskettava tilastollinen luottamus- tai varmuusväli. Epätarkkuus tarkoittaa puolestaan mittauksen kaikkia virheitä. Eli jos systemaattiset virheet poistetaan mittauksesta, on epätarkkuus täysin sama kuin epävarmuus. /8/

5 MITTAUSTEKNIikka

Työ aloitettiin tutustumisella erilaisiin mittalaitteisiin ja tuotekatalogeihin, sekä eri tuotemerkkien kotisivuihin. Ennen työn varsinaista aloittamista oli työpaikalla jo valmiiksi 2 kpl langattomalla tiedonsiirrolla toimivaa työntömittaa. Toinen työntömitoista oli 0 – 150 mm välillä toimiva ja toinen suurempi 0 – 300 mm mitausvälillä toimiva. Näihin kahteen työntömittaan pääsin siis jo tutustumaan hienman ennen työn aloittamista työpaikalla. Työnantaja oli myös hankkinut valmiiksi mittausohjelmiston. Mittausohjelmisto osoittautui kuitenkin tutkimisen jälkeen MarCom Standard-versioksi, joka kuitenkin myöhemmin saatiin päivitettyä Professional-versioon, josta löytyivät kaikki ominaisuudet, mitä työssä tarvittiin.

Myöhemmin työn aloittamisen jälkeen tilasimme myös langattomalla tiedonsiirrolla toimivan mittakellon. Mittakellon tarkkuus oli 0,001 mm. Mittakellon valintaan vaikuttivat sen toiminnot ja merkki, joka oli sama kuin työntömitoissa. Mittalaitteet olivat kaikki Mahr-merkkisiä. Tarkoitus oli tilata mittakello 0,005 mm tarkkuudella, mutta sitä ei ollut vielä tilaushetkellä saatavissa.

5.1 Tutustuminen uuteen mittaustekniikkaan

Tutustuminen langattomaan mittaustekniikkaan alkoi 150 mm työntömitasta. Työntömitan toimintaperiaate oli kuitenkin jo selvä muuten paitsi langattomien ominaisuuksien kannalta. Mittaustekniikkaan tutustuminen sisälsi siis enimmäkseen MarCom-ohjelmiston toiminnan opettelua. Yhteyden saaminen oli aluksi haastavaa kun ohjelmistona oli MarCom Standard-versio. Kyseisessä versiossa oli ongelmia laitteiden kytkemisen järjestyksen kanssa. Laitteet olivat Standard-versiossa kytkettävä tietokoneeseen kiinni täysin oikeassa järjestyksessä, koska muuten langatonta yhteyttä ei ollut mahdollista muodostaa. Tässä vaiheessa tutkimusta lähetimme sähköpostia mittalaitteiden edustajalle, joka toimitti Professional-version MarCom-ohjelmistosta meille. Professional-versiossa oli myös mahdollisuus kytkeä useampia laitteita samaan mittauskeskukseksikköön. Ongelmien selvittäminen edustajan kanssa vei paljon työaika.

Toisen, suuremman työntömitan yhdistämisen kanssa oli aluksi myös ongelmia. Ongelmaksi muodostui laitteen valikon toimintavirhe, jonka seurauksena mittaa ei voinut yhdistää tietokoneeseen langattomasti. Ongelma kuitenkin ratkesi työntömitan pariston poistamisella laitteesta ja laittamalla se takaisin sisään. Näin työntömitta nollautui ja valikko palasi normaaliin tilaansa.

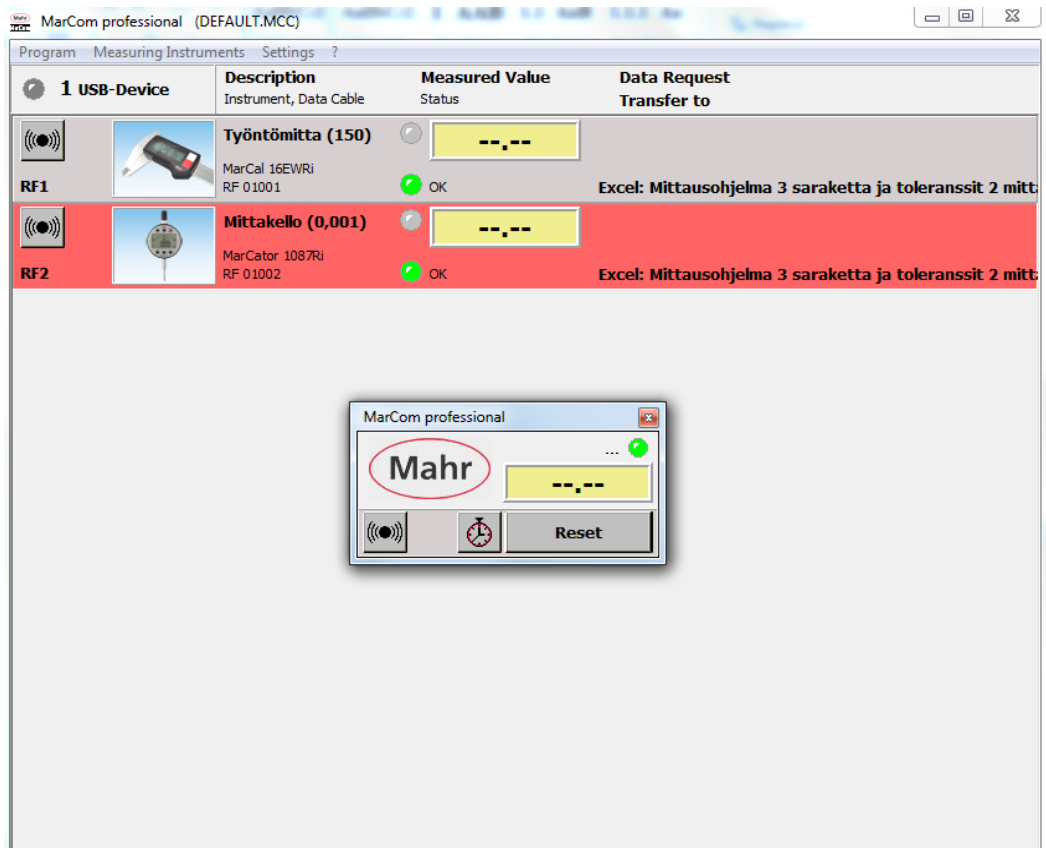
Mittakellon toimintaan täytyi tutustua hieman tarkemmin, koska aiempaa kokemusta digitaalisten mittakellojen käytöstä ei ollut. Mittalaitteen toimintaperiaate selvisi kuitenkin helposti mittalaitteen mukana tulleiden ohjeiden tutkimisella. Mittakellon yhdistäminen tietokoneeseen tapahtui kuitenkin täysin samalla toimintaperiaatteella kuin työntömittojen yhdistäminen.

5.2 MarCom Professional-ohjelmisto

MarCom Professional on Mahr-tuotemerkin oma ohjelmisto, jota voidaan hyödyntää langattomien ja langallisten mittalaitteiden tiedonsiirtoon. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin vain langattomaan tiedonsiirtoon.

Kyseessä oleva ohjelmisto on erittäin yksinkertainen, pelkistetty ja käyttäjäystävällinen. Ohjelmisto toimii yksinkertaisesti niin, että kun mittalaite on yhdistetty ohjelmaan ja halutaan lähettää mittaustulos tietokoneelle, tapahtuu se valittua nappia painamalla, jonka jälkeen tulos siirtyy Excel-ohjelmiston taulukon soluun. Erilaisia Excel-taulukoita on mahdollista tallentaa hyödynnettäväksi mittauksessa.

MarCom-ohjelmistossa on myös mahdollista muokata tuloksen siirtosolua haluttuun kohtaan, sekä valita otantojen lukumäärä, jonka jälkeen ohjelma ilmoittaa mittauksen lopetuksesta. Kyseisessä ohjelmistossa on myös mahdollista nimetä laitteet, sekä lisätä useampia laitteita. Kuvassa 2 on havainnollistettu MarCom Professional-ohjelmiston ulkonäköä.



Kuva 2. Marcom Professional-ohjelmisto

5.3 Työntömitat

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kahta erikokoista työntömittaa, joissa oli molemmissa täysin sama toimintaperiaate. Toinen mitoista oli mittausalueeltaan pienempi 0-150 mm ja toinen suurempi 0-300 mm. Työntömittojen toiminnassa ei ilmenyt alun tutustumisen jälkeen kuitenkaan suurempia ongelmia. Kuvassa 3 nähdään langattomalla tiedonsiirrolla varustettu työntömitta..



Kuva 3. Työntömitta

5.4 Kaarimikrometri

Kaarimikrometriä ei opinnäytetyön tekemisen aikana hankittu. Kaarimikrometriä käytetään roottorien halkaisijoiden mittaamiseen ja sillä päästään 0,01 mm tarkkuuteen. Kaarimikrometriä ei ole Mahr-tuotemerkiltä saatavilla langattomalla tiedonsiirrolla, mutta langallisena versiona sitä on mahdollista tilata. Langallinen digitaalinen mittalaite toimii samalla periaatteella kuin langaton, mutta laitteessa tulee aina olla kiinni johto, kun sillä halutaan mitata. Kaarimikrometrin sijasta olisi myös mahdollista käyttää kaarimikrometrin runkoon kytkettyä mittakelloa mittavälineenä roottorien mittaamiseen.

Kaarimikrometrin käyttöön liittyy kuitenkin joitain ongelmia, vaikka kyseistä mittalaitetta ei päästy testaamaan käytännössä opinnäytetyön aikana. Kaarimikrometri on vaikea mittalaite hallita, joten sen käyttö vaatii paljon opettelua varsinkin kun puhutaan suurimmista kaarimikrometreistä. Langallisen kaarimikrometrin

johto voi myös sotkeentua tai siihen voi kompastua mittaustapahtumaa suoritettaessa, josta seuraa materiaali- tai henkilövahingon mahdollisuus. Kaarimikrometri on myös erittäin herkkä mittalaite, joten kaikki iskut ja kolhut siihen on minimoitava. Kuvassa 4 nähdään normaali kaarimikrometri.



Kuva 4. Manuaalinen kaarimikrometri

5.5 Mittakello

Opinnäytetyössä käytetty mittakello oli myös merkiltään Mahr. Tarkemmalta nimitykseltään MarCator 1087Ri. Mittakellon toimintavälinä oli 0-12,5 mm ja tarkkuutena 0,001mm. Mittakello toimii langattomasti ja siinä on mahdollista asettaa toleranssialue, sekä etsiä suurin ja pienin arvo mitatusta kappaleesta.

Mittakelloon tutustumisessa tuli vastaan vain yksi ongelma. Mittakello oli liian tarkka, sillä kelloa nollattaessa se reagoi liian herkästi napin painamiseen, jolloin lukema saattoi muuttua. Mittakellon ylitarkkuusongelma tiedettiin jo ennen lait-

teen tilaamista, mutta koska mittakelloa tarkkuudella 0,005 mm ei tilaushetkellä ollut saatavilla, tilattiin tarkempi mittakello. Kuvassa 5 on langattomalla tiedonsiirrolla varustettu mittakello.



Kuva 5. Digitaalinen mittakello

5.6 I-Stick-langaton vastaanotin

I-Stick-langaton vastaanotin mahdollistaa yksinkertaisen liittämisen MarCom Professional-ohjelmistoon. Langattoman vastaanottimen on aina oltava kytkettynä tietokoneeseen, jotta mittaustulosten siirtäminen mittalaitteelta tietokoneelle onnistuu. Kuvassa 6 on esitelty I-Stick-vastaanotinta.



Kuva 6. I-Stick-langaton vastaanotin.

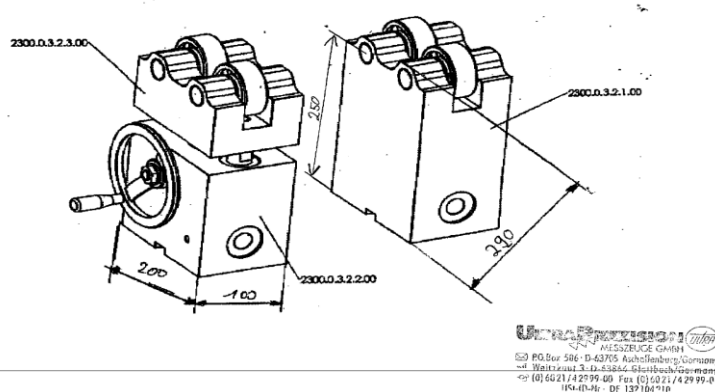
5.7 Mahr

Mahr on maailman kolmanneksi suurin mittalaitevalmistaja. Mahr-tuotemerkillä on toimintaa ympäri maailman. Mahr valmistaa monia mittaustekniikkaan liittyviä tuotteita ja tarjoaa myös konsultointipalveluita laatuun liittyen. Opinnäytetyöhön valittiin kyseisen tuotemerkin mittalaitteita, koska saatavuus ja luotettavuus olivat hyviä. Mahr – merkkisiä mittalaitteita oli myös jo ennestään ABB:llä varastossa, joten tutkimisen aloittaminen niistä oli luontevaa.

5.8 Mittauspöytä roottorien mittaamiseen

Mittauspöydän valinta alkoi mittahuoneella työskentelevän mittamiehen aloitteesta. Erilaisia mittauspöytävaihtoehtoja roottoreille tutkittiin mittalaittekatalogeista, mutta loppujen lopuksi päädyttiin kuitenkin mittamiehen ehdottamaan malliin. Kyseisestä mallista löytyy kivipöytä, kiskot tukirullien liikuttamiseen ja mahdoli-

suus lisätä mittalaitetukivarsia. Mittauspöydässä oli myös mahdollisuus säätää toisen tukirullan korkeutta, mikä oli tärkeää erikokoisten laakeripaikkojen vuoksi. Mittapöydän koko oli myös suunniteltava etukäteen, joten päädyimme kokoon ”1200 x 400 x 160”, joista 1200 tarkoittaa pituutta, 400 leveyttä ja 160 korkeutta millimetreissä. Kuvassa 7 on havainnollistettu tukirullien kokoa. Kuvassa 8 on esitelty mittauspöydän ulkonäköä. /10/



Kuva 7. Mittapöydän siirreltävät tukirullat.



Kuva 8. Mittauspöytä

5.9 Magneettijalka mittakellolle

Magneettijalka on mittausapuväline mittakellolle, jolla voidaan mitata esimerkiksi roottorin ympyrämäisyyttä. Magneettijalassa on monta niveltä, josta sitä voi taivuttaa haluttuun asentoon. Kyseessä olevasta apuvälineestä löytyy myös magneettinen jalka, joka on mahdollista kiinnittää esimerkiksi valurautaiseen tukipöytään. Kuvassa 9 nähdään magneettijalkaan kiinnitetty mittakello.



Kuva 9. Magneettijalka ja varsi

5.10 Jalkapoljin

Jalkapoljin on tarkoitettu tiedonsiirtopainikkeeksi mittalaitteille, jotka hyödyntävät MarCom Professional-ohjelmistoa. Jalkapolkimen toimintaperiaate on yksinkertainen: tiedonsiirto tapahtuu painamalla poljinta. Jalkapoljin on kuitenkin ennen mittaustapahtumaa asennettava halutulle laitteelle MarCom Professional-ohjelmiston asetuksista. Jalkapolkimen hyöty tiedonsiirrossa on merkittävä esimerkiksi silloin, kun tiedonsiirtonapin painaminen mittalaitteesta on mahdotonta

mittaustulosten vääristymisen takia. Mittalaitteen tärähtämisestä aiheutuvia virhelähteitä voidaan siis minimoida käyttämällä tiedonsiirtoon jalkapölyjintä. Käyttökohteena jalkapölykimellä voisi esimerkiksi olla roottorin ympyrämäisyyden mittaaminen tarkalla mittakellolla. Kuvassa 10 nähdään tiedonsiirtoon käytettävä jalkapölyjin.



Kuva 10. Jalkapölyjin

6 ROOTTORIN SORVAUS

Roottori nostetaan sen jäähtyttyä rullaradalta oikaisupöydälle mittaukseen. Roottorin akselista mitataan heitot mittakellolla ja se oikaistaan, jos se ei täytä vaatimuksia. Oikaisu tapahtuu lämmittämällä induktiolämmittimellä pistemäisesti laakeriolakkeen ja rottoripaketin väliseltä alueelta siltä puolelta, minne akselinpään halutaan kääntyvän. Akseli taipuu, koska rottorinpaketin valamisen jälkeen kuumaan pakettiin puristettava huoneenlämpöinen akseli lämpenee paketin kuumuuden seurauksena, jonka vuoksi akselin oikaisulle saattaa olla tarvetta. Akselia ei saa lämmittää laakeriolakkeen kohdalta, koska tällöin on vaarana, että moottorin laakerit leikkaavat kiinni. Oikaisupöydältä rottori nostetaan sorviin, jossa se sorvataan haluttuun mittaan.

Sorvauksen jälkeen rottorista mitataan halkaisijat ja tarvittaessa erikseen vaaditut heitot rottorin paketista. Roottori nostetaan sorvista sorvauksen jälkeen rullaradalle, josta se jatkaa matkaansa tasapainotukseen. Roottorin sorvauksessa mitta-laitteena halkaisijan mittaamiseen käytetään tällä hetkellä kaarimikrometriä ja heittojen mittaamiseen mekaanista mittakelloa.

6.1 Uuden mittaustekniikan hyödyntäminen rottorin sorvauksessa

Tiedonsiirrolla varustettua mittaustekniikkaa on mahdollista hyödyntää myös rottorin sorvauksessa. Esimerkkejä mittaustekniikan hyödyntämisestä ovat rottorin paketin heittojen sekä akselin heittojen mittaaminen, jotka onnistuvat erinomaisesti mittakellon MIN/MAX-toiminnon avulla.

Kyseinen toiminto etsii suoritettavasta mittauksesta ensin suurimman ja sitten pienimmän kohdan, jotka laite tallentaa näytölle. Roottorin sorvauksessa rottorin heitot mitataan sen ollessa kiinnitettynä sorvissa mahdollisten lisäkoneistuksien varalta. Mittaukset suoritetaan magneettijalkaan kiinnitetyllä mittakellolla. Magneettijalka kiinnitetään sorviin kiinni, jonka jälkeen mittakello asetetaan rottoria vasten ja nollataan. Mittakellon nollauksen jälkeen laitetaan rottori pyörimään

sorvissa hitaasti ja etsitään siitä pienin sekä suurin arvo. Mittalaitteen näytölle tallennettu mittaustulos on sen jälkeen mahdollista lähettää Excel-taulukkoon. Mittaukset on mahdollista suorittaa joko sorvin sisällä sorvauksen jälkeen tai tasapainotuskoneessa kääntöpyörien päällä.

6.2 Virhelähteet roottorin sorvauksessa

Virhelähteitä roottorinsorvauksessa esiintyy muutamia. Esimerkiksi sorvin laakerointiosien laatuvirheet, kuten niiden kuluminen ja siitä johtuva väljyys ovat virhelähteitä roottorinsorvauksessa. Virhelähteiksi roottorinsorvauksessa lasketaan myös lämpötilan heitot ja kappaleiden likaisuus. Virhelähteitä esiintyy myös mittalaitteiden väärinkäytössä, sekä mittalaitteen huolimattomasta kohtelusta.

Roottorinsorvauksessa roottorien mittaamiseen käytetään kaarimikrometriä sekä mittakelloa. Kaarimikrometrin käyttäminen on kokemattomalle erittäin haastavaa, joten sekin saattaa aiheuttaa varsinkin suurien roottorien mittaamisessa virheitä. Mittakello on myös erittäin herkkä mittalaite, joten iskut laitteeseen voivat aiheuttaa sen virheellisen toiminnan ja näin aiheuttaa virheellisen mittaustuloksen. Mittalaitteen tärähtämisestä aiheutuvia virhelähteitä voidaan minimoida käyttämällä tiedonsiirtoon jalkapoljinta.

7 VASTAANOTTOTARKASTUS

Vastaanottotarkastuksessa suoritetaan mekaaniset-, sähköiset-, sekä visuaaliset tarkistukset. Visuaalisissa tarkastuksissa kappaleista tarkistetaan valuhuokokset sekä pinnanlaadun virheet. Visuaalisissa tarkastuksissa tarkistetaan myös kosteus-suojalakan kunto, sekä mahdolliset valupurseet, mikäli kyseessä ovat roottorit. Tarkastusten tulosten perusteella kappaleet joko hyväksytään tai hylätään, jonka jälkeen laatuinsinööri tekee tarvittavat jatkotoimenpiteet.

Vastaanottotarkastuksen tarkoituksena on mitata riittävä määrä toimittajilta saapuvia koneistettuja osia. Mitattavien kappaleiden määrä vaihtelee eri komponenttien ja erien välillä, mutta yleisesti hyväksyttynä toimenpiteenä pidetään sitä, että tarkastettavasta erästä mitataan 5 % tai vähintään kolme kappaletta, jos erä on pieni. Tämän lisäksi ISO9001:2008-laatustandardi ja ISO/IEC 80079-34:2011-standardi sekä ATEX-direktiivi velvoittavat tekemään sisäisen vastaanottotarkastuksen mm. koneistetuille osille ja roottoreille. Mittaukset vastaanottotarkastuksessa suoritetaan pääosin mittahuoneen sisällä mittakoneella, mutta usein joudutaan turvautumaan myös käsimittavälineisiin. ABB:llä Motors and Generators-yksikössä mittalaitteet kalibroidaan säännöllisin väliajoin. Kalibroinnit suorittaa siihen erikoistunut yritys, jolta ABB tilaa työn. Kalibroimatonta tai näkyvästi viallista mittalaitetta ei saa käyttää. Kalibroidun mittalaitteen tunnistaa vuosittain vaihtuvasta värillisestä tarrasta. Kuvassa 11 esiintyy vastaanottotarkastuksessa käytettäviä mittalaitteita. /9/



Kuva 11. Mittahuoneella käytettäviä mittalaitteita

7.1 Uuden mittaustekniikan hyödyntäminen vastaanottotarkistuksessa

Langattomalla tiedonsiirrolla varustettua mittaustekniikkaa voidaan hyödyntää vastaanottotarkistuksessa. Kyseinen mittaustekniikka on kuitenkin hyödyllistä vain silloin, kun mitattavia kappaleita on kymmeniä ja tulokset on arkistoitava sekä raportoitava. Tässä työssä tutkitaan etenkin uusien mittavälineiden hyödyllisyyttä roottoreiden vastaanottotarkistuksissa. Roottori on ulkomuodoltaan yksinkertainen, mutta sen mittaamiseen vaaditaan useita mittalaitteita, koska mitattavia kohteita on monta. Roottorin mittaamiseen tarvitaan mittalaitteiksi mm. työntömittoja, mittakelloa, kaarimikrometrejä, lämpötilamittaria, sekä vaakaa.

7.2 Mittausprosessi käyttäen langatonta mittaustekniikkaa

Langaton mittausympäristö toimii MarCom Professional -ohjelmiston avulla. MarCom Professional -ohjelmistossa on mahdollista lisätä ja poistaa mittalaitteita,

sekä muokata mittausohjelmaa haluttuun muotoon. Mittalaitteet on myös mahdollista nimetä ohjelmistossa, jotta ne saadaan eroteltua toisistaan. Mittalaitteiden yhdistämisen ja oikean mittauspöytäkirjan valitsemisen tai uuden pöytäkirjan luonnin jälkeen voidaan aloittaa varsinainen mittaaminen. Mittausta suoritettaessa on otettava huomioon kappaleiden nimeäminen, esimerkiksi juoksevalla numeroinnilla, mikäli on aihetta tarkastella mittaustuloksia vielä jälkeenkäin. Mittausprosessi alkaa aina kappaleiden puhdistamisella ja lämpötilojen mittaamisella, jotta mahdolliset virhelähteet voidaan minimoida. Vastaanottotarkastuksessa lämpötilan mittaamiseen käytetään työhön tarkoitettua mittalaitetta, jolla pystytään mittaamaan lämpötila kappaleen pinnalta.

Mittaus on aina suoritettava ennalta määrättyssä järjestyksessä, koska tulokset saapuvat suunniteltuun Excel-taulukkoon järjestyksessä rivi tai sarake kerrallaan. Mikäli on tarvetta kahdelle tai useammalle mittaustapahtumalle yhtäaikaaisesti, on mittalaitetta yhdistäessä valittava kaikille mittaustapahtumille yksilölliset kanavat. Mittaustulokset ja mittausohjelmapohjat on myös tallennettava aina ennalta sovituihin kansioihin, jotta väärinkäsityksiltä sekä sekaannuksilta vältyttäisiin. Mittaustulosten ja mittausohjelmapohjien tallentamisella ennalta määrättyyn sijaintiin, voidaan ehkäistä tulosten katoaminen. Kuvassa 12 esiintyy mittahuoneessa oleva 3D-mittauskone.



Kuva 12. 3D-mittauskone

7.3 Virhelähteet vastaanottotarkastuksessa ja niiden minimointi

Vastaanottotarkastuksessa mittaamisessa löytyy myös virhelähteitä. Eräs suurimmista virhelähteistä vastaanottotarkastuksessa on kappaleiden lämpötila mitattaessa eli lämpölaajeneminen, sekä epäpuhtaudet mitattavien kappaleiden pinnalla. Nämä virhelähteet voidaan kuitenkin minimoida helposti antamalla kappaleiden lämpötilan tasaantua esimerkiksi mittahuoneen sisällä tasaisessa lämpötilassa. Lämpötilan vaihtelut voidaan myös kompensoida matemaattisesti laskemalla. Mitattavien kappaleiden lämpötilanvaihtelut ovat varsinkin Suomessa suuria. Kesällä kappaleet saattavat lämmetä erittäin paljon auringossa ja tehtaan lämpöisissä tiloissa. Talvella taas kylmissä olosuhteissa kappaleet voivat olla erittäin kylmiä, mikä voi aiheuttaa suuriakin mittavirheitä, joiden seurauksena voi ilmetä ongelmia tuotannossa. Kappaleiden mahdolliset epäpuhtaudet on myös huomioitu vastaanottotarkastuksessa puhdistamalla mitattavat kohteet aina ennen niiden mit-

tausta. Epäpuhtauksiin voi kuulua esimerkiksi erilaiset pölyt, sekä öljy- ja rasvajäämät. ABB:llä ostovaatimuksena on kappaleiden puhtaus, joten likaisia kappaleita tehtaalle ei voida hyväksyä. Mittauspaikka saattaa myös aiheuttaa virhelähteen, mikäli paikka jossa kappaleita mitataan, on ergonomisesti huono.

Langattomalla tiedonsiirrolla varustetulla mittaustekniikalla mitattaessa ei synny uusia huomattavia virhelähteitä, koska kyseinen mittaustekniikka toimii samalla periaatteella kuin ilman langatonta ominaisuutta toimivat mittausvälineet. Huomattavasti suurin virhelähde tutkitussa mittaustekniikassa esiintyy mittaustulosten lähettämisessä mittalaitteelta mittausohjelmapihviin. Kyseisessä tapauksessa on mahdollista, että virheellisesti painaessa tai väärää kohtaa mitattaessa tulos siirtyy väärään soluun, jonka seurauksena on vääristynyt mittausraportti.

Vastaanottotarkistuksessa hyödynnetään myös mittauspöytiä joiden materiaalina on graniitti. Mittauspöydät, joiden materiaalina on kova ja tasaiseksi hiottu graniitti ei aiheuta mittaustuloksiin yhtä paljon virheitä kuin esimerkiksi metallinen pöytä. Metallista valmistettu pöytä joustaa, mikä voi aiheuttaa helposti virhelähteen mittaustapahtumaan. Graniitista valmistetuissa mittauspöydissä joustoa on pyritty minimoimaan.

8 KÄYTTÖOHJEET

Opinnäytetyössä tehtiin myös ohjeet hankituille mittalaitteille sekä MarCom Professional-ohjelmistolle. Tämä luku käsittelee ohjeen kirjoittamista sekä lopputulosta.

8.1 Käyttöohjeen kirjoittaminen

Opinnäytetyössä tutkituista mittalaitteista ja niiden käytöstä tehtiin käyttöohjeet. Käyttöohjeiden laatimisella haluttiin varmistaa mittalaitteiden ja MarCom Professional-ohjelmiston vaivaton käyttö ja käyttöönotto uudelle käyttäjälle. Ohje kirjoitettiin ABB:n sisäisessä verkossa toimivaan Lotus Notes tietokannan ohjeet-osioon. Käyttöohjeen kirjoittaminen alkoi sen sisällysluettelon laatimisella. Sisällysluettelon valmistumisen jälkeen oli mahdollista aloittaa varsinaisen ohjeen kirjoittaminen. Käyttöohjeen kirjoittamisessa haasteeksi osoittautui oma tuntemus tutkittuun mittaustekniikkaan, joka aiheutti puutteellisten ohjeiden syntymisen. Käyttöohjeita kirjoitettiin kuitenkin moneen kertaan ja lopputuloksena syntyivät käyttökelpoiset ohjeet.

8.2 Ohjeen rakenne

Käyttöohjeen rakenne pyrittiin luomaan mahdollisimman yksinkertaiseksi ja helppolukuiseksi. Ohje koostui useista otsikoista ja alaotsikoista, joiden alle kirjoitettiin mahdollisesti tarvittavia lisätietoja. Ohjeessa hyödynnettiin myös MarCom Professional-ohjelmistosta otettuja kuvakaappauksia eri toimintojen esittämisen yksinkertaistamiseksi, sekä mittalaitteiden toimintojen ymmärtämisen parantamiseksi. Periaatteena kuitenkin ohjeen rakenteella oli se, että laitteita olisi mahdollista käyttää vain kappaleiden otsikoiden lukemisella, jolloin ohjeen lukeminen ei tuota käyttäjälle liikaa työtä, sekä kynnys sen hyödyntämiseen olisi matala.

9 KÄYTTÖKOHTEET

Langattomalla mittaustekniikalla varustettua mittaustekniikkaa voidaan soveltaa moneen käyttökohteeseen. Kyseisestä mittaustekniikasta on etenkin hyötyä silloin, kun mitattavia kappaleita on useita ja tulokset on aina arkistoitava. Edellisen lisäksi langatonta tiedonsiirtoa hyödyntävää mittaustekniikkaa voidaan käyttää hyvin esimerkiksi kaikissa tehotarkastuksissa. Tehotarkastuksella tarkoitetaan mittaustapahtumaa, jossa mitattavia kappaleita on useita ja joista kaikista on tehtävä mittauspöytäkirjat.

9.1 Koneistuskeskukset

Nykyisenä käytäntönä koneistuskeskuksilla on kirjata koneistajien toimesta kaikkien koneistettujen Ex-staattorirunkojen liekki pintojen mitat rutiinimittauspöytäkirjaan. Mittaustulokset kirjataan käsin paperille ja arkistoidaan vaatimusten mukaisesti. Rungot myös nimetään juoksevilla numeroinnilla. Tätä mittaustaakkaa voitaisiin helpottaa hyödyntämällä langattomalla tiedonsiirrolla toimivaa mittaustekniikkaa. Ex-staattorirungolla tarkoitetaan räjähdysuojatun moottorin staattorirunkoja. Ex-staattorirunkoja käytetään siis sellaisiin moottoreihin, jotka menevät asiakkaille, joilla käyttötiloina ovat räjähdysvaaralliset alueet, kuten esimerkiksi öljynporauslautoille.

9.2 Staattorin valmistus

Staattorin valmistuksessa on mahdollista hyödyntää langattomalla tiedonsiirrolla toimivaa mittaustekniikkaa, koska alkuperäisenkin mittaustapa hyödyntää kaarimikrometrin runkoon kytkettyä mittakelloa. Tutkittua mittaustekniikkaa ei siis olisi vaikeaa ottaa käyttöön staattorin valmistuksessa. Staattorin valmistuksessa voitaisiin siis käyttää digitaalista mittakelloa langattomalla tiedonsiirrolla hyväksi tehotarkastuksissa. Tutkittua mittaustekniikkaa ei kuitenkaan ole hyödyllistä käyttää jokapäiväisissä mittauksissa.

9.3 Massatarkastukset

Langattomalla tiedonsiirrolla varustetun mittaustekniikan yksi hyödyllisimpiä käyttökohteita ovat satunnaiset massatarkastukset, joissa kohteina on yksinkertaisia kappaleita ja niitä on kymmeniä. Tällaisissa tapauksissa tiedonsiirron nopeus ja helppous nopeuttavat mittaustapahtumaa huomattavasti. Massatarkistuksissa tai tehotarkastuksissa tutkitun mittaustekniikan hyödyntäminen myös vähentäisi huomattavasti virhelähteitä aikaisempaan massatarkastustapahtumaan verrattuna.

10 TYÖN TULOKSET

Opinnäytetyön tuloksena syntyivät käyttöohjeet tiedonsiirrolla varustetun Mahr-tuotemerkin mittaustekniikan käyttöön, sekä kyseisen mittaustekniikan mittausta-
pahtuman suorittamiseen alusta loppuun. Työn tuloksena hankittiin myös mitta-
laitteita, sekä tehtiin hankintaehdotus mittauspöydästä. Työn aikana luotiin myös
mittausohjelmia erilaisille kappaleille. Opinnäytetyön tuloksena syntyneiden
käyttöohjeiden avulla on mahdollista ottaa käyttöön kyseinen mittaustekniikka,
vaikka aiempaa kokemusta tiedonsiirrolla varustetusta mittaustekniikasta ei olisi.
Kuvassa 13 ja 14 on esitetty esimerkkejä mittausraporteista.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	kpl	A1	B1	C1	A2	B2	C2	D (D-pää)	E (D-pää)	F (D-pää)	D (N-pää)	E (N-pää)	F (N-pää)	G	L1	Kiilaura (D-pää)	Kiilaura (N-pää)
2	1																
3	2																
4	3																
5	4																
6	5																
7	6																
8	7																
9	8																
10	9																
11	10																
12	11																
13	12																
14	13																
15	14																
16	15																
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34																	

The technical drawing shows a shaft with several features. The main shaft has a diameter of D. There are three steps of different diameters: D, E, and F. The lengths of these steps are A, B, and C respectively. The total length of the shaft is G. A dimension L1 is shown for the main shaft section. A cross-section view shows a diameter of 1 and a feature of diameter 2. A dimension N is shown for a feature on the right end of the shaft.

Kuva 13. Mittausraportti roottoreille

kpl	mitta 1	mitta 2	mitta 3	Ylä toleranssi (1)	Ala toleranssi (1)	Materiaali	Revisio
1							
2							
3				Ylä toleranssi (2)	Ala toleranssi (2)	Mittausväline	Värien selitykset
4							Hyvä
5							Yli toleranssin
6				Ylä toleranssi (3)	Ala toleranssi (3)	Lämpötila	Huomattavasti yli toleranssin
7							
8							
9				Ylä toleranssi (4)	Ala toleranssi (4)	Mittaaja	
10							
11							
12				Ylä toleranssi (5)	Ala toleranssi (5)	Aika ja paikka	
13							
14							
15				Ylä toleranssi (6)	Ala toleranssi (6)	Huomatuettavaa	

Kuva 14. Mittausraportti

10.1 Loppupäätelmät

Tiedonsiirrolla varustettua mittaustekniikkaa ei ole kannattavaa hyödyntää joka-päiväisissä tuotannossa tapahtuvissa rutiinimittaustapahtumissa. Jokaisen kapp-

leen, sekä jokapäiväinen mittaaminen kyseisellä mittaustekniikalla ei ole kannattavaa, koska niin suurta mittaustulosten määrää ei ole järkevää analysoida ja tallentaa. Liiallinen mittaamien vie myös aikaa ja resursseja muilta toiminnoilta.

Opinnäytetyössä tutkittua mittaustekniikkaa on kuitenkin kannattavaa hyödyntää useissa muissa tilanteissa. Parhaiten tutkittu mittaustekniikka soveltuu jatkuvasti lisääntyviin massa- ja tehotarkastuksiin erilaisissa kohteissa, kun tarkastettavia kappaleita on useita. Hyödyllisiä käyttötarkoituksia ovat myös yksinkertaiset mittaustapahtumat, joissa mitattavat kohteet eivät vaihtele kokoluokiltaan ja toleransseiltaan, koska tällöin voidaan hyödyntää MarCom Professional-ohjelmistoa helpposti ja täydellä kapasiteetilla.

10.2 Tutkitun mittaustekniikan hyödyt ja haitat

Langattomalla tiedonsiirrolla varustetulla mittaustekniikalla on mahdollista minimoida tulosten käsin kirjaamisessa tapahtuvat inhimilliset virheet sekä säästää aikaa. Inhimillisiin virheisiin kuuluu esimerkiksi virheellisesti kuullut tulokset ja niiden kirjaaminen ylös, sekä tulosten kirjaaminen väärin kohtiin tai epäselvä käsiala. Tutkittu mittaustekniikka säästää myös aikaa, koska tuloksia ei tarvitse käsin kirjata, eikä raporttia tarvitse muokata mittaustapahtuman jälkeen. Tiedonsiirrolla varustetun mittaustekniikan käyttö saattaa myös säästää työvoimaa, koska suurimmissa massamittaustapahtumissa on usein ollut työskentelemässä kaksi työntekijää yhtä aikaa. Positiiviseksi asiaksi voi lukea myös tiedonsiirto-ohjelmiston käyttäjäystävällisyyden ja vaivattomuuden, koska lukuisat muut mittaushjelmistot ovat erittäin hankalia käyttää ja niiden käytön opettelu vie huomattavan paljon aikaa. Tutkitun mittaustekniikan hyötyihin voi myös laskea mittausraporttien yhteneväisyyden ja ajan myötä jatkuvasti helpottuvan raporttien laatimisen, koska raporttien pohjia on mahdollista tallentaa ja hyödyntää uudelleen tilanteen niin vaatiessa.

Edellä mainitulla tekniikalla on kuitenkin myös huonoja puolia. Kyseinen tekniikka vaatii jatkuvasti tietokoneen lähietäisyydelle, sekä tulosten siirtonapin virheel-

liset painallukset saattavat aiheuttaa sekaannusta tuloksissa. Mittakello on myös erittäin herkkä liikahtamaan sitä nollattaessa, joten sekin voi aiheuttaa suurenkin virheen mittaustulokseen. Huonoiksi puoliksi luetaan myös inhimilliset virheet tulosten tallentamisessa, mutta tämä virhelähde on pystytty minimoimaan ohjeistamalla tulosten tallentamisessa ja painottamalla niiden tallentamista.

LÄHTEET

- /1/ ABB Suomessa [Viitattu 17.2.2015] internetissä:
<<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>>
- /2/ ABB:n historia [Viitattu 17.2.2015] internetissä:
<<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>.>
- /3/ ABB Suomessa 125 vuotta Power Point esitys. ABB:n sisäisessä verkossa oleva Power Point-esitys.
- /4/ Yhden miehen unelmasta kasvoi menestyvä sähkökonetehdas ABB:n sisäisessä verkossa oleva artikkeli
- /5/ Roottorin toiminta [Viitattu 17.2.2015] internetissä:
<<http://fi.wikipedia.org/wiki/Oikosulkumoottori>>
- /6/ Tietoa mittalaittevalmistajasta nimeltä Mahr [viitattu 17.2.2015] internetissä: <<http://www.mahr.com/en/Home/About-Mahr>>
- /7/ Sähkökoneet [Viitattu 19.2.2015] internetissä:
<http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf>
- /8/ Virheenlaskenta [Viitattu 25.2.2015] internetissä:
<<http://physics.aalto.fi/pub/kurssit/Tfy-3.15xx/Luentomat/Tulostenkasittely.pdf>>
- /9/ TUKES [Viitattu 25.2.2015] internetissä:
<<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/ATEX---Rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet>>
- /10/ Mittapöytä [Viitattu 2.5.2015] internetissä:
<<https://www.mahr.com/images/OnlineKataloge/Mahr-Metrology-Catalog-USA--EN--2014/blaetterkatalog/index.html>>