



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Matias Kontio

KONEISTUSTOLERANSSIEN HARMO- NISOINTI M3BP-MOOTTORISARJASSA

Tekniikka ja liikenne
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Matias Kontio
Opinnäytetyön nimi	Koneistustoleranssien harmonisointi M3BP-moottorisarjassa
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	29 + 10 liitettä
Ohjaaja	Hannu Hyvärinen

Opinnäytetyön tarkoituksena oli käydä läpi ABB M3BP-moottorisarjan passiiviosien koneistuspiirustuksissa käytetyt pinnankarheus- ja geometriset toleranssit, kartoittaa käytössä olevien kuvien toleranssierot ja laatia toleranssi- ja geometriset piirustukset. Työ tehtiin ABB Motors & Generators Vaasan yksikölle, joka valmistaa M3-sarjan moottoreita.

Työ aloitettiin tutustumalla perusteellisesti M3BP-moottorisarjaan ja kokoamalla luettelo läpikäytävistä osista. Työssä esitellään lyhyesti sähkömoottorin toiminta-periaatetta ja rakennetta, sekä toleranssien perusteita.

Työn tuloksena on laadittu yhdeksän kappaletta piirustusten harmonisoinnin mahdollistavia referenssi- ja staattorirunkojen koneistuspiirustuksia jatkossa käytettävistä geometrisista toleransseista ja pinnankarheusmerkeistä.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Matias Kontio
Title	Harmonisation of Tolerances in M3BP-Motor Series
Year	2015
Language	Finnish
Pages	29 + 10 Appendices
Name of Supervisor	Hannu Hyvärinen

The aim of this thesis was to study the geometric tolerances and surface roughness of ABB M3BP squirrel-cage motor series, concentrating on machined passive parts, to survey differences in drawings and to create reference drawings for each part group. The thesis was done for ABB Motors & Generators Vaasa unit which produces M3 process performance motors.

The thesis was started by studying ABB Process Performance motors and gathering drawings used in M3BP machining. After going through the drawings, tolerances were combined to the reference drawings. The thesis also briefly presents the principle of three-phase induction motor and the basics of geometric tolerances.

As a result of this thesis nine reference drawings were made.

Keywords Surface, roughness, tolerance, motor, drawing

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	YRITYSESITTELY ABB.....	9
	2.1 ABB:n historia Suomessa	10
	2.2 Motors & Generators Vaasa.....	11
3	TOLERANSSIT	12
	3.1 Pinnankarheus	12
	3.2 Geometriset toleranssit.....	15
	3.3 Peruselementti.....	18
4	SÄHKÖMOOTTORI	19
	4.1 Rakenne.....	19
	4.2 Kolmivaiheinen oikosulkumoottori	20
	4.3 ABB M3BP-moottorisarja	21
5	TYÖKALUT	23
6	HARMONISOINTI.....	24
7	PIIRUSTUSTEN LAATIMINEN	26
8	LOPPUPÄÄTELMÄT	28
	8.1 Työn tulokset	28
	8.2 Jatkotoimenpiteet	28

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	Strömbergin tehdas Helsingin Pitäjänmäellä 1940-luvulla.	s. 10
Kuvio 2.	ABB M3-sarjan moottoreita	s. 11
Kuvio 3.	Profiilin keskipoikkeama	s. 13
Kuvio 4.	Saman R_a arvon omaavia pintoja	s. 13
Kuvio 5.	Peruselementti	s. 18
Kuvio 6.	Kahdesta elementistä koostuva peruselementti.	s. 18
Kuvio 7.	ABB M3BP-moottorin leikkaus.	s. 20
Kuvio 8.	2-napaisen moottorin toiminta tähtikytkennässä.	s. 21
Kuvio 9.	2-napaisen moottorin magneettivuot .	s. 21
Kuvio 10.	Mittakuva, akselikorkeus merkittynä.	s. 22
Kuvio 11.	ABB M3-moottoreita pumpun moottoreina M/S Viking Gracella.	s. 22
Kuvio 12.	M3BP 71-132 -laakerikilpien kehän samankeskeyssytoleranssit	s. 26
Kuvio 13.	M3BP 71M -staattorirungon 3D-malli.	s. 28
Kuvio 14.	Laakerikilven toleranssimuutos.	s. 28
Taulukko 1.	Pinnankarheusmerkit	s. 14
Taulukko 2.	Geometriset toleranssit	s. 16
Taulukko 3.	Geometriset toleranssit	s. 17

LIITELUETTELO

LIITE 1. Piirustustaulukko M3BP-moottorisarjan osista

Osa liitteistä poistettu salassa pidettävän sisällön vuoksi.

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

3D	Kolmiulotteinen
ABB	Asea Brown Boveri
Dataset	Yksittäinen osa tuoterakennetta Teamcenterissä, kuten 3D-mallitiedosto.
I-DEAS	(Integrated Design Engineering and Analysis Software) 3D-CAD-suunnitteluohjelmisto
IGES	(Initial Graphics Exchange Specification) tiedostoformaatti 3D-malleille
Item	Revisorakenne Teamcenterissä
M3BP	Valurautainen prosessimoottori
Moduuli	Osakokoonpano
NX	3D-suunnitteluohjelmisto
Passiiviosa	Nimitys sähkömoottorin osille jotka eivät liiku tai johda sähköä
SAP ERP	(Enterprise Resource Planning) toiminnohjausjärjestelmä
STEP	Tiedostoformaatti 3D-malleille

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli pinnankarheuksien ja geometrinen toleranssien harmonisointi M3BP-moottorisarjan laakerikilpien ja staattorirunkojen koneistuspiirustuksissa. Työn suunniteltiin ensin kattavan useamman moottorisarjan osat, mutta rajattiin jo alussa vain M3BP-moottorisarjan staattorirunkoihin ja laakerikilpiin. Näin rajattunakin harmonisointi käsitti yhteensä lähes 100 koneistettavaa kappaletta. Staattorirunkojen ja laakerikilpien koneistuspiirustuksissa harmonisoinnista saadaan suurin hyöty, sillä näiden osien rakenne-erot ovat kokoluokkien välillä hyvin pieniä ja toleransseja on paljon.

Vielä 2000-luvun alussa M3BP-moottorisarjaa valmistavilla tehtailla oli paikalliset tuotteet ja tuotekehitysvastuu. Näin ollen osien suunnittelu ja tolerointi tehtiin kolmessa maassa omien kokemusten ja näkemysten perusteella, mistä johtuen piirustuksien asettelussa ja toleroinnissa oli eroja. Tuotteiden muuttuessa 2000-luvulla globaaleiksi tuli syy koneistustoleranssien yhtenäistämiseksi.

2 YRITYSESITTELY ABB

ABB Oy on yksi suurimmista sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymistä, ja yrityksen pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zürichissä. ABB:n palveluksessa on noin 145 000 henkilöä noin 100 maassa, joista Suomessa työskentelee noin 7000 henkilöä. Yrityksen osakkeilla käydään kauppaa Zürichin, Tukholman ja New Yorkin pörsseissä.

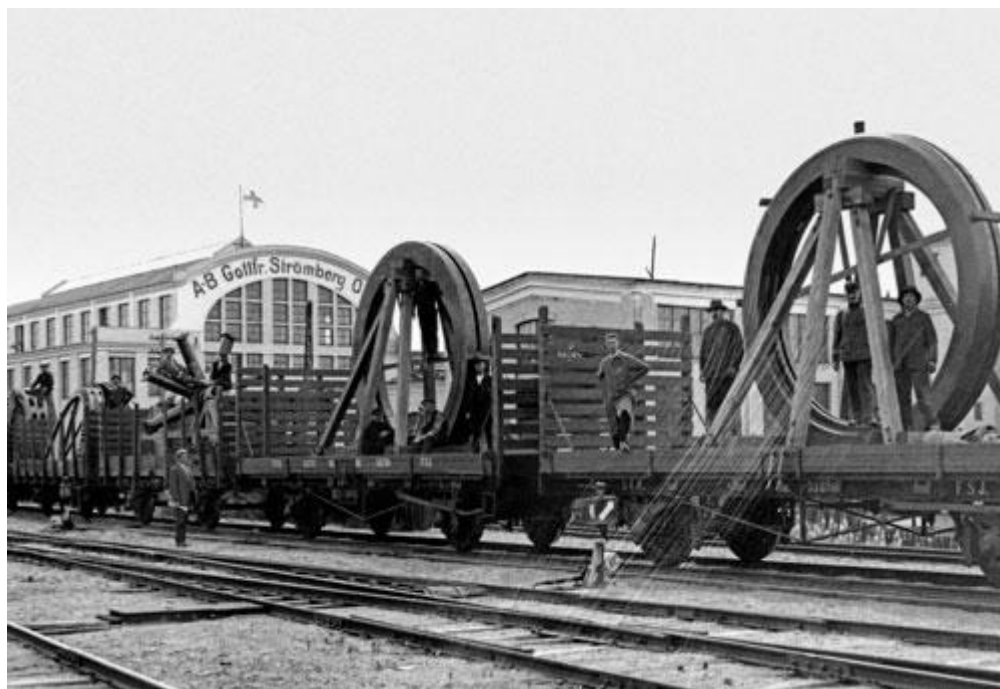
Yhtiö perustettiin vuonna 1988, mutta sen historia ulottuu yli 120 vuoden päähän. Yhtiöllä on 7 tutkimuskeskusta eri puolilla maailmaa ja tuotekehitykseen on panostettu taloustilanteesta riippumatta.

ABB on kehittänyt tai kaupallistanut monia nyky-yhteiskunnan pohjana toimivia tekniikoita, muun muassa korkeajännitteisen tasavirran siirto pitkillä välimatkoilla sekä kehittyneet sähköistysratkaisut laivoihin. Nykyään ABB on yksi maailman johtavista sähkömoottorien ja taajuusmuuttajien, tuuliturbiinigeneraattoreiden sekä sähköverkkojen toimittajista. Vuonna 2014 liikevaihto oli 39,8 miljardia dollaria. /5/

2.1 ABB:n historia Suomessa

Gottfrid Strömberg perusti vuonna 1889 Helsinkiin sähkötekniikan alan yhtiön, josta vuonna 1909 muodostui Ab Gottfr. Strömberg Oy -niminen osakeyhtiö. Yritys toimi aluksi Helsingin Kampissa, mutta siirtyi vuosisadan vaihteessa ensin Sörnäisiin ja sitten ensimmäisen maailmansodan aikana Pitäjänmäelle (**Kuvio 1.**). Vaasaan Strömberg avasi tehtaan jatkosodan aikana, sillä se katsottiin Helsinkiä turvallisemmaksi paikaksi tuotannolle.

Yhtiön nimeksi tuli myöhemmin Oy Strömberg Ab ja se siirtyi vuonna 1987 ruotsalaisen ASEAn omistukseen. Seuraavana vuonna ASEA ja BBC Brown Boveri yhdistyivät, jonka tuloksena syntyi ABB Oy. Vuonna 2014 ABB Oy:n liikevaihto Suomessa oli 2,1 miljardia dollaria. /2/, /9/

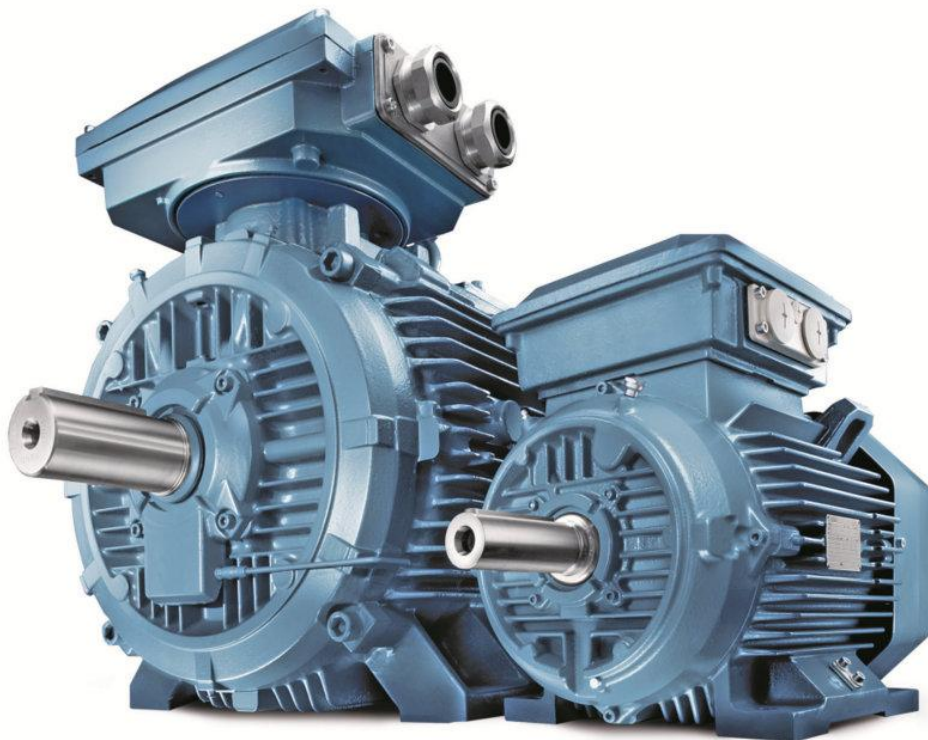


Kuvio 1. Strömbergin tehdas Helsingin Pitäjänmäellä 1940-luvulla. /9/

2.2 Motors & Generators Vaasa

ABB:n liiketoiminta jakautuu viiteen divisioonaan ja jokainen divisioona koostuu eri sähkövoimateollisuuden aloihin keskittyvistä liiketoimintayksiköistä. Yksi näistä liiketoimintayksiköistä on Motors & Generators. Yksikkö kehittää ja valmistaa moottoreita ja generaattoreita kaikille teollisuuden aloille maailmanlaajuisesti. Tehtaat sijaitsevat Vaasassa ja Helsingin Pitäjänmäellä.

Vaasan yksikössä työskentelee nykyisin noin 500 henkilöä ja moottoritehtaalla valmistetaan keskimäärin 200 moottoria päivässä. Kokoonpanolinjojen läpi kulkee vuorokaudessa noin 40 000 komponenttia. Vaasan yksiköllä on erityinen vastuu yhtiön valmistamista erikoistilaus- sekä räjähdysvaarallisten tilojen pienjännitemoottoreista (**Kuvio 2.**). Vaasan tehdas toimittaa keskimäärin 1,7 moottoria asiakasta kohden. Tämä kertoo siitä kuinka suuri määrä moottoreista on erikoisvarusteltuja asiakkaan toiveiden mukaan. /2/, /9/



Kuvio 2. ABB M3-sarjan moottoreita.

3 TOLERANSSIT

"Koneiden ja laitteiden teollinen valmistus tapahtuu tavallisesti siten, että osat valmistetaan tehtaan eri osastoilla tai jopa eri tehtaissa kotimaassa tai ulkomailla. Kun osat on joko itse valmistettu tai hankittu muualta, ne lähetetään kokoonpano-osastolle, joka suorittaa koneen tai laitteen kokoamisen. Tässä asennustyössä ja osien vaihtokelpoisuusvaatimuksessa lähdetään siitä, että osien tulee sopia tarkoitetulla tavalla toisiinsa ilman aikaa vievää ja kallista sovitustyötä. Tämä edellyttää, että osien todelliset mitat tietyllä tarkkuudella vastaavat piirustuksessa esitettyjä mittoja." (Pere 2009, 20-1.)

Yksikään osa ei ole täysin samanlainen kuin edelliset samankaltaiset. Tämä johtuu esimerkiksi työkalun epätarkkuudesta, työkalun kulumisesta ja lämpötilan vaihteluista. Siksi suunnittelijan täytyy päättää kuinka paljon samanlaiset osat tai tuotteet voivat poiketa toisistaan. /7/

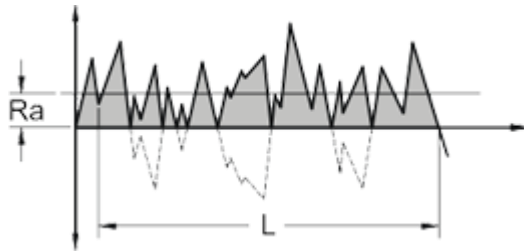
Toleranssi määrittelee sallitun poikkeaman tekniselle ominaisuudelle. Ominaisuus voi olla esimerkiksi mitta tai muoto. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kappaleen mitoitus ei ole ehdoton vaan sille määritellään alue jonka sisällä todellisen mitan täytyy pysyä. /6/

Toleranssien käyttöönotolla oli mullistava vaikutus valmistustekniikan historiassa, toleranssit ovat mahdollistaneet vaihtokelpoisten osien valmistamisen ja tuotteiden massatuotannon. Ennen toleranssien käyttöä rikkoutuneen tilalle hankittu tai tehty uusi osa täytyi sovittaa paikalleen. Tällainen työ vaatii asiantuntemusta ja vei paljon aikaa. Toleranssien käyttö mahdollistaa myös standardisoitujen osien, kuten ruuvien ja mutterien valmistamisen. /6/, /8/

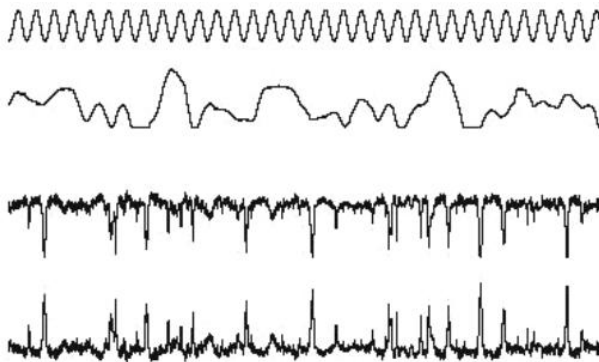
3.1 Pinnankarheus

Pinnat välittävät osien toiminnan muihin osiin tai kohteisiin. Pintojen käyttäytyminen kuormitustilanteessa riippuu esimerkiksi mitta- ja muotopoikkeamista, pinnankarheudesta sekä fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista. Geometrian osalta pinnan toiminta riippuu muotovirheistä ja pinnankarheudesta. Pinnankarheus on yksi pinnanlaadun komponenteista, se määrittelee poikkeamat pinnan normaalitasosta. Pinnankarheuden suureena käytetään yleisimmin profiilin keski-poikkeamaa R_a johtuen mittauksen helppoudesta, mutta se ei kuitenkaan yksin

riitä kuvaamaan pinnan toimintaominaisuuksia esimerkiksi liukuvassa kosketuksessa (**kuvio 3.**). Esimerkkinä kuvio 4. jossa esitetyissä pintojen leikkausprofiileissa on kaikissa sama R_a arvo. Muita pinnankarheuden suureita ovat profiilisyvyys R_z sekä maksimiprofiilisyvyys R_y . Pinnankarheuden suureiden arvot ilmoitetaan mikrometreissä μm . /6/, /8/






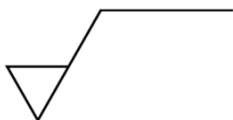
Kuvio 3. Profiilin keski-poikkeama.



Kuvio 4. Saman R_a arvon omaavia pintoja.

Pinnan laatuvaatimukset merkitään piirustuksissa pintamerkeillä SFS-ISO 1302-standardin mukaan. Pintamerkki liitetään pintaa esittävälle muotoviivalle tai sen jatkeelle (**Taulukko 1.**). Lieriömäiset ja särmiömäiset pinnat merkitään vain yhdellä pintamerkillä, jos keskiviiva on merkitty. Jos valtaosalla kappaleen pinnoilla on sama laatuvaatimus, käytetään yleispintamerkkiä ja vain yleispintamerkistä poikkeavat pinnat merkitään omalla pintamerkillä. /6/, /8/

Taulukko 1. Pinnankarheusmerkit /7/

	Perusmerkki
	Lastuamalla työstettävä pinta
	Aineen poistoa ei sallita, tai pinta jätetään sellaiseksi kuin se on edellisen työvaiheen jäljiltä
	Lisävaatimuksia voidaan ilmoittaa viiteviivalla

Pintamerkkiä ei yleensä käytetä seuraavissa kohteissa /8/

- poratut ja lävistetyt reiät
- pienet viisteet
- väisteet ja pääteurat
- kulmanpyöristykset
- kierteet
- kiilaurat
- meistetyt, leikatut ja valssatut pinnat.


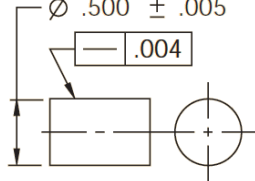
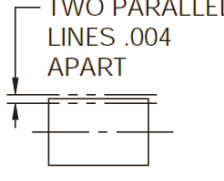

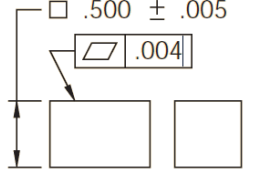
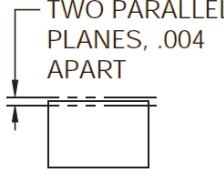
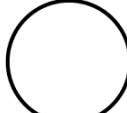
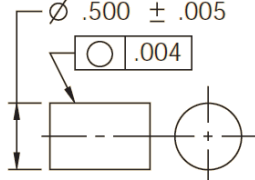


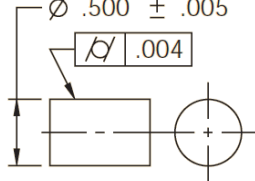
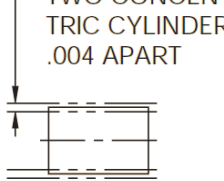

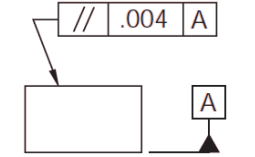
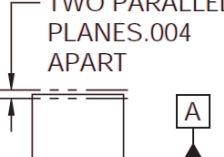
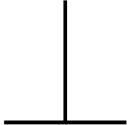
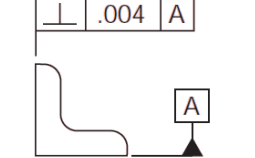
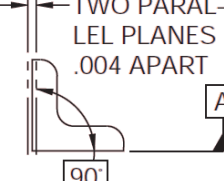
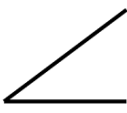
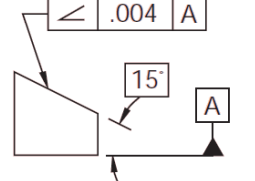
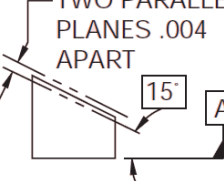

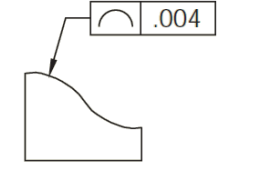
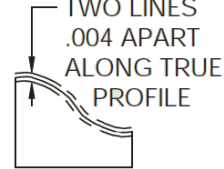
3.2 Geometriset toleranssit

Geometrisilla toleransseilla määritellään muodon, suunnan ja sijainnin poikkeamille sallitut rajat, kuten ympyrämuotoisuudelle ja samansuuntaisuudelle (**Taulukot 2.-3.**). Toiminnalliset vaatimukset ja osien vaihtokelpoisuus ratkaisevat minimaalista tolerointia kussakin tapauksessa on tarpeellista käyttää. Jos kappaleelle on annettu mittatoleranssi, tämä rajoittaa tiettyjä muoto- ja sijaintipoikkeamia kuten tasomaisuus ja yhdensuuntaisuus, mutta esimerkiksi erilaisia sovitteita mitoitettaessa tarvitaan tarkempaa määrittelyä sovitteen muodolle.


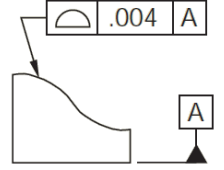
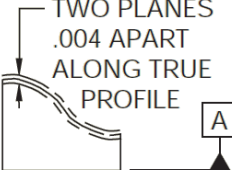

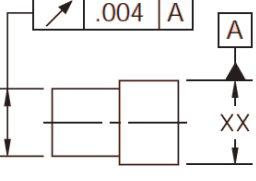
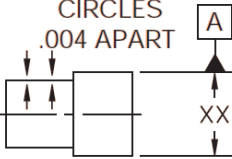
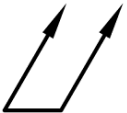
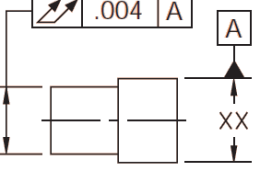
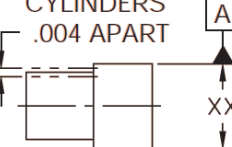
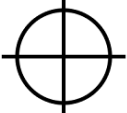
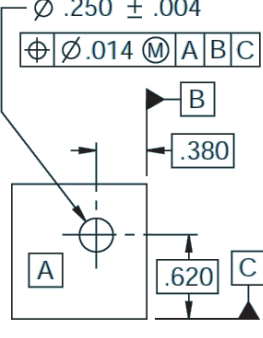
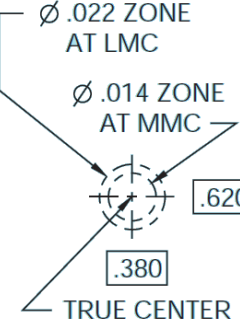
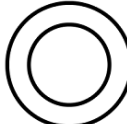
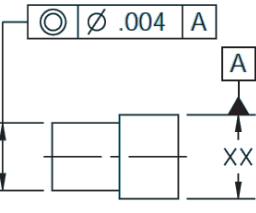
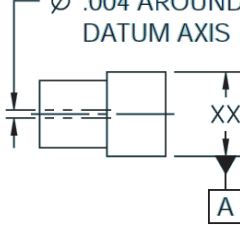
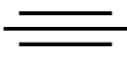
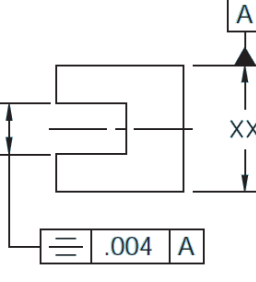
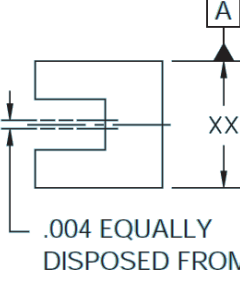
Geometrisilla toleransseilla on kuitenkin mahdollista asettaa tietyille ominaisuuksille mittatoleransseista riippumattomia vaatimuksia. Esimerkiksi liukupinnan toiminta saattaa edellyttää mittatoleranssia tarkempaa tasomaisuusvaatimusta. Myös vierintälaakeroiduissa rakenteissa akselin lieriömuotoisuustoleranssille asetetaan suuremmat vaatimukset kuin mittatoleranssille.

Geometriset toleranssit esitetään toleranssikehyksellä, jonka ensimmäiseen ruutuun merkitään toleroitu ominaisuus. Toiseen ruutuun merkitään toleranssin luku-arvo millimetreinä ja kolmanteen ruutuun merkitään peruselementti mikäli sille on tarvetta. Toleranssikehys liitetään toleroitavaan elementtiin nuoleen päättyvällä viiteviivalla (**Taulukot 2.-3.**). /3/, /6/, /8/

Taulukko 2. Geometriset toleranssit

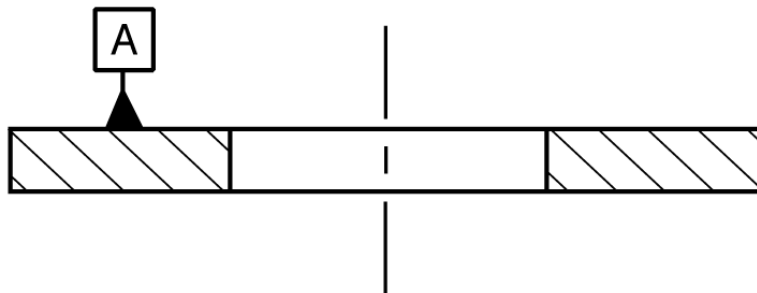
 SUORUUS STRAIGHTNESS		 TWO PARALLEL LINES .004 APART
 TASOMAIUUUS FLATNESS		 TWO PARALLEL PLANES, .004 APART
 YMPYRÄMÄISYYS CIRCULARITY		 TWO CONCENTRIC CIRCLES .004 APART
 SYLINTERIMÄISYYS CYLINDRICITY		 TWO CONCENTRIC CYLINDERS .004 APART
 YHDENSUUNTAISUUS PARALLELISM		 TWO PARALLEL PLANES .004 APART
 KOHTISUORUUS PERPENDICULARITY		 TWO PARALLEL PLANES .004 APART
 KULMA-ASENTO ANGULARITY		 TWO PARALLEL PLANES .004 APART
 TASOVIIVAN MUOTO PROFILE OF LINE		 TWO LINES .004 APART ALONG TRUE PROFILE

Taulukko 3. Geometriset toleranssit

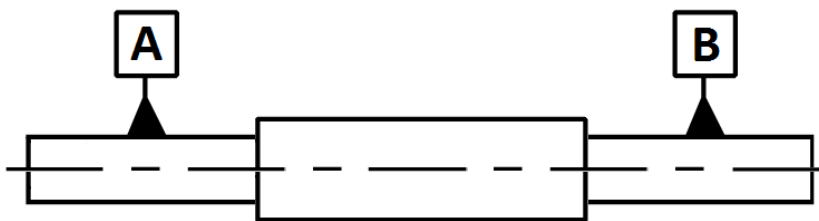
 <p>PINNAN MUOTO PROFILE OF SURFACE</p>		<p>TWO PLANES .004 APART ALONG TRUE PROFILE</p> 
 <p>HEITTO RUN-OUT</p>		<p>CONCENTRIC CIRCLES .004 APART</p> 
 <p>KOKONAISHEITTO TOTAL RUN-OUT</p>		<p>TWO CONCENTRIC CYLINDERS .004 APART</p> 
 <p>PAIKKA POSITION</p>	<p>$\varnothing .250 \pm .004$ $\oplus \varnothing .014 \text{ (M) A B C}$</p> 	<p>$\varnothing .022$ ZONE AT LMC $\varnothing .014$ ZONE AT MMC .620 .380 TRUE CENTER</p> 
 <p>SAMANKESKEISYYS CONCENTRICITY</p>		<p>$\varnothing .004$ AROUND DATUM AXIS</p> 
 <p>SYMMETRISYYS SYMMETRY</p>		<p>.004 EQUALLY DISPOSED FROM CENTER PLANE</p> 

3.3 Peruselementti

Peruselementti on teoreettisesti oikean suuntainen tai muotoinen geometrinen elementti kuten piste, keskiviiva, keskitaso tai pinta. Peruselementtejä käytetään perustana ilmoitettaessa toisiinsa nähden toleroitujen elementtien geometrisia yhteyksiä. Peruselementin tunnuksena käytetään kehystettyä isoa kirjainta ja se merkitään viiteviivalla, joka päättyy kolmioon (**Kuvio 5.**). Peruselementti merkitään toleranssikehyksen kolmanteen ruutuun viitekirjaimella ja mikäli verrattavia peruselementtejä on kaksi, merkitään toinen toleranssikehyksen neljänteen ruutuun (**Taulukot 2.–3.**). Peruselementti voi koostua myös kahdesta elementistä, tällöin elementit merkitään väliviivalla erotetuilla viitekirjaimilla (**Kuvio 6.**). /3/, /8/



Kuvio 5. Peruselementti /3/



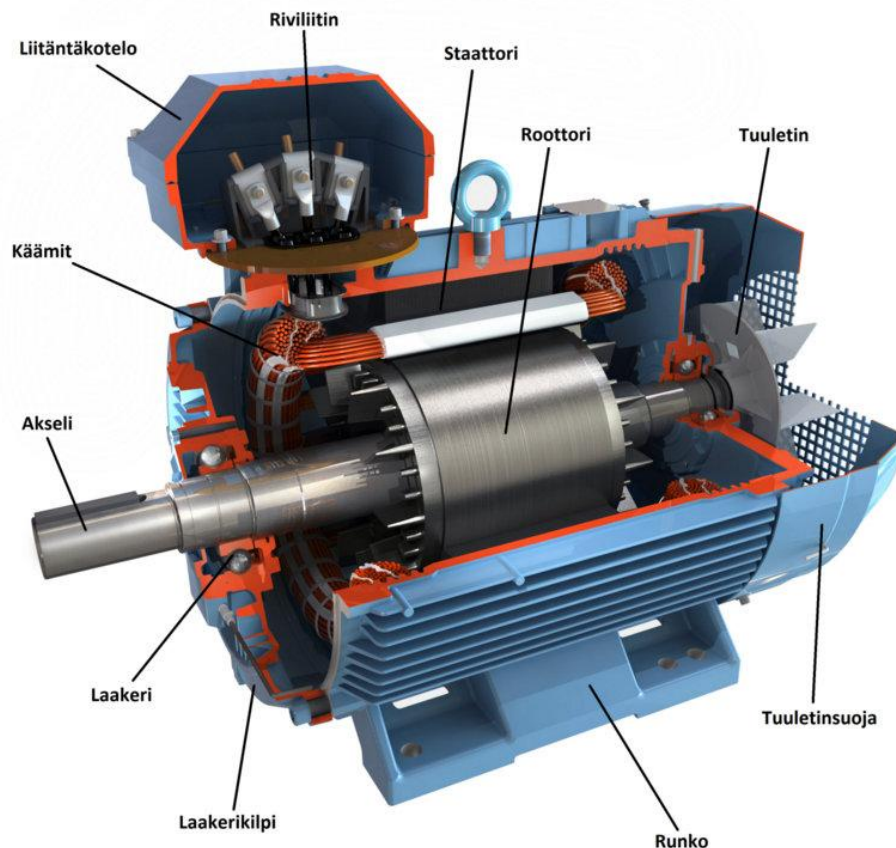
Kuvio 6. Kahdesta elementistä koostuva peruselementti.

4 SÄHKÖMOOTTORI

Sähkömoottoreita ja generaattoreita voidaan yhdessä nimittää sähkökoneiksi, sillä useimmat moottorit ja generaattorit voivat toimia sekä moottorina, että generaattorina. Moottorit muuttavat niihin syötettyä sähköenergiaa mekaaniseksi energiaksi ja generaattorit päinvastoin mekaanista energiaa sähköenergiaksi. Yleisimmät koneityypit ovat tahti-, epätahti- ja tasavirtakoneet. Tahti- ja epätahtikoneiden, eli vaihtovirtakoneiden, toiminta perustuu pyörivään magneettikenttään koneen sisällä. /10/

4.1 Rakenne

Vaikka koneita onkin useaa eri tyyppiä, voidaan kaikista normaalirakenteisista koneista erottaa seuraavat perusosat: pyörivä roottori akseleineen, staattori, laakerikilvet ja laakerit. Roottori akseleineen sijaitsee laakereiden tukemana staattori-aukossa. Roottorin ja staattorin välissä on ilmaväliksi kutsuttu tila, joka mahdollistaa roottorin pyörimisen vapaasti. Laakereina voidaan käyttää rulla-, kuula- tai liukulaakereita. Laakerit on kiinnitetty laakerikilpiin, jotka kannattelevat roottoria. Laakerikilvet ovat kiinni staattorirungossa ja staattori on prässätty rungon sisälle. Staattorissa ja roottorissa on käämitykset, joiden muoto ja rakenne vaihtelevat koneityypin mukaan. Koneissa on yleensä päällä tai kyljissä liitinkotelo, jonka liittimiin syöttökaapeli kytketään (**Kuvio 7.**) /10/

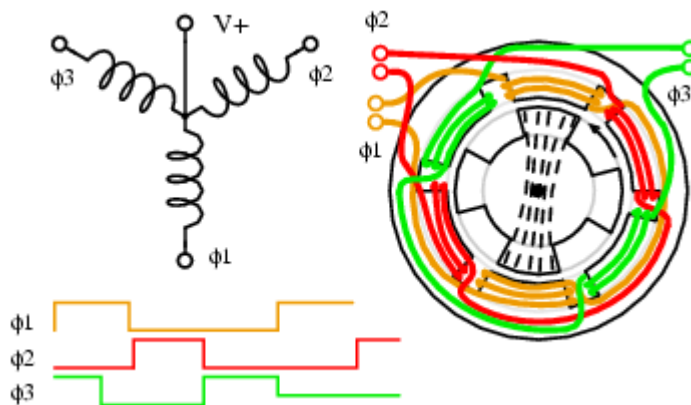


Kuvio 7. ABB M3BP-moottorin leikkaus.

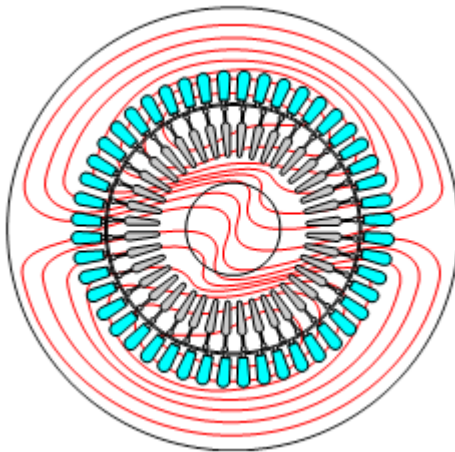
4.2 Kolmivaiheinen oikosulkumoottori

Oikosulkumoottori on teollisuuden yleisin sähkö- ja epätahtimoottorityyppi. Oikosulkumoottoria voidaan käyttää suoraan verkosta kolmivaihevirtaa syöttämällä tai taajuusmuuttajalla. Moottori muodostuu kiinteästä kotelosta, jossa ovat staattorikämmet, ja näiden sisäpuolella pyörivästä roottorista. Nimitys oikosulkumoottori tulee siitä, että roottorin navat ovat oikosuljettuja keskenään.

Kun staattoriin syötetään kolmivaihevirtaa, se luo pyörivän magneettikentän. Magneettikenttä indusoi roottorin häkkiin virran, joka magnetoii roottorin. Näin magnetoitu roottori pyörii staattorin magneettivuon perässä (**Kuviot 8.-9.**). Roottori pyörii hieman staattorin magneettikenttää hitaammin, tämän vuoksi oikosulkumoottoria kutsutaan myös epätahtimoottoriksi. /4/, /10/



Kuvio 8. 2-napaisen moottorin toiminta tähtikytkennässä. /4/

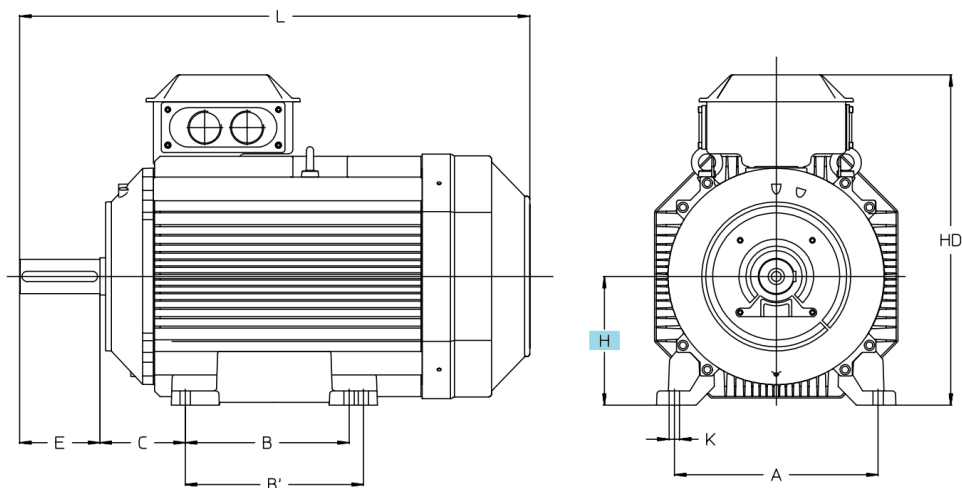


Kuvio 9. 2-napaisen moottorin magneettivuot. /4/

4.3 ABB M3BP-moottorisarja

ABB Oy:n valmistamat pienjännitemoottorit voidaan jakaa kahteen luokkaan, M2- ja M3-sarjaan. M3 tarkoittaa matalajännitteisiä prosessimoottoreita, jotka on suunniteltu vaativimpiin asiakastarpeisiin. Niiden varusteltavuus on laaja ja sen takia ne soveltuvat hyvin monenlaisiin sovelluksiin. M3-prosessimoottoreiden etuja ovat energiataloudellisuus ja luotettavuutta. Kun taas M2-sarjan moottorit ovat matalajännitteisiä vakimoottoreita, joiden etuna on hyvä saatavuus, edullisuus ja lyhyt toimitusaika.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin M3BP-moottorisarjaan. BP-merkintä tarkoittaa valurautarunkoista perusmoottoria, mikäli merkintä olisi esimerkiksi KP kyseessä olisi räjähdys- tai syttymisvaarallisiin tiloihin tarkoitettu moottori. M3BP-moottoreita on saatavana 0,25–1000kW tehoisina kokoluokissa 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400 ja 450. Tällä tarkoitetaan etäisyyttä moottorin kiinnityspinnasta keskiakselille millimetreissä (**Kuvio 10**). M3-sarjan moottoreita käytetään yleensä ehdotonta toimintavarmuutta vaativissa sovelluksissa kuten pumppujärjestelmissä, savukaasunpoistoon ja kaivoksien ilmanvaihtoon (**Kuvio 11**). /1/



Kuvio 10. Mittakuva, akselikorkeus merkittynä.



Kuvio 11. ABB M3-moottoreita pumpun moottoreina M/S Viking Gracella.

5 TYÖKALUT

Tiedon hakuun tässä opinnäytetyössä käytettiin SAP ERP-, Teamcenter ja Lotus Notes-ohjelmistoja, sekä piirustusten tekoon Siemens NX- ja I-deas 3D-ohjelmistoja. SAP ERP on toiminnanohjausjärjestelmä jota käytetään oston, myynnin ja henkilöstöressurssien hallintaan. Lotus Notes on työryhmäohjelmisto, josta löytyy kattava asiakirjojen ja tietokantojen hallinta.

Teamcenter on tuote- ja suunnittelutiedon hallintajärjestelmä, joka on käytössä lähinnä tuotekehityksessä sekä sovellussuunnittelussa. Teamcenteriä käytetään 3D-mallien, piirustusten, moduulien ja muun valmistukseen liittyvän dokumentaation tietokantana ja se toimii suunnitteluympäristönä NX- ja I-DEASin kanssa. I-DEAS on kahdesta viimeksi mainitusta vanhempi ja kokemattomalle hieman vaativampi ohjelmisto. NX on Siemensin, I-DEASn pohjalta kehittämä 3D-suunnitteluohjelmisto.

6 HARMONISOINTI

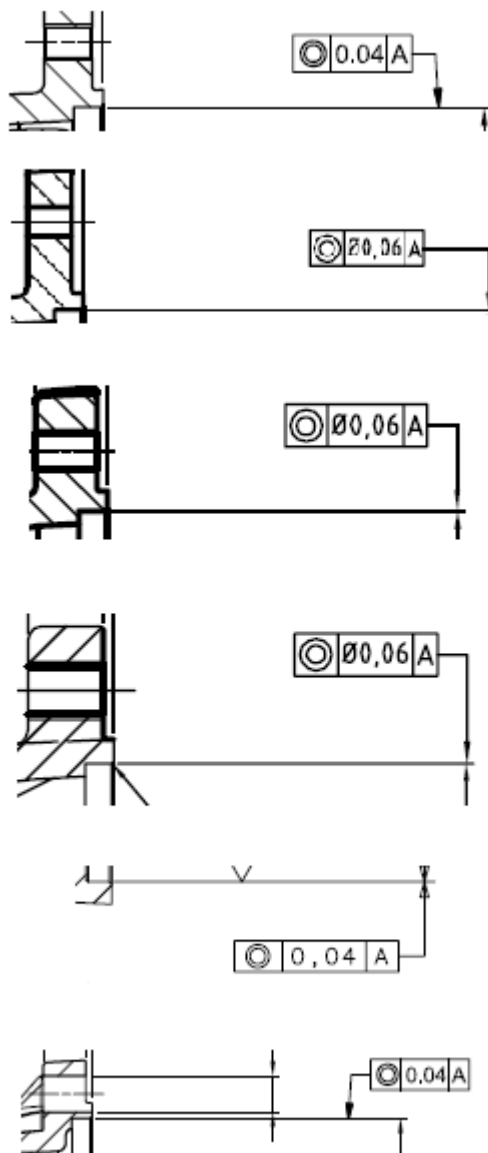
Vielä 2000-luvun alussa ABB:n moottoritehtailla oli paikalliset tuotteet ja tuotekehitysvastuu, esimerkiksi M3BP-moottorisarjan tuotanto oli jaettuna kolmeen tehtaaseen kokoluokittain moottorien akselikorkeuden perusteella

- 71-132 ESMOT, Espanja
- 160-250 SEMOT, Ruotsi
- 280-450 FIMOT, Suomi.

Näin ollen kunkin kokoluokan piirustukset ovat suurimmaksi osaksi yhteneviä, mutta kokoluokkien väliset erot ovat hyvinkin merkittäviä. Paikallisista tuotteista on kuitenkin pyritty eroon ja tuotteista on tehty globaaleja, eli moottoreita valmistetaan samoja piirustuksia käyttäen niin Aasiassa kuin Euroopassakin ja tuote toimitetaan lähimmältä tehtaalta tilaajalle. Tällä on pyritty välttämään moottorien kuljettamista pitkiä matkoja, mikä taas vähentää radikaalisti kuljetuksesta aiheutuvia kuluja ja päästöjä.

Piirustukset ovat kuitenkin jääneet ennallaan toimintatapojen muutoksesta huolimatta. Tämän työn tarkoituksena on harmonisoida ja tarkastaa runkojen ja laakerikilpien koneistuksessa käytettävät geometriset toleranssit ja pinnankarheusmerkinnät ja laatia niistä referenssipiirustukset.

Työ alkoi tutkimalla M3BP-moottorisarjaa ja kokoamalla osanumerotaulukon SAP ERP:llä haettujen tuotekoodien perusteella (liite 1.). Seuraavaksi jokaisen osan piirustukset haettiin Teamcenteristä ja tulostettiin paperille. Tulostettuina piirustuksia on helpompi vertailla keskenään ja niihin voi tehdä samalla merkintöjä. Seuraavaksi geometrisia toleransseja ja pinnankarheuksia alettiin vertailla yksitellen, toleroitu elementti kerrallaan (**Kuvio 12.**). Samalla tarkistettiin toleranssien vastaavuus ISO 2768-mK-standardiin ja pinnankarheusmerkkien vastaavuus ISO 1302-standardiin.



Kuvio 12. M3BP 71-132 -laakerikilpien kehän samankeskeisyystoleranssit.

7 PIIRUSTUSTEN LAATIMINEN

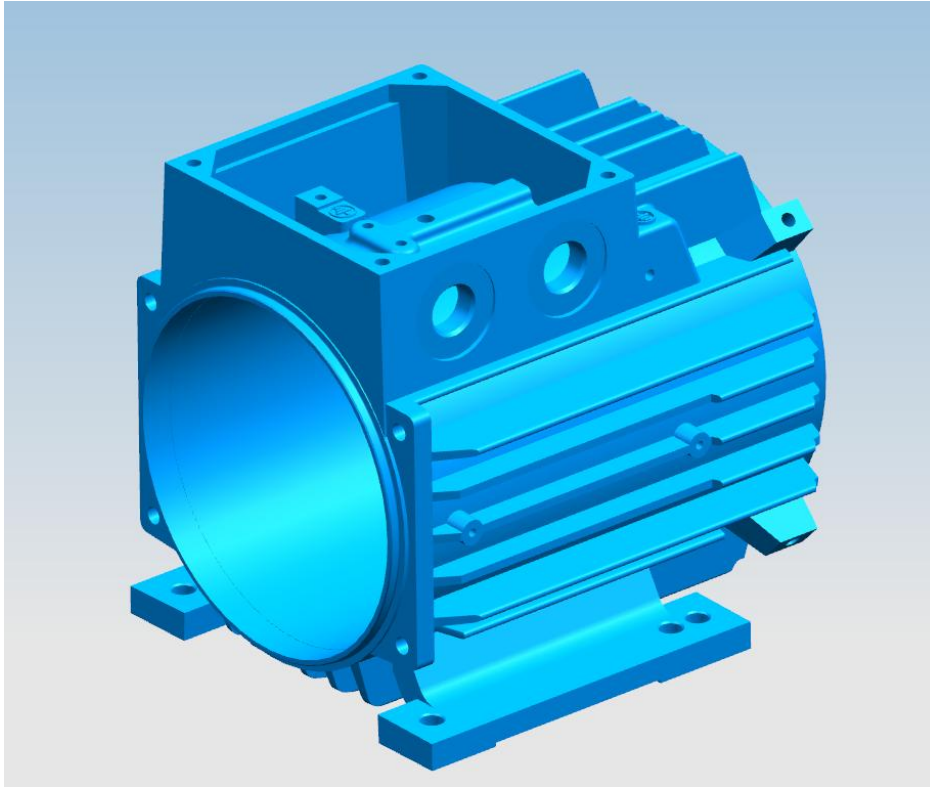
Toleranssipiirustuksien teko aloitettiin luomalla kullekin piirustukselle oma item-rakenne Teamcenterissä. Tämä tapahtui kopioimalla vanha piirustus pohjaksi ja tallentamalla uudella numerolla, näin välttyttiin yksittäisten datasetien luomiselta. Seuraavaksi jokaiselle piirustukselle etsittiin sopiva 3D-malli (**Kuvio 13.**). Koska toleranssipiirustukset tehtiin NX:ällä ja muutama harmonisoitavista osista oli olemassa vain I-DEAS-mallina, jouduttiin ne tuomaan IGES- tai STEP-tiedostona NX:ään.

Toleranssipiirustuksien mallia pyrittiin jäljittelemään vuonna 2009 tehdyn M2BA-sarjan harmonisoinnin aikana tehdyistä vastaavista piirustuksista. Piirustuksiin tehtiin 2 kuvantoa, pääkuvanto akselin suuntaisesti ja leikkauskuvanto akseliin nähden kohtisuorassa. Toleranssipiirustusten toleroinnin arvot ja pinnankarheet pyrittiin pitämään samana kuin alkuperäisissä piirustuksissa, lukuun ottamatta kohtia joissa alkuperäisten piirustusten toleroinnin asettamia tarkkuuksia ei olla koneistuksessa pystytty saavuttamaan kuin pienessä osassa kappaleista, pinnankarheuden R_a arvo on ollut standardia hienompi tai toleranssin mittaaminen olisi ollut mahdotonta.

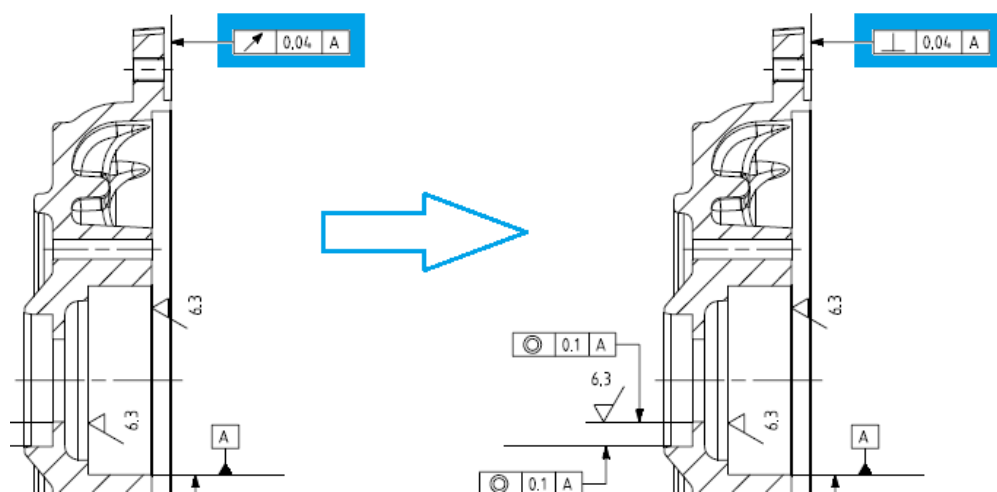
Toleranssipiirustusten valmistuttua niiden tarkistus tapahtui tämän opinnäytetyön valvojan tuotekehitysinsinööri Rami Kalliokosken toimesta. Virheiden korjauksen jälkeen pidettiin palaveri jossa esitettiin muutosehdotuksia tolerointiin. Toleranssipiirustukset käytiin samalla läpi toisen kerran tuotekehityspäällikkö Pasi Viitasen, tuotekehitysinsinööri Juha-Pekka Alasen ja Rami Kalliokosken toimesta veraten tehtyjä piirustuksia alkuperäispiirustuksiin.

Muun muassa heittotoleransseja päädyttiin korvaamaan pinnan vaatimuksiin paremmin sopivilla. 71-132-kokoluokan laakerikilpien ja staattorirungon välisten kiinnityspintojen heittotoleranssien tilalle vaihdettiin kohtisuoruustoleranssit (**Kuvio 14.**). Laakerikilpien kiinnityspinnat tehdään sorvaamalla ja tästä valmistavasta johtuen kyseisen pinnan mittatoleranssi täyttää pinnansuuntaisen heiton vaatimukset. Kiinnityspinnan kohtisuoruustoleranssi on tässä tapauksessa tärkeämpi, että laakerikilpi ei asettuisi vinoon runkoon nähden. Muutos helpottaa tar-

kistusmittauksia, sillä muissa moottorisarjoissa laakerikilvet on jo toleroitu vastaavasti. Näiden muutosten jälkeen toleranssipiirustukset tullaan vielä tarkastuttamaan laadunvalvontaosastolla.



Kuvio 13. ABB M3BP 71M -staattorirungon 3D-malli.



Kuvio 14. Laakerikilven toleranssimuutos.

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Työ tehtiin ABB Motors & Generators Vaasan tuotekehitysyksikölle. Syynä työn tekemiseen olivat M3BP-moottorisarjan toleroinniltaan toisistaan poikkeavat piirustukset. Työn tavoitteena oli yhtenäistää moottorisarjan runkojen ja laakerikilpien koneistuksessa käytettäviä geometrisia toleransseja ja pinnankarheusmerkkejä, sekä laatia niistä toleranssipiirustukset. Harmonisointi käsitti yhteensä lähes 100 koneistuspiirustusta.

8.1 Työn tulokset

Opinnäytetyön tuloksena saatiin yhdeksän toleranssipiirustusta. Erilliset toleranssipiirustukset helpottavat toleranssimuutoksia, koska muutoksen voi tehdä vain yhteen piirustukseen kymmenen sijasta. Toleranssikuvat myös selkeyttävät varsinaisia koneistuspiirustuksia ja tästä on etua esimerkiksi tarkistusmittauksia tehdessä. Harmonisoinnilla saatiin myös yhtenäistettyä M3BP-moottorisarjan tolerointia.

8.2 Jatkotoimenpiteet

Toleranssipiirustukset tullaan vielä esittelemään laadunvalvontaosastolle sekä hyväksyttämään tarkastajalla. Tämän jälkeen M3BP-moottorisarjan koneistuspiirustukset revisioidaan, jolloin niistä poistetaan geometriset toleranssit ja pinnankarheusmerkit, sekä lisätään viittaus toleranssipiirustukseen.

LÄHTEET

- /1/ ABB Motors and generators. 2014. Motor guide - Low voltage motors. ABB.
- /2/ ABB Suomessa. 2015. ABB Oy:n verkkosivut. Viitattu 10.5.2015.
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
- /3/ Geometriset toleranssit. 2015. Noppa portaali. Viitattu 20.5.2015.
https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bk50a0200/luennot/geometriset_toleranssit.pdf
- /4/ Induction motor. Wikipedia. Viitattu 10.5.2015.
http://en.wikipedia.org/wiki/Induction_motor
- /5/ Key figures for year ending Dec. 31. 2015. ABB Oy:n verkkosivut. Viitattu 10.5.2015.
<http://new.abb.com/about/abb-in-brief/key-figures>
- /6/ Kivioja, S. 2000. Toleranssit ja pinnankarheus. Espoo. Otavamedia.
- /7/ Parker, M.A. & Dennis, L.J. 1992. Engineering Drawing Fundamentals. Cheltenham. Stanley Thornes.
- /8/ Pere, A. 2009. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo. Kirpe.
- /9/ Suomalaiset juuret: Strömbergin jalanjäljillä vuodesta 1889. 2015. ABB Oy:n verkkosivut. Viitattu 10.5.2015.
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>
- /10/ Sähkövoimatekniikkaopus. 1998. leenakorpinen.fi. Viitattu 24.5.2015.
<http://www.leenakorpinen.fi/node/158>

LITE 1. Piirustustaulukko M3BP-moottorisarjan osista

Size	Product code B3 2P IE2	Stator frame B3	Stator frame V1	D-end shield B3	D-end shield V1 large	D-end shield V1 small	N-end shield
71							
M	3GBP071321-ADB	3GZE114074-1	3GZE114074-2	3GZE213074-1	3GZE223074-1	3GZE223075-1	3GZE203074-1
80							
M	3GBP081322-ADB	3GZE114084-1	3GZE114084-2	3GZE213084-1	3GZE223084-1	3GZE223085-1	3GZE203084-1
90							
SL	3GBP091322-ADB	3GZF113009-54	3GZF113009-55	3GZE213094-1	3GZE223094-1	3GZE223095-1	3GZE203094-1
100							
L	3GBP101322-ADB	3GZE114105-1	3GZE114105-2	3GZE213105-1	3GZE223105-1	3GZE223106-1	3GZE203105-3
112							
M	3GBP111322-ADB	3GZE114115-1	3GZE114115-2	3GZF213711-2	3GZF223011-10	3GZF223011-9	3GZF203711-2
132							
SM	3GBP131322-ADB	3GZE114133-1	3GZE114133-2	3GZE213133-1	3GZE223133-1	3GZE223134-1	3GZE203133-1
160							
ML	3GBP161031-ADG	3GZV113009-1	3GZV113009-2	3GZF213716-76	3GZF223016-45	-	3GZV203032-25
180							
ML	3GBP181031-ADG	3GZV113009-11	3GZV113009-12	3GZF213718-67	3GZF223018-36	-	3GZV203032-31
200							
ML	3GBP201035-ADG	3GZV113009-19	3GZV113009-20	3GZF213720-82	3GZF223020-40	-	3GZV203011-31
225							
SM	3GBP221031-ADG	3GZV113009-25	3GZV113009-26	3GZF213722-86	3GZF223022-33	-	3GZV203011-33
250							
SM	3GBP251031-ADG	3GZV113009-31	3GZV113009-32	3GZF213725-91	3GZF223025-27	-	3GZV203011-39
280							
SM	3GBP281210-ADG	3GZF113028-1	3GZF113028-2	3GZF213728-5	3GZF223028-8	-	3GZF203728-56
315							
SM	3GBP311210-ADG	3GZF113031-1	3GZF113031-2	3GZF213731-3	3GZF223031-4	-	3GZF203731-69
ML	3GBP311410-ADG	3GZF113031-3	3GZF113031-4	3GZF213731-3	3GZF223031-4	-	3GZF203731-69
355							
SM	3GBP351210-ADG	3GZF113035-1	3GZF113035-2	3GZF213735-1	3GZF223035-2	-	3GZF203735-86
ML	3GBP351410-ADG	3GZF113035-6	3GZF113035-7	3GZF213735-1	3GZF223035-2	-	3GZF203735-86
LK	3GBP351810-ADG	3GZF113035-11	3GZF113035-12	3GZF213735-1	3GZF223035-2	-	3GZF203735-86
400							
L	3GBP401510-ADG	3GZF113040-4	3GZF113040-5	3GZF213740-3	3GZF223040-1	-	3GZF203740-4
LK	3GBP401810-ADG	3GZF113040-25	3GZF113040-5	3GZF213740-3	3GZF223040-1	-	3GZF203740-4
450							
L	3GBP451510-ADG	3GZF113045-2	3GZF113045-1	3GZF213745-1	3GZF223045-2	-	3GZF203745-1