



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Anssi Uusihaka

TAKOMETRIN ASENNUKSEN KEHITTÄMINEN

ABB Oy

Tekniikka
2019

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Anssi Uusihaka
Opinnäytetyön nimi	Takometrin asennuksen kehittäminen
Vuosi	2019
Kieli	suomi
Sivumäärä	47 + 2 liitettä
Ohjaaja	Timo Gröndahl & Joni Reinikka

Tämä opinnäytetyö toteutettiin ABB Oy Motors and Generators -yksikön kk-tehtaalle. Tarve kyseiselle opinnäytetyölle ilmeni omien havaintojeni sekä tuotannontyöntekijöiden haastattelujen perusteella. Tässä työssä pyrittiin ratkaisemaan takometrin asennuksessa ilmenevät ongelmat muokkaamalla nykyisiä ratkaisuja tai kehittämällä kokonaan uudenlainen asennusratkaisu. Tutkimuksen tavoitteena on saavuttaa työntilaaajayritykselle säästöjä helpottamalla ja nopeuttamalla takometrimoottorien kokoonpanoa.

Opinnäytetyössä käytettävät komponentit suunniteltiin ABB Oy Motors and Generatorsin käyttämällä ohjelmistoilla. Komponenttien valmistuksessa käytettiin ABB:n alihankkijoita sekä koulussa käytettävissä olevia laitteita. Selvitystyössä käytettiin apuna ABB:n materiaaleja sekä henkilökunnan ja alihankkijoiden tietämystä.

Tässä opinnäytetyössä kehitettiin säästöä tuottava ratkaisu, jolla voidaan korvata kehnoiksi todettu ratkaisu pienellä vaivalla tuotannossa sekä järjestelmässä. Opinnäytetyön edetessä ilmeni myös työhön liittyviä jatkokehityskohteita, joiden avulla ratkaisusta saataisiin entistä toimivampi tulevaisuudessa.

ABSTRACT

Author	Anssi Uusihaka
Title	Developing the Installation of Tachometers
Year	2019
Language	Finnish
Pages	47 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Timo Gröndahl & Joni Reinikka

This thesis is made for ABB Oy Motors and Generators and especially the for kk factory. The need arose for this kind of thesis from my own and employees' observations who are working at the production. This thesis tries to solve problems regarding tachometer assembly with modifying solutions which are already in use or developing a totally new assembly solution. The research goal is to reduce company costs by facilitating and accelerating the assembly of tachometers.

Components which are used in this thesis were designed using the software favored by ABB Oy motors and Generators. The components were manufactured using ABB subcontractors and equipment available at school. Help was found from ABB materials, employees and from subcontractors.

This thesis developed a co-effective solution that can replace the earlier solution at the production and at the systems. As the thesis proceeded new developing areas were discovered. Whit these new developing areas the new solution could be even more functional in the future

Keywords	Product developing, tachometer and assembly solution
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	9
2	TYÖN TOIMEKSIANTAJA	10
	2.1 ABB yleisesti	10
	2.2 ABB Motors and Generators	10
	2.3 ABB Motors and Generators Suomessa	10
3	SÄHKÖMOOTTORI	11
	3.1 Sähkömoottori yleisesti	11
	3.2 Yleisimmät sähkömoottorityypit	11
	3.2.1 Tasavirtamoottori	11
	3.2.2 Tahtimoottori	11
	3.3 Sähkömoottorin mekaaninen rakenne	12
	3.3.1 Runko	12
	3.3.2 Staattori	12
	3.3.3 Roottori	12
	3.3.4 Akseli	12
	3.3.5 Laakerit	12
	3.3.6 Tuuletin ja tuuletinsuoja	13
	3.3.7 Kytöntakotelo	13
4	TAKOMETRILLÄ VARUSTETTU SÄHKÖMOOTTORI	14
	4.1 Käyttökohteet	14
	4.2 Takometrillä varustetun moottorin rakenne	14
5	TAKOMETRI	17
	5.1 Yleistä	17
	5.1.1 Inkrementaalinen takometri	17
	5.1.2 Absoluuttinen takometri	17
	5.2 ABB Oy:n Vaasan tehtaan käyttämät takometrimallit	17
	5.3 Opinnäytetyössä käytettävä takometri	18

6	OPINNÄYTETYÖN ETENEMINEN	19
6.1	Lähtötilanne	19
6.2	Kehitysideat	19
6.2.1	Akselinjatkeen materiaali	19
6.2.2	Konstruktio muutos	20
6.2.3	Nykyisen akselinjatkeen kehittäminen	22
6.3	Kehitysidean valinta	22
6.4	Olemassa olevan akselinjatke kokoonpanon korvaaminen integroidulla akselin- jatkeella järjestelmä mielessä (SAP)	23
6.5	Prototyypimoottorin valinta	24
6.6	Integroidun akselinjatkeen suunnittelu	24
6.7	Prototyyppi akselin hankinta	26
6.7.1	Prototyyppi akselin valmistamisen kannalta huomioitavaa	27
6.7.2	Koneistuksen vaiheet	27
6.8	Prototyyppi akselikokonaisuuden kokoonpano	28
6.8.1	Prototyyppi akselin suoruuden toteaminen	28
6.8.2	Roottorin asentaminen prototyyppi akseliin	28
6.8.3	Roottorin koneistaminen ja tasapainotus	31
6.9	Prototyypimoottorin purkaminen ja kasaaminen.	33
6.10	Prototyypimoottorin purkaminen	33
6.11	Prototyypimoottorin kasaaminen vaiheittain	35
6.12	Prototyypimoottorin rutiinikoestus	40
6.13	Kuljetussuoja	41
7	TARKASTELU	44
7.1	Johtopäätökset	44
7.2	Kehitysideat	45
8	YHTEENVETO	46
	LÄHTEET	47

KUVIOLUOETTELO

Kuvio 1. Sähkömoottorin rakennekuva. /7/	13
Kuvio 2. Takometrillä varustetun alumiinimoottorin rakenne. /7/	15
Kuvio 3. Takometrillä varustetun valurautamoottorin rakenne. /7/	16
Kuvio 4. Leine&Linde 800 -sarja Heavy Duty -takometri. /8/	18
Kuvio 5. Akselinjatke (ruostumaton teräs) jumittunut moottorin akseliin.	20
Kuvio 6. Kierrettävä akselinjatke.....	21
Kuvio 7. Kierrettävän akselinjatkeen valmistuskuva. /7/.....	27
Kuvio 8. Prototyyppiakseli roottorin prässäyslaitteessa.	29
Kuvio 9. Akselin N-päähän kiinnitettävä adapteri.....	30
Kuvio 10. Roottoripaketti menossa uuniin.	30
Kuvio 11. Adapteri asennettuna akseliin.	31
Kuvio 12. Akselikokoonpano roottorisorvauksessa.....	32
Kuvio 13. Sorvattu akselikokoonpano.	32
Kuvio 14. Akselikokoonpano tasapainotuksessa.	32
Kuvio 15. Prototyyppimoottorin laakerikilven irrotus.....	34
Kuvio 16. Prototyyppimoottori purettuna.	34
Kuvio 17. Prototyyppiakseli asetettuna staattorin sisälle.....	36
Kuvio 18. D-pään laakeri ja laakerilevy asennettuna.....	36
Kuvio 19. N-pään laakeri asennettuna.	37
Kuvio 20. N-pään laakerikilven pulttien kiristäminen.	37
Kuvio 21. D-pään laakerikilpi ja V-rengas asennettuna.	38
Kuvio 22. Tuuletin asennettuna.	38
Kuvio 23. Takometrin asentaminen tuuletinsuojan jälkeen.....	39
Kuvio 24. Valmis prototyyppimoottori.....	39
Kuvio 25. Prototyyppimoottori rutiinikoestuksessa.....	41
Kuvio 26. Kuljetussuoja asennettuna prototyyppiakseliin.....	43
Kuvio 27. Prototyyppiakseli ja kuljetussuoja.	43

LYHENTEET JA MERKINNÄT

3D	Kolmiulotteinen
ABB	Asea Brown Boweri
NX	Tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmisto
TeamCenter	Tuote- ja suunnittelutiedon hallintajärjestelmä
PLM	Tuotteen elinkaaren hallinta
N-pää	Ei-ajettava-pää
D-pää	Moottorin ajopää

LIITELUETTELO

LIITE 1. Integroidun akselinjatkeen mittapiirustus

LIITE 2. Kuljetussuojan mittapiirustus

Liitteitä ei julkaista liikesalaisuuksien vuoksi.

1 JOHDANTO

Tuotteen ja tuotannon kannattavuuden kannalta oleellinen asia on tuotteen läpimenoaika tuotannossa. Tässä opinnäytetyössä perehdytään takometrin asennuksen kehittämiseen tuotannon läpimenoajan sekä kannattavuuden kannalta, unohtamatta tuotteen asennusystävällisyyttä.

Opinnäytetyö aiheen olen keksinyt itse omien tuotannossa työskennellessäni tekemieni havaintojen ja kokemusten perusteella.

Opinnäytetyö tehtiin Vaasan ABB Oy Motors and Generators -yksikölle. Vaasassa valmistetaan moottoreita kahdessa eri tehtaassa, jotka ovat kk-tehdas ja mm-tehdas. Mm-tehtaalla valmistetaan moottorikoot 280–500, kun taas kk-tehtaalla valmistetaan moottoreita kokoluokissa 71–250. Opinnäytetyössä käsitellään runkokokoja 71–160 ja näin ollen toteutus tehdään kk-tehtaalle. Näistä runkokokoluokista löytyy kierrettävä akselinjatke, joka on osoittautunut haasteelliseksi asennettavaksi ja vaikuttaa oleellisesti asentamisen kestoon sekä tuotteen laatuun.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja perehtyä erilaisiin sekä jo olemassa oleviin takometrin asennusmenetelmiin ja niiden kehittämiseen. Tavoitteena oli myös löytää ratkaisu, jolla nopeutettaisiin ja helpotettaisiin takometrin asentamista.

Työ rajattiin kk-tehtaalle ainoastaan runkokokojen 71–160 takometrin asennusprosessia varten, siitä syystä, että näissä kokoluokissa takometrien asentamisessa käytetään kierrettävää akselinjatketta ja takometrillä varustettujen moottoreiden määrä on suuri tuotteen hinnan ollessa pieni. Tuotteen kannattavuuden kannalta läpimenoajan pienentäminen on erittäin oleellinen asia.

2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA

2.1 ABB yleisesti

ABB on lyhenne nimestä Asea Brown Boveri. ABB-osakeyhtiö on urauurtava energia-tekniologiajätti, joka on keskittynyt sähköistettyihin tuotteisiin. ABB:n tuotevalikoimaan kuuluvat esimerkiksi sähkömoottorit, sähkögeneraattorit, robotit, taajuusmuuntajat sekä sähköverkkoratkaisut. Pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zürichissa. ABB työllistää maailmanlaajuisesti noin 135 000 työntekijää. Yritys toimii noin sadassa eri maassa. /1/

2.2 ABB Motors and Generators

Aikaisemmin Motors and Generators yksikkö kuului Robotics and Motion -divisioonan Vuonna 2019 tehtiin organisaatiomuutos, jossa Motors and Generators siirtyi Drives -divisioonan. ABB Motors and Generators:n tehtaita löytyy ympäri maapalloa esimerkiksi Suomesta, Puolasta ja Kiinasta. Tytäryhtiö Baldor Electric Company toimii Yhdysvalloissa ja tuottaa pääasiassa moottoreita Etelä- ja Pohjois-Amerikan markkinoille. /1/

2.3 ABB Motors and Generators Suomessa

Suomeen ABB rantautui Gottfrid Strömberg:in toimesta. Gottfrid perusti sähköliikkeen Helsingin Pitäjänmäkeen vuonna 1889, josta myöhemmin syntyi ABB Oy. Vaasassa ABB Oy Motors and Generators sai alkunsa, kun Strömberg-yhtiö osti 1940-luvulla 70 hehtaarin tontin Vaasan Huutoniemeltä tehdastaan varten. Suomessa Motors and Generators työllistää noin 1500 työntekijää. /2/

3 SÄHKÖMOOTTORI

3.1 Sähkömoottori yleisesti

1800-luvun lopussa kehitetyn ja patentoidun sähkömoottorin tarkoitus on muuttaa sähköenergia liike-energiaksi. Sähkömoottorin rakenne ei ole patentoinnin jälkeen muuttunut radikaalisti. Pääkomponentteja ovat runko, roottori, staattori käämeineen, laakerointiin vaadittavat osat sekä liitäntä.

Sähkömoottorin toimintaperiaate perustuu sähkömagneettikentän ja siinä olevan virralisen johtimen välisiin vuorovaikutuksiin. Käämiin johdetaan liitännän avulla verkko-
taajuudella vaihteleva vaihtovirta ja näin ollen roottoriin saadaan muodostettua induktiolain mukainen virta. Virran avulla aiheutetaan magneettikentässä voimavaikutus, joka aikaansaa roottorin pyörimisliikkeen. /3/

3.2 Yleisimmät sähkömoottorityypit

3.2.1 Tasavirtamoottori

Tasavirtamoottoria käytetään nimensä mukaisesti tasavirralla. Muuttuva sähkökenttä saavutetaan muuttamalla magneettien napaisuutta kommutaattoria käyttämällä. Kommutaattori on sähkövirran suunnankääntäjä. Kyseistä moottorityyppiä voidaan tehdä harjallisena tai harjattomana versiona. /5 – 6/

Harjattoman ja harjallisen moottorin ero on se, että harjallisessa moottorissa napaisuuden vaihto tehdään mekaanisesti kommutaattoriharjojen avulla, kun taas harjattomista moottoreista löytyy kestopagneetit ja kommutaattori toimii sähköisesti. /5 – 6/

3.2.2 Tahtimoottori

Tahtimoottori toimii tasavirtamoottoreista poiketen vaihtovirralla, jonka ansiosta moottori pyörii tasaisella vaihtovirran taajuuden ja koneen napaluvun määrittämällä tahdilla. Vaihtovirta moottoreita käytetään, kun moottorilta vaaditaan suurta tehoa ja vääntömomenttia. /5 – 6/

3.3 Sähkömoottorin mekaaninen rakenne

Sähkömoottori on mekaaniselta rakenteeltaan melko yksinkertainen. Seuraavaksi käsitellään sähkömoottorin mekaanista rakennetta (Kuvio 1).

3.3.1 Runko

Sähkömoottorin runko on keskeinen osa sähkömoottoria. Rungon avulla jäähdytetään moottori, oli se sitten vesijäähdytteinen tai ilmajäähdytteinen. Rungon suljetun rakenteen ansiosta epäpuhtaudet eivät pääse tärkeisiin komponentteihin. Sähkömoottorin laakerointi tuetaan runkoon. /4/

3.3.2 Staattori

Staattori on sylinterimäinen rautasydän, jonka ympärillä on käämitys. Staattori luo pyörivän magneettikentän vaihtovirran avulla. /4/

3.3.3 Roottori

Roottori on ladottu kymmenistä tai jopa sadoista ohuista rautalevyistä, jotka muodostavat rautasydämen ja häkkikäämityksen. /4/

3.3.4 Akseli

Akseli on osa roottorikonaisuutta ja sen avulla voidaan muotosulkeisesti siirtää vääntömomenttia sähkömoottorilla käytettäviin laitteisiin esimerkiksi kaivoksissa käytettäviin liukuhihnoihin. Moottorin akseliin voidaan myös asentaa tuuletin tai tarvittaessa lisälaitteita. /4/

3.3.5 Laakerit

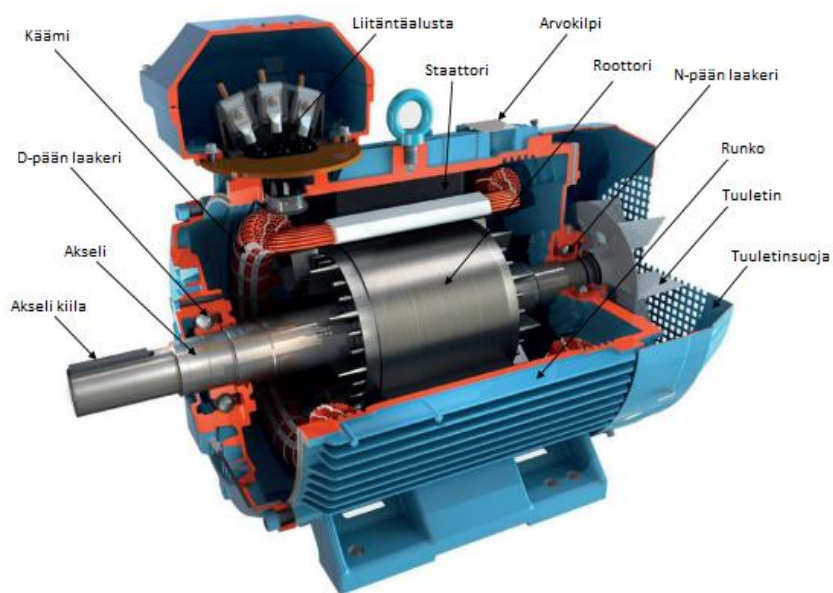
Laakereiden avulla varmistetaan roottorikokoonpanon kiinnittyminen runkoon sekä sen vaivaton pyöriminen. /4/

3.3.6 Tuuletin ja tuuletinsuoja

Tuuletin sijaitsee moottorin N-päässä ja sen tarkoitus on tuottaa jäähdytysilmaa, joka ohjataan sähkömoottorin rungon tuuletusripojen lävitse. /4/

3.3.7 Kytkenkätokotelo

Kytkenkätokotelo on osa sähkömoottorin runkoa ja se voi sijaita rungon päällä tai sivulla. Kytkenkätokotelon tarkoitus on suojata liitintää, josta asiakas kytkee moottorin. /4/



Kuvio 1. Sähkömoottorin rakennekuva. /7/

4 TAKOMETRILLÄ VARUSTETTU SÄHKÖMOOTTORI

4.1 Käyttökohteet

Asiakas valitsee lisävarusteena tilaamaansa sähkömoottoriin takometrin, mikäli moottori tulee sellaiseen käyttökohteeseen, jossa siltä vaaditaan tarkkaa sijainnin ja nopeuden mittausta.

Takometrejä käytetään paljon satamissa, metalli- ja puuteollisuudessa sekä tuulivoimala käytössä niille löytyy paljon erilaisia käyttökohteita. Esimerkiksi satamissa rahtikonttien siirtelyihin ja nostoihin tarkoitetuista nostureista löytyy sähkömoottoreita, jotka ovat varustettu takometreillä. Moottorin kierroksia mittaamalla voidaan laskea kontin tarkka sijainti nostettaessa ja laskettaessa. Tämä helpottaa nosturin kuljettajan työtä ja tekee työskentelystä turvallisempaa. /9/

4.2 Takometrillä varustetun moottorin rakenne

Tässä osiossa esitellään takometrillä varustetun moottorin keskeisimpiä komponentteja, joita ei löydy ns. normaalista moottorista (Kuvio 2).

Tärkein komponentti on itse takometri. Vaasassa yleisimmin käytettyjä takometrejä ovat raskaaseen teollisuuskäyttöön tarkoitetut Leine & Linde 800 -sarjan Heavy Duty -pulssianturit. Kk-tehtaalla käytetään myös Hohner Automaticos:n Serie 19 teollisuuskäyttöön tarkoitettuja pulssiantureita. Moottorit, jotka on varustettu takometrillä, voidaan toimittaa kytkettynä tai ilman kytkentää. Kytettynä tarkoittaa sitä, että moottoriin on asennettu takometri, jonka kanteen on asennettu tarvittavat sähköjohdot, joilla välitetään dataa mittalaitteelta tarkasteltavaksi. Ilman kytkentää toimitettavien moottoreiden kytkennästä vastaa asiakas itse.

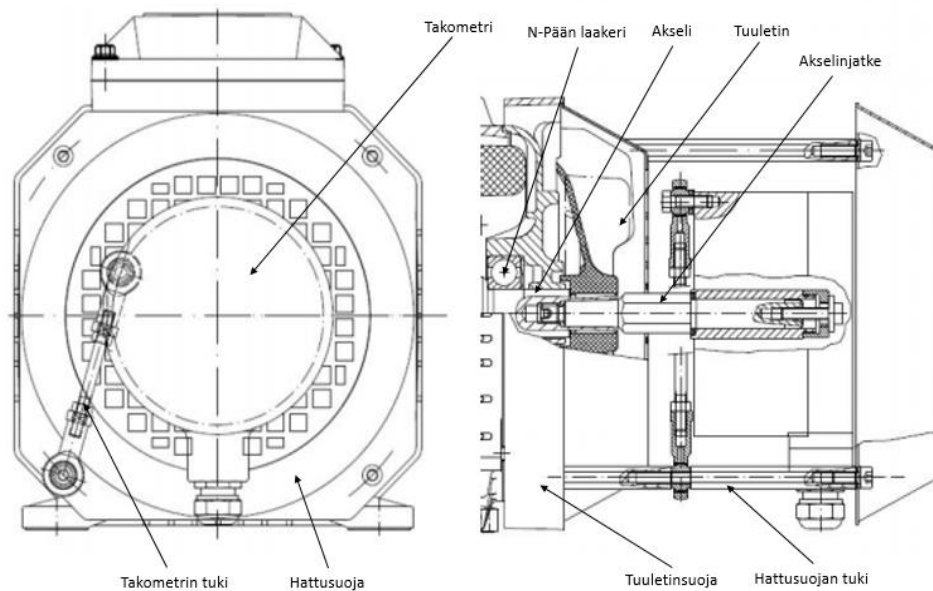
Takometrin asennusta varten asennetaan moottorin omaan akseliin kierrettävä akselinjatke, joka läpäisee takometrin. Akselinjatkeen päässä (N-pää) sijaitsee M5-kierre pultille, jolla takometri kiinnitetään akselinjatkeeseen. Akselinjatkeen avulla saadaan moottorin pyörivä liike pulssianturille, joka välittää informaation laitteille, joilla valvotaan moottorin käyttöä.

Takometri tuetaan itse moottoriin tuen avulla, joka koostuu kierretangosta ja kahdesta molempiin päihin tulevasta silmukkalaakereista. Silmukkalaakereiden avulla saadaan takometrin tuki asennettua niin, ettei se kiristettäessä pääse vedättämään takometriä viinon. Tuen toinen pää kiinnitetään tuuletinsuojassa sijaitseviin tukiin. Tällä tavalla saadaan takometri tukevasti kiinni moottoriin ja mittausvirheet minimiin.

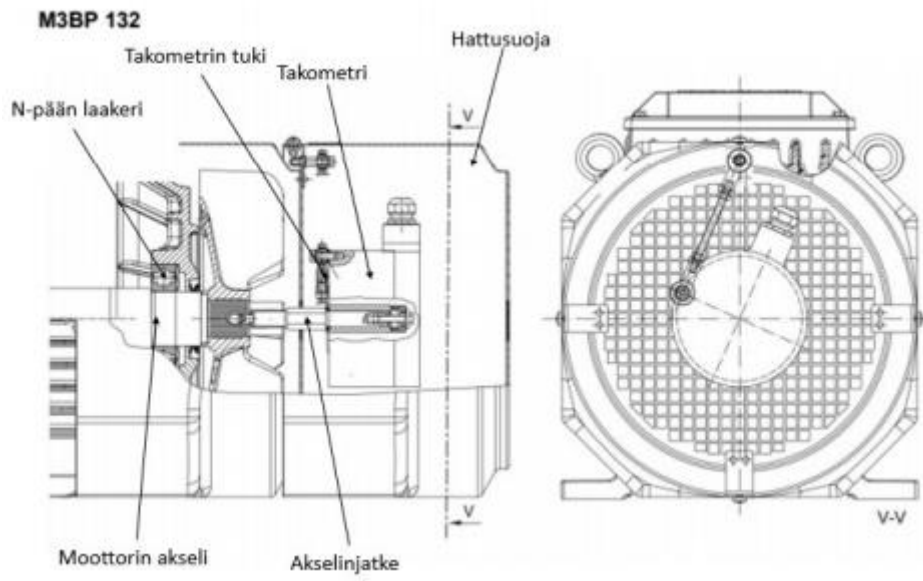
Takometrillä varustetussa moottorissa on käytettävä erilaista tuuletinsuojaa kuin normaaleissa moottoreissa, joihin ei tule akseli kiinnitteisiä lisälaitteita N-päähän. Tuuletinsuojassa on reikä takometrin asennuksessa käytettävälle akselinjatkeelle sekä kierteet hattusuojan tuille.

Hattusuojan, sekä hattusuojan tukien tarkoitus on suojata takometriä iskulta ja mahdollisilta sääolosuhteilta. Kuviossa 2 hattusuoja on avoin ja nämä avoimet suojat ovat yleisiä alumiinisissa moottoreissa. Hattusuoja löytyy myös umpinaisia. Esimerkiksi valurautaisissa moottoreissa käytetään pääasiassa umpinaisia hattusuoja, tällöin ei myöskään käytetä hattusuojan tukia.

M3AL 90-132



Kuvio 2. Takometrillä varustetun alumiinimoottorin rakenne. /7/



Kuvio 3. Takometrillä varustetun valurautamoottorin rakenne. /7/

5 TAKOMETRI

5.1 Yleistä

Takometri toimii sähköisen ja mekaanisen toimintojen välillä ja näissä maailmoissa takometriltä vaaditaan erilaisia ominaisuuksia. Mekaanisilta vaatimuksiltaan takometrin on kestettävä voimakkaita voimia, värinöitä ja lämpötiloja. Sähköisiä vaatimuksia ovat tarkkuus ja luotettavuus. Takometrejä käytetään meri-, öljy-, paperi-, teräs-, tuuli-, nosturi-, kaivos- ja koneteollisuudessa. Takometrejä on kahdenlaisia; inkrementaalisia ja absoluuttisia. /9 – 10/

5.1.1 Inkrementaalinen takometri

Pyörivän liikkeen avulla inkrementaalinen takometri tuottaa sarjan pulsseja. Pulssien avulla voidaan määrittää mitattavan kohteen nopeus ja sijainti. Normaalisti inkrementaalisen takometrin sähköinen lähtösignaali on neliösignaali, joka omaa tietyn taajuuden ja joka on verrattavissa anturin akselin nopeuteen. /9/

5.1.2 Absoluuttinen takometri

Absoluuttinen takometri tuottaa yksilöllisen digitaalisten koodien virran, joka kertoo numeerisen arvon eri akselinasennoille inkrementaalisen takometrin tuottamien pulssien sijasta. Isoin etu absoluuttisella takometrillä inkrementaaliseen takometriin on se, jos sovellus menettää virran, pystyy takometri seuraamaan asemaansa akselin kääntyessä tehohäviön aikana. Käytettävä mittaustapa voi olla optinen tai induktiivinen. /9/

5.2 ABB Oy:n Vaasan tehtaan käyttämät takometrimallit

ABB Oy, Motors and Generators Vaasa, käyttää pääasiassa Leine & Linde:n 800 -sarjan inkrementaalisia Heavy Duty -takometrejä. Tämä takometrityyppi soveltuu täydellisesti vaativiin olosuhteisiin, joissa pölyn, veden sekä luonnon ilmiöiden aiheuttamat haasteet eivät vaikuta takometrin toimivuuteen. Takometrit ovat myös ATEX- ja IECEx-sertifioituja.

Runkokokoluokissa 71–160 voidaan käyttää Leine & Linde:n takometrien lisäksi myös Hohner Automaticos:n Serie 19 optisia takometrejä. Asiakkaan vaatimuksien perusteella voidaan myös käyttää muitakin takometrimerkkejä ja -tyyppejä.

5.3 Opinnäytetyössä käytettävä takometri

Opinnäytetyössä käytettävä takometri on Leine&Linden valmistama 800-sarjan Heavy Duty, joka on inkrementaalinen pulssianturi. Käytettävän takometrin pulssi taajuus on 1024.



Kuvio 3. Leine&Linde 800 -sarja Heavy Duty -takometri. /8/

6 OPINNÄYTETYÖN ETENEMINEN

6.1 Lähtötilanne

Opinnäytetyö aloitettiin ehdottamalla ideaa kk-tehtaan päällikölle Markku Vesalalle sekä esimiehille. Saatuaani hyväksynnän ehdottamalleni opinnäytetyön aiheelle, oli minun perusteltava ABB Oy:lle, että ehdottamastani opinnäytetyön aiheesta olisi yritykselle hyötyä. Perusteltuani opinnäytetyön mahdolliset hyödyt sain luvan aloittaa opinnäytetyön työosuuden tekemisen. Opinnäytetyön aiheen valinta perustuu omiini sekä vanhojen työkaverieni tekemiin havaintoihin, joten oli siis aloitettava ns. tyhjältä pöydältä. Sain ABB oy:ltä vapaat kädet ja aloitin kehitysideoiden pohdinnan.

6.2 Kehitysideat

6.2.1 Akselinjatkeen materiaali

Tällä hetkellä runkokokojen 71–160 akselinjatkeet valmistetaan ruostumattomasta teräksestä. Syy tähän on se, että ruostumattomalla teräksellä on huomattavasti parempi korroosion estokyky kuin esimerkiksi paljon käytetyllä S355j2+N-akseli materiaalilla. Runkokokojen 160–450 akselinjatkeet valmistetaan S355j2+N-akselimateriaalista ja suojataan korroosiolta käyttämällä suojarasvaa (Dinitrol), jota käytetään myös moottorin akselin D-pään korroosiosuojana. Akselinjatkeen materiaalin ei siis tarvitse olla ruostumatonta terästä.

Ongelmaksi onkin muodostunut 71–160 runkokokojen akselinjatkeissa se, että valitettavan useasti akselinjatketta kiristettäessä moottorin akseliin, saattaa akselinjatke leikata kiinni moottorin akselin vastaohjaukseen, koska akselinjatkeen materiaali on paljon kovempaa kuin moottorin akselin materiaali. Tämä aiheuttaa akselinjatketta pyöräytettäessä ei toivottua heittoa (sallittu 0,02 mm). Pahimmassa tapauksessa akselinjatke jumittuu moottorin akseliin niin kovaa kiinni, että sitä ei saa enää irrotettua. Tästä syystä on jouduttu moottoreihin tilaamaan uusia roottoreita ja akseleita. Uusi akselimateriaali voisi olla edellä mainittu S355j2+N, jota jo käytetään isompien runkokokojen akselinjatkeissa. Edellä mainituista syistä haluan opinnäytetyössäni tuoda esille sen, että akselin

materiaalia muuttamalla voidaan vaikuttaa takometrien asennuksen tehokkuuteen ja mitaus tarkkuuteen.



Kuvio 4. Akselinjatke (ruostumaton teräs) jumittunut moottorin akseliin.

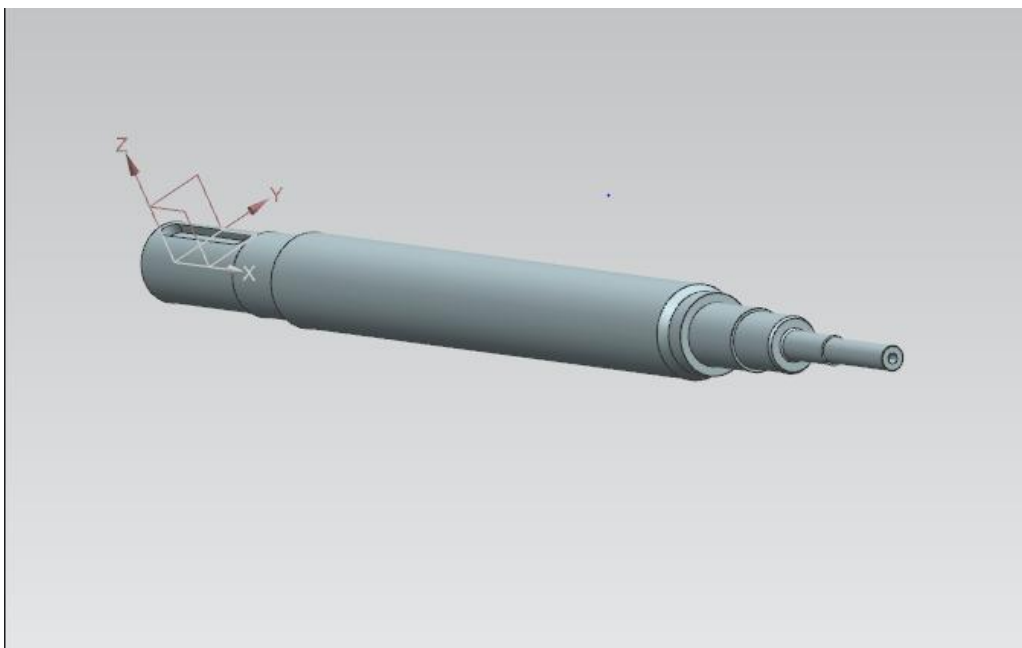
6.2.2 Konstruktio muutos

Vaasan moottoritehtaalla käytetään ainoastaan erillisiä akselinjatkeita, jotka asennetaan moottorin akseliin kiinni joko pulttaamalla tai kiertämällä. Opinnäytetyöni koskee runkokokoja 71–160, joissa käytetään kiertämällä asennettavia akselinjatkeita (Kuviot 5 ja 6).

Integroitu akselinjatke (Kuvio 5). Akselinjatke koneistetaan yhdessä moottorin akselin kanssa, jolloin ei ole tarvetta erilliselle akselinjatkeelle. Tällä saadaan varmistettua akselinjatkeen suoruus suhteessa moottorin akseliin ja vältetään viivytyksiltä tuotannossa. Integroidun akselinjatkeen avulla vältetään myös nykyisen akselinjatkemateriaalin aiheuttamilta ongelmilta.



Kuvio 5. Kierrettävä akselinjatke.



Kuvio 6. 3D-malli integroidusta akselinjatkeesta.

6.2.3 Nykyisen akselinjatkeen kehittäminen

Yksi ratkaisu vaihtoehtoista oli nykyisen akselinjatkeen kehittäminen sellaiseksi, että se olisi tämänhetkistä akselinjatketta asennusystävällisempi. Tässä ratkaisussa ideana oli, että nykyisen akselinjatkeen ohjaukset vaihdettaisiin kartiosta lieriöksi ja moottorin akselissa oleva ohjaus muutettaisiin keskiöporaukseksi, jolloin akselinjatke ja akseli olisivat yhdensuuntaisia. Moottorin akselin ja akselinjatteen välinen liitos toteutettaisiin kitkaliitoksella. Moottorin akselia lämmitettäisiin ja siitä aiheutuvan lämpölaajenemisen avulla saataisiin akselinjatke asettumaan moottorin akselin keskiöporaukseen. Moottorin akselin jäähtyessä jäisi akselinjatke kiinni moottorin akseliin.

6.3 Kehitysidean valinta

Opinnäytetyöhön valittiin kolmesta edellä esitetystä kehitysideasta konstruktiomuutos, jossa akselinjatke koneistetaan moottorin akselikokonaisuudeksi (kuvio 7).

Päädyimme kyseiseen valintaan opinnäytetyön ohjaajan kanssa siksi, että vaihtoehto vaikutti mielenkiintoisimmalta, haasteellisimmalta sekä opintojani eniten tukevalta vaihtoehdolta. Kyseisen vaihtoehdon toteuttamisessa tulee ottaa huomioon tuotekehitykseen, 3D-suunnitteluun, valmistukseen ja tuotantoon vaikuttavat tekijät. Halusin

myös tuoda jo olemassa olevien akselinjatkeiden rinnalle varteen otettavan vaihtoehdon, jossa asennus periaate eroaa merkittävästi jo tuotannon käyttämisestä vaihtoehdoista. Valinnassani otettiin myös huomioon tuotannon työntekijöiden sekä esimiesten mielipide. Haastattellessani heitä totesin, että tuotannossa pidetään tärkeänä sitä, että takometrin asentaminen olisi mahdollisimman yksinkertaista sekä työvaiheiden määrä minimoitaisiin. Näistä kolmesta vaihtoehdoista esittelemäni konstruktio muutos vastaisi tuotannon työntekijöiden toiveisiin parhaiten.

6.4 Olemassa olevan akselinjatke kokoonpanon korvaaminen integroidulla akselinjatkeella järjestelmä mielessä (SAP)

Toimivan kokonaisuuden kannalta oli myös tutkittava, miten jo olemassa oleva akselinjatkekokoonpano voidaan korvata integroidulla akselinjatkeella ja minkälaisia haasteita muutos tuo järjestelmämielessä.

ABB Oy, Motors and Generators, käyttää ensisijaisesti toiminnanohjausjärjestelmää nimeltä SAP. SAP:iin muodostetaan asiakkaan valitsemien varianttikoodien perusteella räätälöity kokonaisuus. Varianttikodeja löytyy satoja erilaisia. Takometri voidaan esimerkiksi tilata käyttämällä varianttikoodia: +472 Encoder L/L 861 HTL-type 1024 ppm. Tämän varianttikoodin avulla määräytyy minkälainen moottorin akseli sekä akselinjatke tuotteelle tilataan. Moottorikaupalta voi löytyä kymmeniä erilaisia varianttikodeja. Moottorikoodin ja varianttikoodien perusteella syntyy BOM, bill of material. BOM luo moottorille rakenteen käytettävistä raaka-aineista, osajärjestyksistä, välikokoonpanoista, osakomponenteista. BOM:in avulla hankitaan ja valmistetaan tarvittavat sähkömoottorin komponentit.

Takometrillä varustetut moottorit ovat aina konfiguroituja moottoreita ja tästä syystä moottoreista löytyy myös konfiguroitu akseli. Konfiguroitu akseli tarvitaan, koska nykyistä akselinjatketta varten täytyy löytyä sorvattavat kierteet ja ohjaukset.

Mikäli nykyinen akselikokonaisuus halutaan korvata integroidulla akselinjatkeella, on nykyisen moottorin akselin tuotekoodi sekä mittapiirustus päivitettävä Team centeriin. Team center on PLM-järjestelmä, josta löytyy ABB oy Motors and Generators:in tuotamat ja käyttämät 3D-mallit ja niille tehdyt mittapiirustukset. Rakenteelta, jonka BOM

luo, on myös poistettava nykyinen akselinjatke, koska sille ei ole päivityksen jälkeen tarvetta.

Konfiguroimaton moottori tarkoittaa standardimoottoria. Konfiguroimaton moottori toimitetaan ilman asiakas räätälöintiä.

Konfiguroitu moottori on asiakkaan vaatimuksien perusteella räätälöity moottori. Räätälöintiä varten löytyy satoja erilaisia varianttikoodoja.

6.5 Prototyypimoottorin valinta

Opinnäytetyössäni käytettävä prototyypimoottori on malliltaan 3GAA 132MLA 3GAA131270-HSE. Valmistetaan Vaasan KK-tehtaalla linjalla AL3C. Kyseinen alumiinimoottori on standardimalli, johon ei alkuperäisesti ole asennettu takometriä, myös takometrin asennusvalmius puuttuu. Prototyypiksi valitun moottorin suurin rakenteellinen ero on, että moottorin akselissa ei ole koneistettuja ohjauksia sekä kierteitä akselinjatketta varten. Myös tuuletinsuojan eroaa takometrillä varustetun moottorin tuuletinsuojasta.

Prototyypimoottoriksi valittiin kyseinen moottori, koska moottori oli asiakkaan peruma tilaus. Moottori oli ehditty valmistaa tuotannossa, mutta asiakas ei halunnut ottaa vastaan kyseistä moottoria ja oli tästä syystä perunut sen. Tämä oli opinnäytetyöni kannalta helpotus, koska tämän ansiosta säästin aikaa ja opinnäytetyön tilaajan rahaa.

6.6 Integroidun akselinjatkeen suunnittelu

Integroidun akselinjatkeen suunnittelussa on käytetty hyväksi prototyypimoottorin alkuperäistä akselipiirustusta ja nykyisen kierrettävän akselinjatkeen piirustusta, koska tarkoituksena oli yhdistää nämä kaksi komponenttia toimivaksi kokonaisuudeksi. Alkuperäistä akselipiirustusta käytettiin avuksi myös, koska tarvitsin prototyypimoottoriin sopivan akselin ilman, että jouduin vaihtamaan moottorista komponentteja epäsopivuuksien takia.

Yhdistettäessä nykyinen kierrettävä akselinjatke ja moottorin akseli, voidaan kierrettävän akselinjatkeen muodosta poistaa huoletta akselinjatkeen päästä löytyvä M8-kierreosuus, kierreosuutta ennen oleva akselinjatkeen ohjaus sekä akselinjatkeen keskeillä sijaitsevat muodot kiristystä varten. Käytännössä jäljelle jääkin ainoastaan akselinjatkeen muoto, joka menee takometrin sisälle. Takometrin kiinnitystä varten oleva M5-kierre akselinjatkeen päässä sekä akselinjatkeen kiristystä varten olevan muodon tilalle tulee akselimuoto, jonka avulla voidaan asettaa takometri oikeaan etäisyyteen itse moottorista.

Suunnitellessa integroitua akselinjatketta oli huomioitava valmistusteknilliset seikat. Näistä tärkeimpänä oli akselin koneistamiseen liittyvät asiat. Akselinjatkeen osa, joka menee takometrin sisälle, täytyy olla h6-toleranssin vaatimukset täyttävä, koska takometrin naaraspuoli on valmistettu h6-toleranssia käyttäen. h6-toleranssilla saavutetaan takertelematon liitos akselinjatkeen ja takometrin välille. ABB:n alihankkijat saavuttavat h6-toleranssin käyttämällä pyöröhiontaa. Integroidussa akselinjatkeessa saa olla heittoa maksimissaan 0.02 mm, jolloin pyöröhionta on tehtävä varovaisuutta käyttäen. Runko kokoluokassa 132, joka on opinnäytetyössäni tutkittavista moottoreista suurin, saadaan akselinjatkeen takometrin sisälle menevästä osuudesta tarpeeksi vahva, jotta vaadittavaan suoruuteen päästään, kun kasvatetaan akselinjatkeessa olevan osan halkaisijaa, joka määrittää takometrin ja moottorin välisen etäisyyden. Pienemmissä runkokoluokissa tätä ongelmaa ei esiinny, koska akseleiden halkaisijat eivät eroa takometriin menevän akselin osan halkaisijasta merkittävästi.

ABB:n alihankkijat, jotka koneistavat moottoreihin akseleita käyttävät pääasiassa tapaa, jossa akseli kiinnitetään sorviin kärkien avulla, eikä esimerkiksi kiinnittämällä akselin D-pään sorvin karaan. Tästä syystä suunnitellessani integroitua akselinjatketta otin huomioon kyseisen asian ja tein ohjaukset akselin D-päähän ja N-päähän kärkiä varten, jolloin akseli saadaan keskitettyä sorviin täydellisesti. N-pään ohjaus on huomattavasti pienempi, kuin D-pään ohjaus, koska integroidun akselinjatkeen halkaisija, joka menee takometrin sisälle, on 12 mm. D-pään akselin halkaisija on 38 mm. Keskustelin asiasta alihankkijan kanssa ja totesimme, ettei kyseinen seikka ole este akselin valmistamiselle.

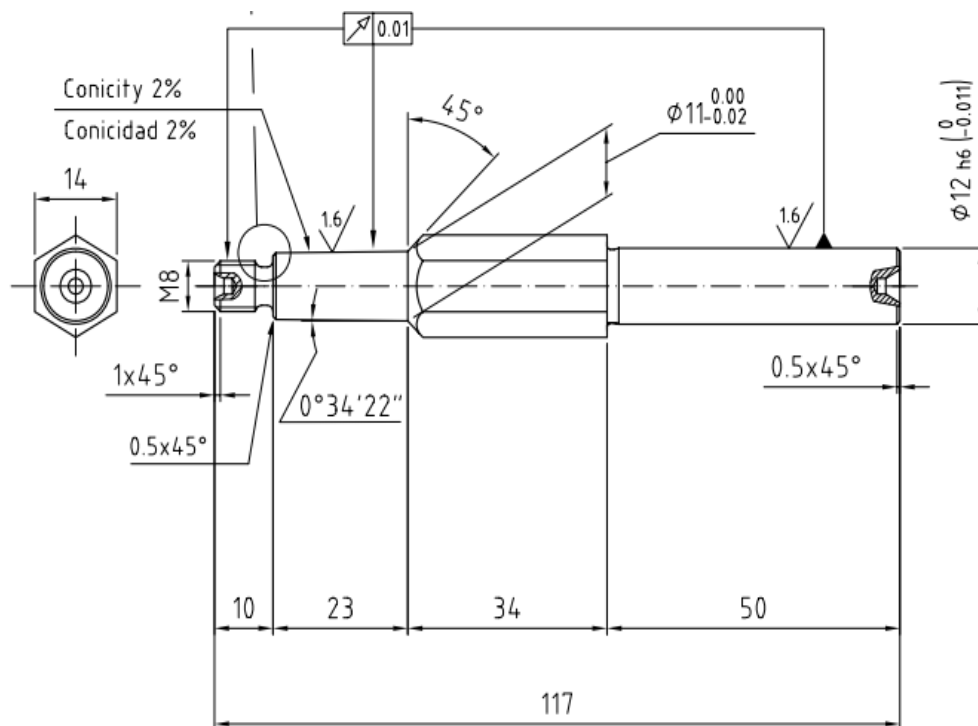
Akselin suunnittelussa tarkastajina toimi tuotekehitysosaston Teemu Tuomaala sekä J-P Alanen.

6.7 Prototyyppi akselin hankinta

Prototyyppiakselin valmistaminen toteutettiin ABB Oy Motors and Generators - yksikön alihankkijoita käyttäen, koska tehtaalta ei löytynyt laitteistoa, jolla kyseinen prototyyppiakseli olisi voitu valmistaa. Mikäli integroitu akselinjatke otetaan käyttöön, on hyvä tietää, että alihankkijoiden on mahdollista valmistaa kyseisenlaisia akseleita.

Tarjouspyynnöt lähetettiin RicoMix Oy:lle ja Kolmex Oy:lle. Ricomix Oy on Mustasaaressa toimiva koneistusyritys, joka toimittaa ABB Oy Motors and Generators yksikölle sähkömoottoreiden akseleita ja roottorikokoonpanoja. Kolmex Oy toimii myös alihankkijana ABB:lle ja toimittaa akseleita ja roottorikokoonpanoja, mutta toiminta on Virossa.

Valitsimme prototyyppiakselin valmistajaksi Kolmex Oy:n, koska koneistuskeskus, jolla Ricomix Oy olisi koneistanut prototyyppiakselin oli varattu kaksi kuukautta tarjouspyynnönlähtämisen ajankohdasta eteenpäin, kun taas Kolmex Oy:ta luvattiin prototyyppiakselien toimitus noin kahdessa viikossa. Prototyyppiakseleita tilattiin kaksi kappaletta mahdollisten kokoonpanovirheiden takia.



Kuvio 7. Kierrettävän akselinjatkeen valmistuskuva. /7/

6.7.1 Prototyyppiakselin valmistamisen kannalta huomioitavaa

Suurin osa akseleista, jotka toimitetaan ABB Oy Motors and Generators -yksikölle, on koneistettu käyttämällä keskittäviä kärkiä, jotka kiinnittyvät akselin D- ja N-päähän. Kärkiä varten on akselin aihiossa keskellä olevat ohjaukset. Prototyyppiakselin N-pään ollessa huomattavasti ohuempi kuin muu akseli, on ehdottomasti koneistuksessa käytettävä tukilaakerointia, jotta saavutetaan vaaditut toleranssit ja akselin suoruus.

6.7.2 Koneistuksen vaiheet

Akselin koneistusprosessi eteni seuraavasti:

1. Akseli aihion leikkaaminen määrämittaana.
2. Sorvauksessa käytettävien kärkien ohjauksien, sekä ennalta määriteltyjen reikien ja kierteiden tekeminen.
3. Akseliaihion sorvaaminen vaadittuihin mittoihin. Sorvaaminen suoritetaan suurimmasta halkaisijasta pienimpään.
4. Mahdollinen pyälletyys tuuletinta varten.

5. Kiilaurien jysintä.
6. Akselin pyöröhionta ja suoristus.

6.8 Prototyyppi akselikokonaisuuden kokoonpano

Tässä luvussa käsitellään takometri moottorin kokoonpanemista integroitua akselinjatketta käyttäen, sekä tuotannon aikaisten prosessien tuomia haasteita.

6.8.1 Prototyyppi akselin suoruuden toteaminen

Ennen roottorin asentamista prototyyppiakseliin oli akselin suoruus tarkastettava. Suoruus tarkastettiin asettamalla akseli roottorin tasapainotuskoneeseen ja asettamalla heitokello akselin N-päähän, noin 2 sentin päähän akselin päästä. Mitta tulos näytti 0.02mm heittoa, joka oli sallittu ja oletusten mukainen.

6.8.2 Roottorin asentaminen prototyyppi akseliin

Roottorin asentamisessa käytetään kahta erilaista asennusmenetelmää:

1. Roottorin lämmittäminen
2. Akselin prässäys roottoriin ilman roottorin lämmittämistä.

Roottorin lämmittämisessä apuna käytetään uunia, jossa roottori lämmitetään noin 120 asteiseksi. Lämmityksen jälkeen roottori siirretään akseliprässin alle. Koneeseen on syötetty A- tai E-mitta. Koneessa oleva laseri havaitsee N- tai D-pään akselin pään, riippuen kumpaa mittaa käytetään ja pysäyttää roottori akseliin mitan määräämään kohtaan. Prässäys tapahtuu akselin päätä vasten. Molempia päitä voidaan käyttää tilanteen mukaan. Esimerkiksi akselin N-päässä voi olla erikoinen koneistus ja näin ollen prässäys täytyy tehdä D-päätä käyttäen, jolloin on käytettävä E-mittaa apuna. Tätä tapaa käytetään ABB:n kk-tehtaalla roottorin koneistus- ja tasapainotussolussa.

Opinnäytetyössäni käytettävä prototyyppiakseli asennettiin roottoriin käyttämällä tapaa, jossa roottori lämmitetään.

Roottorin oli asennettava D-päästä prässäämällä, koska N-pään integroitu akselinjatkeen suoruus saattaisi kärsiä, mikäli prässääminen tapahtuisi N-päätä käyttäen. Tästä syystä

ilmeni ongelma. Ongelma oli se, että laserilla mitattavan pään, joka oli tässä tapauksessa N-pää, halkaisija ei ollut tarpeeksi suuri, jotta laseranturi tunnistaisi sen ja osaisi pysäyttää prässäyksen oikeassa kohdassa. Ongelma ratkaistiin tekemällä integroidun akselinjatkeen päälle adapteri muovista, jonka avulla halkaisijaa saatiin kasvatettua tarpeeksi laseranturia varten.

Adapteri asennettiin integroidun akselinjatkeen päälle työntämällä se tuuletinsuojan olaketta vasten. Adapterin päädyn on oltava täysin samalla kohdalla akselinpäädyn suhteen, jotta roottori paketti saadaan oikeaan kohtaan (kuviot 11 ja 13).



Kuvio 8. Prototyyppiakseli roottorin prässäyslaitteessa.



Kuvio 9. Akselin N-päähän kiinnitettävä adapteri.



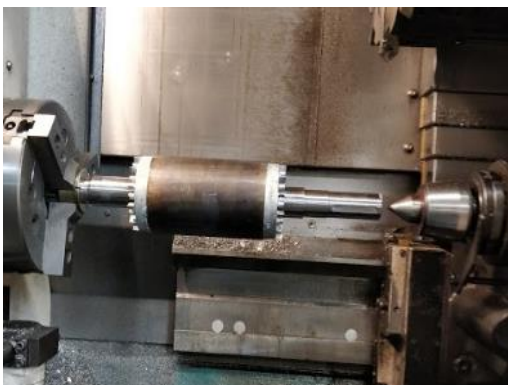
Kuvio 10. Roottoripaketti menossa uuniin.



Kuvio 11. Adapteri asennettuna akseliin.

6.8.3 Roottorin koneistaminen ja tasapainotus

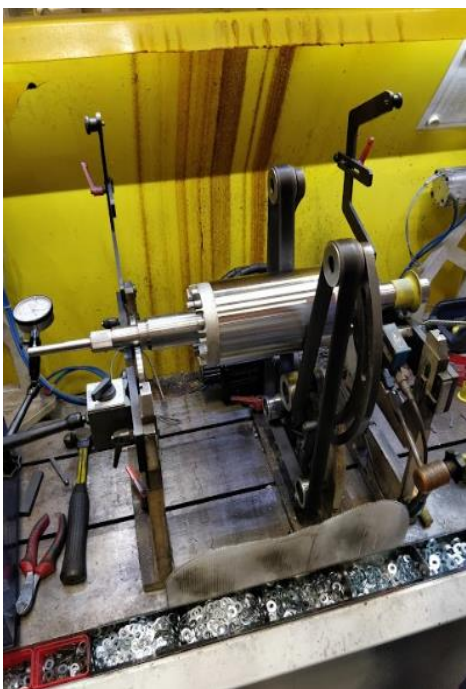
Roottoripaketin asennuksen jälkeen roottorin pinta puhdistettiin ja tasoitettiin koneistamalla. Tällä varmistetaan roottorin esteetön pyöriminen staattoripaketin sisällä. Koneistuksen jälkeen roottori tasapainotettiin. Tasapainotus tehtiin F1-luokkaan puolikiilaa käyttämällä. On tärkeää, että roottori on tasapainossa, muutoin moottoriin välittyy värähtelyjä, jotka vaikuttavat oleellisesti moottorin toimintaan (kuviot 14,15 ja 16).



Kuvio 12. Akselikokoonpano roottorisorvauksessa.



Kuvio 13. Sorvattu akselikokoonpano.



Kuvio 14. Akselikokoonpano tasapainotuksessa.

6.9 Prototyypimoottorin purkaminen ja kasaaminen.

Prototyypimoottorin purkaminen ja kasaaminen toteutettiin KK-tehtaan muutostyöosastolla yhteistyössä asentajien kanssa. Moottorin kasaamisessa ja purkamisessa noudatettiin ABB:n käyttämiä käytäntöjä, jotta kasaaminen tapahtuisi mahdollisimman yhtenäisesti tuotannossa toteutettavien vaiheiden kanssa.

Opinnäytetyössäni purettavan ja kasattavan moottorin kasaaminen erosi tuotannossa toteutettavista tavoista laakereiden asennuksen ja laakerikilpien asennuksen osalta, vaikkakin ovat täysin mahdollisia toteuttaa myös tuotannossa. Purkaminen ja kasaaminen toteutettiin muutostyöosastolla, jolloin varmistettiin, että tuotanto ei kärsi ja tutkimustyö voitiin tehdä ilman häiriötekijöitä.

6.10 Prototyypimoottorin purkaminen

Päivittäminen aloitettiin purkamalla prototyypimoottori sellaiseen tilaan, että siihen voidaan asentaa valmis prototyypiakselikokoonpano.

Moottorin purkaminen sisälsi seuraavat vaiheet:

1. Tuuletinsuojan irrottaminen
2. Tuulettimen irrottaminen ulosvetäjän avulla
3. N-pään laakerikilven irrottaminen
4. Kiilan poistaminen
5. D-pään laakerikilven irrottaminen.

Purkamisen jälkeen otettiin talteen uudelleen käytettävät osat: molemmat laakerikilvet, tuuletin, tuuletinsuoja ja irrotettujen komponenttien kiinnitysosat.



Kuvio 15. Prototyypimoottorin laakerikilven irrotus.



Kuvio 16. Prototyypimoottori purettuna.

6.11 Prototyypimoottorin kasaaminen vaiheittain

1. Prototyypimoottorin kasaaminen aloitettiin asettamalla roottori ja akseli koonpano moottorin rungossa olevan staattorin sisälle (kuvio 19).
2. Moottorin N- ja D-pään laakereiden, sekä laakeripohjan asentaminen (kuviot 20 ja 21).
3. N- ja D-pään laakerikilpien paikoilleen kiristäminen (kuvio 22).
4. Laakerikilpien ollessa paikoillaan lisättiin tuuletinsuoja lyömätuurnan avulla.
5. Tuuletinsuojan kiinnittäminen hattusuojan tukia apuna käyttäen.
6. Leine & Linde -takometrin kiinnittäminen integroituun akselinjatkeeseen, sekä pyörimisenestoksi silmukkalaakeri tuki hattusuojan tukeen kiinni (kuvio 25).
7. Takometrin kannen, sekä hattusuojan kiinnitys.



Kuvio 17. Prototyypiakseli asetettuna staattoriin sisälle.



Kuvio 18. D-pään laakeri ja laakerilevy asennettuna.



Kuvio 19. N-pään laakeri asennettuna.



Kuvio 20. N-pään laakerikilven pulttien kiristäminen.



Kuvio 21. D-pään laakerikilpi ja V-rengas asennettuna.



Kuvio 22. Tuuletin asennettuna.



Kuvio 23. Takometrin asentaminen tuuletinsuojan jälkeen.



Kuvio 24. Valmis prototyypimoottori.

6.12 Prototyyppimoottorin rutiinikoestus

Rutiinikoestus tehdään jokaiselle moottorille, joka valmistuu Vaasan moottoritehtaalta. Koestaminen suoritetaan yleensä laakeri ja laakerikilpikokoonpanon jälkeen, jolloin moottorista löytyy sen toiminnankannalta oleelliset komponentit.

Rutiinikoestuksen tarkoituksena on varmistua siitä, että asiakkaalle toimitettava sähkömoottori toimii ja vastaa vaadittuja vaatimuksia. Rutiinikoestuksessa käydään läpi mahdolliset tärinät, tyhjäkäynnin suuruus ja pois suljetaan mahdolliset maasulut.

Rutiinikoestus tehdään yleisesti käyttämällä D-pään akselissa puoli kiilaa, eikä moottorissa ole tuuletusta.

Prototyyppimoottorin toimivuus tarkastettiin rutiinikoestuksessa (kuvio 27). Tämä tehtiin siitä syystä, että voidaan olla varmoja siitä, että integroitu akselinjatke ei aiheuta ylimääräisiä tärinöitä tai muita sähkömoottoriin toimintaan vaikuttavia haittoja.

Prototyyppimoottori testattiin käyttämällä D-päässä täyttä kiilaa sekä moottorissa olevaa tuuletusta, koska halusin todeta moottorin toimivuuden täysin valmiina.

Moottori läpäisi koestuksen. Koestus tuloksissa otettiin huomioon täyden kiilan ja tuuletuksen aiheuttamat vaikutukset koetuloksiin.



Kuvio 25. Prototyypimoottori rutiinikoestuksessa.

6.13 Kuljetussuoja

Moottorin akselien kuljetus ja tuotannon erilaiset vaiheet ovat suuria riskejä integroidun akselinjatkeen suoruuden kannalta. On tärkeää, että integroitu akselinjatke pysyy kuljetuksen ja tuotannon prosessien aikana koneistuksen jälkeisessä suoruudessaan.

Normaalissa tilanteessa moottoreiden akselit kuljetetaan ilman kuljetussuojaa, mikäli akselissa on esimerkiksi erikoiskoneistus, suojataan akselit pehmusteilla ja suoja-
muoveilla.

Akselinjatkeen suojaaminen suojaumuovilla ja pehmusteilla ei ole riittävä ratkaisu, koska tuotannon aikaisten kokemuksieni perusteella akselisiin voi kohdistua koviakin ennalta arvaamattomia iskuja. Tästä syystä kehitin integroidun akselinjatkeen suojaksi kuljetus-
suojan, jonka avulla varmistetaan, että integroitu akselinjatke on suora, kun takometri siihen asennetaan.

Kuljetussuoja on valmistettu 3D-tulostamalla (kuvio 29). Ennen tulostamista suunniteltiin NX-ohjelmaa apuna käyttäen tarpeitani vastaavan 3D-mallin kuljetussuojasta. 3D-malli siirrettiin Slicer-ohjelmalle, joka tekemääni 3D-mallia apuna käyttäen loi 3D-tulostusta varten mallin. Mallin avulla tulostin pystyi tekemään 3D-tulostetun kuljetussuojan prototyypiksi.

Kuljetussuoja kiinnittyy kitkasulkeisesti N-pään laakeripintojen jälkeistä olaketta vasten. Kuljetussuoja on suunniteltu siten, että integroidun akselinjatkeen ja kuljetussuojan väliin jää pituussuunnassa noin 15 mm tyhjää tilaa. Sisähalkaisija kuljetussuojalla ja N-pään laakeripinnalla on sama 30 mm. Integroidun akselinjatkeen halkaisijan ollessa 14 mm jää kuljetussuojan ja integroidun akselinjatkeen välille 16 mm tyhjää tilaa. Tällä varmistetaan se, etteivät iskut vaikuta integroituun akselinjatkeeseen (kuvio 28).

Päädyin 3D-tulostettavaan kuljetussuojaan, koska se on tarpeeksi kestävä suojataakseen iskut, joita akseliin voi kohdistua. 3D-tulostamista varten löytyi koululta tarvittavat koneet ja laitteet ja näin ollen 3D-tulostus oli myös nopein ratkaisu.



Kuvio 26. Kuljetussuoja asennettuna prototyypiksiin.



Kuvio 27. Prototyypiksi ja kuljetussuoja.

7 TARKASTELU

7.1 Johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli kehittää runkokojen 71–132 (korotettu 160) takometrin asennusta parantamalla jo olemassa olevia ratkaisuja tai kehittämällä täysin uuden asennus tavan, jolla voidaan nopeuttaa ja helpottaa takometrin asennus työvaihetta kustannustehokkuutta unohtamatta.

Opinnäytetyössä kehitettyä integroitua akselinjatketta käyttämällä voidaan vähentää yksittäisen takometrin asennus aikaa, aikaisemmasta mahdollisesta 30 minuutista 10 minuuttiin.

Integroitua akselinjatketta käyttämällä asennus helpottuu ja nopeutuu huomattavasti, koska akselinjatkeen tarkkuuskellotus jää pois. Tarvitaan ainoastaan tarkistus kellotus esimerkiksi joka viidennelle takometrimoottorille.

Hinta säilyy suurin piirtein samana. Nykyisen konfiguroidun 132-kokoluokan akselin hankintahinta on noin 40 euroa/kpl, johon lisätään kierrettävä akselinjatke, jonka hankintahinta on 15 euroa/kpl. Näiden lisäksi on otettava huomioon myös akselinjatkeiden vastaanottamiseen ja varastointiin menevät kulut.

Ensimmäisen prototyyppiakselin hankintahinta oli 69 euroa. Akselin hankintahinta laskee määrään mukaan. Mikäli integroitu akselinjatke otetaan tuotannossa käyttöön, tulee hinta laskemaan nykyisen konfiguroidun akselin tasolle. Lisäksi kuljetussuojan hinta 5 euroa/kpl. Kuljetussuojia voitaisiin tilata esimerkiksi 100 kpl tehtaan ja alihankkijan käyttöön. Kuljetussuoja on uudelleen käytettävä.

Säästöt syntyvät siitä, että työntekijöiden käyttämä aika takometrin asennukseen lyhenee. Integroidun akselinjatkeen käyttöönotto on taloudellisesti kannattavaa.

7.2 Kehitysideat

Keskeisin kehitysidea on roottoripaketin asentamiseen vaadittavan adapterin kehittäminen. Tällä hetkellä adapteri on nylonholkki, joka on sahattu määrämittaam. Tämänkin osa voitaisiin tehdä esimerkiksi 3D-tulostusta käyttäen.

Mahdollisen asennusolakkeen lisääminen integroidulla akselinjatkeella varustettuun akseliin roottoripaketin asentamisen helpottamiseksi.

Integroidun akselinjatkeen omaaville akseleille suunniteltu kuljetuspaletti, jolla voitaisiin välttyä mahdollisilta iskuilta akseleihin.

Opinnäytetyön jatko kehityksessä voitaisiin myös ottaa huomioon integroidun akselinjatkeen käyttö isommissa kokoluokissa.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössäni saavutin varteen otettava vaihtoehto nykyisen vaihtoehdon tilalle tai rinnalle. Opinnäytetyössäni kehitin prototyyppiakselin ja tarvittavat piirustukset, joita apuna käyttäen voidaan uusi ratkaisu saada tuotantoon ja järjestelmään.

Opinnäytetyö oli mielestäni alusta loppuun saakka hyvin mielenkiintoinen ja samalla tarpeeksi haastava. Mielenkiintoa ja haastetta toi se, että olin havainnut tarpeen opinnäytetyön aiheelle itse. Aihe nousi esille tuotannossa työskennellessäni.

Opinnäytetyö eteni pääosin suunnitelmieni mukaisesti, lukuun ottamatta pientä viivästystä prototyyppiakselin toimituksen suhteen. Yhteistyö toimeksiantajayrityksen kanssa sujui ongelmitta ja sain aina vastaukset kysymyksiini, koskivat ne sitten tuotantoa tai järjestelmää. Koin myös eduksi, että olin työskennellyt ennen opinnäytetyön aloitusta tuotannossa opinnäytetyön toimeksiantajayrityksessä sekä vuoden toimihenkilönä asiakasrajapinnassa, jossa järjestelmät tulivat tutuiksi.

LÄHTEET

/1/ ABB. ABB-yhtymä. Viitattu 20.03 <https://new.abb.com/fi>

/2/ ABB Oy, Motors and Generators. Viitattu 25.03.2019. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/motors-and-generators>

/3/ ABB Suomessa. Sähkömoottorin hyötysuhteella on väliä. Viitattu 01.05.2019. <http://www.abb.fi/cawp/seitp202/9324577570fc2313c125765e002bfcd2.aspx>

/4/ Low Voltage motors for explosive atmospheres catalog. ABB. Sisäinenverkkosivusto. Viitattu 01.05.2019.

/5/ Motiva. Sähkömoottorityypit. Viitattu 25.04.2019. https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/v alit-se_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit

/6/ Wikipedia. Sähkömoottorit. Viitattu.25.04.2019. <https://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6moottori>

/7/ ABB. Image Bank. ABB. Siäänenverkkosivu. Viitattu 25.04.2019

/8/ Leine & Linde. Pulssianturit ja anturitoiminnot. 2019. Viitattu 01.05.2019. <https://www.leinelinde.com/fi/tuotteet/raskaan-sarjan-pulssianturit/>

/9/ Leine & Linde. Lataukset. 2019. Viitattu 03.05.2019. <https://www.leinelinde.com/fi/tuki/lataukset/>

/10/ Takometri yleisesti. 05.04.2019. Viitattu 25.04.2019. https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_encoder