



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Peter Jakobsson

RÄJÄHDYSVAARALLISTEN TILOJEN MOOTTOREIDEN SUUNNITTELUOHJE

ABB Oy Motors and Generators

Tekniikka ja liikenne
2016

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty talvella ja keväällä 2016 osana Vaasan ammattikorkeakoulun Tekniikan ja liikenteen -yksikön kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmaa. Työn tilaajana oli ABB Oy:n Motors and Generators -yksikön tuotekehitysosasto Vaasassa.

Opinnäytetyötä ohjasi lehtori Timo Gröndahl Vaasan ammattikorkeakoulun Tekniikan ja liikenteen yksiköstä, sekä projektipäällikkö Juha Huhtamäki Vaasan Motors and Generators -yksikön tuotekehitysosastolta.

Näillä alkusanoilla haluaisin kiittää suuresti kaikkia opinnäytetyöhöni osallisena olleita henkilöitä, joista eritoten ohjaajiani Timo Gröndahlia ja Juha Huhtamäkeä, sekä ennen kaikkea perhettäni ja puolisoani tuesta opinnäytetyössä ja koko opiskeluajallani.

Vaasassa 13.5.2016

Peter Jakobsson

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Peter Jakobsson
Opinnäytetyön nimi	Räjähdyksivaarallisten tilojen moottoreiden suunnitteluohje
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	35 + 1 liite
Ohjaaja	Timo Gröndahl

ABB Oy:n Motors and Generators -yksikön tuotekehitysosasto tarvitsi suunnitteluohjetta räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettuihin sähkömoottoreihin. Tämä ohje tukena, riittävät tiedot ja taidot suunnittelusta omaava mekaniikkasuunnittelija pystyisi toimimaan ABB:n Ex d -moottorin suunnitteluprojektissa. Ohjeen kieli oli englanti, sillä ohjetta tulisi pystyä käyttämään myös Vaasan yksikön ulkopuolella sekä sellaiset henkilöt, jotka eivät hallitse suomen kieltä.

Työ alkoi tutustumalla ABB:n sähkömoottoreihin, suunnittelussa käytettävään termistöön ja työkaluihin. Tutkin alussa myös olemassa olevia suunnitteluohjeita Ex-moottoreista sekä haastattelin ABB Oy:n Motors and Generators -yksikön työntekijöitä. Tutkin myös sähkölaitteiden Ex-luokituksen vaatimia standardeja sekä vierailin muutamia kertoja ABB Oy:n Motors and Generators -tehtaan protopajalla, jossa uusia Ex d -prototyypimoottoreita kokoonpantiin ja niihin käytettäviä osia ja materiaaleja testattiin. Suurimpana tietolähteenä ohjeelle toimi yksikön toimihenkilöiden kanssa käydyt haastattelut.

Työn tuloksena oli uuden Ex d -moottorimallin mekaaniseen suunnitteluun liittyvä ja suunnitteluprojektin päätyövaiheet kuvaava ohje. Ohjeen lopullinen sisältö, ja varsinkin rakenne, oli hieman erilainen kuin mitä aluksi hahmoteltiin, mutta myös johdonmukaisempi ja sisällöltään parempi kuin alkuperäinen luonnos.

Tämän työn perusteella havaittiin muun muassa, että Motors and Generators -yksiköllä on tietokannassaan paljon Ex-moottoreita koskevia ohjeita, mutta ei sellaista, joka kuvailisi tarpeeksi laajasti suunnitteluvaiheita ja antaisi tarpeeksi hyviä työkaluja asiaan perehtymättömälle suunnittelijalle viemään suunnitteluprojektin läpi. Tämän kaltaisen ohjeen tarpeellisuus huomattiin myös ohjeen tekoprosessin aikana käytännön tilanteiden kautta.

ABSTRACT

Author	Peter Jakobsson
Title	Design Manual for Motors for Explosive Atmospheres
Year	2016
Language	Finnish
Pages	35 + 1 Appendix
Name of Supervisor	Timo Gröndahl

The objective of this thesis was to write a design manual for motors for explosive atmospheres, Ex d motor in particular, which could be used by ABB Ltd's Motors and Generators' Research and Development department and possibly other research departments that are not located in Vaasa. The reason for this thesis work was that there was not any design manual that was extensive enough and would explain the main stages for designing this type of motor.

The thesis was implemented first by getting familiarized with ABB's electric motors, learning the correct terms and tools used in designing. I researched any existing design manuals concerning Ex motors that were made before. The main source of information came from interviews that I had with ABB Ltd's Motors and Generators' employees and most of the manual is written based on that information. The prototype cell of Motors and Generators facility was also visited a few times to see how new motors were built and the materials and parts used in them were tested.

The final product is a design manual that described well the mechanical design phases of a new Ex d -motor model. The final version of the manual of course differed from the first draft somewhat because certain matters came up only after the writing has already begun, but nevertheless, the main purpose remained the same and the final version was even more consistent than the draft.

Finally, the conclusions of this work was that Motors and Generators unit has many design manuals concerning Ex motors and none of which are extensive enough to use as a basis for a whole design project of a new motor. There were also some real life examples that demonstrated the need for this kind of manual.

SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

1	JOHDANTO.....	10
2	TYÖN TILAAJA.....	11
	2.1 ABB Oy	11
	2.2 ABB Motors and Generators	11
	2.2.1 Tuotteet	12
3	VAIHTOVIRTASÄHKÖMOOTTORI.....	14
4	EX-MOOTTORIT	15
	4.1 Ex-moottoreista yleisesti.....	15
	4.2 Ex d -moottori	15
5	ATEX-LAITEDIREKTIIVI JA EX-LUOKITUS	18
	5.1 ATEX-laitedirektiivin soveltamisala	18
	5.2 Esimerkkejä räjähdysvaarallisissa tiloissa sattuneista onnettomuuksista	19
	5.3 ATEX-laitedirektiivin määrittämät merkinnät laitteisiin.....	20
	5.4 Ex-luokitus	22
	5.5 Vaadittavat tyyppitestit Ex d -luokitelluille prototyypimoottoreille.....	23
	5.5.1 Referenssipainetesti.....	23
	5.5.2 Ylipainetesti	24
	5.5.3 ”Non-transmission” -testi.....	25
6	TYÖN TAVOITTEET	27
7	ALKUTILANNE.....	28
8	SUUNNITTELUOHJE.....	29
	8.1 Aineiston kerääminen	29
	8.1.1 Haastattelut.....	29

8.1.2 Ohjeen sisällön muokkautuminen aineiston keräämisen ohella..	30
8.2 Ohjeen sisältö ja ulkoasu	30
LÄHTEET.....	34
LIITTEET	

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. ABB:n valmistamia IEC-pienjännitemoottoreita.....	13
Kuva 2. ABB:n valmistamia tahtigeneraattoreita diesel- ja kaasumoottoreille. ...	13
Kuva 3. Vaihtovirtasähkömoottorin pääkomponentit	14
Kuva 4. ABB:n valmistamia Ex d moottoreita.....	16
Kuva 5. Kokoluokan 80-132 liitännäkotelon (vas.) ja riviliittimet kotelon sisällä (oik.).....	17
Kuva 6. Merkinnät ATEX laitteessa	21
Kuva 7. Ex-merkintä	22
Kuva 8. Ex d -moottorin mekaanisen suunnitteluohjeen sisällysluettelon ensimmäinen sivu.....	31
Kuva 9. Ohjeen sisällysluettelon toinen sivu	32
Taulukko 1. Relatiiviset testipaineet pienille laitteille.....	25

LIITELUETTELO

LIITE 1 Guideline for mechanical designing of Ex d motors (salainen)

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ABB	Asea Brown Boveri
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
IECEX	IEC:n sertifiointikäytäntö räjähdysvaarallisiin ympäristöihin tarkoitettujen laitteiden standardisoinnissa
Ex	Merkintä räjähdysvaarallisiin ympäristöihin luokitellulle sähkölaitteelle
Ex d	IEC:n määrittelemä suojaustyyppi ”d” räjähdyspaineen kestäväälle sähkölaitteelle
ATEX	Ex-laitteita koskeva lainsäädäntö ja standardisointi
R&D	Research and Development, tuotteiden tutkimuksesta ja kehittämistyöstä vastaava osasto yrityksessä
NEMA	National Electrical Manufacturers Association, Yhdysvalloissa toimiva sähkölaitteita valmistavien yritysten yhdistys

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli luoda tuotekehitysosastolle laadukas suunnitteluohje koskien ABB:n Ex d -moottorimallia, joka on tarkoitettu käytettäväksi räjähdysvaarallisissa tiloissa. Ohjeen tuli sisällöltään kattaa kaikki mekaniikkasuunnittelijan työvaiheisiin liittyvät oleelliset ja tärkeät asiat Ex d -moottorin suunnitteluprojektissa menemättä liiaksi yksityiskohtiin. Ohjeen tarpeellisuus realisoitui kun suunnittelijat huomasivat, ettei vastaavaa ohjetta ollut ja uudenlaisen moottorin suunnitteluprojektissa jouduttiin aina miettimään prosesseja alusta uudelleen, kun tietoa ei löytynyt tarpeeksi. Suunnittelutiedon puutteen taustalla oli myös työntekijöiden vaihtuvuus osastolla, jolloin osastolta lähtevät suunnittelijat vievät tiedon mukanaan.

Kirjoittamani ohjeen sisältö tuli pääosin haastatteleamalla ABB Oy:n Motors and Generators -yksikön toimihenkilöitä ja osittain myös käymällä läpi vanhempia suunnitteluohjeita. Työssä joutui myös tutkimaan Ex-laitteiden ja -moottoreiden vaatimia standardeja sekä ATEX-direktiivejä, joita käsittelen myös opinnäytetyössäni. Kaikkea materiaalia opinnäytetyöhöni ei kuitenkaan ole saatu ABB:ltä, vaan suuressa roolissa on toiminut myös aiemmin opittu tieto, verkosta löytyvä tieto sekä kirjallisuus.

Alussa suunnitteluohjeen tekeminen tuntui hyvin hataralta eikä minulle ollut hahmottunut vielä, miten tulisin käytännössä työni suorittamaan. Kuitenkin viikkojen edetessä, kun aloin oppia enemmän R&D -osaston työskentelytapoja, sekä ABB:n valmistamien moottoreiden rakenteita ja termistöä, alkoi työn toteutustapa ja työvaiheet olemaan paljon selkeämpiä. Suurin harppaus suunnitteluohjeen teossa tapahtuikin aivan viimeisten viikkojen aikana.

Opinnäytetyön varsinainen tuotos oli suunnitteluohje ABB:n sisäiseen käyttöön, enkä voi sitä opinnäytetyöni julkisessa versiossa näyttää. Tästä syystä päädyin myös tutkimaan opinnäytetyössäni tarkemmin ATEX-laitedirektiivin määrittämiä Ex-laitteita koskevia standardeja, sekä näille laitteille suoritettavia tyyppitestejä.

2 TYÖN TILAAJA

ABB-yhtymä syntyi, kun kaksi merkittävää sähkötekniikan yritystä, ruotsalainen Asea ja sveitsiläinen Brown Boveri yhdistyivät tammikuussa vuonna 1988. ABB:n pääkonttori on Sveitsin pääkaupungissa Zürichissä. Nykyään ABB toimii noin 100 maassa ja työllistää 135 000 henkilöä. ABB on organisoitu neljään globaaliin divisioonaan: Electrification Products, Discrete Automation and Motion, Process Automation, sekä Power Grids. Nämä neljä divisioonaa sisältävät pienempiä toimialayksiköitä, jotka keskittyvät tiettyihin teollisuuden aloihin ja tuotekategorioihin. Suomessa ABB:n liiketoiminnasta vastaa ABB Oy. /1,2/

2.1 ABB Oy

ABB Oy:n juuret vievät Suomen ensimmäisen sähkötekniikan opettajan ja sähköteknisen pioneerin Gottfrid Strömbergin perustamaan verstaaseen, joka perustettiin vuonna 1889. Strömberg fuusioitui 1983 Kymi-Kymmenen -nimisen yrityksen kanssa, jolloin nimeksi tuli Kymi-Strömberg ja vuonna 1986 Strömberg siirtyi Asealle. Kun Asea ja Brown Boveri yhdistyivät, sen suomalaiseksi tytäryhtiöksi muodostui ABB Oy, jonka ydin on Strömberg.

ABB Oy on sittemmin kasvattanut vientiään runsaasti ja työllistää Suomessa noin 5100 henkilöä. Suomessa ABB toimii noin 20 paikkakunnalla ja tehdaskeskittymät sijaitsevat Haminassa, Helsingissä, Vaasassa ja Porvoossa.

Vaasassa ABB:n valmistettaviin tuotteisiin kuuluvat moottorit, erikoismuuntajat, kytkintuotteet, releet, sähköverkon ohjaus, valvonta ja automaatio, sähkösiirto- ja jakelujärjestelmät, energianhallinta-, linjakäyttö-, sähköistys-, ja instrumentointiratkaisut sekä tehdastietojärjestelmät. /3,4/

2.2 ABB Motors and Generators

ABB Motors and Generators tarjoaa laajan valikoiman korkean hyötysuhteen sähkömoottoreita ja generaattoreita monille eri teollisuuden aloille. Motors and Gen-

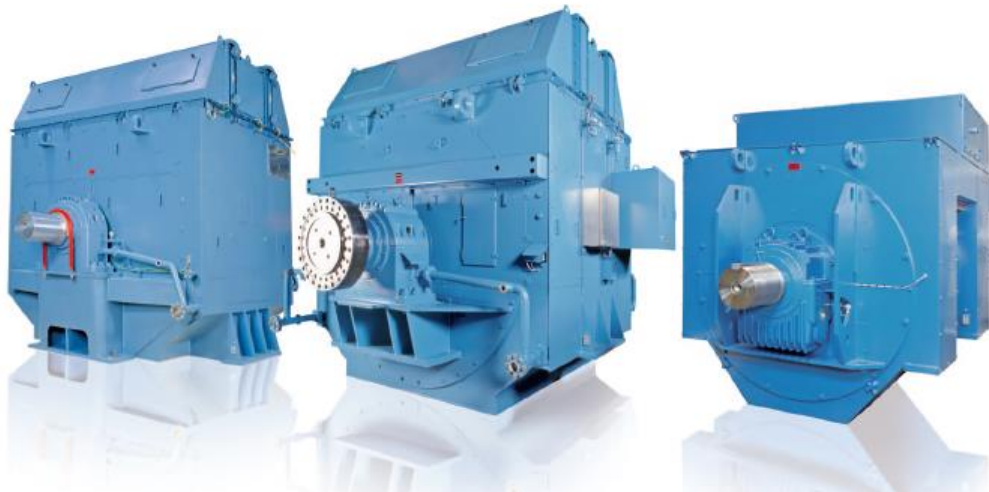
erators toimialayksikkö kuuluu Discrete Automation and Motion divisioonaan. Yksikön Suomen tehtaat sijaitsevat Vaasassa ja Helsingissä ja Suomessa Motors and Generators työllistää 1530 henkilöä. Maailmanlaajuisesti ABB:n moottori- ja generaattoriliiketoiminta työllistää 15 000 henkilöä 45 tehtaassa 13 maassa. ABB:n valmistamien räjähdysvaarallisten tilojen pienjännitemoottoreiden maailmanlaajuinen tuotevastuu on Vaasan tehtaalla. Helsingissä sijaitsevassa tehtaassa valmistetaan muun muassa korkeajännitemoottoreita, kestopagneettimoottoreita sekä tuuli- ja dieselgeneraattoreita. ABB Oy:n Motors and Generators -yksikön vahvuuksia ovat muun muassa 100 vuoden kokemukseen perustuva tietotaito, erittäin kattava tarjonta korkean hyötysuhteen moottoreita, panostaminen tutkimus- ja kehitysohjelmiin, sekä elinikäinen asiakastuki. Korkea hyötysuhde sähkömoottoreissa onkin hyvä kilpailuvaltti, sillä moottorin säästäessä energiaa, se säästää myös asiakkaan rahaa. /5/

2.2.1 Tuotteet

ABB:n tarjontaan kuuluvat IEC-pienjännitemoottorit (**Kuva 1.**), tahtigeneraattorit (**Kuva 2.**), tuuliturbiinigeneraattorit, generaattorit höyry- ja kaasuturbiineille, Ex-moottorit, ratamoottorit ja generaattorit, tahdistetut kondensaattorit, NEMA-pienjännitemoottorit, korkeajännitemoottorit, tahtimoottorit, vaihtovirtamoottorit, tahtireluktanssimoottori ja taajuusmuuttaja paketit, sekä palveluita sähkökoneiden toimintavarmuuden ja tuottavuuden varmistamiseen. ABB:n Motors and Generators -yksiköllä on siis erittäin kattava tarjonta korkean hyötysuhteen moottoreita ja generaattoreita moniin teollisuuden sovelluksiin. ABB Oy lupaa tarjota oikean moottorin riippumatta koosta, virrasta tai sovelluksesta. /6,7/



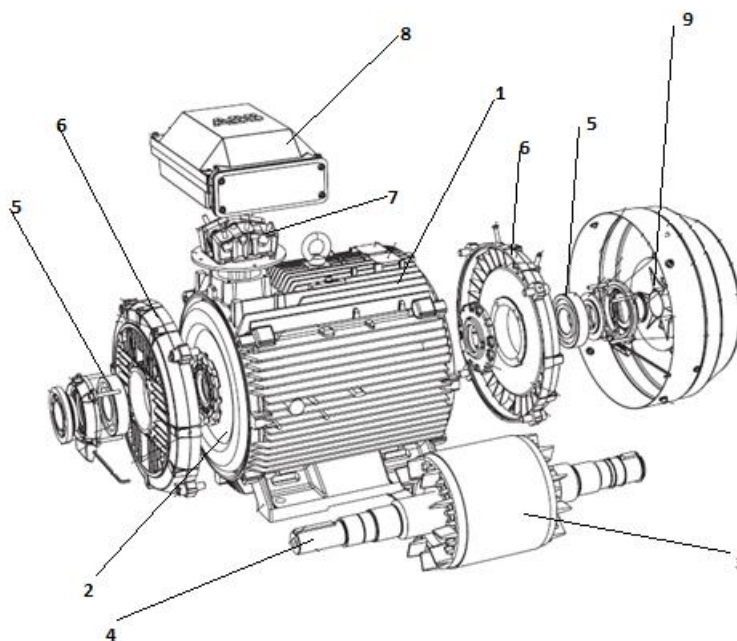
Kuva 1. ABB:n valmistamia IEC-pienjännitemoottoreita.



Kuva 2. ABB:n valmistamia tahtigeneraattoreita diesel- ja kaasumoottoreille.

3 VAIHTOVIRTASÄHKÖMOOTTORI

Sähkömoottorin toimintaperiaate perustuu siihen, että moottorin sisällä olevaan käämittyyn staattoriin johdetaan sähkövirta, joka synnyttää moottorin sisälle magneettikentän. Staattorin välissä sijaitsee moottorin pyörivä osa eli roottori, johon mekaanista voimaa välittävä akseli on kiinnitetty. Staattorin synnyttämän magneettikentän napaisuutta sopivalla taajuudella vaihtelemalla, saadaan roottori pyörimään halutulla tavalla. Vaihtovirtasähkömoottorit ovat nimensä mukaisesti sähkömoottoreita, jotka käyttävät vaihtosähköä voimantuottoonsa. Vaihtovirtasähkömoottorin pääkomponentit on esitetty alla olevassa kuvassa (**Kuva 3.**) ja numeroidut osat ovat: 1) staattorin runko, 2) staattori, joka on kuvassa rungon sisällä näkymättömissä, 3) roottori, 4) akseli, 5) akselin laakerit, 6) laakerikilvet, 7) rivi-liitin, 8) liitinkotelo, sekä 9) tuuletin ja sen suoja.



Kuva 3. Vaihtovirtasähkömoottorin pääkomponentit

4 EX-MOOTTORIT

4.1 Ex-moottoreista yleisesti

Ex-moottori poikkeaa tavallisesta sähkömoottorista siten, että sen rakenne estää vaaratilanteen syntymisen räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa sitä käytetään. Tarve Ex-moottoreille on tullut, kun räjähdysvaarallisissa ympäristöissä olevat tuotannot ovat alkaneet käyttämään sähkömoottoreita ja on täytynyt varmistaa, ettei nämä moottorit aiheuta räjähdysvaaraa. Ex-moottoreista löytyy eri luokituksella olevia malleja riippuen siitä, minkälaiseen ympäristöön ja käyttöön ne on tarkoitettu. Ex-laitteiden suunnittelua varten on luotu tarkat direktiivit, jotka määrittelevät laitteen rakenteellisia ominaisuuksia. Tällöin voidaan varmistaa, että valmistajasta riippumatta, Ex-luokituksen saanutta laitetta todella voidaan käyttää niissä vaativissa ympäristöissä, joihin ne on tarkoitettu. Ex-moottoreita ovat muun muassa: pölyräjähdysuojatut moottorit, kipinöimättömät moottorit, räjähdyspaineen kestävät moottorit, paineistetut moottorit sekä varmennetun rakenteen moottorit.

Opinnäytetyössäni keskityin ainoastaan räjähdyspaineen kestävän pienjännitemoottorin suunnitteluohjeen tekoon. Tästä alaluokasta ABB:ltä löytyy kahdella eri suojaustyypillä olevaa moottoria: Ex d sekä Ex de, joista suunnitteluohje koski ainoastaan Ex d -tyyppiä.

4.2 Ex d -moottori

Ex d -moottorin rakenne on suunniteltu siten, että moottori ei saisi sisäisen räjähdysten tapahtuessa päästää runkonsa ulkopuolelle minkäänlaista kipinää, joka voisi aiheuttaa räjähdysten moottoria käytettävässä tilassa. Tämä pystytään toteuttamaan sillä, että moottorin valmistusmateriaali on lujuudeltaan tarpeeksi suuri ja seinämävahvuudet tarpeeksi suuria, moottorin rakenteessa käytetään kansainvälisen standardin määrittelyitä, sekä uuden moottorimallin prototyypivaiheessa suunniteltua rakennetta testataan monella eri tavalla. Eräs hyvin ominainen rakenne Ex d-moottorille on sen niin kutsutut liekkiraot. Nämä liekkiraot sijaitsevat

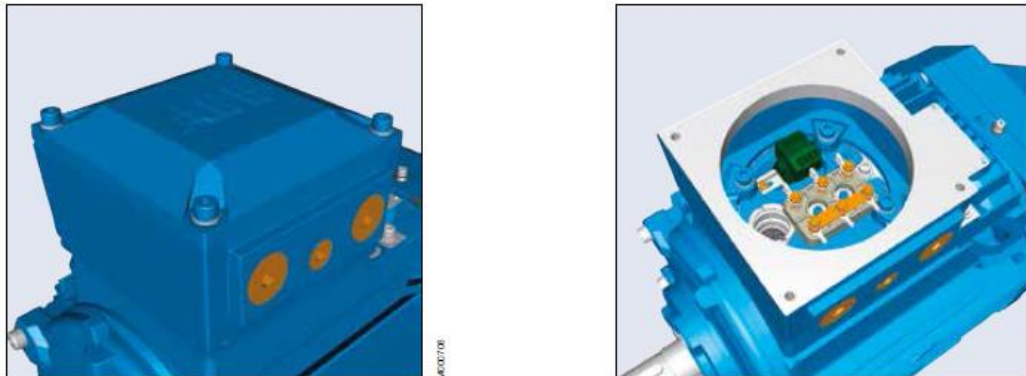
moottorin rungon ja osien liitoskohdissa ja toimivat räjähdystilanteessa kaasuja ja kipinöitä vaimentavana tilana. Moottorin laakerinkilpiin, liitinkotelon ylä- ja alasiin ja staattorin runkoon koneistetaan liekkipinnat, jotka muodostavat liekkiraot, kun moottori pannaan kokoon.

Koska Ex d -moottorilta vaaditut erityisominaisuudet ovat hyvin tärkeässä roolissa ja rajoittavat suunnittelua monella tavalla, on tärkeää tuntea kansainvälisten standardien määrittelyt. Standardeista on kuitenkin melko vaikeaa poimia oleelliset tiedot, sillä ne käsittelevät laajasti eri sähkölaitteita koskevia määrittelyitä, eikä siis pelkästään sähkömoottoreiden suunnitteluun liittyviä. Tämän vuoksi suunnittelijan on tärkeää tuntea ABB:n käyttämät menetelmät ja suunnitteluun liittyvät seikat, jotta standardeista ei tule poimineeksi epäoleellista tietoa ja poikkea ABB:n käytännöistä.

ABB:n valmistaman Ex d -moottorin (**Kuva 4.**) tunnistaa ulkonäöltään liitänäkotelonsa (**Kuva 5.**) muodosta, joka on korkeampi kuin tavallisen ABB:n vaihtovirtasähkömoottorin (**Kuva 1.**) liitänäkotelon.



Kuva 4. ABB:n valmistamia Ex d moottoreita



Kuva 5. Kokoluokan 80-132 liitäntäkotelo (vas.) ja riviliittimet kotelon sisällä (oik.)

Liitäntäkotelon muoto Ex d -moottorissa johtuu sen suojauksesta. Kotelon seinämävahvuuksien on oltava paksummat ja kotelon itsessään massiivisempi, jotta se voisi kestää sisäisen räjähdyspaineen aiheuttaman paineen rikkoutumatta. /8/

Ex d -moottoreita käytetään teollisuudessa, joissa moottorin ympärillä olevassa ilmassa on räjähdysvaarallisia seoksia. Näitä kutsutaan ATEX-luokituksessa Ex-räjähdysvaarallisiksi tiloiksi. Tällaisia kohteita on muun muassa puunjalostamot, kaivokset, maalaamot, sekä kemia- ja lääketieteellisyys. Ympäristössä olevien seoksien mukaan määritellään, mitä suojausluokkaa on laitteessa sovellettava, jotta sitä voitaisiin siellä käyttää. Ympäristöissä joissa on jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai toistuvasti läsnä räjähdysvaarallisia kaasuja ja höyryjä, tulee käyttää Ex d -suojausluokallisia moottoreita. /9/

5 ATEX-LAITEDIREKTIIVI JA EX-LUOKITUS

5.1 ATEX-laitedirektiivin soveltamisala

Kun ympäristössä on seoksena räjähdysherkkiä kaasuja, pölyä, höyryjä tai sumua yhdessä hapen kanssa ja ne voivat syttyä tietyissä olosuhteissa, se aiheuttaa potentiaalisesti räjähdysvaarallisen ympäristön. Laitteisiin, joita käytetään näissä ympäristöissä, tulee soveltaa ATEX-laitedirektiivin standardeja. Tällaisia räjähdysvaarallisia ympäristöjä voi olla muun muassa öljynjalostamot, kaivokset, myllyt ja kemianteollisuus. ATEX on lyhenne ranskankielisistä sanoista atmosphères explosives.

ATEX-laitedirektiivi 2014/34/EU kattaa laitteet ja suojausjärjestelmät, jotka on tarkoitettu käytettäväksi räjähdysvaarallisissa ympäristöissä. Direktiivi määrittelee oleelliset terveydelliset ja turvallisuuteen liittyvät vaatimustenmukaisuusarvioinnit laitteille, ennen niiden vapauttamista EU:n markkinoille. Uusi 2014/34/EU-laitedirektiivi korvasi vanhan 94/9/EC-laitedirektiivin 20.4.2016 ja on linjassa uuden 2008 vuonna käyttöön otetun New Legislative Framework -direktiivin kanssa. New Legislative Framework -direktiivi tehostaa EU:n markkinoille tuotavien tuotteiden valvontaa, sekä vaatimustenmukaisuuden arviointia.

Kansanväliset viranomaiset EU:ssa ovat vastuussa ATEX-laitedirektiivin toimeenpanemisesta siirtämällä sen säännökset lainsäädäntöönsä. EU-jäsenmaat ja muut tätä direktiiviä soveltavat tahot, ovat myös vastuussa ilmoitettujen laitoksien hallinnasta. Ilmoitetut laitokset ovat arviointilaitoksia, jotka on nimetty hoitamaan EU:n New Legislative Framework -direktiiviin perustuvia vaatimustenmukaisuuden arviointitehtäviä /10/. /11/

ATEX-laitteita valmistavien yritysten vastuulla on varmistaa tuotteidensa turvallisuus niitä käytettäessä noudattamalla tarkasti säädöksiä. Loppukäyttäjän vastuulla on varmistaa tilojensa turvallisuus, henkilöstönsä tietotaito ja tuotantolaitostensa yhteensopivuus ATEX-laitteiden kanssa niin, ettei vaaratilanteita pääse synty-

mään. Vaikka loppukäyttäjä olisi ulkoistanut tuotantolaitostensa turvallisuuden varmistamisen, on loppukäyttäjä kuitenkin viimekädessä ainoana vastuussa omien tilojensa turvallisuudesta. Sen vuoksi on tärkeää, että loppukäyttäjällä on riittävästi tietoa ATEX-direktiiviin liittyvistä standardeista ja olisi suositeltavaa nimittää näistä asioista huolehtiva turvallisuusvastaava yritykselle.

5.2 Esimerkkejä räjähdysvaarallisissa tiloissa sattuneista onnettomuuksista

Onnettomuudet räjähdysvaarallisiksi tiloiksi luokitelluissa ympäristöissä ovat lähes aina hengenvaarallisia ja joskus jopa katastrofaalisia. Jos räjähdysvaarallista työskentely-ympäristöä ei olla suunniteltu tarpeeksi turvalliseksi työntekijöilleen, se voi tietyissä vikatilanteissa koitua jopa kaikkien siellä työskentelevien henkilöiden turmaksi. On myös tapahtunut onnettomuuksia, joissa vahingot eivät ole koskeneet pelkästään laitoksen tiloissa työskennelleitä, vaan myös monia muita lähiympäristössä.

Tunnetuimmat tapaukset lähivuosilta ovat Meksikonlahden öljyonnettomuus vuonna 2010, jossa British Petroleumin Deepwater Horizon -niminen öljynporausräjähti ja upposi, sekä amerikkalaisen sokeritehtaan Imperial Sugarin palo vuonna 2008. Näissä kummassakin tapauksessa räjähdysvaarallisessa ympäristössä tapahtuneen vian tai monien asioiden summat, aiheuttivat useiden ihmisten kuoleman ja vieläkin useampien loukkaantumisen. Meksikonlahden öljyonnettomuudessa vahingot levisivät kuitenkin hyvin laajalle alueelle aiheuttaen pitkäaikaisen ympäristökatastrofin, joka luokitellaan Yhdysvaltojen historian pahimmaksi öljyonnettomuudeksi. Georgiassa sijaitsevan Imperial Sugar -tehtaan palo tuhosi laitoksen täysin ja samalla 14 ihmistä kuoli ja 34 loukkaantui, joista 14 sai hengenvaarallisia palovammoja. /12,13/

Deepwater Horizonin räjähdysten ja öljyputken vaurioitumisen syyksi epäillään korkeapaineisen metaanikaasun siirtymistä nousuputkeen ja sitä kautta öljynporausräjähtä, jossa se syystä tai toisesta syttyi ja räjähti /14/. Tapauksesta ei olla päästy yhteisymmärrykseen siitä, kenen syy onnettomuus oli tai mistä varsinainen

räjähdyks sai alkunsa. Onnettomuuden alkulähdettä on myös hyvin vaikea tutkia, sillä todistusaineisto upposi meren pohjaan, joka on täysin saastunut vuotaneesta öljystä. Siitä voidaan kuitenkin olla varmoja, ettei räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuudesta voida tinkiä.

Tutkimuksien jälkeen, Imperial Sugarin onnettomuuden syyksi todettiin syttynyt sokeripöly. Räjähdyksen alkupisteeksi uskotaan olleen siilojen alla kellarikerroksessa sijainnut alue, josta sokeria siirretään hihnakuljettimella pakkaamoon. Hihnakuljetin, joka kuljetti sokeria pakkaustiloihin, oli hiljattain katettu metallilla umpinaiseksi rakenteeksi, jossa ilma ei päässyt vaihtumaan. Sokeripöly pääsi kerääntymään katetun hihnakuljettimen sisätilaan sankaksi räjähdysherkäksi pölyksi, joka vaati syttyäkseen vain sen, että jossain jokin kuumenisi liikaa tai aiheuttaisi kipinän. Syttymislähteeksi todettiin ylikuumentunut hihnakuljettimen laakeri, joka sytytti räjähdysherkän sokeripölyn. Tutkijoiden mukaan sokeripölyä oli koko laitoksen tiloissa kerääntyneenä niin paljon ja rakenteet olivat vanhat ja paloturvallisuuden kannalta niin huonot, että koko tehtaan tuhoutumiseen riitti sokeripölyn syttyminen yhdessä paikassa. Räjähdyksen eteni nopeasti luoden ketjureaktion koko tehtaassa. Turmasta selvinneiden työntekijöiden haastatteluista kävi ilmi, ettei heitä oltu koulutettu paloturvallisuuden osalta. Tämä oli myös yksi vakava virhe työnantajalta, sillä työntekijöidensä turvallisuudesta ja tietotaidosta vastaa aina viimekädessä työnantaja itse. /12/

5.3 ATEX-laitedirektiivin määrittämät merkinnät laitteisiin

ATEX-laitedirektiivi määrittelee merkinnät sellaiseen laitteeseen, johon laitedirektiiviä on sovellettu. Merkinnästä tulee näkyä CE-merkin lisäksi räjähdyssuojauksen erityismerkintä: Ex-merkki. Laitedirektiivi jaottelee myös laitteet eri laiteryhmiin ja näiden laiteluokkiin. Ryhmään I kuuluvia laitteita käytetään kaivoksissa ja niiden maanpäällisillä alueilla, joissa on räjähdysvaara. Ryhmään II kuuluvat muut räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitetut laitteet. Ryhmä I sisältää laiteluokat M1 ja M2 ja ryhmä II sisältää luokat 1,2 ja 3. Laiteluokka määrittelee laitteen suo-

jaustason lisäksi sen, mitä vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyjä on sovellettava, ennen kuin laite voidaan CE-merkitä ja päästää EU:n markkinoille.



Kuva 6. Merkinnät ATEX laitteessa

Kuvasta 6 käy ilmi räjähdysvaaralliseen tilaan tarkoitettujen laitteiden merkinnät. Aiemmin mainittujen merkintöjen lisäksi laitteessa on merkittynä laitteen testatun ilmoitetun laitoksen tunnus, laitteen käyttöympäristön merkinnät, kuten palavan aineen merkki (kaasu tai pöly), räjähdys-suojaustunnus ja sitä tarkentava rakennemerkinä, räjähdysryhmän ja lämpötilaluokan. Lisää räjähdys-suojauksesta ja sen rakennemerkinnoista opinnäytetyön seuraavassa kappaleessa. Jos laitetta tullaan käyttämään kaasujen tai höyrysumujen vaikutuspiirissä ("G"-merkintä laitteessa), tällöin räjähdysryhmä osoittaa millaisissa kaasuissa laitetta voidaan käyttää. **Kuvassa 6** on merkitty IIC-räjähdysryhmän kohdalle, mikä tarkoittaa sitä, että laitetta voidaan käyttää vaarallisimpien kaasujen yhteydessä. Räjähdysryhmiä kaasuille ovat I, IIA, IIB ja IIC. Jos laitetta käytettäisiin herkästi syttyvien pölyjen ympäristöissä ("D"-merkintä laitteessa), laitteeseen merkittäisiin pölyryhmä. Pölyryhmiä ovat IIIA, IIIB ja IIIC. Viimeinen merkintä, eli kaasu-ympäristöissä käytettävän laitteen lämpötilaluokka, osoittaa laitteen ulkokuoren lämpötilan, johon se enimmillään voi kohota. **Kuvassa 6** oleva merkintä T4 tarkoittaa laitteen ulkokuoren maksimaalisen lämpötilan olevan 135 °C. Lämpötilaluokkia

on määritelty alimmasta lämpötilasta T6:sta (85 °C) ylimpään T1:een (450 °C.) Jos laitetta käytettäisiin pöly-ympäristöissä, laitteeseen merkittäisiin pölyn syttymislämpötila, joka määrittää laitteen suurimman sallitun pintalämpötilan (esim. T80 °C.)

5.4 Ex-luokitus

Laite, joka on hyväksytty käytettäväksi Ex-räjähdyksvaarallisissa tiloissa, merkitään tunnistettavalla Ex-merkillä (**Kuva 7.**). Ex-luokituksia on lukuisia riippuen laitteen suojausrakenteesta. Tämän opinnäytetyön aiheena käsiteltävän moottorityypin suojaus Ex d tarkoittaa, että laite on räjähdyspaineen kestävä, jolloin räjähdysten eteneminen sisältä ulospäin estetään. Ex d -luokiteltu laite on tarkoitettu käytettäväksi syttyvien kaasujen tai höyryjen ympäristöissä ja tätä suojausryhmää käsittelee EN-standardi IEC EN 60079-1. Kyseinen EN-standardi käsittelee Ex d- ja Ex db -laitteiden rakenteellisia vaatimuksia, lisälaitteiden ja osien vaatimuksia, sekä laitteille suoritettavia tyypitestejä.



Kuva 7. Ex-merkintä

Yhteensä tällä hetkellä on määriteltynä yhdeksän eri suojausrakennetta Ex-laitteille. Näitä ovat aiemmin mainittu räjähdyspaineen kestävä (Ex d, Ex db ja Ex dc), varmennettu rakenne (Ex e ja Ex eb), koteloitu (Ex ta, Ex tb ja Ex tc), luonnostaan vaaraton (Ex ia, Ex ib ja Ex ic), paineistettu (Ex px, Ex py, sekä kuusi

muuta varianttia), massaan valettu (Ex ma ja Ex mb), öljytäyteinen (Ex o ja Ex ob), jauhetäyteinen (Ex q ja Ex qb), sekä suojausrakenne ”n”, joka kattaa kaikki tilaluokan 2 sovellukset. Tilaluokka 2 on vaarattomin luokka. Tällaisessa tilassa ei esiinny kaasuja tai höyryjä normaalitoiminnassa tai niiden esiintyminen kestää vain lyhyen aikaa. Jokaista edellä mainittua suojausrakennetta käsittelee vähintään yksi EN-standardi ja yleisesti kaikkia suojausluokkia käsittelee IEC EN 60079-0. /15/

Jotta laite saisi Ex-merkinnän ja vaadittavat asiakirjat sen markkinoille laske-
miseksi, siltä vaaditaan ilmoitetun laitoksen suorittamat tyyppitestit. Ilmoitettu
laitos on EU:n jäsenvaltion valtuuttama virasto, joka vastaa standardien mukaises-
ta tyyppitestien suorittamisesta yritysten tuotteille, joille haetaan esimerkiksi Ex-
sertifikaattia.

5.5 Vaadittavat tyyppitestit Ex d -luokitelluille prototyyppimoottoreille

IEC:n laatimien kansainvälisten standardien mukaan Ex d -luokiteltu sähkölaite on tyyppitestattava luokituslaitoksen toimesta uuden laitteen prototyyppivaiheessa. Tyyppitesteissä testataan laitteen rakenteellista toiminnallisuutta ja kestävyyttä. Näitä testejä on kolmea eri tyyppiä:

- 1) referenssipainetesti,
- 2) ylipainetesti, ja
- 3) nk. ”non-transmission” -testi.

Testit suoritetaan aina edellä listatussa järjestyksessä. /16, s.48/

5.5.1 Referenssipainetesti

Referenssipainetesteissä mitataan laitteen maksimi räjähdyspaineen kesto. Testiin sisältyy räjähdysherkän seoksen sytyttäminen laitteen sisällä ja räjähdys synnyttämän paineen mittaaminen. Seos sytytetään yhdellä tai useammalla syttymislähteellä (kipinä tai hehkutulppa.) Luokituslaitoksen tehtävänä on määrittellä syt-

tymislähteiden ja mittauslaitteiden paikat testattavan laitteen sisällä, jotta paineesta saataisiin mahdollisimman suuri. Suoritettavien referenssipainetestauksien määrän, sekä räjähdysriskin seoksen koostumuksen määrittää nk. räjähdysryhmä, johon testattava laite tullaan hyväksymään käytettäväksi. Räjähdysryhmiä ovat ryhmä I, ryhmä IIA, ryhmä IIB, sekä ryhmä IIC. Jos laitteessa on sen toimiessa pyöriä osia, kuten sähkömoottorin roottori, joka voisi aiheuttaa merkittävää turbulenssia ja vaikuttaa räjähdyspaineen kasvuun, näitä laitteita tulee testata sekä käynnissä että lepotilassa. Osan pyörimisnopeuden tulee testattaessa olla vähintään 90 % laitteen määritellystä maksiminopeudesta. /16/

5.5.2 Ylipainetesti

Referenssipainetestien jälkeen laitteen osia testataan ylipainetesteissä. Näitä testejä on kansainvälisessä standardissa määritelty kahta eri menetelmää: staattinen ja dynaaminen. ABB käyttää moottorien osille staattista menetelmää, joten tässä kerrotaan vain staattisessa testauksessa käytetyistä menettelytavoista.

Staattisessa ylipainetestissä laitteen jokainen rungon/ulkokuoren osa kiinnitetään testipenkkiin kiinni, osalle erikseen suunnitellun ylipainetestilaipan avulla. Osan ja laipan väliin jäävään tilaan pumpataan vettä tietyllä kertoimellisella paineella, joka ollaan määritelty referenssipainetesteissä saaduista referenssipaineista, sekä standardin määrittelemistä kertoimista. Relatiivisen paineen, jota testissä käytetään, tulee olla

- 1,5 kertaa määritelty referenssipaine, tai
- 4 kertaa määritelty referenssipaine osille, joille ei suoriteta rutiinitestausta, tai
- 3 kertaa määritelty referenssipaine osille, joille rutiinitestaus on korvattu koe-erätestauksella, tai
- paine, joka on määritelty alla olevassa taulukossa (**Taulukko 1.**), kun referenssipainetestaus ei ole ollut mahdollista laitteen pienen koon vuoksi.

Tilavuus (cm ³)	Räjähdyssryhmä	Paine (kPa)
≤10	I, IIA, IIB, IIC	1000
>10	I	1000
>10	IIA, IIB	1500
>10	IIC	2000

Taulukko 1. Relatiiviset testipaineet pienille laitteille.

ABB käyttää prototyypimoottoreidensa osille suunnitteluprojekteissaan aina nelinkertaista referenssipainetta. Jos testattava osa ei kestä sille kohdistettua testipainetta, sitä tulee muuttaa tai tuotannossa jokaiselle samanlaiselle valmistettavalle osalle on suoritettava 1,5-kertainen painetestaus. Jos nelinkertaisen painetestin läpäisemätöntä osaa tullaan valmistamaan suuria määriä tuotannossa, silloin osan rakennetta on parempi muuttaa kestävämmäksi nelinkertainen paine. Tämä on viisasta, sillä jokaisen valmistettavan osan testaaminen tuotannossa vie kallisarvoista aikaa prosessista. Jos osaa ei kuitenkaan tulla valmistamaan suuria määriä, on ehkä järkevämpää olla käyttämättä aikaa osan uudelleen suunnitteluun. /16/

5.5.3 ”Non-transmission” -testi

”Non-transmission” -testissä testataan laitteen liekkirakojen toimivuutta, eli pysyykö laite vaimentamaan ja jäähdyttämään sisäisen räjähdysten tuottamat kaasut ja kipinät niin, ettei niitä pääse kuoren ulkopuoliseen ympäristöön. Laite sijoitetaan testikammioon ja sekä laitteen että kammion sisälle syötetään räjähdysherkkää kaasuseosta tietyllä paineella. Paine ja kaasuseoksen koostumus määrittyvät laitteen räjähdysryhmän mukaan. Räjähdysryhmille I, IIA ja IIB on määritelty vain yksi testimenetelmä, kuitenkin eri luokille suoritetaan testit eri seossuhteilla. Räjähdysryhmälle IIC on määritelty kolme erilaista testimenetelmää:

- 1) Menetelmä, jossa laitteen kotelon liitoskohtien liekkirakojen välejä on suurennettu.

- 2) Menetelmä, jossa kaasuseoksen painetta on kasvatettu.
- 3) Menetelmä, jossa testissä käytettävää kaasuseosta on rikastettu hapella.

Moottorin sisällä oleva kaasuseos sytytetään kipinällä tai hehkutulpalla niin, että seos syttyy ja aiheuttaa räjähdysmoottorin sisälle. Testi on läpäisty, jos kammion, jonne moottori on asetettu, kaasuseos ei syty. Jos taas kammion kaasuseos syttyy moottorin sisältä tulevien kipinöiden vuoksi, testi on luonnollisesti hylätty. Testiä voi yrittää myös uudestaan vaihtamalla prototyyppimoottoriin vaihtoehtoisia versioita irrotettavista osista (nk. ”Alt.” -osat), joissa liekkirakojen välit ovat eri mittaisia. Jos moottori ei läpäise testiä näidenkään osien vaihtamisen jälkeen, on uuden moottorin suunnittelussa palattava takaisin suunnittelupöydän ääreen. Ongelma voi johtua esimerkiksi rakenteesta, sisätilavuudesta ja niiden yhteisvaikutuksesta. Myös nk. ”pressure piling” -efekti voi muuttaa paineita moottorin liitinkotelon ja rungon välillä. Kyseinen ilmiö, jossa palava kaasua työntää laitteen sisätilassa edellään syttymätöntä kaasua ja kuumentaa sitä, voi nostaa laitteen muodoista riippuen paineen jopa 2–8 kertaiseksi. Yrityksen tulisi myös lähettää tiedot laitteensa suunnitelluista liekkiraoista jo hyvissä ajoin ennen testien suorittamista, jotta ilmoitettu laitos voisi todentaa niiden olevan vaatimusten mukaiset.

/16/

6 TYÖN TAVOITTEET

Opinnäytetyön tavoitteena oli kirjoittaa ABB Oy Motors and Generators -yksikön tuotekehitysosastolle suunnitteluohje, joka koski uuden Ex d -moottorin suunnittelua. Ohje kirjoitettiin englannin kielellä ja sen oli tarkoituksena tulla tueksi työntekijöille, joilla oli jo kokemusta moottorien suunnittelusta. Tarve nousi esille, kun huomattiin, että tieto on hajaantunut työntekijöiden vaihtuvuuden vuoksi osastolla. Ex d -moottorin suunnitteluohjeita löytyy ABB:n omasta tietokannasta, mutta ei yhtä kattavaa kuin opinnäytetyönä kirjoittamaani ohjetta.

Ohje rajattiin heti koskemaan lähinnä tuotekehitysosaston mekaanista suunnittelua Ex d -moottorille, sillä ohjeesta tulisi liian laaja sopiakseen insinööriyöksi, jos se käsittäisi yksityiskohtaisesti kaikki työvaiheet, joita uuden Ex d -moottorin suunnittelu sisältää. Ohje sisältää myös kuitenkin paljon tietoa Ex d -moottoreille tehtävistä tyyppitesteistä ja prototyypimoottorien mittaustarkistuksista, sillä suunnittelijan on tärkeää tietää myös näistä asioista voidakseen suunnitella riittävän laadukkaan moottorin ja itse suunnitteluprojektin kulku olisi sujuvampaa.

Sain työni ohjaajalta pohjan sisällysluettelolle, joka rajasi hyvin ohjeeseen vaadittavien aiheiden sisällön. Lopullisessa ohjeessa sisällysluettelo tuli kuitenkin olemaan hyvin erinäköinen, mutta ohje käsitti silti vaaditut aihealueet, sekä jopa hieman enemmän. Ohjeen rakennetta päätettiin siis muuttaa siten, että siinä tulisi olemaan omissa kappaleissaan kerrottu suunnitteluprojektin päätyön vaiheet ja tarkemmin käsiteltävistä asioista löytyisi omat päälukunsa. Näin ohjetta lukeva suunnittelija pystyisi seuraamaan projektin kulkua ohjeesta ja lukemaan vaadittavien työvaiheiden ohjeistukset oikeassa järjestyksessä.

7 ALKUTILANNE

Työ alkoi aloituspalaverilla helmikuussa, jossa kävin ohjaajani Juha Huhtamäen kanssa läpi suunnitteluohjeeseen vaadittavat aihealueet, miten työ tulisi suorittaa, sekä mitä tiedonlähteitä ja työkaluja minulla olisi käytettävissä. Aloittaessani tekemään opinnäytetyötäni, en aiemmin ollut työskennellyt ABB:llä enkä myöskään minkään muun yrityksen suunnittelussa tai tuotekehitysosastolla. Alku oli siis hyvin epävarmaa, sillä en tiennyt juuri mitään tuotteista, joiden suunnitteluohje minun tuli tehdä. Sain ohjeistukseksi hankkia tietoa haastatteluiden avulla, lukea aiheetta koskevaa kirjallisuutta, kuten standardeja, sekä tutkia aiempia suunnitteluohjeita.

Ehdin keräämään hieman aineistoa, sekä suunnittelemaan työn kulkua noin kaksi viikkoa ennen lähtöäni kolmen viikon lomamatkalle. Tämä otti työn tekoajasta pois noin kuukauden, mikä näkyi loppuajan kiireellisyytenä ja siinä, että työn jatkaminen tuntui alkuun hyvin hitaalta.

Hankittuani riittävät pohjatiedot kaikesta tarpeellisesta ohjeen aineiston keräämisestä ja sisäistämistä varten, pystyin kunnolla aloittamaan opinnäytetyön teon. Pohjatietojen hankintaan luin ABB:n moottoreiden katalogeja, keskustelin työntekijöiden kanssa, selasin ABB:n intranettiä ja vierailin Motors and Generatorsin tehtaalla. Tähän kaikkeen aikaa kului helposti noin kuukausi.

Työn tekoa varten käytössäni oli kannettava työtietokone, läjäpäin dokumentteja ja standardeja, tukihenkilöiden tiedot ja taidot, sekä tarvittavat ohjelmistot.

8 SUUNNITTELUOHJE

8.1 Aineiston kerääminen

Aloitin keräämään aineistoa jo aivan opinnäytetyön alkumetreillä, mutta omien pohjatietojen puuttuessa, en osannut arvioida keräämäni tiedon oleellisuutta. Tämä tuli huomattua esimerkiksi silloin, kun käytin monta tuntia sellaisen tiedon tutkimiseen ja kirjoittamiseen, josta ei ohjeeseen ollut minkäänlaista sisällöllistä arvoa. ABB:n sisäisestä tietokannasta löytyvistä Ex-moottoreita koskevista ohjeista löytyi ensi alkuun hyvää tietoa ja kun opin lukemaan kansainvälisiä standardeja, jotka koskevat Ex d -laitteita, sain myös niistä valtavasti hyödyllistä ja tärkeää tietoa.

8.1.1 Haastattelut

Paras tiedonlähde ohjeen kirjoittamiseen osoittautui olemaan kyseisten moottoreiden kanssa työskentelevät henkilöt. Heillä oli riittävästi käytännön tietoa, jotta he pystyivät kertomaan, mikä on oleellista tietoa tai vähintään sen, että mistä sitä löytää parhaiten. Haastattelut pidettiin yleensä neuvotteluhuoneissa, jotka varasin itse haastatteluja varten ja kutsuin tarvittavat henkilöt vuorollaan näihin tiloihin. Yleensä haastattelut tapahtuivat kahden kesken tai joskus pienissä ryhmissä.

Jokaisella haastattelemani tukihenkilöllä oli omat erikoisalueensa ja samalla myös omat mielipiteensä siitä, miten ohje olisi toimivin ja mikä tieto on oleellista. Näistä ohjeistuksista ja haastatteluaineistoista sain muodostettua ohjeelle lopullisen rungon ja sisällön. Haastattelemani henkilöt työskentelevät kaikki ABB Oy:n Motors and Generators -yksikössä, joista suurin osa tuotekehitysosastolla ja loput laatuosastolla.

Suurin määrä aineistoa tuli kerättyä aivan muutamalla viimeisellä viikolla, sillä silloin järjestin eniten haastatteluja ja sain niistä paljon tietoa, johtuen riittävästä pohjatiedoistani. Osasin myös etsiä haastatteluiden avulla paljon tehokkaammin tietoa kansainvälisistä standardeista, sillä haastateltavat henkilöt osasivat kertoa,

mikä on mekaniikkasuunnittelun kannalta oleellisinta standardeista löytyvää tietoa.

8.1.2 Ohjeen sisällön muokkautuminen aineiston keräämisen ohella

Hankalinta aineiston keräämisessä oli aluksi löytää oleellista ja viimeisintä tietoa, jotta ohjeesta tulisi luotettava ja sitä pystyisi todella käyttämään projekteissa. Tärkeää oli myös karsia ylimääräinen tieto pois ja varoa, ettei ohjeen sisältö alkaisi rönsyillä ja muuttua sekä vaikeasti luettavaksi että epäjohdonmukaiseksi. Ohjeen rungon ensimmäisen version epäjohdonmukaisuus tulikin ilmi tukihenkilöilleni pitämässä palaverissa. Silloin päätettiin muuttaa ohjeen runkoa siten, että sen keskiössä tulisi olemaan itse suunnitteluprojektin päätyön vaiheet.

Otsikointi kävi läpi lukuisia muutoksia ennen viimeistä versiota. Jos keräämäni uusi aineisto kumosi tai teki epäoleelliseksi vanhempaa kirjoittamaani asiaa, otsikointia tuli muutettua. Ohje eli siis jatkuvassa muutoksessa ja kehittyi kypsemmäksi ja huolitellummaksi sisällöltään ja ulkoasultaan.

8.2 Ohjeen sisältö ja ulkoasu

Kirjoitin Ex d -moottorin mekaanisen suunnitteluohjeen englannin kielellä. Tein ohjeen rakenteesta sellaisen, että suunnitteluprojektin mekaanista suunnittelua koskevat päätyön vaiheet käytiin läpi ohjeen alussa omissa alaotsikoissaan. Laajat ja tarkennusta vaativat aiheet, kuten moottorille suoritettavat tyyppitestit tai liekkirakojen suunnittelu, tulivat omiin päälukuihinsa, joihin päätyön vaiheita kuvaavissa kappaleissa viitattiin tarpeen vaatiessa. Näin ohjetta pystyisi seuraamaan paljon johdonmukaisemmin ja se olisi helpommin luettavissa sisältäen silti runsaasti hyödyllistä tietoa. Alla olevista kuvista **8** ja **9** näkee ohjeen otsikoinnin ja saa käsityksen sen rakenteesta.

Table of contents

LIST OF ABBREVIATIONS	3
1 General	4
1.1 Ex d motor (flameproof enclosures).....	4
1.2 Mechanical design project's phases	4
1.2.1 Prototype motor's component drawings	5
1.2.2 Measuring and machining the cast parts	6
1.2.3 Assembly of prototype motors	6
1.2.4 Reference pressure testing.....	7
1.2.5 Overpressure testing	7
1.2.6 Non-transmission testing.....	7
1.2.7 Temperature rise tests.....	7
1.2.8 IP class testing	7
1.2.9 Final manufacturing drawings.....	7
1.2.10 Final phases	8
1.3 Ex d other requirements and limitations.....	8
1.3.1 Frame.....	8
1.3.3 Non-metallic parts	9
2 Flamepaths	10
2.1 Basics of flamepaths.....	10
2.2 Dimensions and tolerances	10

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

© Copyright 2016 ABB.

Kuva 8. Ex d -moottorin mekaanisen suunnitteluohjeen sisällysluettelon ensimmäinen sivu.

3	Quality issues	14
3.1	Inspection of motor's parts	14
3.2	Identification of the parts	14
3.3	Measuring documents	14
3.4	Interpretation of the measuring results	14
3.5	Other quality matters	15
4	Required tests for Ex d motor	15
4.1	Ex type tests provided by a notified body	16
4.1.1	Reference pressure tests	16
4.1.2	Non-transmission tests	16
4.1.3	IP-class tests	16
4.1.4	Additional matters concerning Ex type tests	17
4.2	Overpressure tests provided by ABB	17
4.2.1	What is tested and why	17
4.2.2	Pressure requirements	17
4.2.3	Designing of the pressure test flanges	18
5	Document management	19
5.1	Documentation and storing of the documents	19
	APPENDICES	20
	Appendix 1. Example of an assembly drawing sent to notified body for inspection	20
	Appendix 2. Drawing of a pressure test flange for 100 sized motor's end shield	21
	Appendix 3. Drawing of a pressure test flange for 100 sized motor's stator frame	22
	Appendix 4. Drawing of a sealing pin for 100-sized motor's stator frame's pressure test flange	23
	Appendix 5. Ex d Motor's Design Project's Roadmap (Mechanical design tasks)	24

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

© Copyright 2016 ABB

Kuva 9. Ohjeen sisällysluettelon toinen sivu

Ohjeen asiasisältö koostuu ainoastaan hankitusta tiedosta, eikä se sisällä kirjoittajan omia mielipiteitä tai pohdintoja. Kieleksi valittiin englanti, jotta ohjetta voisi käyttää myös ne henkilöt, jotka eivät ymmärrä suomen kieltä. Näin ohjeen kohde-ryhmä on laajempi ja sitä voi soveltaa myös Vaasan tehtaan ulkopuolella tarpeen vaatiessa.

Ohjetta käyttävän suunnittelijan tulisi omata riittävät perustiedot ja taidot ABB:n valmistamien sähkömottoreiden mekaanisesta suunnittelusta. Ohjeessa ei selitetä kaikkia termejä ja se ei myöskään käy läpi suunnitteluun liittyviä perusasioita, vaan ainoastaan Ex d -moottoriin liittyvät seikat. Ohjeeseen liitettiin myös tekemäni projektin vaiheista koostuva havainnollistava prosessikaavio. Kaaviosta lukija pystyy näkemään nopeasti koko projektin päätyön vaiheet ja mitä niihin yleisesti sisältyy.

Ohjeen päivittämiseen määritellään vastuuhenkilö, joka huolehtii siitä, että ohjeesta löytyvä tieto olisi aina ajan tasalla ja sitä voisi luotettavasti käyttää. Tästä huolimatta ohjeen käyttäjän tulisi varmistaa viimeisin tieto ennen ohjeen soveltamista käytännössä. Näin vältetään siltä, että tulevaisuudessa suunnitteluprojekteissa menisi jokin pieleen, kun ohjeen tieto ei ole enää ajankohtaista ja pätevää. Myös Ex d -moottorien mekaanisessa suunnitteluohjeessa viitattujen muiden ohjeiden viimeisin tieto tulee varmistaa ennen niiden käyttöä.

Ohjeen kirjoittamiseen käytetty aika oli useita viikkoja ja tämän aikana opin myös melko hyvin sen, miten kyseisiä moottoreita tulisi suunnitella mekaanisesti ja kuinka tämän kaltainen suunnitteluprojekti etenee. En siis ainoastaan hankkinut aineistoa ja siirtänyt sitä dokumenttiin, vaan samalla pyrin sisäistämään kaiken tämän tiedon. Ohjeen kirjoittamista voisikin ehkä verrata työntekijän perehdytykseen aiheesta ja uskon, että samalla myös haastateltavilla tiedot aiheesta hieman vahvistuivat. En kuitenkaan lähtisi suosittelemaan jokaiselle aiheeseen perehdytettävälle uudelle työntekijälle suunnitteluohjeen kirjoittamista, koska se ei olisi kovin tehokasta ja paremmat tiedot tulee varmasti käytännön työn kautta.

LÄHTEET

/1/ ABB:n historiaa Aseasta ja BBC:stä lähtien, Viitattu 8.4.2016
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/asea-ja-bbc>

/2/ Our businesses, Viitattu 8.4.2016 <http://new.abb.com/about/our-businesses>

/3/ Suomalaiset juuret: Strömbergin jalanjäljillä vuodesta 1889, Viitattu 8.4.2016
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>

/4/ ABB Suomessa, Viitattu 11.4.2016 <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>

/5/ Moottorit ja generaattorit, Viitattu 8.4.2016 <http://new.abb.com/motors-generators/fi>

/6/ Tarjontamme, Viitattu 21.4.2016
<http://inside.abb.com/product/fi/9AAC133417.aspx?country=00>

/7/ Low voltage process performance motors Catalog 2016, Viitattu 12.4.2016
https://library.e.abb.com/public/ae5e1c99e04864bac29d9a2505ba31/PPM_catalog_2016_03.pdf

/8/ Low voltage Motors for explosive atmospheres, Viitattu 22.4.2016
https://library.e.abb.com/public/ea721d4cbd7840a19a94571cd092cc93/Ex_9AKK104006_EN_02_2016_06042016_low.pdf

/9/ EX-räjähdyksenvaaralliseen tilaan tarkoitettujen laitteiden merkinnät, Viitattu 25.4.2016 http://dio.fi/wp-content/uploads/2014/09/atexkoodit_extilat.pdf

/10/ Euroopan unionin ilmoitetut laitokset, Viitattu 26.4.2016
https://www.tem.fi/kuluttajat_ja_markkinat/tekninen_turvallisuus/tekninen_harmonisointi_ja_vaatimustenmukaisuuden_arviointi/eu_n_ilmoitetut_laitokset

/11/ ATEX-laitedirektiivin soveltamisala, Viitattu 25.4.2016
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/ATEX---Rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet/Lisatietoa-ATEX-direktiivista/>

/12/ Final CSB Report on Imperial Sugar Disaster Concludes Inadequate Equipment Design, Maintenance, and Housekeeping Led to Massive Sugar Dust Explosions, Viitattu 3.5.2016 <http://www.csb.gov/final-csb-report-on-imperial-sugar-disaster-concludes-inadequate-equipment-design-maintenance-and-housekeeping-led-to-massive-sugar-dust-explosions/>

/13/ Gulf Oil Spill, Viitattu 3.5.2016 <http://ocean.si.edu/gulf-oil-spill>

/14/ Coast Guard confirms Horizon sink, Viitattu 3.5.2016
<http://www.upstreamonline.com/live/article1188900.ece>

/15/ EX- räjähdysvaaralliseen tilaan tarkoitettujen laitteiden merkinnät, Viitattu 26.4.2016 http://dio.fi/wp-content/uploads/2014/09/atexkoodit_extilat.pdf

/16/ IEC 60079-1 INTERNATIONAL STANDARD Explosive atmospheres – Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures “d”. Edition 7.0. 2014. s. 194.

LIITE 1

Työn tilaaja on estänyt liitteen julkaisun.